

Wyznaczanie zerokuponowej krzywej dochodowości z wykorzystaniem hybrydowego algorytmu genetycznego

Kamil Liberadzki, Jan Wójcik

Wstęp

Struktura terminowa stóp procentowych, której obrazem są zerokuponowa krzywa dochodowości, krzywa dyskontowa lub implikowana chwilowa krzywa terminowa¹, stała się jednym z najważniejszych narzędzi we współczesnych finansach. Struktura terminowa umożliwia wycenę instrumentów typu *fixed income* wszelkich kategorii ryzyka kredytowego, włączając swapy. Ponadto jest używana w polityce makroekonomicznej, w szczególności pieniężnej, pozwala stosować strategie hedgingowe z wykorzystaniem instrumentów *fixed income*, jak też służy do kalibracji modeli dynamiki stopy procentowej w celu wyceny instrumentów o wypłacie będącej funkcją stopy procentowej (np. opcji na stopę procentową). W niniejszym artykule omówimy zasady wyznaczania wolnej od ryzyka zerokuponowej krzywej dochodowości (krzywej spotowej) na podstawie cen polskich obligacji i bonów skarbowych za pomocą wybranych modeli stóp natychmiastowych.

Wyznaczanie krzywej dochodowości wiąże się z koniecznością rozwiązywania skomplikowanego zadania optymalizacyjnego. W niniejszym opracowaniu proponujemy metodę optymalizacji opartej na algorytmie genetycznym z przeszukiwaniem lokalnym (GA-LS hybryd, ang. *Genetic Algorithm-Local Search hybrid*)²,

nazywanym w dalszej części opracowania algorytmem hybrydowym.

Algorytm genetyczny (AG) jest heurystycznym algorytmem przeszukiwania przestrzeni dopuszczalnych rozwiązań danego problemu optymalizacyjnego. Poszukiwanie rozwiązań optymalnych przypomina ewolucję biologiczną, której podstawą jest wymiana materiału genetycznego między osobnikami wchodzącymi w skład populacji. Trudno jest jednoznacznie wyróżnić klasę problemów, przy których rozwiązywaniu AG przynosi lepsze efekty niż uzyskiwane przy zastosowaniu konkurencyjnych metod optymalizacji³. Uważa się jednak, że jego użycie jest zasadne w przypadkach, kiedy przeszukiwana przestrzeń jest duża, wielomodalna lub gdy jej kształt nie jest łatwy do przewidzenia⁴. Charakterystyka problemu optymalizacyjnego, będącego przedmiotem badań, wydaje się spełniać owe kryteria. Lokalne przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań, które dokonywane jest po zakończeniu działania algorytmu genetycznego, polega na przeszukiwaniu sąsiedztwa optymalnych punktów przestrzeni w celu poprawy rezultatów optymalizacji. Zasadę działania obu algorytmów przedstawimy szczegółowo w kolejnych rozdziałach.

¹ J.V. Jordan, A. Mansi: *Term structure estimation from on-the-run Treasuries*. "Journal of Banking and Finance" 27(2003), s. 1487-1509.

² Ang. *Genetic Algorithm-Local Search hybrid*. Porównaj: W.E. Hart: *Adaptive Global Optimization with Local Search*. University of California, San Diego, rozprawa doktorska.

³ M. Mitchell, J.H. Holland, S. Forrest: *When will a genetic algorithm outperform hill climbing?* Advances in Neural Information Processing Systems, 7th NIPS Conference, Denver 1993, s. 1.

⁴ M. Mitchell: *An Introduction to Genetic Algorithms*. The MIT Press 1998, s. 156.

Instrumenty finansowe służące „odtworzeniu” struktury terminowej stóp procentowych

Danymi wejściowymi modelu są ogólnodostępne kwotowania serii obligacji skarbowych podlegających codziennemu *fixingowi* na elektronicznym rynku skarbowych papierów wartościowych (ERSPW)⁵. W celu lepszego dopasowania krzywej w jej krótkoterminowym segmencie uwzględniliśmy ceny bonów skarbowych o wybranych terminach zapadalności, obliczone na podstawie podawanej publicznie rentowności informacyjnej banków⁶.

Cenę rynkową (P_t^j)⁷ obligacji (bonu) j -tej w chwili obecnej ($t_0 = 0$) o wartości nominalnej N i kuponach o wartości CPN^j przez n okresów, wyznacza poniższa formuła:

$$P_0^j = \sum_{i=1}^n CPN_i^j v(0; t_i) + Nv(0; t_n) \quad (1)$$

gdzie $v(0; t)$ oznacza czynnik dyskontowy, czyli dzisiejszą wartość jednej jednostki monetarnej płatnej w chwili t . Równanie (1) można przedstawić, wykorzystując odpowiednie stopy ciągłe zerokuponowe $R^C(0; t)$ dla transakcji o terminie wykupu równym t :

$$P_0^j = \sum_{i=1}^n CPN_i^j e^{-t_i R^C(0; t_i)} + N e^{-t_n R^C(0; t_n)} \quad (2)$$

Od krzywej dochodowości i krzywej dyskontowej wymaga się między innymi ciągłości i różniczkowalności we wszystkich punktach (formuluje się także inne wymagania⁸).

Z racji ograniczonej liczby stóp zerokuponowych (czynników dyskonta) bezpośrednio obserwowalnych na rynku podstawową kwestią pozostaje wybór modelu możliwie dokładnie przybliżającego rzeczywistą strukturę terminową i spełniającego pozostałe stawiane przed nim wymagania.

Modele struktury terminowej stóp procentowych

Istnieją dwie podstawowe klasy modeli struktury terminowej. Pierwszą z nich są modele, których podstawowym celem jest możliwie wierne „odtworzenie” rzeczywistej struktury terminowej stóp procentowych w wybranym momencie, „zakodowanej” w cenach odpowiednich instrumentów finansowych. Modele takie,

określimy je mianem statycznych, znajdują zastosowanie w: wycenie instrumentów *fixed income*, stosowaniu strategii hedgingowych opartych na koncepcji *duration* oraz prowadzeniu polityki pieniężnej przez władze monetarne.

Kolejną klasę stanowią modele przyjmujące pewne założenia co do dynamiki stóp procentowych⁹. Podobnie jak modele statyczne można je wykorzystywać do wyznaczania struktury terminowej, przy czym ich stosowanie jest niezbędne w celu dokonania wyceny derywatów na stopę procentową, przede wszystkim opcji.

Postać funkcyjną wybraliśmy, kierując się zdolnością modelowania występujących w praktyce formacji zerokuponowej krzywej dochodowości. Do tego celu odpowiedniejsze wydają się modele statyczne, jednak ich największą słabością pozostaje brak podbudowy teoretycznej¹⁰. Z tego powodu wykorzystaliśmy również dwa modele oparte na klasycznym jednofaktorywnym modelu Vasicka.

Metody statyczne można podzielić na dwie grupy: łączone wielomiany (spliny) oraz metody parametryczne.

Łączone wielomiany

Twórcą koncepcji wyznaczania struktury terminowej na podstawie łączonych wielomianów jest J. McCulloch¹¹. W celu wyeliminowania większości niekorzystnych zjawisk, towarzyszących stosowaniu pojedynczego wielomianu w modelowaniu struktury terminowej, stosuje się technikę zwaną wielomianami łączonymi (sklejonymi) bądź splinami (*splines*). Równanie 3 przedstawia pojedynczy wielomian trzeciego stopnia, przy czym d_0 , c_0 , b_0 , a_0 to parametry tego wielomianu.

$$v(0; t) = d_0 + c_0 t + b_0 t^2 + a_0 t^3 \quad (3)$$

Omawiana metoda polega na wyznaczeniu ciągłej funkcji, składającej się z zestawu wielomianów określonego stopnia o takiej samej postaci funkcyjnej, ale różnych parametrach. Punkty końcowe każdego z segmentów funkcji to tzw. punkty węzłowe (punkty łączenia, *ang. knot points* lub *paste points*). Spliny stosuje się przeważnie do modelowania funkcji dyskontowej. W procedurze estymacji parametrów splinu wykorzystuje się wtedy liniową zależność ceny obligacji od czynnika dyskontowego (1), a tym samym parametrów splinu.

⁵ Dane dostępne na stronach internetowych MTS-CeTO SA.

⁶ Właściwsze z punktu widzenia teorii, lecz utrudnione z powodu braku dostępu do odpowiednich kwotowań byłoby uwzględnienie stawek transakcji *repo* z udziałem obligacji. Porównaj: *Internationales Firmenkundengeschaeft II, Derivate Instrumente*, Hartmann International Services eK.

⁷ Chodzi tu o cenę „brudną” obligacji, a więc uwzględniającą odsetki narosłe od chwili rozpoczęcia bieżącego okresu kuponowego.

⁸ L.C.G. Rogers: *Which Model for Term-Structure of interest Rate Should One Use?* „Proceedings of IMA- Workshop on Mathematical Finance”, 1995, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, s. 93-115.

⁹ J. Cox, J. Ingersoll, S. Ross: *An intertemporal general equilibrium model of asset prices*. „Econometrica”, 53, 1985, s. 363-384.

¹⁰ Jedyną teorią z dziedziny finansów, do której odwołują się modele statyczne, jest teoria zdyskontowanych przepływów pieniężnych.

¹¹ J. McCulloch: *Measuring the term structure of interest rates*. „Journal of Business” 44 (1), 1971, s. 19-31.

Wielomiany łączone trzeciego stopnia (cubic splines)

Wybór stopnia wielomianów, ich liczby oraz miejsc łączenia oznacza zawsze kompromis pomiędzy jakością dopasowania a złożonością obliczeń. Wyższy stopień wielomianów oraz zwiększenie ich liczby poprawiają dopasowanie do danych rynkowych, jednak za cenę pewnych niedogodności¹².

W niniejszym opracowaniu zastosowaliśmy wielomiany sześciennne z trzema punktami węzłowymi. Funkcja zwana teraz wielomianem łączonym trzeciego stopnia (cubic spline) jest wystarczająco giętka, aby dopasować się do rzeczywistej struktury terminowej.

Bazowe wielomiany sklejące

Bazowe wielomiany sklejące, zwane także B-sklejany, są typem wielomianów łączonych charakteryzujących się unikalnymi właściwościami, czyniącymi z nich użyteczny instrument modelowania krzywej dyskontowej¹³. W opracowaniu tym pomijamy szczegółowy opis B-splinów, odsyłając do literatury¹⁴. Uznaliśmy, że wystarczającym kompromisem pomiędzy jakością dopasowania a złożonością obliczeń jest zastosowanie w niniejszym badaniu postaci sześciennnej bazowych wielomianów sklejących.

Podejście parametryczne

Praktycy nie do końca są usatysfakcjonowani możliwościami oferowanymi przez grupę modeli wielomianów łączonych. Przede wszystkim poszukiwano funkcji dającej dość dobrą jakość dopasowania, ale wystarczająco sztywnej, aby mogła zagwarantować prawidłowy przebieg krzywej terminowej. Ponadto wymagano, żeby funkcja umożliwiała ekstrapolację struktury terminowej. Podstawową słabością wielomianów sklejących jest brak parametrów mających interpretację ekonomiczną, które pozwoliłyby na ocenę sytuacji na rynku oraz umożliwiłyby stosowanie odpowiednich strategii. Odpowiedzią na wymienione niedostatki krzywych sklejących jest podejście zaprezentowane przez Nelsona i Siegela¹⁵. Model Nelsona-Siegela sprawdza się

w przypadku trzech najprostszych formacji struktury terminowej, tj. płaskiej, rosnącej (lub malejącej) oraz garbatej. Jego największą wadą jest zbyt mała giętkość, która powoduje, że w obliczu bardziej złożonej struktury terminowej (np. U-kształtnej) użyteczność modelu jest wątpliwa. Uwaga ta dotyczy także polskiego rynku obligacji skarbowych. Czyni to funkcję Nelsona-Siegela raczej propozycją teoretyczną czy też bazą do rozbudowy, co zresztą od początku było intencją jej twórców¹⁶.

Model Svenssona

Największą popularnością cieszy się rozszerzenie modelu Nelsona-Siegela zaproponowane przez Svenssona, polegające na dodaniu dwóch parametrów. Stopa ciągła zerokuponowa w chwili obecnej $t_0 = 0$ dla okresu t wyrażona jest następująco¹⁷:

$$R^c(0; t) = \beta_0 - (\beta_1 + \beta_2) \frac{\exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) - 1}{\frac{t}{\tau_1}} + \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + \beta_3 \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)}{\frac{t}{\tau_2}} - \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right] \quad (4)$$

Rozszerzony w ten sposób model wydaje się dobrym kompromisem pomiędzy giętkością a sztywnością. Model wymaga oszacowania sześciu parametrów: $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1, \tau_2$ przy czym „bety” mają interpretację ekonomiczną¹⁸. Zasadniczą wadą stosowania modelu w praktyce jest konieczność implementacji skomplikowanych algorytmów do wyznaczenia jego parametrów.

Rozszerzone modele Vasicka

W klasycznym jednofaktorowym modelu Vasicka¹⁹ struktura terminowa może być płaska, rosnąca, malejąca oraz garbata (wpierw rosnąca, potem malejąca). Funkcja nie dopuszcza formacji U-kształtnych czy też garbatej odwróconej. Z tego powodu proponujemy wykorzystanie zmodyfikowanej funkcji Vasicka, zwanej funkcją rozszerzoną Vasicka 1 (extended Vasicek 1), oznaczaną dalej jako Vasicek 1²⁰. Stopa ciągła modelowana jest następującą funkcją z czterema parametrami L_0, s_0, γ_0, a :

¹² W takim przypadku wzrost złożoności obliczeń wynika z konieczności oszacowania coraz większej liczby parametrów. Ponadto zwiększanie liczby punktów łączenia wiąże się z koniecznością nakładania tzw. kary w celu uniknięcia zjawiska oscylacji. Szerzej: D. Waggoner: *Spline Methods For Extracting Interest Rate Curves From Coupon Bond Prices*. „Working Paper”, Federal Reserve Bank of Atlanta, wrzesień 1996.

¹³ W literaturze wskazuje się, że B-spliny stanowią optymalne rozwiązanie z punktu widzenia unikania współliniowości zmiennych w macierzy regresji. Szerzej: G.S. Shea: *Pitfalls In Smoothing Interest Rate Term Structure Data: Equilibrium Models and Spline Approximation*. „Journal of Financial and Quantitative Analysis” 19(3), s. 253-269.

¹⁴ Teoria oraz zastosowanie wielomianów łączonych zostały przystępnie przedstawione w: M. Choudhry: *Analysing & Interpreting the Yield Curve*. Wiley Finance, Singapur 2004.

¹⁵ C. Nelson, A. Siegel: *Parsimonious Modelling of Yield Curves*. „Journal of Business” 60 (4), s. 473-489.

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ L. Svensson: *Estimating and Interpreting Forward interest Rates*. CEPR Discussion Paper 1051, Szwecja 1992-94.

¹⁸ M. Choudhry, op.cit., s. 291-293; 308-311.

¹⁹ O.A. Vasicek: *An Equilibrium Characterisation of the Term Structure*. „Journal of Financial Economics”, 5(2), 1977, 177-188.

²⁰ L. Martellini, P. Priaulet, S. Priaulet: *Fixed income securities*. Wiley 2003, s. 125.

$$R^c(0; t) = L_0 - S_0 \left[\frac{1 - \exp(-at)}{at} \right] + \gamma_0 \left[\frac{(1 - \exp(-at))^2}{4at} \right] \quad (7)$$

Korzystając z pokrewieństwa z oryginalnym modelem Vasicka, można dokonać ekonomicznej interpretacji wszystkich parametrów modelu²¹.

Tak jak w przypadku modeli Nelsona-Siegela i Svenssona, w celu zwiększenia giętkości funkcji rozbudowano model Vasicka 1, dodając dwa nowe składniki²²:

$$R^c(0; t) = L_0 - S_0 \left[\frac{1 - \exp(-at)}{at} \right] + \gamma_0 \left[\frac{(1 - \exp(-at))^2}{4at} \right] - T_0 \left[\frac{1 - \exp(-bt)}{bt} \right] + K_0 \left[\frac{(1 - \exp(-bt))^2}{4bt} \right] \quad (8)$$

Zmodyfikowaną w ten sposób funkcję nazwiemy funkcją rozszerzoną Vasicka 2, w skrócie Vasicek 2. Rezultatem takiej modyfikacji jest poprawa dopasowania krzywej dochodowości w segmencie krótkoterminowym.

Metodyka estymacji krzywej dochodowości

W celu wyznaczenia zerokuponowej krzywej dochodowości posłużymy się podejściem polegającym na dopasowaniu krzywej dochodowości do cen rynkowych obligacji Skarbu Państwa oraz bonów skarbowych. Ustalimy wartość wektora parametrów $\hat{\beta}$, który pozwoli zminimalizować sumę kwadratów odchyłeń cen wyznaczonych przez model od wartości rynkowych, co sprowadza się do rozwiązania następującego zadania optymalizacyjnego:

$$f(\hat{\beta}) = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_t^j - \hat{P}_t^j}{\omega_j} \right)^2 \rightarrow \min \quad (9)$$

gdzie $\hat{P}_t^j$ oznacza cenę teoretyczną, zaś współczynnik ω_j , stanowiący wagę dla j -tej obligacji, dany jest następującym równaniem²³:

$$\omega_j = \frac{dP_t^j}{dYTM_j} = \frac{D_j P_t^j}{1 + YTM_j} \quad (10)$$

Wartość współczynnika ω_j jest tym mniejsza, im krótszy jest termin do wykupu danej obligacji. Instrumenty krótkoterminowe przeważają więc w procesie optymalizacji, czego rezultatem jest lepsze dopasowanie krzywej do rzeczywistych stóp zerokuponowych w jej krótkoterminowym segmencie²⁴.

Zarys teorii algorytmów genetycznych

Klasyczny AG²⁵ (K-AG) opiera się na pojęciu chromosomu, w którym za pomocą ciągu binarnego kodowana jest pewna informacja. Wyrazy tego ciągu (nazywane *genami*) mogą więc przyjmować jedną z dwóch wartości: 0 lub 1. W tym sensie pojedynczy gen ma charakter bitu – podstawowej miary informacji²⁶. Chromosom można zatem traktować jako tablicę bitów, co sugeruje sposób jego reprezentacji w implementacji K-AG. Pojemność informacyjna chromosomu, rozumiana jako liczba unikalnych stanów, które może on reprezentować, jest funkcją jego długości (czyli liczby genów, z których się składa), co wyraża się wzorem (11):

$$I(n) = 2^n \quad \text{dla } n \in N \setminus \{0\} \quad (11)$$

gdzie:

I – pojemność informacyjna chromosomu,
 n – długość chromosomu (liczba genów).

Trzecim ważnym pojęciem w teorii K-AG, obok chromosomu i genu, jest populacja. Mianem populacji nazywa się zbiór chromosomów o równej długości. Jej szczególnym rodzajem jest populacja początkowa, którą tworzy się na pierwszym etapie przebiegu K-AG. W jej skład wchodzi chromosomy, których ciągi binarne dobierane są w drodze losowania.

Sposób interpretacji informacji zawartej w chromosomach zależy od charakteru rozwiązywanego problemu. Niech dane będzie zadanie optymalizacyjne (12):

$$f: B^n \rightarrow R \quad B = \{0, 1\} \quad f \rightarrow \max \quad (12)$$

gdzie:

n – długość chromosomu.

Przekształcenie postaci f nazywane jest funkcją przystosowania, której wartość jest miarą stopnia, w jakim pojedynczy chromosom rozwiązuje dany problem optymalizacyjny. W zadaniu (12) chromosom, dla którego wartość funkcji f będzie największa w populacji, zostanie uznany za optymalny. Jak zaznaczono, interpretacja informacji zakodowanej w chromosomie, podobnie jak sposób oceny „jakości” jego przystosowania, zależy od charakteru zadania optymalizacyjnego. Funkcja przystosowania może zatem przybierać różne kształty, jednak jej sens pozostaje niezmienny.

²¹ Należy zauważyć, że modyfikacja klasycznego modelu Vasicka polega na pominięciu ograniczenia: $\gamma = \frac{\sigma^2}{a^2}$, gdzie σ oznacza zmienność stopy chwilowej, zaś a to szybkość reakcji modelu na zaburzenia. Dzięki temu krzywa dochodowości może przybierać wymagane kształty.

²² Ibidem.

²³ D_j oznacza durację Macaulaya.

²⁴ Śluszności takiego doboru wagi dowodzą: O.A. Vasicek, G. Fong: *Term Structure Modeling Using Exponential Splines*. „Journal of Finance”, maj 1982, s. 339-348.

²⁵ Teoria K-AG została sformułowana w: J.H. Holland: *Adaptation in natural and artificial systems*. The University of Michigan, 1975. W implementacji posłużono się rozwinięciem klasycznego ujęcia. Podstawowe modyfikacje K-AG zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

²⁶ Bit oznacza ilość informacji zawartą w wiadomości, że zaszło jedno z dwóch równo prawdopodobnych zdarzeń. Patrz: *Wstęp do informatyki gospodarczej*. Praca pod redakcją A. Rokickiej-Broniatowskiej. Warszawa 2001. Wydawnictwo Hobbitt, s. 71.

„Jakość” przystosowania chromosomów ocenia się w celu przeprowadzenia selekcji chromosomów, które wejdą w skład nowo tworzonej populacji „potomków”. Selekcję przeprowadza się losowo, przy czym przyjmuje się, że prawdopodobieństwo przejścia chromosomu do nowej populacji jest tym większe, im większa jest odpowiadająca mu wartość funkcji przystosowania. W najprostszym przypadku zakłada się, że prawdopodobieństwo P_i wylosowania i -tego chromosomu wyraża się wzorem:

$$P_i = \frac{FP(Ch_i)}{\sum_{j=1}^n FP(Ch_j)} \cdot 100\% \quad (13)$$

gdzie:

$FP(Ch_i)$ – wartość funkcji przystosowania i -tego chromosomu,

n – liczba chromosomów w populacji.

Celem selekcji jest otrzymanie populacji „potomków”, w której średnia wartość funkcji przystosowania będzie większa niż w populacji „rodziców”.

Głównymi elementami przebiegu AG są krzyżowanie i mutacja chromosomów. Operacje te mają na celu utrzymanie pożądanej dywersyfikacji materiału genetycznego w populacji. Ścisła definicja procesu krzyżowania i mutacji przedstawia się następująco²⁷.

Niech:

P – problem optymalizacyjny,

$D(P)$ – zbiór rozwiązań dopuszczalnych problemu,

$X = (x_1, \dots, x_n)$ – chromosom, przy czym $X \in D(P)$.

Operatorem krzyżowania K_K dla problemu optymalizacyjnego nazywamy przekształcenie postaci:

$$K_K : D(P) \times D(P) \rightarrow D(P) \times D(P)$$

dokonyjące losowej, z danym prawdopodobieństwem, wymiany składowych rozwiązań X_i^t i X_j^t w populacji t względem składowej k :

$$K_K(X_i^t, X_j^t) = (X_i^{t+1}, X_j^{t+1})$$

gdzie:

$$X_i^t = (x_1, \dots, x_n) \quad X_j^t = (v_1, \dots, v_n) \\ X_i^{t+1} = (x_1, \dots, x_k, v_{k+1}, \dots, v_n) \quad X_j^{t+1} = (v_1, \dots, v_k, x_{k+1}, \dots, x_n)$$

Operatorem mutacji M_K dla problemu optymalizacyjnego P nazywamy przekształcenie postaci:

$$M_K : D(P) \rightarrow D(P)$$

dokonyjące losowej, z danym prawdopodobieństwem, zmiany wartości k -tej składowej rozwiązania X_i^t na przeciwną:

$$M_K(X_i^t) = X_i^{t+1}$$

gdzie:

$$X_i^t = (x_1, \dots, x_k, \dots, x_n) \quad i \quad X_i^t = (\overline{x_1}, \dots, \overline{x_k}, \dots, x_n)$$

Przebieg AG ma charakter iteracyjny²⁸. Jego kolejne etapy następują po sobie do momentu, kiedy spełniony zostanie warunek końca działania algorytmu. Często przyjmuje się *a priori* liczbę populacji, po której przetwarzanie ma się zakończyć. Chromosom, dla którego wartość funkcji przystosowania jest największa (problem maksymalizacji) lub najmniejsza (problem minimalizacji), uznawany jest za najlepsze rozwiązanie zadania optymalizacyjnego.

Przebieg i implementacja hybrydowego AG

Szczegółowy opis architektury AG, zaprojektowanego na potrzeby optymalizacji modeli stóp natychmiastowych, będącego rozwinięciem K-AG, przedstawimy na przykładzie modelu Svenssona. Ogólne zasady konstrukcji AG dla pozostałych dwóch prezentowanych modeli pozostały niezmienione.

Kodowanie i dekodowanie chromosomów

Głównym elementem tego etapu implementacji jest wybór sposobu, w jaki kodowane i dekodowane będą informacje w chromosomach. W rozpatrywanym przypadku pojedynczy chromosom reprezentuje kombinację sześciu parametrów modelu Svenssona, będących jednocześnie argumentami funkcji przystosowania (9). Ponieważ chromosom ma ograniczoną pojemność informacyjną (zob. 11), decydując się na sposób kodowania należy dokonać wyboru typu „trade-off” między liczbą parametrów, ich rozdzielczością oraz przedziałami zmienności. Rozdzielczość zależy od liczby genów (bitów), na których dany parametr kodowany jest w chromosomie, oraz od warunków ograniczających, określających przedział zmienności, w jakim zawierają się jego wartości²⁹. Im większe są przedziały zmienności i im większa rozdzielczość poszczególnych parametrów, tym większa jest wymagana pojemność informa-

²⁸ Po wylosowaniu populacji początkowej algorytm wchodzi w główną pętlę przetwarzania, na którą składają się: obliczenie wartości funkcji przystosowania chromosomów, selekcja chromosomów do dalszego przetwarzania, utworzenie nowej populacji w drodze krzyżowania i mutacji chromosomów oraz sprawdzenie warunku końca działania algorytmu. Jeżeli warunek końca nie jest spełniony, kolejna iteracja rozpoczyna się od obliczenia wartości funkcji przystosowania chromosomów wchodzących w skład nowej populacji.

²⁹ Jest to typowy problem konwersji analogowo-cyfrowej, w którym konwersję sygnału analogowego do dyskretnego wykonuje poprzez próbkowanie z określoną rozdzielczością. W opisywanym przykładzie należy przekonwertować ciągły przedział zmienności do postaci dyskretniej, zapisywanej w tablicy bitów o ograniczonej długości.

²⁷ T.D. Gwiazda: *Algorytmy Genetyczne, Zastosowania w Finansach*. Warszawa 1998 Wydawnictwo Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L. Koźmińskiego, s. 17.

Tabela 1 Sposób kodowania parametrów modelu Svenssona w chromosomie

Parametr	Przedział	Liczba bitów	Pojemność informacyjna	Rozdzielczość
β_0	(0,03; 0,07095)	12	$2^{12} = 4096$	0,00001
β_1	(-0,02; 0,02095)	12	$2^{12} = 4096$	0,00001
β_2	(-0,4; 0,4191)	13	$2^{13} = 8192$	0,0001
β_3	(-0,2; 0,6191)	13	$2^{13} = 8192$	0,0001
τ_1	(0; 10,23)	10	$2^{10} = 1024$	0,01
τ_2	(0; 2,55)	8	$2^8 = 256$	0,01

Źródło: opracowanie własne.

cyjna chromosomu, a więc tym rozleglejsza staje się przestrzeń rozwiązań problemu optymalizacyjnego. Sposób zakodowania parametrów implementacji AG dla modelu Svenssona pokazano w tabeli 1.

Przedziały zmienności parametrów β_0 i β_1 wynikają z ich ekonomicznej interpretacji; pozostałe określiliśmy eksperymentalnie w trakcie prowadzonych badań. Wymagana długość chromosomu wynika z liczby bitów potrzebnej do zagwarantowania odpowiedniej pojemności informacyjnej chromosomu. Dla modelu Svenssona długość chromosomu wynosi więc: $12 + 12 + 13 + 13 + 10 + 8 = 68$ bitów (genów). Kolejność i pozycje bitów, na których zakodowaliśmy parametry, są następujące:

- bity od 0 do 11 włącznie – parametr β_0 ,
- bity od 12 do 23 włącznie – parametr β_1 ,
- bity od 24 do 36 włącznie – parametr β_2 ,
- bity od 37 do 49 włącznie – parametr β_3 ,
- bity od 50 do 59 włącznie – parametr τ_1 ,
- bity od 60 do 67 włącznie – parametr τ_2 .

Liczba wszystkich możliwych kombinacji parametrów dla modelu Svenssona wynosi 2^{68} (około $2,95 \cdot 10^{20}$). Przestrzeń rozwiązań zadania optymalizacyjnego jest więc rozległa.

W implementacji AG za kodowanie parametrów w chromosomie w postaci binarnej odpowiadają określone funkcje. Przeskalowują one parametry modelu z postaci ułamkowej na liczby całkowite w systemie dziesiętnym, które następnie są przekształcane w odpowiadające im wartości w systemie dwójkowym i w takiej postaci kodowane na odpowiednich bitach chromosomu. Proces kodowania zobrazujemy na przykładzie parametru β_0 .

Wartości parametru β_0 wyrażone w liczbach rzeczywistych przekształcają się na liczby binarne w następujący sposób:

0,03000 $\rightarrow$ 0 $\rightarrow$ 000000000000
 0,03001 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 000000000001
 0,03002 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 000000000010
 ...
 0,07096 $\rightarrow$ 4096 $\rightarrow$ 111111111111

Dekodowanie parametrów jest procesem odwrotnym. Ciągi bitów pobierane są z odpowiednich pozycji chromosomu. Następnie funkcja dekodująca przekształca je do postaci dziesiętnej. Przed obliczeniem wartości funkcji przystosowania postaci dziesiętne są odpowiednio konwertowane na liczby rzeczywiste. W tej formie parametrów używa się do obliczania wartości funkcji przystosowania (9) dla poszczególnych chromosomów.

Postać funkcji przystosowania

Ze wzoru (13) wynika, że prawdopodobieństwo przejścia chromosomu do kolejnej populacji jest proporcjonalne do odpowiadającej mu wartości funkcji przystosowania³⁰. W rozpatrywanym zadaniu celem optymalizacyjnym jest minimalizacja funkcji (9). Chromosomy **lepiej** przystosowane charakteryzują się więc **niższą** wartością funkcji przystosowania niż chromosomy gorzej przystosowane. Wyrażenie (13) traci wobec tego sens. Problem znalezienia minimum funkcji przystosowania jest redukowany do problemu znalezienia maksimum funkcji $G = -F$ ³¹:

$$\min F(x) = \max G(x) = \max(-F(x)) \quad (14)$$

Aby zagwarantować, że funkcja $G(x)$ będzie przyjmować tylko wartości dodatnie, należy ją przekształcić, dodając do niej odpowiednią stałą C :

$$\max G(x) = \max(-F(x) + C) \quad (15)$$

Stała C może zostać określona na kilka sposobów³²:

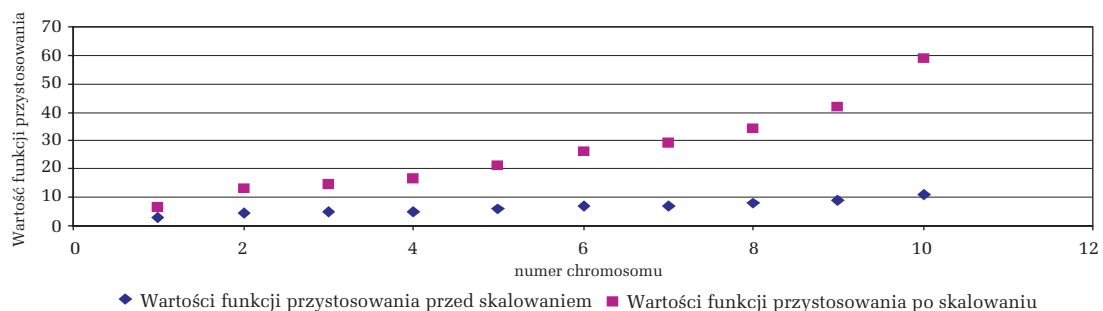
- jako stała dana na wejściu, określona *a priori*,
- jako największa wartość funkcji $F(x)$ w bieżącej populacji,
- jako największa wartość funkcji $F(x)$ ze wszystkich populacji łącznie z bieżącą,
- jako największa wartość funkcji $F(x)$ z ostatnich k -populacji.

³⁰ K-AG zakłada maksymalizację funkcji przystosowania.

³¹ T. Gwiazda: op.cit., s. 51.

³² Ibidem, s. 51.

Wykres 1 Wpływ skalowania potęgą dla $C = 1,7$ na wartości funkcji przystosowania chromosomów



Źródło: opracowanie własne.

W implementacji AG jako wartość stałej C przyjęliśmy największą wartość funkcji przystosowania w bieżącej populacji.

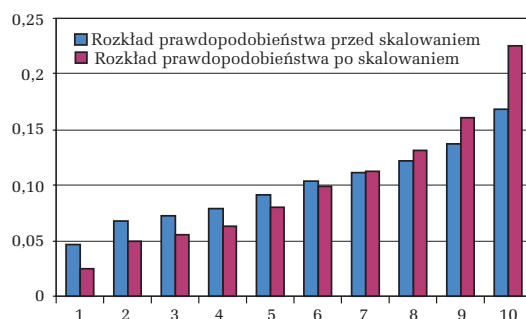
Skalowanie funkcji przystosowania³³

Przy projektowaniu AG konieczny jest wybór odpowiednich dla rozpatrywanego problemu metod selekcji chromosomów do dalszego przetwarzania. Należy pamiętać, że wybrane rozwiązanie będzie miało duży wpływ na efektywność algorytmu. Zbyt silna selekcja spowoduje, że najlepiej przystosowane chromosomy szybko zdominują populację, redukując stopień dywersyfikacji materiału genetycznego. Odpowiednio wysoki poziom dywersyfikacji jest niezbędny w celu zagwarantowania prawidłowego działania algorytmu³⁴

³³ Skalowanie funkcji przystosowania wykracza poza ramy K-AG.

³⁴ M. Mitchell: op.cit., s. 166.

Wykres 2 Wpływ skalowania potęgą dla stałej $C = 1,7$ na prawdopodobieństwo (oś rzędnych) przejścia chromosomów przez selekcję



Źródło: opracowanie własne.

i przeciwdziała przedwczesnej zbieżności AG do ekstremum lokalnego. W sytuacji odwrotnej, kiedy tak zwana presja selekcji jest za słaba, zbieżność algorytmu może stać się zbyt powolna, co może skutkować małą efektywnością przeszukiwania ewolucyjnego. Jeżeli presja selekcji będzie skrajnie niska, przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań może przypominać przeszukiwanie losowe.

Przeprowadzone przez nas badania wskazały zasadność zwiększenia presji selekcji w populacji. W tym celu posłużyliśmy się skalowaniem potęgowym funkcji przystosowania F , polegającym na przekształcaniu jej do nowej postaci F' w sposób pokazany we wzorze (16)³⁵:

$$F' = F^C \quad (16)$$

gdzie C oznacza stałą, której wartość zależy od charakteru problemu i często jest dobierana eksperymentalnie w czasie testowania algorytmu. Im większa jest stała C (dla $C > 1$), tym większe są dysproporcje między wartościami pierwotnej i przeskalowanej funkcji przystosowania.

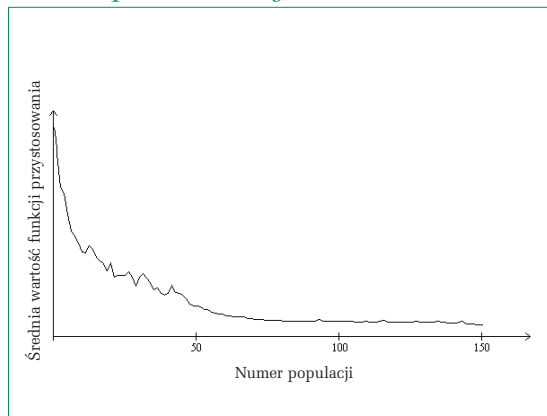
Niech danych będzie 10 chromosomów o zadanych wartościach funkcji przystosowania. Przeprowadzając skalowanie potęgą, przyjmując $C = 1,7$, otrzymamy nowe wartości, przedstawione na wykresie 1.

Otrzymane wartości są tym większe, im większa była ich pierwotna wartość. Fakt ten wpływa na rozkład prawdopodobieństwa przejścia chromosomów do kolejnego etapu przetwarzania, co przedstawiliśmy na wykresie 2.

Wynikiem skalowania jest zwiększenie dysproporcji między prawdopodobieństwami wylosowania chromosomów – gorzej przystosowane chromosomy otrzymują jeszcze mniejszą szansę na przejście selekcji, a szanse najlepiej przystosowanych wzrastają. Skalo-

³⁵ T. Gwiazda: op.cit., s. 53.

Wykres 3 Zależność między liczbą populacji a średnią wartością funkcji przystosowania w populacji dla krzyżowania wielopunktowego z trzema punktami krzyżowania



Źródło: opracowanie własne.

wanie potęgą dla $C > 1$ prowadzi do zwiększenia presji selekcji w populacji. W implementacji AG posłużyliśmy się skalowaniem potęgą ze stałą dobieraną z zakresu $< 1,05; 1,3 >$.

Krzyżowanie

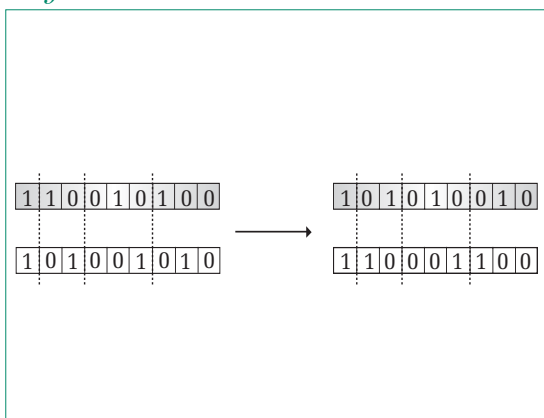
W celu poprawy efektywności algorytmu zdecydowaliśmy się na zastosowanie zmodyfikowanego operatora krzyżowania, jakim jest krzyżowanie wielopunktowe³⁶. Zasadę jego działania przedstawia rysunek 1:

Przeprowadziliśmy również eksperymenty z użyciem operatora inwersji³⁷. Wyniki wykazały znaczną przewagę krzyżowania wielopunktowego nad operatorem inwersji.

³⁶ K-AG zakłada krzyżowanie jednopunktowe.

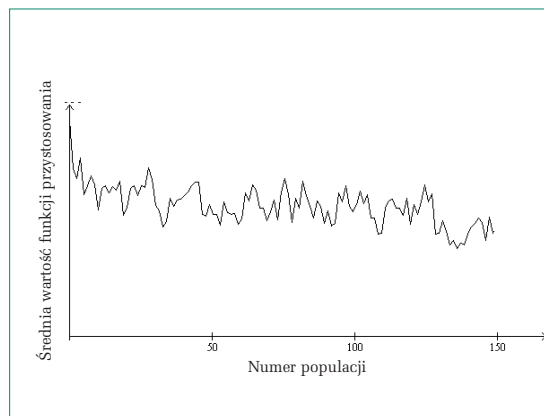
³⁷ Inwersja działa na pojedynczym chromosomie, powodując odwrócenie kolejności genów w losowo wybranym przedziale.

Rysunek 1 Zasada działania krzyżowania wielopunktowego z trzema punktami krzyżowania



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 4 Zależność między liczbą populacji a średnią wartością funkcji przystosowania w populacji dla krzyżowania przez inwersję



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3 przedstawia zależność między liczbą populacji (oś odciętych) a średnią wartością przystosowania chromosomów w populacji (oś rzędnych) w przebiegu algorytmu z krzyżowaniem wielopunktowym.

Skutkiem rezygnacji z krzyżowania wielopunktowego na rzecz inwersji było otrzymanie wyników przedstawionych na wykresie 4.

W przypadku krzyżowania wielopunktowego przebieg średniej wartości funkcji przystosowania w zależności od liczby populacji jest prawidłowy. Zauważalne są niewielkie fluktuacje, jednak zbieżność algorytmu jest zadowalająca. W przypadku inwersji przebieg krzywej (przedstawionej na wykresie 4) jest nieregularny. Średnie wartości funkcji przystosowania podlegają dużym wahaniom i utrzymują się na wysokim poziomie. Można zauważyć delikatną tendencję spadkową funkcji przystosowania, jednak zbyt słabą, aby inwersję w tym przypadku uznać za efektywny sposób rekombinacji genów.

Wpływ mutacji na średnią wartość funkcji przystosowania w populacji

W trakcie kalibracji algorytmu genetycznego przeprowadziliśmy testy, mające na celu określenie optymalnego dla rozwiązywanego problemu prawdopodobieństwa mutacji w populacji, mierząc jego wpływ na przebieg średniej wartości funkcji przystosowania chromosomów. Przykładowe przebiegi, zobrazowane na wykresie 5, wyznaczyliśmy dla następujących wartości prawdopodobieństwa mutacji chromosomu:

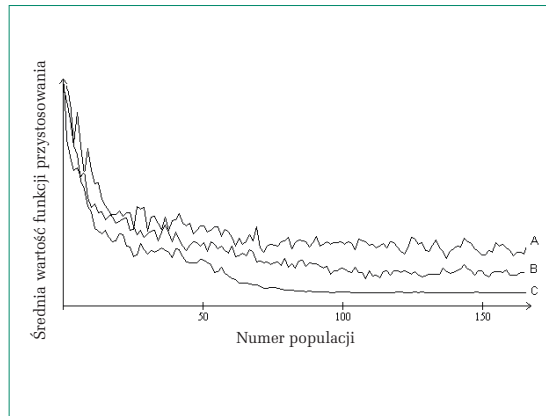
przebieg A : $p_m = 1,0$

przebieg B : $p_m = 0,4$

przebieg C : $p_m = 0,01$

Posłużyliśmy się krzyżowaniem wielopunktowym z trzema punktami podziału.

Wykres 5 Zależność między średnią wartością funkcji przystosowania a prawdopodobieństwem (p_m) mutacji chromosomów $A : p_m = 1,0$, $B : p_m = 0,4$, $C : p_m = 0,01$



Źródło: opracowanie własne.

Przebieg A odznacza się dużymi wahaniami średniej wartości funkcji przystosowania w populacji. Wysokie prawdopodobieństwo mutacji chromosomów ($p_m = 1,0$) powoduje, że każdy chromosom podlega mutacji. Średnia wartość przystosowania pozostaje stosunkowo wysoka, gdyż w populacji utrzymuje się duże zróżnicowanie genetyczne. Kolejne populacje nie zbiegają się do optimum, gdyż silna mutacja niweluje pozytywne efekty ewolucji.

Zupełnie inny charakter ma przebieg C , w którym średnia wartość funkcji przystosowania szybko osiąga wartość graniczną. Znikome prawdopodobieństwo mutacji nie pozwala na efektywniejsze przeszukiwanie przestrzeni. Populacja wpada w lokalne ekstremum, a brak dostatecznej dywersyfikacji materiału genetycznego nie pozwala na jego opuszczenie.

Przebieg B , osiągnięty dla mutacji na średnim poziomie, łączy cechy dwóch pozostałych. Zauważalne są wahania średniej wartości funkcji przystosowania w populacji, jednak nie są one tak duże, jak w przebiegu A . Wartości funkcji przystosowania są jednak wyższe niż w przypadku przebiegu C .

Z powyższego eksperymentu wynika, że efektywność działania algorytmu genetycznego w dużym stopniu zależy od przyjęcia odpowiedniego prawdopodobieństwa mutacji. W trakcie kalibracji algorytmu najlepsze efekty optymalizacji otrzymywaliśmy przyjmując prawdopodobieństwo mutacji pojedynczego chromosomu w populacji z przedziału $<0,01; 0,2>$.

Algorytm przeszukiwania lokalnego

W przeciwieństwie do konwencjonalnych sposobów optymalizacji metody ewolucyjne pozwalają uniknąć „utknięcia” algorytmu w ekstremum lokalnym i czynią

przeszukiwanie bardziej efektywnym³⁸. Aby poprawić wyniki otrzymywane w procesie przeszukiwania ewolucyjnego zdecydowaliśmy się na zastosowanie hybrydowego algorytmu genetycznego z przeszukiwaniem lokalnym, przy czym przeszukiwanie lokalne dotyczy pojedynczego punktu przestrzeni rozwiązań wyłonionego na końcu przebiegu AG³⁹. Rysunek 2 przedstawia zasadę działania algorytmu przeszukiwania lokalnego w sposób uproszczony – w dwóch wymiarach. W przypadku optymalizowanych modeli liczba wymiarów przestrzeni jest odpowiednio większa, jednak ogólne zasady przeszukiwania pozostają niezmienione.

Niech A będzie punktem przestrzeni pewnego zadania optymalizacyjnego (znalezienie maksimum funkcji), wyznaczonym w procesie przeszukiwania ewolucyjnego. Optymalizacja lokalna polega na przeszukiwaniu sąsiedztwa punktu A z zadaniem promieniem przeszukiwania. Jeżeli znaleziony zostanie punkt przestrzeni B taki, że⁴⁰:

$$F(B) > F(A) \quad (17)$$

gdzie F jest funkcją przystosowania, punkt B staje się nowym rozwiązaniem optymalnym (największa do tej pory wartość funkcji) i w kolejnej iteracji algorytmu przeszukiwania lokalnego analizowane jest jego sąsiedztwo. Po dwóch kolejnych iteracjach optimum lokalne znajdzie się w punkcie D .

Przeszukiwanie przestrzeni wokół punktu z zadaniem promieniem nie doprowadzi do znalezienia punktu, dla którego spełnione jest wyrażenie (17). Zbyt mały promień przeszukiwania nie pozwala na przejście przez ekstremum lokalne D . Efektem zwiększenia promienia przeszukiwania w punkcie D jest odnalezienie lepszego punktu przestrzeni (proces ten przedstawia rysunek 3). Następnie, podczas przeszukiwania przestrzeni przy wykorzystaniu zmniejszonego promienia znajdujemy, w tym przypadku, optimum globalnego w punkcie F .

Z powyższego można wyciągnąć następujące wnioski:

– dla złożonych problemów optymalizacyjnych nigdy nie ma pewności, że znalezione optimum jest globalne; można jedynie stwierdzić, że jest najlepszym rozwiązaniem w przestrzeni wyznaczonej promieniami parametrów;

– złożoność obliczeniowa⁴¹, związana z przeszukiwaniem metodą wspinaczkową, rośnie wykładniczo

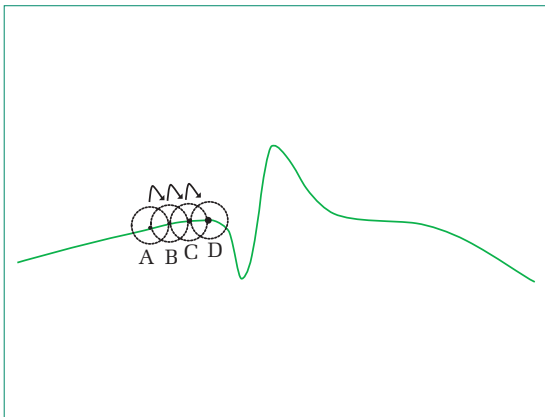
³⁸ A. Obuchowicz, J. Korbcz: *Global optimization via evolutionary search with soft selection*, Technical University of Zielona Góra, Institute of Robotics and Software Engineering, 2000, s. 1.

³⁹ Alternatywną metodą jest przeszukiwanie lokalne na podstawie punktów przestrzeni wyłonionych w kolejnych iteracjach AG. Więcej w W.E. Hart, *op.cit.*

⁴⁰ W przypadku problemu maksymalizacji.

⁴¹ Złożoność obliczeniowa rozumiana jako wszystkie możliwe kombinacje parametrów, których wartości zmieniają się w przedziale określonym przez promień przeszukiwania.

Rysunek 2 Zasada działania algorytmu wspinaczkowego. Zatrzymanie algorytmu w optimum lokalnym D. Promień przeszukiwania jest zbyt mały aby przejść przez ekstremum lokalne



Źródło: opracowanie własne.

wraz ze wzrostem promienia przeszukiwania, gdzie wykładnik potęgi określony jest przez liczbę wymiarów przeszukiwanej przestrzeni:

$$Z = (2 \cdot r + 1)^K \quad (18)$$

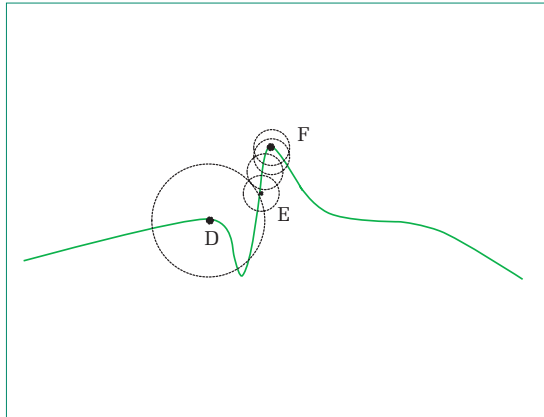
Kiedy stosuje się różne promienie dla parametrów, zależność ta wyraża się wzorem:

$$Z = (2 \cdot r_1 + 1)(2 \cdot r_2 + 1) \dots (2 \cdot r_K + 1) \quad (19)$$

Z wzorów (18) i (19) wynika, że w przestrzeni wielowymiarowej przeszukiwanie sąsiedztwa punktów nawet dla małych promieni skutkuje dużą złożonością obliczeń. Przeprowadzone doświadczenia pozwoliły stwierdzić, że przeszukiwanie lokalne w rozpatrywanym problemie optymalizacyjnym daje najlepsze wyniki, gdy prowadzone jest dla małych promieni parametrów.

Kiedy algorytm zatrzyma się w ekstremum lokalnym; należy stopniowo zwiększać zakres przeszukiwa-

Rysunek 3 Zasada działania algorytmu wspinaczkowego. Przejście przez ekstremum lokalne wykresu i znalezienie optimum globalnego



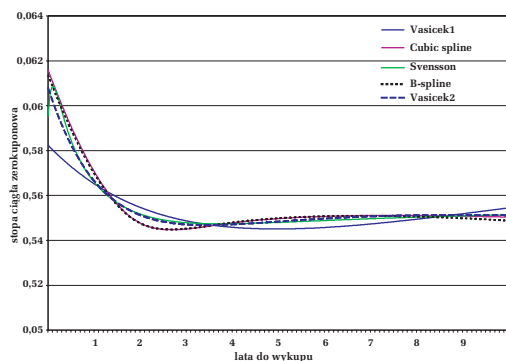
Źródło: opracowanie własne.

nia, do momentu odnalezienia punktu, dla którego wartość funkcji jest mniejsza (minimalizacja) lub większa (maksymalizacja) od wartości funkcji w ekstremum lokalnym, po czym należy kontynuować przeszukiwanie dla małych promieni⁴².

Rezultaty i wnioski

Wyznaczyliśmy zerokuponową krzywą dochodowości, wykorzystując ceny fixingowe obligacji skarbowych 16 różnych serii, dostępne na stronach internetowych MTS-CeTO SA z 28 lutego 2005 r., oraz bony skarbowe o trzech różnych terminach zapadalności na podstawie średnich kwotowań informacyjnych banków. Termin wykupu instrumentów wynosi od 2 tygodni do około 10 lat. Rozpatrujemy pięć różnych metod: sześcienną krzywą sklejaną, krzywą B-sklejaną trzeciego stopnia, Vasicek 1, Vasicek 2 oraz model Svenssona. Parametry wielomianów sklepanych zostały oszacowane za pomocą metody najmniejszych kwadratów. W przypadku pozostałych modeli zastosowaliśmy hybrydowy algorytm genetyczny. Krzywe oszacowane „klasycznie” – metodą splinów – mają być punktem odniesienia dla krzywych wyznaczonych z zastosowaniem GA-LS. Wykres 6 oraz tabele 2, 3, 4 i 5 podsumowują obliczenia. Tabele ilustrują różnice pomiędzy ceną rynkową a ceną teoretyczną, kwadrat tych różnic oraz ważony kwadrat różnic dla poszczególnych serii papierów skarbowych wykorzystywanych w procedurze optymalizacji. Ponadto każda z tabel zawiera kalkulację wskaźników jakości dopasowania krzywej zerokuponowej do danych rynkowych: sumy kwadratów odchyleń (SSE)⁴³, sumy

Wykres 6 Zerokuponowe skarbowe krzywe dochodowości z dnia 18 lutego 2005 r.



Źródło: opracowanie własne.

⁴² Jeżeli po przekroczeniu ustalonego promienia przeszukiwanie wokół ekstremum lokalnego nie przyniesie rezultatów, przyjmuje się, że jest ono optymalnym rozwiązaniem problemu.

⁴³ Sum of Squared Error

ważonych kwadratów odchyłeń (ważony SSE), która jest wartością funkcji celu (9), oraz wartości pierwiastka średniego kwadratu odchyłeń (RMSE)⁴⁴.

Analizując obliczenia, sformułowaliśmy następujące wnioski:

1. Przebieg krzywych dochodowości jest zbliżony. Krzywe wyznaczone za pomocą wielomianów praktycznie się pokrywają. Podobnie jest z krzywą Svenssona i Vasicka 2, przy czym model Svenssona wydaje się bardziej giętki w krótkim okresie. Od reszty wyraźnie odróżnia się funkcja Vasicka 1, która jest zbyt sztywna, by wymodelować ujemne przegarbienie w krótkim okresie.

2. Wartości wskaźników dopasowania krzywych Vasicka 2 i Svenssona są podobne. Model Vasicka 1 daje najgorsze rezultaty. Stosując rozszerzenie do postaci Vasicka 2 uzyskaliśmy poprawę dopasowania o około 40%.

3. Najlepsze dopasowanie uzyskano, stosując łącznie wielomiany, przy czym modele wielomianowe – przy odpowiednim stopniu wielomianu i liczbie węzłów – z natury generują najwyższą jakość dopasowania. Na korzyść optymalizacji za pomocą algorytmu genetycznego przemawia nieduża różnica między dokładnością dopasowania modeli parametrycznych i wielomianowych.

4. Wśród modeli parametrycznych rzeczywisty kształt krzywej dochodowości w krótkim okresie (do 0,5 roku) najlepiej oddaje model Svenssona. Doszli-

śmy do wniosku takiego doszliśmy porównując krótki segment poszczególnych krzywych z rzeczywistymi stopami rentowności bonów 2-, 4-, 8-, i 13- tygodniowych.

5. Modele różnią się ponadto sposobem reakcji na wyłączenie z programu optymalizacyjnego bonów skarbowych. Krzywe Vasicka 1 i Vasicka 2 reagują na całej długości, przy czym drugi z nich w stopniu minimalnym. Przebieg krzywej Svenssona zmienia się jedynie w krótkich terminach zapadalności, odpowiadających terminowi zapadalności wyłączonych bonów.

6. W przypadku modelu Vasicka 1, AG w każdym przebiegu procesu optymalizacji wskazywał ten sam wektor parametrów. Z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że znajdowane było optimum globalne funkcji. Jeżeli chodzi o pozostałe dwa modele, wartość funkcji celu oscylowała wokół jednego poziomu, przy czym wartości parametrów w kolejnych próbach nieznacznie się różniły.

Podsumowując, hybrydowy algorytm genetyczny jest skutecznym narzędziem rozwiązywania zadań optymalizacyjnych przy wyznaczaniu krzywej dochodowości. Czas obliczeń na komputerze klasy PC, wyposażonym w procesor taktowany z częstotliwością 2GHz, nie przekracza 3 minut⁴⁵. Dla wybranych modeli parametrycznych rezultaty dopasowania z wykorzystaniem AG zbliżone są do osiągniętych przez modele wielomianowe. Należy pamiętać, że jakość dopasowania nie zależy wyłącznie od efektywności algorytmu optymalizacyjnego, lecz również od cech poszczególnych modeli.

⁴⁴ Root Mean Squared Error

⁴⁵ Czas obliczeń zależy od liczby szacowanych parametrów modelu.

Tabela 2 Odchylenia cen bonów i obligacji - wielomiany łączone

Kwotowanie		MTS-CeTO SA - FIXING SPW, data: 18-02-2005					
Cubic spline:							
suma kwadratów							
odchyień	0,1614	suma ważonych kwadratów odchyień				0,000002585	
RMSE	0,092171						
B-spline:							
suma kwadratów							
odchyień	0,1721	suma ważonych kwadratów odchyień				0,000002564	
RMSE	0,095171						
Bony skarbowe - procedura dopasowania							
Termin do wykupu	Cena rynkowa	Cena teoretyczna C-s	Odchylenie	Odchylenie^2	Cena teoretyczna B-s	Odchylenie	Odchylenie^2
2 tygodnie	99,7652	99,7640	0,0012	0,000001	99,7640	0,0012	0,000001
4 tygodnie	99,5284	99,5302	-0,0018	0,000003	99,5302	-0,0018	0,000003
13 tygodni	98,4858	98,5032	-0,0174	0,000304	98,5032	-0,0174	0,000304
Obligacje skarbowe - procedura dopasowania							
Seria	Cena rynkowa	Cena teoretyczna C-s	Odchylenie	Odchylenie^2	Cena teoretyczna B-s	Odchylenie	Odchylenie^2
PS1005	101,49	101,4701	0,0199	0,000396	101,4790	0,0110	0,000120
PS0206	102,42	102,4285	-0,0085	0,000072	102,4375	-0,0175	0,000308
OK0406	93,74	93,7217	0,0183	0,000334	93,7294	0,0106	0,000111
PS0506	103	103,0643	-0,0643	0,004132	103,0726	-0,0726	0,005264
OK0806	92,16	92,0916	0,0684	0,004674	92,0972	0,0628	0,003950
PS1106	104,48	104,4803	-0,0003	0,000000	104,4848	-0,0048	0,000023
OK1206	90,57	90,5020	0,0680	0,004631	90,5047	0,0653	0,004265
OK0407	88,93	88,9379	-0,0079	0,000062	88,9381	-0,0081	0,000065
PS0507	105,8	105,8487	-0,0487	0,002368	105,8493	-0,0493	0,002429
PS0608	100,24	100,3459	-0,1059	0,011224	100,3418	-0,1018	0,010357
DS0509	101,18	101,2845	-0,1045	0,010928	101,2791	-0,0991	0,009821
DS1109	101,72	101,3907	0,3293	0,108411	101,3851	0,3349	0,112168
PS0310	100,29	100,3942	-0,1042	0,010849	100,3887	-0,0987	0,009745
DS1110	101,58	101,5960	-0,0160	0,000257	101,5924	-0,0124	0,000154
DS1013	95,45	95,4973	-0,0473	0,002235	95,5411	-0,0911	0,008295
DS1015	104,63	104,6069	0,0231	0,000533	104,5614	0,0686	0,004710

Źródło: obliczenia własne

Tabela 3 Odchylenia cen bonów i obligacji - model Vasicek 1

Kwotowanie MTS-CeTO SA - FIXING SPW, Data: 18-02-2005					
Vasicek 1:					
Suma kwadratów odchyłeń:			0,4535		
Suma ważonych kwadratów odchyłeń:			0,000044		
RMSE			0,1545		
Bony skarbowe - procedura dopasowania					
Termin do wykupu	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
2 tygodnie	99,7652	99,7765	-0,0113	0,000128	9,79916E-06
4 tygodnie	99,5284	99,5541	-0,0257	0,000660	1,26986E-05
13 tygodni	98,4858	98,5665	-0,0807	0,006520	1,21197E-05
Obligacje skarbowe - procedura dopasowania					
Seria	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
PS1005	101,49	101,5981	-0,1081	0,011679	2,87093E-06
PS0206	102,42	102,5668	-0,1468	0,021549	2,37448E-06
OK0406	93,74	93,8071	-0,0671	0,004502	4,37146E-07
PS0506	103	103,1434	-0,1434	0,020569	1,44976E-06
OK0806	92,16	92,1365	0,0235	0,000551	3,31108E-08
PS1106	104,48	104,5144	-0,0344	0,001186	4,24332E-08
OK1206	90,57	90,5089	0,0611	0,003739	1,54575E-07
OK0407	88,93	88,9189	0,0111	0,000123	3,78205E-09
PS0507	105,8	105,6859	0,1141	0,013023	2,85814E-07
PS0608	100,24	100,3085	-0,0685	0,004696	5,27438E-08
DS0509	101,18	101,3956	-0,2156	0,046484	3,34532E-07
DS1109	101,72	101,6088	0,1112	0,012368	7,22604E-08
PS0310	100,29	100,5651	-0,2751	0,075702	4,04024E-07
DS1110	101,58	101,8628	-0,2828	0,079997	3,38955E-07
DS1013	95,45	95,5712	-0,1212	0,014701	3,45757E-08
DS1015	104,63	104,2622	0,3678	0,135286	2,06331E-07

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4 Odchylenia cen bonów i obligacji – model Vasicek 2

Kwotowanie: MTS-CeTO SA - FIXING SPW, Data: 18-02-2005					
Vasicek 2:					
Suma kwadratów odchyłeń:			0,1760		
Suma ważonych kwadratów odchyłeń			0,0000104		
RMSE			0,0975		
Bony skarbowe – procedura dopasowania					
Termin do wykupu	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
2 tygodnie	99,7652	99,7671	-0,0020	0,000004	2,92607E-07
4 tygodnie	99,5284	99,5366	-0,0082	0,000067	1,28962E-06
13 tygodni	98,4858	98,5253	-0,0395	0,001560	0,000003
Obligacje skarbowe – procedura dopasowania					
Seria	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
PS1005	101,49	101,5523	-0,0623	0,003875	9,52594E-07
PS0206	102,42	102,5498	-0,1298	0,016853	1,85707E-06
OK0406	93,74	93,8075	-0,0675	0,004558	4,42598E-07
PS0506	103	103,1492	-0,1492	0,022264	1,56923E-06
OK0806	92,16	92,1673	-0,0073	0,000053	3,18794E-09
PS1106	104,48	104,5640	-0,0840	0,007054	2,52368E-07
OK1206	90,57	90,5621	0,0079	0,000063	2,60504E-09
OK0407	88,93	88,9836	-0,0536	0,002868	8,7969E-08
PS0507	105,8	105,7549	0,0451	0,002038	4,47366E-08
PS0608	100,24	100,3294	-0,0894	0,007998	8,98292E-08
DS0509	101,18	101,3311	-0,1511	0,022818	1,64212E-07
DS1109	101,72	101,4985	0,2215	0,049073	2,86717E-07
PS0310	100,29	100,4268	-0,1368	0,018710	9,98537E-08
DS1110	101,58	101,6841	-0,1041	0,010841	4,59348E-08
DS1013	95,45	95,5297	-0,0797	0,006354	1,49435E-08
DS1015	104,63	104,5715	0,0585	0,003422	5,21906E-09

Źródło: obliczenia własne

Tabela 5 *Odchylenia cen bonów i obligacji – model Svenssona*

Kwotowanie: MTS-CeTO SA - FIXING SPW, Data: 18-02-2005					
Svensson:					
suma kwadratów odchyłeń			0,1995		
suma ważonych kwadratów odchyłeń			0,0000141		
RMSE			0,1025		
Bony skarbowe – procedura dopasowania					
Termin do wykupu	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
2 tygodnie	99,7652	99,7685	-0,0034	0,000011	8,62453E-07
4 tygodnie	99,5284	99,5339	-0,0056	0,000031	5,9333E-07
13 tygodni	98,4858	98,5067	-0,0209	0,000436	8,09989E-07
Obligacje skarbowe – procedura dopasowania					
Seria	Cena rynkowa	Cena teoretyczna	Odchylenie	Odchylenie^2	Ważone odchylenie^2
PS1005	101,49	101,5478	-0,0578	0,003344	8,21997E-07
PS0206	102,42	102,5546	-0,1346	0,018125	1,9972E-06
OK0406	93,74	93,8126	-0,0726	0,005277	5,12393E-07
PS0506	103	103,1529	-0,1529	0,023377	1,64764E-06
OK0806	92,16	92,1692	-0,0092	0,000085	5,11148E-09
PS1106	104,48	104,5610	-0,0810	0,006565	2,34857E-07
OK1206	90,57	90,5577	0,0123	0,000151	6,25719E-09
OKO407	88,93	88,9724	-0,04244	0,001801	5,52491E-08
PS0507	105,8	105,7395	0,06054	0,003665	8,0435E-08
PS0608	100,24	100,3075	-0,0675	0,004553	5,11371E-08
DS0509	101,18	101,3238	-0,1438	0,020673	1,48779E-07
DS1109	101,72	101,5048	0,2152	0,046323	2,70646E-07
PS0310	100,29	100,4424	-0,1524	0,023211	1,23879E-07
DS1110	101,58	101,7168	-0,1368	0,018717	7,93071E-08
DS1013	95,45	95,5668	-0,1168	0,013647	3,20964E-08
DS1015	104,63	104,5323	0,0977	0,009546	5,75314E-06

Źródło: obliczenia własne

Wartość dla akcjonariuszy mniejszościowych w procesie wycofywania spółek z obrotu giełdowego*

Oskar Kowalewski

1. Wstęp

Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie (GPW) rozpoczęła ponownie działalność w 1991 r. Od tego momentu ewaluowała ona w kierunku rozwiniętego rynku giełdowego. Początkowo GPW rozwijała się przede wszystkim w następstwie procesów prywatyzacyjnych spółek, które były wprowadzane do obrotu giełdowego. Spółki te charakteryzowały się wysokimi aktywami, ale często też nie najlepszą sytuacją finansową. W związku z tym niektóre z nich zostały później wykluczone z obrotu giełdowego wskutek ogłoszenia upadłości. Następnym etapem rozwoju GPW były debiuty przedsiębiorstw o prywatnym rodowodzie. Publiczne emisje akcji tego rodzaju spółek wraz kontynuacją procesów prywatyzacyjnych były dalszym czynnikiem stymulującym rozwój GPW pod koniec lat 90. XX w. W latach 1997-1999 do obrotu giełdowego zostały wprowadzone 152 spółki, co zwiększyło liczbę notowanych spółek z 83 pod koniec 1996 r. do 221 na koniec 1999 r.

W następnych latach liczba nowych emisji wyraźnie spadła, co spowodowały trzy czynniki. Po pierwsze, zmniejszyła się liczba ofert publicznych spółek prywatyzowanych przez Skarb Państwa. W latach 1999-2004 za pośrednictwem GPW sprywatyzowano

tylko dziewięć spółek. Po drugie, pogorszyła się sytuacja gospodarcza w Polsce. Po trzecie, zmniejszyło się zainteresowanie społeczeństwa rynkiem kapitałowym za sprawą istotnego spadku cen akcji większości spółek w 2000 r.

Oslabieniu tempa rozwoju rynku kapitałowego towarzyszyło nowe zjawisko, które negatywnie wpływało na liczbę notowanych spółek. Zjawiskiem tym był **proces wycofywania spółek z obrotu giełdowego** na wniosek emitentów. Pierwszą spółką, która została wycofana na wniosek emitenta, był Wedel SA. Stało się to w 1998 r. Następnie w latach 1998-2004 wskaźnik relacji liczby wycofywanych spółek do liczby pierwotnych emisji na GPW wynosił średnio 61%. Dane o wartości tego wskaźnika przedstawia tabela 1.

Z zaprezentowanych danych wynika, że najwięcej spółek wycofywano z obrotu giełdowego w latach 2002-2004. Okres ten częściowo pokrywa się z okresem spadku tempa wzrostu gospodarczego w Polsce, jak też wyraźnego osłabienia popytu na giełdzie. Na tym tle można sformułować ogólną tezę, że inwestorzy strategiczni wykorzystali osłabienie gospodarcze i towarzyszące mu niskie ceny akcji spółek do wycofania spółek z obrotu giełdowego. Dla porównania, w Stanach Zjednoczonych omawiany wskaźnik wynosił średnio 25% w latach 2000-2002¹. Średnia roczna liczba spółek wycofanych z rynku giełdowego NASDAQ wynosiła 65 w latach 1998-2004. W 2003 r. wycofano 101 spółek, a w

* Artykuł powstał w ramach projektu badawczego „Wycofywanie spółek giełdowych z obrotu publicznego w Polsce w latach 1992-2003” 1 H02C 099 26 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Autor chciałby podziękować prof. dr hab. Krzysztofowi Jackowiczowi i recenzentom za cenne uwagi.

¹ S.B. Block: *The latest movement to going private: an empirical study*. „Journal of Applied Finance” 14 (1), Spring 2004, s. 36.

Tabela 1 *Liczba transakcji wycofania spółek i ich relacja do debiutów na GPW*

Rok	Liczba spółek wyprowadzonych z obrotu	Wyprowadzone spółki / nowe spółki (%)
1998	1	2
1999	2	7
2000	3	23
2001	2	22
2002	11	220
2003	8	133
2004	7	19
Suma lub średnia	34	61

Źródło: opracowanie własne.

2004 r. 114. Zdaniem Williama Carneya, wzrost liczby wycofywanych spółek spowodowało wejście w życie ustawy Sarbanesa - Oxleya w 2002 r., która istotnie zwiększyła koszty notowań spółek giełdowych w Stanach Zjednoczonych². Dużą liczbę spółek wycofano także w Wielkiej Brytanii - średnio 30 spółek rocznie w latach 1997–2003³. W Niemczech natomiast dopiero w 1995 r. wprowadzono regulacje umożliwiające wycofywanie spółek giełdowych. W latach 1995–2002 wycofywano tam średnio 7 spółek rocznie⁴. Oznacza to, że średnia liczba spółek wycofywanych z GPW była bardzo podobna do liczby na rynku giełdowym w Niemczech. Ten ostatni jest jednak dużo większy od polskiego rynku kapitałowego pod względem liczby notowanych spółek.

W Polsce zjawisku wycofywania spółek z obrotu giełdowego, w szczególności przez zagranicznych inwestorów strategicznych, towarzyszyły niekiedy negatywne emocje. Spowodowało je przekonanie, że inwestorzy strategiczni działali na szkodę akcjonariuszy mniejszościowych w trakcie tych procesów. W związku z tym w prezentowanym badaniu postanowiono ustalić, czy zjawisko wycofywania spółek z obrotu giełdowego tworzy wartość dla akcjonariuszy mniejszościowych w Polsce, tak jak na rynkach giełdowych w państwach wysoko rozwiniętych⁵.

Aby zrealizować ten cel badawczy przeprowadzono analizę cen akcji spółek giełdowych, które zostały wycofane z obrotu giełdowego. W badaniu ograniczono się do analizy krótkookresowych korzyści dla akcjonariuszy mniejszościowych, gdyż grupa ta ma istotny wpływ na długofalowy rozwój rynku kapitałowego⁶.

Oznaką występowania korzyści dla akcjonariuszy mniejszościowych będzie otrzymanie statystycznie istotnej ponadprzeciętnej stopy dochodu z akcji w dniu ogłoszenia wezwania i wiadomości o wycofaniu spółki z obrotu giełdowego.

Analiza kształtowania się stóp zwrotu bezpośrednio przed ogłoszeniem publicznego wezwania do sprzedaży akcji i po nim pozwala także na **analizę efektywności informacyjnej polskiego rynku kapitałowego**. Opóźniona reakcja cen papierów wartościowych będzie wskazywać na prawdziwość słabej wersji hipotezy efektywności rynku, reakcja w dniu zdarzenia – na prawdziwość półsilnej wersji hipotezy efektywności rynku, a reakcja poprzedzająca moment zdarzenia – silnej wersji.

W dalszej części artykułu przedstawiono definicję procesu wycofywania spółki z obrotu giełdowego, jak też klasyfikację rodzajową omawianego procesu. Następnie zaprezentowano wyniki wybranych badań dotyczących zachowań cen akcji w trakcie wycofywania spółek w państwach rozwiniętych. Czwarty rozdział zawiera krótki opis metodyki badawczej wybranej przez autora, tj. analizy zdarzeń, oraz opis danych wykorzystanych w obliczeniach. Kolejna, piąta część poświęcona jest prezentacji i interpretacji wyników badań empirycznych. Artykuł kończy się podsumowaniem rozważań teoretycznych i wyników badań empirycznych.

2. Podstawowe definicje

W literaturze przedmiotu proces wycofywania spółek z obrotu giełdowego określa się jako *going private* lub *public to private transactions (P2P)*. W Polsce przyjęło się określać te transakcje jako wycofywanie lub wyprowadzanie spółek z obrotu giełdowego. Wyprowadzanie spółki z obrotu giełdowego może mieć różny charakter i nie zawsze wiąże się ze zmianą jej statusu prawnego. W przypadku upadłości spółki następuje jej wykluczenie z obrotu giełdowego, ale nie zmienia się statut na spółkę niepubliczną. Wycofanie spółki w wyniku upadłości nie mieści się jednak w obszarze zainteresowania. W związku z tym przez pojęcie wyprowadzania spółki z obrotu publicznego należy rozumieć wyłącznie

² W.J. Carney: *The Costs of being public after Sarbanes-Oxley: the irony of "going private"*. Emory School of Law, Law and Economic Research paper Series, Working Paper nr 05-4, 2005.

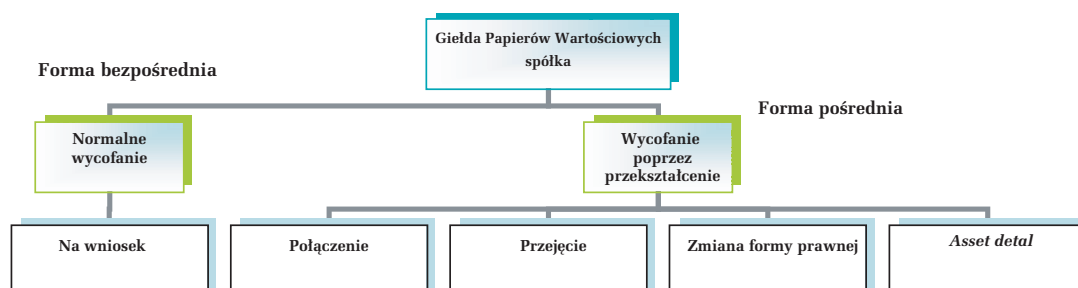
³ L. Renneboog, T. Simons: *Public-to-private transactions: LBOs, MBOs, MBIs and IBOs*. ECGI Working Paper Series in Finance nr 94, 2005, s. 5.

⁴ F. Eisele, A. Walter: *Kursreaktionen auf die Ankündigung von Going Private – Transaktionen am deutschen Kapitalmarkt*. V. Symposium zur Ökonomischen Analyse der Unternehmen, GEABA, 2004.

⁵ Ch. Andres, A. Betzer, M. Hoffmann: *Going private via LBO – Shareholder gains in the European markets*. 7th Conference, Zurich SWX Swiss Exchange, 2 kwietnia, 2004; L. Renneboog, T. Simons: *Public-to-private transactions: LBOs, MBOs, MBIs and IBOs*. ECGI Working Paper Series in Finance nr 94, 2005.

⁶ R. La Porta, F. Lopez-de-Silanes, A. Schleifer, R.W. Vishny: *Legal determinants of external finance*. "Journal of Finance", vol. 52, 1997, s. 113 - 1155; R. La Porta, F. Lopez-de-Silanes, A. Schleifer, R.W. Vishny: *Law and finance*. "Journal of Political Economy", vol. 106 (6), 1998, s. 1113 - 1155.

Schemat 1 Techniki wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego



Źródło: opracowanie własne.

te transakcje, w przypadku których łącznie zachodzą dwa następujące zjawiska. Po pierwsze, następuje zawieszenie i wycofanie akcji spółki z obrotu giełdowego, a po drugie - przejęcie własności spółki przez grupę akcjonariuszy inicjujących proces⁷.

W literaturze przedmiotu tryby wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego przyjęło się dzielić na dwa podstawowe rodzaje: normalne wyprowadzenie oraz wyprowadzenie poprzez przekształcenie formy własności⁸.

W większości przypadków, w tym także w Polsce, zawieszenie obrotu i wycofanie spółki z giełdy ma charakter normalny w zdefiniowanym powyżej sensie. Odbija się ono na wniosek emitenta po uzyskaniu zgody Komisji Papierów Wartościowych i Giełd na wycofanie spółki z obrotu giełdowego. Wycofanie spółki z obrotu na wniosek emitenta określa się także jako formę bezpośrednią. Drugi typ wycofania spółki z obrotu giełdowego jest natomiast skutkiem wcześniejszych przekształceń w danej spółce. Z tych powodów tryb ten określa się także jako formę pośrednią. Do najczęściej spotykanych przekształceń, które są następnie przyczyną wycofania spółki, należą: przejęcie, połączenie, zmiana formy prawnej oraz podział aktywów spółki. Wyprowadzenie spółki w wyniku przejęcia lub połączenia zakłada, że wskutek procesów integracyjnych notowana na giełdzie spółka zostanie włączona do spółki niepublicznej. W procesach konsolidacyjnych, w których następcą prawnym spółki publicznej jest spółka niepubliczna, mamy zatem do czynienia z wycofaniem spółki z obrotu giełdowego. W przypadku, gdy spółka publiczna zostanie przejęta przez inną spółkę publiczną lub połączy się z nią, nie dochodzi do wycofania. Dzieje się tak, ponieważ dostęp akcjonariuszy

spółki przejmowanej do własności spółki przejętej zostaje pośrednio zachowany dzięki możliwości nabycia udziałów w spółce przejmującej, której akcje są notowane na rynku papierów wartościowych. Wycofanie spółki może być także następstwem przekształcenia spółki akcyjnej w spółkę z ograniczoną odpowiedzialnością. Proces przekształcenia i zmiany formy prawnej spółki automatycznie powoduje obowiązek wyprowadzenia spółki z obrotu giełdowego. Ostatnim możliwym wariantem jest sytuacja, w której spółka niepubliczna w drodze zawarcia umowy cywilnoprawnej nabywa prawa do aktywów spółki publicznej. Umowa ta zakłada nie tylko przeniesienie wszystkich aktywów do spółki niepublicznej, ale przewiduje także likwidację spółki publicznej. Wraz z wszczęciem procesu likwidacyjnego spółki wymagane jest jej wyprowadzenie z obrotu giełdowego. W praktyce jest to bardzo rzadko spotykany sposób wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego. W literaturze anglojęzycznej określa się go jako *asset deal*. Należy podkreślić, że sposoby wyprowadzenia spółek mogą mieć złożony charakter i stanowić połączenie przedstawionych podstawowych technik, które ilustruje schemat 1.

Operacje wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego można dzielić także ze względu na rodzaj ich inicjatorów. W literaturze przedmiotu w omawianej systematyce najczęściej uwzględnia się strukturę własności w spółce na rok przed wycofaniem z obrotu giełdowego. W przypadku, gdy inicjatorami wycofania spółki są dotychczasowi akcjonariusze, transakcję taką określa się jako *insider buy – out*. Wycofaniem spółki mogą być zainteresowane również podmioty, które na krótko przed tą transakcją stały się jej akcjonariuszami. Jeżeli akcjonariusze ci nabyli akcje spółki wcześniej niż na rok przed jej wycofaniem, transakcję tę określa się jako *outsider buy – out*. Bardziej szczegółowy podział transakcji wyprowadzania spółek z obrotu ze względu na inicjatorów przedstawia tabela 2.

⁷ O. Kemper: *Going Privates in Deutschland*. IMA Arbeitsbericht 02/01, maj 2001, s. 2.

⁸ P. Zillmer: *Public to Private – Transaktionen in Deutschland – Eine empirische Analyse öffentlicher Übernahmeangebote*. "Finanzbetriebl." 9/2002, s. 490 – 491.

Tabela 2 Inicjatorzy a klasyfikacja transakcji wycofywania spółek z obrotu giełdowego

Inicjator	Podtyp inicjatora	Nazwa transakcji
Insider	Założyciele spółki	Owner – buy – out (OBO)
	Inwestorzy:	
	• strategiczni	
	• finansowi	Shareholder buy – out (SBO)
	Kadra zarządzająca spółką	Management – buy – out (MBO)
Outsider	Pracownicy spółki	Employee – buy – out (EBO)
	Inwestorzy	
	• strategiczni	
	• finansowi	Third party buy – out (TBO)
	Menedżerowie spoza spółki	Management – buy – in (MBI)

Źródło: opracowanie własne.

Należy zaznaczyć, że w praktyce podziały te mogą się pokrywać, co wynika ze zróżnicowanych form współpracy oraz porozumień zawartych pomiędzy akcjonariuszami spółek. Jedną z często spotykanych wspomnianych form porozumień jest współpraca kadry kierowniczej spółki z instytucjami finansowymi, które zobowiązują się do zapewnienia finansowania transakcji wyprowadzenia spółki z obrotu giełdowego.

Wśród dotychczasowych akcjonariuszy wyprowadzonej spółki możemy wyróżnić cztery podgrupy inicjatorów interesującego nas procesu. Pierwszą z nich są pierwotni założyciele i właściciele spółki, którzy utrzymali w niej znaczne udziały mimo wprowadzenia spółki do obrotu giełdowego. Założyciele spółki mogą dojść do wniosku, że pozostawienie jej w obrocie giełdowym nie spełnia związanych z tym oczekiwań i w konsekwencji podjąć decyzję o jej wycofaniu. W Polsce przykładem takiego postępowania jest historia spółki Zasada SA, która została najpierw wprowadzona do obrotu giełdowego przez Sobiesława Zasadę i jego rodzinę, a następnie wycofana. Opisana sytuacja rzadko występuje w Polsce, ale może nasilić się wraz z wchodzeniem na giełdę w Warszawie coraz większej liczby spółek o rodzinnym rodowodzie.

W praktyce spółki są najczęściej wyprowadzane z obrotu giełdowego z inicjatywy długoletnich akcjonariuszy. Wśród nich duże znaczenie mają akcjonariusze strategiczni, a w Polsce zagraniczni. Dotychczas głównie ta grupa wycofywała spółki z obrotu giełdowego w ramach prowadzonych reorganizacji i restrukturyzacji działalności w Polsce. Wyprowadzanie spółek przez długoletnich inwestorów finansowych należy natomiast do rzadkości, gdyż rzadko mają oni dostatecznie silną pozycję. Rozpoczęcie procesu wycofania spółki przez kadrę menedżerską opiera się na założeniu, że spółka będzie generować wyższe dochody, gdy stanie się własnością obecnych zarządców. Zapoczątkowanie wyprowadzenia spółki poprzez pracowników często wiąże się z chęcią ochrony miejsc pracy. W większości przypadków proces taki inicjuje kadra menedżerska, ale uczestniczą w nim wszyscy pracownicy spółki.

Wśród akcjonariuszy, którzy nabyli akcje później niż rok przed jej wyprowadzeniem z obrotu giełdowe-

go, możemy także wyróżnić dwie podgrupy. Pierwszą stanowią inwestorzy, których możemy ponownie podzielić na strategicznych i finansowych. Obie podgrupy mogą być zainteresowane uzyskaniem kontroli nad spółką, aby następnie wycofać ją z obrotu giełdowego, za zgodą zarządu spółki przejmowanej lub przeciw jego stanowisku. W zależności od postawy dotychczasowego zarządu możemy wyróżnić przyjaznych albo wrogich inwestorów. Nabywanie spółek przez wrogich inwestorów, którymi są przede wszystkim inwestorzy finansowi, było szczególnie popularne w latach 80. XX w. w Stanach Zjednoczonych. Nabywali oni spółki giełdowe, a następnie dokonywali ich likwidacji bądź restrukturyzacji w taki sposób, aby osiągnąć zyski ze sprzedaży składników części ich majątku. Należy podkreślić, że ta działalność zdyscyplinowała zarządy spółek giełdowych i jest współcześnie ważnym elementem dyscypliny rynkowej. Cechy oraz motywy działań inwestorów strategicznych, jak też kadry menedżerskiej spoza przedsiębiorstwa w inicjowaniu wycofywania spółek są zbliżone do omówionych wcześniej przy okazji prezentacji rodzajów *insider buy-out*. Jedyne istotne różnice dotyczą horyzontu czasowego inwestycji.

Wycofanie może nastąpić wbrew opinii pozostałych akcjonariuszy, a w szczególności niezgodnie z wolą akcjonariuszy mniejszościowych. W takich przypadkach dochodzi do przymusowego wykupu akcji od akcjonariuszy mniejszościowych, którzy głosowali przeciw uchwale o wycofaniu spółki z obrotu giełdowego. W większości państw skuteczność uchwały Walnego Zgromadzenia Akcjonariuszy o wycofaniu spółki uwarunkowana jest wykupem akcji od akcjonariuszy, którzy nie zgadzali się z tą decyzją. W literaturze przedmiotu taki przymusowy wykup określa się jako *squeeze – out*⁹. W Polsce przymusowy wykup reguluje art. 416 § 4 Kodeksu spółek handlowych, ale nie ma on zastosowania do spółek znajdujących się w obrocie giełdowym. Oznacza to, że akcjonariusze, którzy chcą wyco-

⁹ A. Radwan: *Przymusowy wykup akcji drobnych akcjonariuszy w prawie brytyjskim na tle k.s.h.*, „Przegląd Prawa Handlowego” nr 1 (124), 2003, s. 41 – 48.

fać spółkę giełdową, mogą nabyć pozostałe akcje tylko w drodze wezwania do sprzedaży. W rezultacie brak zgody akcjonariuszy mniejszościowych bądź protesty z ich strony mogą znacznie opóźnić wyprowadzenie spółki z obrotu giełdowego. Z tych powodów inicjatorzy transakcji dążą zwykle do zaspokojenia roszczeń pozostałych akcjonariuszy, oferując im wysoką cenę w wezwaniu do sprzedaży akcji. Istnieją zatem podstawy do postawienia tezy, że w trakcie wycofywania spółek dochodzi do tworzenia wartości dla akcjonariuszy mniejszościowych. Znajdzie to odzwierciedlenie we wzroście kursu akcji spółki giełdowej w dniu ogłoszenia wiadomości o jej planowanym wycofaniu z obrotu publicznego lub okresach poprzedzających ten moment, albo następujących po nim.

3. Przegląd literatury przedmiotu

Wyprowadzanie spółek z obrotu giełdowego nie jest nowym zjawiskiem. Operację tę po raz pierwszy przeprowadzono w Stanach Zjednoczonych w 1886 r. Omawiane jednak transakcje zyskały na znaczeniu dopiero wskutek rozwoju instrumentów, które pozwalały na wykup spółek giełdowych¹⁰. Rynek wspomaganych dźwignią wykupów, a w związku z tym także transakcji wycofywania spółek z obrotu giełdowego, rozwinął się dopiero w latach 70. XX wieku w Stanach Zjednoczonych. Około dwudziestu lat później podobne zjawisko wystąpiło w Europie Zachodniej - początkowo w Wielkiej Brytanii, a potem na terenie Europy kontynentalnej¹¹.

W literaturze przedmiotu występuje duże zróżnicowanie teorii, które tłumaczą motywy wycofywania spółek z obrotu giełdowego, oraz objaśnień wynikających z tego korzyści. Niestety w praktyce często trudno ustalić rzeczywiste przyczyny wycofywania spółek z obrotu. W związku z tym w nauce finansów nie ma zgody co do dominujących motywów wycofywania spółek giełdowych. Testowane empirycznie teorie tylko częściowo tłumaczą zachodzący proces.

Pierwsze wyjaśnienie zjawiska wycofywania spółek z obrotu giełdowego zaoferował Michael Jensen¹². Autor ten sformułował hipotezę kosztów agencyjnych związanych z wolnymi przepływami pieniężnymi¹³. Według niego, są one głównym źródłem marnotrawstwa w spółkach giełdowych i zarazem przyczyną tego,

że spółka giełdowa jako forma organizacyjna przeżyła w wielu sektorach swoją użyteczność. Zgodnie z omawianą teorią w spółkach, które generują wysokie przepływy pieniężne i jednocześnie mają słabe perspektywy rozwoju, występuje problem niezgodności interesów akcjonariuszy i menedżerów. Menedżerowie są zainteresowani reinwestowaniem tych środków, zwiększaniem skali działania przedsiębiorstwa, nawet jeśli brakuje projektów o dodatniej NPV. Dla akcjonariuszy natomiast korzystniejsze byłoby wypłacenie tych środków pieniężnych zamiast angażowania ich w nieopłacalne przedsięwzięcia inwestycyjne. Zdaniem M. Jansena, w tej sytuacji można zredukować problemy agencyjne przez skoncentrowanie własności w rękach menedżerów lub zewnętrznego podmiotu monitorującego, a następnie wycofanie spółki z obrotu giełdowego. Akcjonariusze mniejszościowi otrzymują wówczas premię za przekazanie kontroli menadżerom lub innemu podmiotowi, który będzie zarządzać spółką po jej wycofaniu z obrotu giełdowego.

Kenneth Lehn oraz Anette Paulsen jako pierwsi przetestowali empirycznie hipotezę M. Jansena, objaśniającą zjawisko wycofywania spółek z obrotu giełdowego. Autorzy ci zaobserwowali, że w Stanach Zjednoczonych wraz ze wzrostem wielkości nierozdysponowanych przepływów pieniężnych rosło prawdopodobieństwo wycofania spółki. Badania te przeprowadzili na próbie 244 spółek wycofanych w latach 1981–1987¹⁴.

W późniejszych badaniach wyniki o podobnej wymowie uzyskali Spuma Rao, Melisa Walters i Bruce Payne na podstawie danych 118 spółek wycofanych w latach 1981–1992. Zdaniem tych autorów, wycofanie spółki pozwala także rozwiązać konflikt interesu akcjonariuszy i menedżerów w zakresie polityki dywidendy. Gdy opodatkowanie dochodów menedżerów jest wysokie, przejawiają oni brak zainteresowania zwiększeniem obecnych dochodów. Są natomiast zainteresowani długookresowymi zyskami kapitałowymi, co pozwala im przesunąć obciążenia podatkowe na czas, kiedy nie będą już pobierać dochodów z wynagrodzenia. Akcjonariusze zaś są zainteresowani przede wszystkim wysoką bieżącą dywidendą (przy założeniu rozproszonej struktury własności spółki), a w mniejszym stopniu zyskami kapitałowymi. Zdaniem S. Roa, M. Walters i B. Payne'a wycofanie spółki z obrotu oraz wypłata premii akcjonariuszom pozwalają zażegnać ewentualne konflikty w zakresie polityki dywidendy¹⁵.

Korzyści podatkowe związane z wycofaniem spółki z obrotu giełdowego mogą być także następstwem wzrostu zadłużenia spółki, co jest rezultatem zmiany struktury jej finansowania. Z obliczeń Stevena Kapla-

¹⁰ J. Richard, S. Weinheimer: *Handbuch Going Private*. Heidelberg 2002 Verlag Recht und Wirtschaft, s. 24.

¹¹ Ch. Andres, A. Betzer, M. Hoffmann (2004): *op.cit.*, s. 2.

¹² M.C. Jensen: *The eclipse of public corporation*. Harvard Business Review 67 (5), wrzesień - październik 1989, s. 61 -74.

¹³ Przegląd badań oraz weryfikacje hipotezy dla rynku polskiego przedstawia praca K. Jackowicza i O. Kowalewskiego: *Motywy wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego w Polsce w latach 1999-2004*. Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, Zeszyt Naukowy 55, Szkoła Główna Handlowa, 2004, s. 21-41.

¹⁴ K. Lehn, A. Poulsen: *Free cash flow and stockholder gains in going private transactions*. "Journal of Finance" 44 (3), 1989, s. 771 - 787.

¹⁵ S.M. Roa, M.S. Waters, B. Payne: *Going private: a financial profile*. "Journal of Financial and Strategic Decisions" 8 (3), Fall 1995, s. 53 - 59.

na wynika, że korzyści podatkowe wynikające ze zmiany struktury kapitałowej mogą skutkować powstaniem premii dla akcjonariuszy mniejszościowych w wysokości od 21% do 72% wartości początkowej ceny akcji wycofywanej spółki. U podstaw zaprezentowanego szacunku leży założenie, że wykupienie i wycofanie spółki giełdowej zostanie sfinansowane ośmioletnim kredytem, spłacanym z nadwyżek osiąganych w przyszłości przez spółkę. Koszt kredytu kształtował się na poziomie średniego oprocentowania dziesięcioletnich obligacji korporacyjnych wyemitowanych przez spółki o podobnym poziomie ryzyka. S. Kaplan dokonał powyższych obliczeń na podstawie danych z 76 spółek giełdowych w Stanach Zjednoczonych wycofanych z obrotu z inicjatywy menadżerów w latach 1988–1985¹⁶.

Motywy wycofania spółki z obrotu może być też chęć zminimalizowania kosztów bezpośrednich i pośrednich związanych z notowaniem na rynku giełdowym. Do kosztów bezpośrednich można zaliczyć koszty emisji akcji, regularne opłaty oraz prowizje giełdowe. Przez pojęcie kosztów pośrednich można natomiast rozumieć utratę konkurencyjności z powodu ciążących na spółce obowiązków informacyjnych albo zaangażowanie zarządu w wypełnianie tego rodzaju obowiązków.

Zdaniem niektórych autorów, właśnie wysokie koszty utrzymania notowań spółki mogą być zasadniczym argumentem na rzecz wyprowadzania spółek z obrotu giełdowego¹⁷. Z danych uzyskanych przez Schroder Salomon Smith Barney (SSSB) wynika, że średnie roczne koszty utrzymania notowań spółki na rynku szwajcarskim wynosiły ponad 1 mln franków szwajcarskich w latach 2000–2002. Według analityków SSSB, koszty te wykazują silną tendencję wzrostową w ostatnich latach, co spowodowane jest obostrzeniem istniejących regulacji prawnych. Dodatkowo z danych tych wynika, że wycofanie spółki z obrotu giełdowego nie tylko pozwala zaoszczędzić 1 mln franków szwajcarskich rocznie, ale może się przyczynić, przy założeniu trwałości spadku kosztów, do wielokrotnego wzrostu wartości kapitałów spółki. Z tych też powodów, zdaniem analityków SSSB, wyprowadzenie z obrotu giełdowego może być bardzo atrakcyjne dla tych spółek, których kapitalizacja giełdowa wynosi mniej niż 100 mln franków szwajcarskich, a wartość akcji w obrocie nie przekracza 50 mln franków szwajcarskich¹⁸.

Badania Stanleya Blocka potwierdzają również, że koszty pośrednie i bezpośrednie mogą być obecnie głównym motywem wycofywania spółek z obrotu giełdowego w Stanach Zjednoczonych. Do takich wniosków dochodzi on na podstawie badań przeprowadzonych na próbie 110 spółek spośród 236, które zostały

wycofane z obrotu giełdowego w latach 2001–2003. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w 60% przypadków motywem wycofania i były wysokie koszty pozostawiania spółki giełdowej. Wynikiem tych badań jest również obserwacja, że wskutek zaostrzenia przepisów giełdowych i uchwalenia ustawy Sarbanesa – Oxleya średnie roczne koszty utrzymania notowań na giełdzie wzrosły z 900 tys. USD w 2001 r. do 1,954 mln USD w 2003 r.¹⁹ Wyniki te są zgodne z rezultatami wcześniejszych badań przeprowadzonych przez Rebeke Maupin, która wykazała, że średnie bezpośrednie koszty pozostawiania spółki giełdowej w Stanach Zjednoczonych wynosiły od 60 tys. do 250 tys. USD rocznie w latach 1972–1981. Autorka ta podkreśla również, że właśnie wysokie koszty bezpośrednie i pośrednie są przyczyną wycofywania spółek z obrotu publicznego, co wynika z jej badań 54 przypadków wycofania spółek z obrotu giełdowego²⁰.

Różnice w ocenie kosztów notowań na giełdzie wynikają z metod ich szacowania, które opierają się na obliczeniach prezentowanych przez zarządy wycofywanych spółek. W związku z tym ich precyzyjne oszacowanie jest niezmiernie trudne, gdyż zarządy są zainteresowane przeszacowaniem tej kategorii kosztów w celu uzasadnienia wycofania spółki z obrotu giełdowego. Sytuację tę zilustrowali Luc Renneboog i Tomas Simons, którzy przedstawiali trzy przykłady wycofania spółek giełdowych o podobnej wielkości w Wielkiej Brytanii w 1999 r. Zarządy wspomnianych spółek w 1999 r. oszacowały, że oszczędności wskutek redukcji kosztów wyniku wycofania z obrotu giełdowego wyniosą od 400 tys. funtów do miliona funtów szterlingów rocznie²¹.

Oprócz zredukowania kosztów wycofanie spółki pozwala inwestorom strategicznym także uprościć procedury podejmowania ważnych decyzji w spółce, gdyż z tego procesu zostają wyeliminowani pozostali akcjonariusze. Zwiększenie możliwości decyzyjnych odgrywa szczególnie ważną rolę w Polsce, gdzie struktura właścicielska w spółkach giełdowych jest silnie skoncentrowana i bardzo często zdominowana przez jednego zagranicznego akcjonariusza²². Z badań wynika zaś, że wysoki udział inwestora zagranicznego w spółce zwiększa prawdopodobieństwo jej wycofania z obrotu giełdowego²³. Zależność tę należy tłumaczyć procesami integracyjnymi i restrukturyzacją spółek, które są własnością inwestorów zagranicznych w Polsce. Tendencję tę dobrze ilustruje postępowanie szwedzkiej spółki Skanska AB, która wycofała najpierw spółkę

¹⁹ S.B. Block (2004), *op.cit.*, s. 37.

²⁰ R.J. Maupin: *Financial and stock market variables as predictors of management buyout*. "Strategic Management Journal" 8, 1987, s. 319 – 327.

²¹ L. Renneboog, T. Simons (2005), *op.cit.*, s. 13.

²² R. Bebczuk, O. Kowalewski (2005): *Corporate governance and ownership: corporate performance in Poland*. Conference Trends in Corporate Governance. The American and Polish Perspective, Warszawa 2005.

²³ K. Jackowicz, O. Kowalewski (2005), *op.cit.*, s. 21 – 41.

¹⁶ S.N. Kaplan: *Management buyouts: evidence on taxes as a source of value*. "Journal of Finance", vol. 44, 1989, s. 611 – 632.

¹⁷ H.L. DeAngelo, L. DeAngelo: *Management buyout of publicly traded corporations*. "Financial Analysts Journal", vol. 43 (3), 1987, s. 38 – 49.

¹⁸ M. Eberle: *Nach der IPO - Welle die Going Private - Welle?* Schroder Salomon Smith Barney Report, 24 stycznia 2003, s. 2.

giełdową Exbud w 2002 r., a następnie w 2003 r. GPRD. Oficjalnym powodem wycofania spółek z obrotu giełdowego było dążenie do zintegrowania działalności kontrolowanych podmiotów; pozwoliło to inwestorowi zwiększyć także możliwości decyzyjne. Motyw wycofania związany z procesami integracyjnymi wymieniono w co czwartym oficjalnym uzasadnieniu przedstawionym do wiadomości publicznej. Był to drugi z najczęściej podawanych w Polsce powodów wycofania spółki. Pierwsze miejsce przypadało redukcji kosztów, którą wymieniono w uzasadnieniu co trzeciej transakcji.

Spółki giełdowe zobowiązane są do przedstawiania do wiadomości publicznej wszystkich ważnych informacji, które wiążą się z jej działalnością. Obowiązki informacyjne umożliwiają inwestorom ocenę kondycji spółki giełdowej i jej planów rozwoju. Informacje te mogą być jednak wykorzystywane również przez konkurentów do oceny działalności spółki oraz oszacowania jej potencjału. Inwestor strategiczny wraz z zarządem spółki mogą być zatem zainteresowani wyprowadzeniem spółki z obrotu giełdowego, aby uniknąć dopełniania obowiązków informacyjnych. Ograniczenie zakresu przekazywanych na zewnątrz informacji, w szczególności w zakresie strategii spółki, było wymieniane jako jeden z motywów transakcji w 16% przypadków wycofania spółki z obrotu giełdowego w Polsce²⁴.

Wycofanie spółki z obrotu giełdowego ma także negatywne skutki. W wyniku tej transakcji istotnie zostaje ograniczona zdolność do finansowania przyszłych inwestycji za pośrednictwem rynku kapitałowego. Dodatkowo spółka musi również ponieść koszty związane z wycofaniem akcji z obrotu giełdowego. W trakcie tego procesu inicjator musi nabyć wszystkie akcje znajdujące się w obrocie giełdowym. W tym przypadku sukces transakcji w dużej mierze zależy od wysokości oferty cenowej skierowanej do pozostałych akcjonariuszy spółki. Oferowana cena musi być na tyle wysoka, aby zachęcić ich do sprzedaży akcji wycofywanej spółki. Akcjonariusze mniejszościowi oczekują wysokiej premii nawet wtedy, gdy inicjator ma wystarczająco wysoki udział w spółce, aby bez ich zgody wycofać ją z obrotu giełdowego. Oczekiwanie to ma w znacznej mierze charakter nieracjonalny. Inicjatorowi często zależy jednak przede wszystkim na bezproblemowym i szybkim nabyciu wszystkich pozostałych akcji. W przeciwnym razie transakcja może zostać zablokowana przez akcjonariuszy, którzy chcą wykorzystać sytuację do zmaksymalizowania swoich korzyści²⁵. Zbyt niska cena może też skłonić pozostałych akcjonariuszy do wspólnych działań, w tym do zaskarżenia uchwały o

wycofaniu spółki z obrotu giełdowego. Zaskarżenie uchwały przez akcjonariuszy mniejszościowych może mieć na celu doprowadzenie do uzyskania w drodze ugody ceny wyższej od pierwotnie oferowanej w wezwaniu do sprzedaży akcji. W Polsce z podobną sytuacją mieliśmy do czynienia przy wycofywaniu spółki giełdowej Huta Oława przez spółkę Boryszew w 2004 r. Wniosek o wycofanie spółki Huta Oława został zaskarżony przez Stowarzyszenie Inwestorów Indywidualnych. Stowarzyszenie wycofało jednak pozew podważający legalność uchwały o wycofaniu spółki Oława z obrotu giełdowego, gdy zarząd Boryszewa podniósł cenę zawartą w wezwaniu z 30 zł do 43 zł.

Możliwość opóźnienia lub zatrzymania procesu wycofania spółki z obrotu giełdowego pozwala akcjonariuszom mniejszościowym uzyskać wyższą wymaganą kwotę od inwestora. Możliwość ta znajduje odzwierciedlenie w premii, którą otrzymują akcjonariusze mniejszościowi od inicjatora w zamian za zgodę na sprzedaż posiadanych przez nich akcji wycofywanej spółki. Oferowaną premię częściowo uzasadniają zakładane korzyści, które zostaną zrealizowane w następstwie wycofania spółki z obrotu giełdowego. Dlatego też w badaniach empirycznych przyjmuje się hipotezę, że informacja o planowanym wycofaniu spółki z giełdy powinna prowadzić do powstania statystycznie istotnych ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji. Dodatkowo przyjmuje się, że informacja o wycofaniu spółki wywoła reakcję nie tylko w dniu jej ogłoszenia, ale również w następnych kilku dniach. W literaturze przedmiotu analizowana jest również zmiana cen akcji spółek przed publicznym ogłoszeniem wiadomości o jej wycofaniu z obrotu. Występowanie statystycznie istotnych ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji w tym okresie może wskazywać na wykorzystywanie poufnych informacji przez niektórych inwestorów. Mogą one też świadczyć o tym, że część inwestorów giełdowych antycypowała tę informację na podstawie dotychczasowych doświadczeń. Odróżnienie tych dwóch sytuacji jest niezmiernie trudne. Wynika to z dużej liczby informacji i spekulacji w prasie o możliwych procesach wycofania spółek z obrotu, czemu towarzyszył brak reakcji zainteresowanych stron. Z tego powodu wręcz niemożliwe jest udowodnienie, że transakcja została dokonana na podstawie poufnych informacji, a nie przypuszczeń spekulacyjnych.

Pierwszą analizę zmian cen akcji pod wpływem upublicznienia informacji o wycofaniu spółki z obrotu przeprowadzili Harry DeAngelo, Linda DeAngelo oraz Edward Rice. Autorzy ci testowali hipotezę o tworzeniu wartości dla akcjonariuszy mniejszościowych na podstawie danych o 72 z 81 procesów wycofywania spółek w Stanach Zjednoczonych w latach 1973–1980. Przeanalizowali zmiany cen akcji wskutek podania dwóch rodzajów informacji. Pierwszą rozpatrywaną

²⁴ O. Kowalewski: *Charakterystyka wycofywanych spółek giełdowych z publicznego obrotu w Polsce*. W: *Przedsiębiorstwo i jego otoczenie: przemiany i perspektywy*. Warszawa 2005 C. H. Beck (w druku).

²⁵ F. Eisele, A. Götz, A. Walter: *Motive, Gestaltungsalternativen und Ablauf eines Going Private – Eine alternativer Erklärungssatz für das Börsenrückzugphänomen*. Finanz Betrieb, 5 Jg., 2003, s. 483 – 484.

Tabela 3 Wyniki badań empirycznych zmian cen akcji wycofywanych spółek z obrotu giełdowego

Autorzy badań	Próba i okres	Okres analizy [t ₁ ; t ₂]	Średnia skumulowana ponadprzeciętna stopa dochodu z akcji (%)
H. DeAngelo, L. DeAngelo, E. M. Rice (1984)	72 spółki lata 1973–1980	[-1; 0] [-40; 0] [-10; +10] [-40; +40]	22,27*** 30,40*** 28,05*** 28,53***
K. Lehn, A. Poulsen (1989)	244 spółki lata 1980–1987	[-1; +1] [-10; +10] [-20; +20]	16,30*** 19,90*** 20,50***
Ch. Andres, A. Betzer, M. Hoffmann (2004)	99 spółek lata 1996–2002	[0] [-5; +5] [-15; +15] [-30; +30]	13,83*** 17,99*** 21,09*** 27,01***
F. Eisele, A. Walter (2004)	37 spółek lata 1995–2002	[0] [-1; +1] [-2; +2] [-5; +5] [-10; +10] [-20; +20]	10,12*** 18,75*** 21,09*** 21,11*** 23,57*** 24,80***

*, **, *** oznaczają odrzucenie hipotezy zerowej o braku ponadprzeciętnych stóp dochodu na poziomie istotności odpowiednio 10%, 5%, 1%.

Źródło: opracowanie własne.

wiadomością był komunikat o planowanym wycofaniu spółki z obrotu giełdowego, drugą zaś informacja o wycofaniu oferty przez inicjatorów transakcji. Autorzy zakładali, że pierwsza wiadomość będzie miała większy wpływ na cenę akcji, gdyż występuje tu element zaskoczenia. Ich zdaniem po złożeniu oferty spółka była szczegółowo analizowana przez inwestorów giełdowych w celu zidentyfikowania możliwości arbitrażowych, co zmniejszało szanse na nieoczekiwane zmiany cen w późniejszym terminie. Dlatego aby ocenić wpływ ogłoszenia oferty o wycofaniu spółki na tworzoną wartość dla akcjonariuszy mniejszościowych, wyniki pierwszego etapu badań należy uznać za wiarygodne. Otrzymane wyniki pokazują, że akcje 68 z 72 spółek pozytywnie zareagowały na ofertę wycofania spółki. Średnia stopa dochodu w dniu ogłoszenia oferty wynosiła 22,27% i była statystycznie istotna na poziomie 1%. Skumulowana ponadprzeciętna prosta stopa dochodu w ciągu 40 dni przed ogłoszeniem analizowanej wiadomości wynosiła 30,40% i była również statystycznie istotna na poziomie 1%. W odniesieniu do 18 spółek, w przypadku których oferta została wycofana, w dniu ujawnienia tej informacji zaobserwowano statystycznie istotną na poziomie 1% średnią ujemną ponadprzeciętną stopę dochodu w wysokości 8,88%²⁶. W badaniu H. DeAngelo, L. DeAngelo i E. Rice nie przedstawiono jednoznacznej hipotezy, która tłumaczyłaby występowanie ujemnych stóp dochodu. Spadek cen może odzwierciedlać utratę premii, której oczekiwali inwestorzy w zamian za zgodę na sprzedaż akcji i wycofanie spółki. Uczestnicy rynku mogą też uznać, że niewycofanie spółki z obrotu bądź odstąpienie od pier-

wotnego zamiaru przez inwestorów może negatywnie wpłynąć na przyszłe przepływy pieniężne spółki.

Występowanie korzyści dla akcjonariuszy mniejszościowych zostało potwierdzone także przez Kennetha Lehna i Annette Paulsen, którzy przeanalizowali 244 z 263 zidentyfikowanych transakcji wycofania spółek z obrotu giełdowego w Stanach Zjednoczonych w latach 1980 – 1987. Zaobserwowali oni w okresie na dzień przed ogłoszeniem wiadomości i po nim skumulowaną statystycznie istotną na poziomie 1% ponadprzeciętną średnią stopę dochodu w wysokości 16,3%. W omawianych badaniach zaobserwowano także ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji dla dłuższych okresów analizy, a uzyskane rezultaty były statystycznie istotne na poziomie 1%²⁷.

Analizę zmian cen akcji w procesach wycofywania spółek z obrotu giełdowego w Europie przeprowadzili Christina Andres, André Betzer oraz Mark Hoffmann. Badali oni 99 ze 176 transakcji wycofywania spółek z obrotu giełdowego na europejskich rynkach giełdowych w latach 1996–2002. Zaobserwowali dodatnią i statystycznie istotną na poziomie 1% średnią ponadprzeciętną stopę dochodu w wysokości 13,83% w dniu ogłoszenia zamiaru wycofania spółki z obrotu giełdowego²⁸. Dodatkowo, dodatnie i statystycznie istotne na poziomie 1% stopy dochodu zostały uzyskane także dla innych interwałów czasowych.

Występowanie dodatnich ponadprzeciętnych stóp dochodu zwrotu dla rynku europejskiego częściowo potwierdzili także Florian Eisele i Andreas Walter, którzy przeanalizowali 37 z 52 transakcji wycofywania spółek giełdowych w Niemczech w latach 1995–2002.

²⁶ H. DeAngelo, L. DeAngelo, E. M. Rice: *Going private: minority freezeouts and stockholder wealth*. "Journal of Law and Economics" 27 (2), 1984, s. 367 – 401.

²⁷ K. Lehn, A. Poulsen (1989): *op.cit.*, s. 775 – 776.

Wyniki obliczeń F. Eisele i A. Waltera wskazują, że w dniu ogłoszenia wiadomości można było zaobserwować statystycznie istotną na poziomie 1% średnią ponadprzeciętną stopę dochodu w wysokości 10,12%. Podobnie jak w pozostałych badaniach, F. Eisele i A. Walter zanotowali także dodatnie ponadprzeciętne stopy dochodu w różnych interwałach czasowych²⁹. Rezultaty omawianych badań dla różnych podokresów podsumowuje tabela 3.

Z przeprowadzonych dotychczas badań dla rozwiniętych rynków wynika, że transakcje wycofywania spółek z obrotu giełdowego prowadzą do tworzenia wartości dla akcjonariuszy mniejszościowych. W dniu ogłoszenia informacji o zamiarze przeprowadzenia tej transakcji można zaobserwować dodatnie średnie ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji. We wszystkich badaniach ponadto przed ogłoszeniem publicznie wiadomości o wycofaniu spółki można było zaobserwować statystycznie istotne dodatnie ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji. Większość autorów interpretowała ich występowanie jako dowód na wykorzystywanie poufnych informacji w celu realizacji ponadprzeciętnych zysków. W dotychczasowych badaniach nie ma natomiast zgodności co do korzyści dla inwestorów wynikających z wycofywania spółki z obrotu giełdowego, co odzwierciedla premia w wezwaniach do sprzedaży.

4. Metodyka badań oraz charakterystyka wykorzystanych danych

4.1. Analiza ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji

W przeprowadzonym badaniu sprawdzam, czy wezwanie do sprzedaży akcji wraz z komunikatem o planowanym wycofaniu spółki z obrotu giełdowego wpływa na bieżącą wartość akcji wycofywanych spółek. Do pomiaru zmian wartości akcji stosuję metodologię analizy zdarzeń. Wykorzystuję ją do oceny wpływu konkretnego zdarzenia na cenę akcji spółki notowanej na giełdzie. Umożliwia ona obserwację, czy w czasie zdarzenia – ujawnienia informacji o wycofaniu spółki z obrotu giełdowego – można zaobserwować ponadprzeciętną stopę dochodu z akcji wycofywanych spółek. Przez pojęcie ponadprzeciętnej stopy dochodu z akcji (*abnormal return*) należy rozumieć różnicę pomiędzy rzeczywiste osiągniętą stopą dochodu z akcji wskutek zajścia analizowanego zdarzenia a oczekiwaną stopą dochodu z akcji w rozpatrywanych warunkach. Ponadprzeciętna stopa dochodu dana jest wzorem:

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - E(R_{i,t}) \quad (1)$$

gdzie:

$AR_{i,t}$ - oznacza ponadprzeciętną stopę dochodu z akcji wycofywanej spółki i w dniu t ,

$R_{i,t}$ - rzeczywistą stopę dochodu z akcji spółki i wycofywanej w dniu t ,

$E(R_{i,t})$ - oczekiwaną stopę dochodu z akcji wycofywanej spółki i w dniu t .

W prezentowanym badaniu okres zdarzenia będzie wynosił 41 dni: $T = [-20; +20]$, gdzie dniem ogłoszenia komunikatu o wezwaniu do sprzedaży wraz z informacją o planowanym wycofaniu spółki jest dzień $t = \{0\}$, $t \in T$. Wybrany przedział czasowy do analizy zdarzenia pozwala odnieść rezultaty uzyskane dla polskiego rynku giełdowego do wyników innych studiów w tym zakresie. Okres ten należy do najczęściej wykorzystywanych w literaturze przedmiotu. W celu wzbogacenia opisu reakcji akcji wycofywanych spółek notowanych na polskim rynku zaprezentowałem także wyniki dla następujących okresów zdarzeń: $[-20;-1]$, $[-10;-1]$, $[-5;-1]$, $[-1;0]$, $[0;+1]$, $[+1;+5]$, $[+1;+10]$, $[+1;+20]$, $[-1;+1]$, $[-5;+5]$, $[-10;+10]$ oraz $[-20;+20]$. Ponadto w badaniach osobno analizuję dzień ogłoszenia informacji o wycofaniu spółki, czyli $t=\{0\}$.

Do obliczenia ponadprzeciętnych stóp dochodu wykorzystałem model rynkowy (*market model*) zgodnie z propozycją Stephena Browna i Jerolda Warnera³⁰. W modelu tym przyjmuje się, że stopy dochodu z akcji i -tego typu są generowane w procesie, który można opisać w następujący sposób:

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - \alpha - \beta R_{m,t} \quad (2)$$

gdzie: $R_{m,t}$ jest stopą dochodu rynku giełdowego w dniu t .

W prezentowanym badaniu jako stopę dochodu rynku giełdowego przyjąłem stopę dochodu indeksu giełdowego WIG. Parametry α i β oszacowałem za pomocą modelu regresji. Okres estymacji wspomnianych parametrów wynosił 250 dni przed okresem zdarzenia i obejmował dni od t_1 do t_2 .

Na podstawie danych z okresu estymacji szacuję parametry modelu, które służą do określenia oczekiwanej stopy dochodu z akcji. Te ostatnie są punktem odniesienia do obliczenia ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji dla towarzyszących analizowanemu zdarzeniu.

Ostatecznym rezultatem badań jest średnia ponadprzeciętnych stóp dochodu oznaczona $\overline{AR}_t$ i wyliczona dla wszystkich akcji w dniu t . Na tej podstawie kalkulowane są także skumulowane ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji, czyli $CAR_{[t_1; t_2]}$ w okresie $T=[t_1; t_2]$.

²⁸ Ch. Andres, A. Betzer, M. Hoffmann (2004): *op.cit.*, 17 – 20.

²⁹ F. Eisele, A. Walter: *Kursreaktionen auf die Ankündigung von Going Private – Transaktionen am deutschen Kapitalmarkt*. V. Symposium zur Ökonomischen Analyse der Unternehmen, German Economic Association of Business Administration, 2004, s. 18 – 22.

³⁰ S.J. Brown, J.B. Warner: *Measuring security price performance*. "Journal of Financial Economics" 8, 1980, s. 205 – 258; S.J. Brown, J.B. Warner: *Using daily stock returns. The case of event studies*. "Journal of Financial Economics" 14, 1985, s. 3 – 31.

Ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji zostaną dodatkowo oszacowane z użyciem modelu średnich stóp dochodu z akcji (*mean adjusted returns model*), co pozwoli zweryfikować wcześniejsze rezultaty. W tym ostatnim modelu oczekiwana stopa dochodu akcji i odpowiada średniej stopie dochodu tej akcji z okresu estymacji³¹. W studiach zdarzeń można spotkać także inne modele³². Nie ma jednak zgodności co do właściwości oraz jakości istniejących modeli w badaniach empirycznych. Za wybranym modelem przemawiają wyniki symulacji dokonanych przez Craiga MacKinlaya. Udowodnił on, że przewaga w objaśnieniu analizowanych zjawisk za pomocą modeli bardziej skomplikowanych niż model rynkowy ma znikomy wpływ na wyniki badań empirycznych³³. Wnioski te potwierdzili później Johna Cable oraz Kevin Holland, którzy wskazali także na mniejszą zawodność modelu rynkowego w stosunku do innych modeli analiz zdarzeń³⁴.

Do sprawdzenia istotności uzyskanych ponadprzeciętnych stóp dochodu AR_{it} oraz skumulowanych stóp zwrotu $CAR_{[t_1; t_2]}$ wykorzystałem test t -Studenta. Pozwala on zweryfikować hipotezę H_0 , która zakłada brak ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji w analizowanym okresie³⁵.

Z rozważań przeprowadzonych przez Ekkeharta Boehmera, Jima Musumeci i Annette Poulsen wynika, że tradycyjny test t -Studenta nie zawsze powinien być wykorzystywany w analizie zdarzeń. Zdaniem wspomnianych autorów, w tradycyjnych testach zakłada się brak korelacji składnika losowego analizowanych akcji oraz brak istotnego wpływu zdarzenia na jego wariancję. Ryzyko korelacji składnika losowego jest szczególnie duże, gdy analizowane zdarzenie dotyczy w tym samym czasie wszystkich akcji³⁶. W badaniach nad wycofywaniem spółek z obrotu giełdowego zakłada się brak opisanego zjawiska ze względu na indywidualny charakter analizowanego zdarzenia. Niemniej jednak w prezentowanym badaniu rezultaty w zakresie istotności stóp dochodu zostały dodatkowo zweryfikowane za pomocą nieparametrycznego testu rang Charlesa Corrado. Zaletą nieparametrycznego testu Corrado jest brak obecnego w teście t -Studenta założenia o normalności rozkładu stóp zwrotu z akcji. Z badań Corrado wynika,

że jego test ma większą moc od testów t -Studenta w analizie zdarzeń³⁷.

Zgodnie z metodologią zaproponowaną przez Corrado, rangę $K_{i,t}$ oznaczyłem ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji $A_{i,t}$ w następującym porządku:

$$K_{i,t} = \text{ranga}(A_{i,t}), \quad t = -270, \dots, +20$$

gdzie $A_{i,t} \geq A_{i,j}$ zostało uwarunkowane rozkładem $K_{i,t} \geq K_{i,j}$ oraz $271 \geq K_{i,t} \geq 1$.

Wartość statystyki t -Studenta weryfikująca występowanie ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji $A_{i,t}$ w dniu zdarzenia obliczona została następująco:

$$t = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{i,t} - 135,5}{S(K)} \quad (3)$$

Do obliczenia odchylenia standardowego wykorzystalem wszystkie dane z okresu analizy:

$$S(K) = \sqrt{\frac{1}{271} \sum_{t=-270}^{+20} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (K_{i,t} - 135,5)^2 \right)} \quad (4)$$

4.2. Metoda BAHR

Z badań empirycznych Jennifer Conrad i Gautama Kaula wynika, że zaprezentowany w punkcie 4.1. sposób obliczenia CAR może prowadzić do przeszacowania ponadprzeciętnych stóp dochodu³⁸. Zdaniem tych autorów, problem ten może zostać zminimalizowany poprzez wykorzystanie metody *buy and hold*, czyli obliczenie ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji w okresie posiadania $[t_1; t_2]$. Metodę tę szczegółowo omówili Brad Barber i John Lyon³⁹. Sposób kalkulacji BAHR przedstawia równanie:

$$BAHR_i = \prod_{t=0}^T [1 + R_{i,t}] - \prod_{t=0}^T [1 + R_{m,t}] \quad (5)$$

We wzorze zdecydowałem się wykorzystać średnią stopę dochodu z indeksu giełdowego, a nie – jak dotychczas – średnią oczekiwaną stopę dochodu z akcji wycofywanych spółek, aby uzyskać szersze odniesienie dla badanych zjawisk.

W dalszej części liczę średnią skumulowaną ponadprzeciętną stopę dochodu w okresie posiadania z akcji BAHR. Obliczyłem ją dla wszystkich tych podokresów $[t_1; t_2]$, które były uwzględnione w analizie $CAR_{[t_1; t_2]}$. Istotności uzyskanych stóp dochodu sprawdziłem za pomocą testu t -Studenta.

³¹ E.G. Calvo, M. Lasfer: *Why do corporate insiders trade? The UK evidence*. Cass Business School, Working Paper, 2002.

³² E. Fama: *Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance*. "Journal of Financial Economics" 49, 1998, s. 283 - 306; E. Fama, K. French: *The cross-section of expected stock returns*. "Journal of Finance" 47, 1992, s. 427 - 466.

³³ A.C. MacKinlay: *Event studies in economics and finance*. "Journal of Economic Literature" 35, March 1997, s. 13 - 39.

³⁴ J. Cable, K. Holland: *Modeling normal returns in event studies: a model-selection approach and pilot study*. "European Journal of Finance" 5 (4), 1999, s. 331-341.

³⁵ S.J. Brown, J.B. Warner (1985): *op.cit.*, s. 6 -7, 28.

³⁶ E. Boehmer, J. Musumeci, A. B. Poulsen: *Event-study methodology under conditions of event-induced variance*. "Journal of Financial Economics" 30, 1991, s. 253 - 272.

³⁷ Ch.J. Corrado: *A nonparametric test for abnormal security-price performance in event studies*. "Journal of Financial Economics" 23, 1989, s. 385 - 395.

³⁸ J. Conrad, G. Kaul: *Long-term market overreaction or biases in computed returns*. "Journal of Finance" 48 (1), 1993, s. 39 - 63.

³⁹ B.M. Barber, J. D. Lyon: *Detecting long-run abnormal returns: the empirical power and specification of test statistics*. "Journal of Financial Economics" 43, 1997, s. 341 - 372.

4.3. Analiza obrotów giełdowych

Ostatnim etapem badań będzie analiza obrotów giełdowych (*trading volume analysis*) akcjami wycofywanych spółek. Analiza ta jest dodatkowym narzędziem znaczenia informacji ujawnionej w dniu zdarzenia. Dostarcza również wiedzy o zachowaniach akcjonariuszy. Występowanie w okresie zdarzenia ponadprzeciętnych, statystycznie istotnych obrotów giełdowych potwierdza wpływ wiadomości na notowania akcji oraz świadczy o towarzyszących zdarzeniu zmianach w strukturze właścicielskiej spółki. Do analizy obrotów giełdowych wykorzystałem metodologię zaproponowaną przez Roniego Michaely'ego, Richarda Thaler'a i Kenta Womacka⁴⁰. Obrót akcjami i w dniu t jest w ich ujęciu zdefiniowany następująco:

$$TO_{i,t} = \frac{V_{i,t}}{S_{i,t}} \quad (6)$$

gdzie:

$V_{i,t}$ - stanowi liczbę akcji wycofywanej spółki i w obrocie giełdowym w dniu t ,

$S_{i,t}$ - liczbę wszystkich akcji wyemitowanych przez wycofywaną spółkę i według stanu na dzień t .

Średnią dzienną liczbę akcji będącą przedmiotem obrotu giełdowego przed okresem zdarzenia – wycofaniem spółki z obrotu – obliczyłem za pomocą wzoru:

$$\overline{TO_i} = \frac{1}{250} \sum_{t=-270}^{-21} TO_{i,t} \quad (7)$$

Ostatecznie średnie ponadprzeciętne obroty giełdowe dla wycofanych spółek w okresie zdarzenia $[-20; 20]$ skalkulowałem następująco:

$$AV_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{TO_{i,t}}{\overline{TO_i}} - 1 \quad (8)$$

Statystyczną istotność ponadprzeciętnych obrotów giełdowych akcjami wycofanych spółek w okresie wydarzenia sprawdziłem za pomocą testu statystyki t -Studenta.

4.4. Wykorzystane dane

W Polsce nie ma rejestru spółek wycofywanych z obrotu giełdowego, który przedstawiałby także charakter tych transakcji. W związku z tym spółki uwzględnione w badaniu zostały zidentyfikowane za pośrednictwem Raportów Rocznych GPW, Roczników Giełdowych GPW oraz Raportów Rocznych KPWig za lata 1992–2004. Brakujące wiadomości uzupełniłem na podstawie informacji prasowych oraz komunikatów i decyzji KPWig. Opierając się na tych danych zidenty-

fikowałem 34 spółki, które zostały wycofane z obrotu giełdowego w latach 1998–2004.

Wszystkie pozostałe informacje na temat notowań akcji i wartości indeksu giełdowego WIG pochodziły z baz danych serwisu ISI Emerging Markets. Wśród tych wiadomości w przypadku dwóch spółek brakowało danych o wartości obrotów w analizowanym okresie. W związku z tym analiza obrotów giełdowych została przeprowadzona tylko dla 32 spółek.

W badaniu za moment zdarzenia uznano dzień, w którym inwestor podał do publicznej wiadomości komunikat o wycofaniu spółki z obrotu giełdowego. We wszystkich analizowanych przypadkach zdarzeniu temu towarzyszyło wezwanie do sprzedaży akcji przez pozostałych inwestorów giełdowych. Dzień zdarzenia ustaliłem na podstawie serwisu informacyjnego ISI Emerging Markets. Większość inwestorów, którzy wycofywali spółki, wstrzymywała się z podaniem tej informacji do publicznej wiadomości. Dodatkowo, inwestorzy ci w okresie poprzedzającym zdarzenie często skupowali akcje spółki, aby uzyskać bezwzględną większość na zebraniach WZA. Prowadziło to do wysokiego poziomu koncentracji własności akcji w rękach inwestorów, czego wynikiem była niska płynność na rynku giełdowym w okresie poprzedzającym zdarzenie⁴¹. W związku z tym wiadomość o planowanym wycofaniu mogła być niekiedy oczekiwana przez rynek giełdowy na podstawie wcześniejszych transakcji oraz zachowań inwestorów w stosunku do wycofywanych spółek. Analizowanie stóp dochodu w okresie kształtowania się oczekiwań mogłoby istotnie zniekształcić wyniki, gdyż trudno byłoby określić moment ich uformowania się oraz wyizolować skutki odzwierciedlenia w cenach. Dlatego w prezentowanym badaniu ograniczyłem się do analizy zmiany cen akcji w momencie publicznego ogłoszenia informacji o planowanym wycofaniu spółki oraz wokół niego.

5. Wyniki badawcze

Uzyskane wyniki dowodzą, że ogłoszenie planów wycofania spółki z obrotu giełdowego prowadziło do powstania statystycznie istotnych ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji. Sugeruje to, zgodnie z postawioną w badaniu hipotezą, że wycofywanie spółki z obrotu giełdowego tworzy wartość dla akcjonariuszy mniejszościowych w Polsce.

Wykres 1 przedstawia ponadprzeciętne stopy dochodu dla akcji wycofywanych spółek w poszczególnych dniach okresu $[t_1; t_2]$. Ich wartości w poszczególnych dniach do okresu zdarzenia, a także skumulowaną stopę zwrotu przedstawia tabela 4.

⁴⁰ R. Michaely, R. Thaler, K. Womack: *Price reaction to dividend initiations and omissions: overreaction or drift?* "Journal of Finance" 50, 1994, s. 573 – 608.

⁴¹ Zob. K. Jackowicz, O. Kowalewski (2005), *op. cit.*, s. 21 – 41.

Tabela 4 Wyniki badań empirycznych zmian cen akcji wycofywanych spółek z obrotu giełdowego

Dzień zdarzenia	w %	AR		w %	CAR		AR
		wartość statystyki t-Studenta	wartość statystyki Corrado		wartość statystyki t-Studenta	#>0	#<0
-20	-0,02	-0,036	0,555	-0,02	0,036	20	14
-19	0,46	0,714	0,770	0,43	0,479	21	13
-18	0,40	0,631	0,172	0,84	0,756	17	17
-17	0,79	1,235	2,450**	1,63	1,272	26	8
-16	0,18	0,289	-0,146	1,81	1,267	17	17
-15	1,17	1,833*	0,381	2,99	1,905*	19	15
-14	1,67	2,612**	1,137	4,66	2,751***	19	15
-13	0,23	0,367	0,096	4,89	2,703**	20	14
-12	-0,12	-0,187	-0,652	4,77	2,486**	14	20
-11	0,34	0,535	-0,198	5,11	2,528**	18	16
-10	-0,27	-0,419	-0,609	4,85	2,284**	18	16
-9	-1,11	-1,735*	-1,654	3,74	1,685	13	21
-8	1,58	2,477**	-0,247	5,32	2,306**	17	17
-7	-0,07	-0,111	-0,158	5,25	2,193**	17	17
-6	2,69	4,211***	1,660	7,94	3,206***	21	13
-5	2,17	3,384***	0,527	10,11	3,950***	19	15
-4	-0,73	-1,137	-0,850	9,38	3,556***	21	13
-3	0,96	1,498	1,027	10,34	3,809***	22	12
-2	0,68	1,068	1,333	11,03	3,953***	19	15
-1	-0,25	-0,390	0,744	10,78	3,765***	21	13
0	5,70	8,910***	4,052***	16,48	5,619***	25	9
1	0,12	0,195	1,512	16,60	5,531***	26	8
2	-1,15	-1,800*	-0,064	15,45	5,034***	18	16
3	1,41	2,200**	0,357	16,86	5,378***	21	13
4	0,74	1,160	0,411	17,60	5,501***	21	13
5	0,28	0,438	1,093	17,88	5,480***	24	10
6	0,05	0,085	-0,245	17,94	5,394***	19	15
7	-0,18	-0,286	-0,269	17,75	5,243***	22	12
8	-0,23	-0,354	0,002	17,53	5,086***	20	14
9	-0,20	-0,320	0,132	17,32	4,942***	23	11
10	-0,38	-0,587	-0,597	16,95	4,756***	19	15
11	0,96	1,498	-0,110	17,90	4,946***	16	18
12	0,25	0,384	0,355	18,15	4,937***	17	17
13	0,22	0,341	-0,437	18,37	4,923***	17	17
14	-0,06	-0,099	0,515	18,31	4,835***	17	17
15	0,35	0,547	1,834*	18,65	4,859***	25	9
16	-0,36	-0,562	-1,283	18,29	4,700***	13	21
17	0,12	0,190	0,638	18,42	4,669***	21	13
18	-0,26	-0,411	0,182	18,15	4,543***	17	17
19	-0,31	-0,492	-1,187	17,84	4,408***	16	18
20	-0,61	-0,957	-1,035	17,23	4,204***	16	18

*, **, ***, oznaczają odrzucenie hipotezy zerowej o braku ponadprzeciętnych stóp dochodu na poziomie istotności odpowiednio 10%, 5%, 1%.

Źródło: obliczenia własne.

Analiza wartości ponadprzeciętnych stóp dochodu wskazuje, że ich najwyższa wartość wystąpiła w dniu ogłoszenia wiadomości o planowanym wycofaniu spółki z obrotu giełdowego ($t = 0$). W tym dniu średnia wartość ponadprzeciętnej stopy dochodu wynosiła 5,7% i była statystycznie istotna, co sugeruje zarówno test t -Studenta, jak i nieparametryczny test Corrado. W analizowanym dniu spośród 34 badanych spółek aż 25 zanotowało dodatnią ponadprzeciętną stopę dochodu. Występowanie ujemnych stóp dochodu w 9 spółkach można wytłumaczyć faktem, że wysokie dodatnie ponadprzeciętne stopy dochodu pojawiały się dzień przed ogłoszeniem informacji o wycofaniu spółki lub następnego dnia.

W dniu po ogłoszeniu wiadomości średnia ponadprzeciętna stopa dochodu była niższa, ale liczba spółek, które zanotowały dodatnią ponadprzeciętną stopę dochodu, była wyższa i wynosiła 26. Statystycznie istotne ponadprzeciętne stopy zwrotu w dniach po ogłoszeniu wiadomości można było zaobserwować także w momentach $t = 2$ i $t = 3$.

Występowanie wysokich ponadprzeciętnych stóp dochodu w dniu ogłoszenia, które następnie wykazywały tendencję spadkową w dniach po tym zdarzeniu, świadczy o szybkim odzwierciedleniu bieżących informacji w cenie akcji. Takie zachowanie cen świadczy na korzyść półsilnej wersji efektywności informacyjnej rynku giełdowego w Polsce. Informacja o wycofaniu

oraz zaoferowana cena były bowiem szybko dyskontowane przez rynek, co decydowało o krótkim okresie występowania ponadprzeciętnych stóp dochodu. Występowanie ujemnych stóp zwrotu w późniejszym terminie należy zaś zinterpretować jako okres poszukiwania nowego poziomu równowagi ceny akcji na rynku.

Istnienie ponadprzeciętnych stóp dochodu przed podaniem do publicznej wiadomości zamiaru wycofania spółki z obrotu giełdowego może być interpretowane jako świadectwo przecieku informacji do zewnętrznych inwestorów. Oznacza to, że w opisywanych procesach zewnętrzni inwestorzy mogli wykorzystać poufne informacje w celu zrealizowania ponadprzeciętnych zysków. W literaturze przedmiotu takie zachowania zaobserwowano zarówno w procesach wycofywania spółek z giełdy, jak i w transakcjach fuzji oraz połączeń⁴².

W tym kontekście należy przypomnieć, iż w Polsce w niektórych przypadkach wiadomość o wycofaniu spółki była wcześniej oczekiwana przez rynek. Mogą o tym świadczyć publikacje w czołowych dziennikach, w których wskazywane były spółki narażone na wycofanie z obrotu giełdowego ze względu na ich charakterystykę, np. posiadanie większościowego udziału przez dużego zagranicznego inwestora strategicznego. W tych przypadkach ogłoszenie wiadomości o planowanym wycofaniu przez zarząd lub inwestora tylko potwierdza wcześniejsze oczekiwania. Równocześnie po upublicznieniu tej informacji inwestorzy mogli zapoznać się z warunkami i harmonogramem wycofania spółki z obrotu giełdowego. W związku z tym trudno jest ocenić, na ile realizowane transakcje były dokonywane na podstawie poufnych informacji, a na ile w związku z oczekiwaniami spowodowanymi charakterystyką spółki giełdowej i doświadczeniem inwestorów. Ponadto ponad-

przeciętne stopy dochodu przed zdarzeniem mogą wynikać, zdaniem Adama Szyszki, z rygorystycznych wymogów stawianych przez Kwig, które mogą być istotnym sygnałem dla inwestorów⁴³. Z powyższych powodów trudno obiektywnie ocenić występowanie w Polsce ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji wycofywanych spółek przed analizowanym zdarzeniem.

Na wykresie 1 przedstawiono średnie ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji wycofywanych spółek, obliczone metodą modelu średnich stóp zwrotu z akcji oraz za pomocą modelu rynkowego.

Wykres 1 dowodzi wysokiej zbieżności średnich ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji spółek wycofywanych z obrotu giełdowego, obliczonych za pomocą modelu średnich stóp dochodu i modelu rynkowego. Duża zbieżność rezultatów uzyskanych dwiema metodami zwiększa ich wiarygodność.

W tabeli 5 przedstawiono również średnią skumulowaną ponadprzeciętną stopę dochodu dla okresu $[t_1; t_2]$. Wyniosła ona 17,23% w okresie zdarzenia $[-20; 20]$ i była statystycznie istotna od momentu $t = -15$ do $t = 20$. Występowanie dodatnich i statystycznie istotnych skumulowanych ponadprzeciętnych stóp dochodu na dwa tygodnie przed upublicznieniem wiadomości o wycofaniu spółki ponownie skłania do przyjęcia tezy o wykorzystywaniu poufnych informacji przez inwestorów. Istotny wzrost ponadprzeciętnych średnich skumulowanych stóp dochodu w dniu ogłoszenia wiadomości, a następnie powolny ich wzrost potwierdzają pólślną efektywność polskiego rynku giełdowego.

Na wykresie 2 przedstawione zostały średnie skumulowane ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji, które obliczono na podstawie modelu średnich stóp zwrotu z akcji oraz modelu rynkowego.

⁴³ A. Szyszka: *Studium wydarzeń: Reakcja inwestorów na publiczne wezwanie do sprzedaży*. Materiały konferencyjne. Międzynarodowa Konferencja Finansów, Uniwersytet Szczeciński, Międzyzdroje 2002.

⁴² H. DeAngelo, L. DeAngelo, E. M Rice (1984): *op.cit.*, s. 389.

Tabela 5 Prosta (CAR) i złożona (BAHR) średnia ponadprzeciętna stopa dochodu dla różnych okresów

Okres zdarzenia	CAR (%)	Wartość statystyki t-Studenta	BAHR (%)	Wartość statystyki t-Studenta
$[-20; +20]$	17,23	4,204***	12,54	2,096**
$[-10; +10]$	11,83	4,035***	7,24%	1,977*
$[-5; +5]$	9,94	4,682***	4,65	0,837
$[-1; +1]$	5,58	5,032***	6,36	1,637
$[-1; -20]$	10,78	3,765***	29,24	0,181
$[-1; -10]$	5,66	2,798***	12	0,913
$[-1; -5]$	2,83	1,979*	2,91	0,976
$[-1; 0]$	5,45	6,025***	5,72	1,504
$[0; +1]$	5,83	6,438***	6,33	1,710*
$[+1; +5]$	1,40	0,981	0,28	0,276
$[+1; +10]$	0,47	0,232	-0,76	-0,441
$[+1; +20]$	0,75	0,262	-1,22	-0,569

*, **, *** - oznacza odrzucenie hipotezy zerowej o braku ponadprzeciętnych stóp zwrotu na poziomie istotności odpowiednio 10%. 5%. 1%.

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 6 Średnie ponadprzeciętne obroty akcji wycofywanych spółek na giełdzie (AV)

Okres zdarzenia	AV (%)	Wartość statystyki t-Studenta	Dzień zdarzenia	AV (%)	Wartość statystyki t-Studenta
-20	-21,4	-0,420	1	1.289,1	25,327***
-19	44,9	0,883	2	1.105,6	21,721***
-18	107,8	2,118**	3	1.026,9	20,176***
-17	-43,4	-0,854	4	1.047,6	20,582***
-16	33,9	0,666	5	696,6	13,686***
-15	37,3	0,732	6	640,2	12,578***
-14	147,1	2,889***	7	626,0	12,298***
-13	595,9	11,707***	8	750,8	14,751***
-12	77,2	1,518	9	568,7	11,173***
-11	11,2	0,220	10	370,1	7,271***
-10	48,1	0,944	11	713,8	14,024***
-9	-14,8	-0,290	12	523,1	10,277***
-8	51,2	1,006	13	375,7	7,382***
-7	180,4	3,544***	14	507,0	9,962***
-6	592,6	11,642***	15	224,2	4,405***
-5	779,6	15,317***	16	406,6	7,989***
-4	225,7	4,434***	17	560,2	11,006***
-3	180,7	3,551***	18	226,8	4,455***
-2	10,1	0,198	19	495,1	9,728***
-1	-61,7	-1,212	20	345,8	6,794***
0	1.703,8	33,475***			

*, **, *** oznacza odrzucenie hipotezy zerowej o braku ponadprzeciętnych obrotów giełdowych na poziomie istotności odpowiednio 10%, 5%, 1%.

Źródło: obliczenia własne.

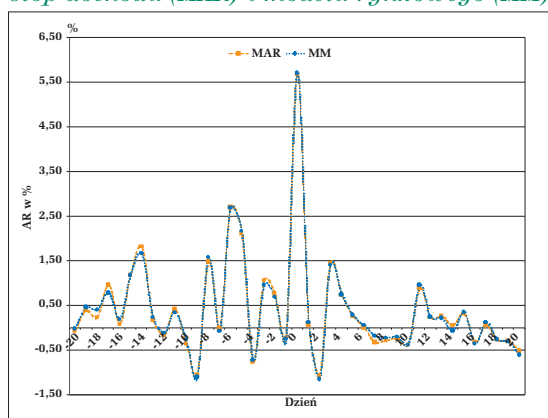
Wykres 2 dowodzi wysokiej zbieżności średnich skumulowanych stóp dochodu z akcji, obliczonych za pomocą dwóch metod. Wysoką zbieżność ponownie należy odczytać jako sygnał jakości uzyskanych rezultatów.

Wartości średnich skumulowanych ponadprzeciętnych stóp zwrotu obliczono także dla różnych podokresów $[t_1; t_2]$. Wyniki tych obliczeń zostały przedstawione w tabeli 4. We wszystkich analizowanych podokresach ponadprzeciętna stopa dochodu z akcji wycofywanych spółek była statystycznie istotna. Warto zaznaczyć, że skumulowane stopy dochodu były istotnie

wyższe dla okresów poprzedzających zdarzenie niż dla podokresów po zdarzeniu. Oznacza to wysoką stopę dochodów dla inwestorów, którzy wykorzystali poufne informacje do nabycia akcji spółki lub prawidłowo antycypowali analizowane zdarzenie.

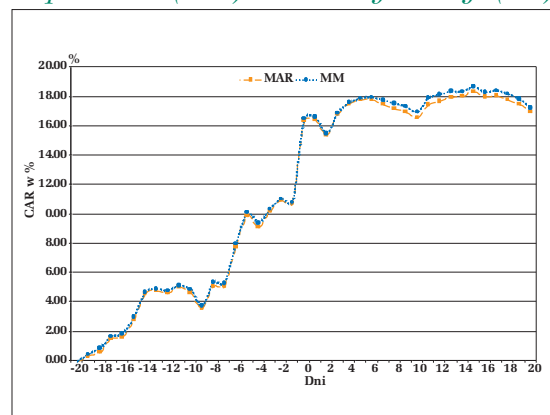
Średnie ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji w okresie posiadania zostały obliczone, jak pokazuje tabela 5, także za pomocą metody BAHK. W tym przypadku statystycznie istotne wyniki uzyskano dla podokresów $[-20; 20]$ i $[-10; 10]$. Dodatkowo statystycznie istotna była stopa dochodu dla okresu wokół dnia zdarzenia $[0, +1]$, kiedy średnia ponadprzeciętna stopa dochodu

Wykres 1 Średnie ponadprzeciętne stopy dochodu obliczone przy użyciu modelu średnich stóp dochodu (MAR) i modelu rynkowego (MM)



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2 Średnie skumulowane stopy dochodu obliczone przy użyciu modelu średnich stóp dochodu (MAR) i modelu rynkowego (MM)



Źródło: opracowanie własne.

w okresie posiadania wynosiła 6,36%. W dłuższych okresach po zdarzeniu ponadprzeciętne stopy dochodu miały wartości ujemne. Odwrotnie sytuacja kształtowała się w przypadku średnich ponadprzeciętnych stóp dochodu dla okresów przed ogłoszeniem informacji o wycofaniu spółki. Stopy te były wówczas wyższe niż po wycofaniu spółki, co ponownie dowodzi wysokich korzyści związanych z posiadaniem poufnych informacji.

Różnice między uzyskanymi rezultatami spowodowane są dwoma czynnikami. Po pierwsze, do obliczenia BAHR wykorzystano stopę dochodu z indeksu giełdowego. W obliczeniach CAR korzystano natomiast ze średniej oczekiwanej stopy dochodu z akcji wycofywanej spółki. Po drugie, w metodologii CAR używa się schematu oprocentowania prostego, w BAHR zaś składanego.

W tabeli 6 przedstawiono średnie ponadprzeciętne obroty dla akcji spółek wycofanych z obrotu giełdowego w okresie analizy $[t_1; t_2]$. Z tabeli 6 wynika, że najwyższe średnie ponadprzeciętne obroty akcjami występowały w dniu ogłoszenia wiadomości o planowanym wycofaniu spółki z obrotu giełdowego oraz w dniach następujących po tym zdarzeniu. Z upływem czasu, licząc od momentu ogłoszenia wiadomości o planowanym wycofaniu spółki, wartość ponadprzeciętnych obrotów akcjami spadała. Ponadprzeciętne obroty dla wszystkich dni po ujawnieniu informacji są statystycznie istotne na poziomie 1%, co sugeruje test *t*-Studenta. W okresie przed badanym zdarzeniem możemy zauważyć statystycznie istotny wzrost średnich obrotów giełdowych akcjami wycofywanych spółek. Skala tego wzrostu oraz czas jego występowania ponownie składają do przyjęcia tezy o wykorzystywaniu poufnych informacji lub antycypacji zamiaru wycofania spółek giełdowych w Polsce.

Na wykresie 3 przedstawiono średnie ponadprzeciętne obroty giełdowe spółek, które zostały wycofane z giełdy. Wynika z niego, że większość transakcji giełdowych była zawierana po upublicznieniu wiadomości o

wycofaniu spółki z obrotu giełdowego. Można też zaobserwować, że najwyższe wartości średnich ponadprzeciętnych obrotów giełdowych występowały w dniu ogłoszenia wiadomości o wycofaniu spółki z obrotu giełdowego, a następnie dopiero kilka dni po tym zdarzeniu.

Na podstawie badań możemy stwierdzić, że wycofywaniu spółek z obrotu giełdowego w Polsce towarzyszy tworzenie wartości dla akcjonariuszy mniejszościowych. W tym zakresie wyniki badań polskiego rynku giełdowego są zbieżne z wynikami prezentowanymi w literaturze przedmiotu. Wysokie wartości ponadprzeciętnych stóp dochodu z akcji wycofywanych spółek oraz wysokie obroty w dniu ogłoszenia mogą świadczyć o pólilnej efektywności informacyjnej rynku giełdowego w Polsce. Podobne wyniki uzyskał Adam Szyszka, który analizował reakcje inwestorów na publiczne wezwania do sprzedaży akcji⁴⁴.

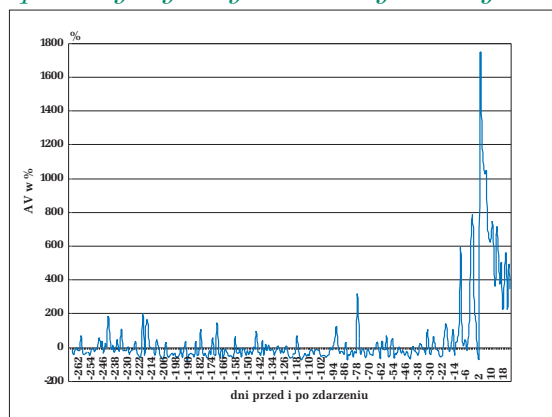
6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono badanie, którego przedmiotem była weryfikacja hipotezy o tworzeniu wartości dla akcjonariuszy mniejszościowych w procesach wycofywania spółek z obrotu giełdowego w Polsce. Od 1998 r. do 2004 r. z obrotu giełdowego wycofano 34 spółki giełdowe. Wśród motywów wycofywania spółek najczęściej wymieniano: oszczędności bezpośrednich i pośrednich kosztów ponoszonych przez spółki giełdowe, spadek opodatkowania wskutek wzrostu kosztów finansowych oraz zmniejszenie problemów agencyjnych i asymetrii informacyjnej. Dodatkowo z badań rynku polskiego wynika, że istotną rolę w podejmowaniu decyzji o wycofywaniu odgrywa motyw integracji działalności spółki zależnej z zagranicznym właścicielem⁴⁵.

W literaturze przedmiotu zakłada się, że korzyści wynikające z wycofania spółki powinna odzwierciedlać premia, którą otrzymają akcjonariusze mniejszościowi w zamian za odsprzedaż swoich akcji. Na występowanie premii wskazują badania, w których zaobserwowano statystycznie istotne ponadprzeciętne stopy dochodu z akcji spółek notowanych na rynku amerykańskim i na rynkach zachodnioeuropejskich w dniu ogłoszenia wiadomości o wycofaniu ich z obrotu giełdowego.

W związku z wycofywaniem spółek z obrotu giełdowego w Polsce oraz jego częściowo odmienną charakterystyką w porównaniu z rynkami wysoko rozwiniętymi, w artykule zdecydowano się na ocenę tych transakcji z punktu widzenia powstawania wartości dla

Wykres 3 Ponadprzeciętne obroty akcji spółek wycofywanych z obrotu giełdowego



Źródło: opracowanie własne.

⁴⁴ A. Szyszka (2002): *op.cit.*, s. 12.

⁴⁵ Zob. K. Jackowicz, O. Kowalewski (2005): *op.cit.*, s. 21 - 41

akcjonariuszy mniejszościowych. Rezultaty uzyskane dla polskiego rynku są podobne do wyników prezentowanych w literaturze przedmiotu, choć obserwowane ponadprzeciętne stopy dochodu są niższe niż na rynkach wysoko rozwiniętych. Występowanie niższych ponadprzeciętnych stóp dochodu może mieć trzy przyczyny. Po pierwsze, okres analizy polskiego rynku był inny niż dla rynków zagranicznych. Dodatkowo częściowo przypadają na okres pogorszenia się koniunktury na rynku kapitałowym, co mogło mieć istotny wpływ na rezultaty badań. Po drugie, charakter wycofywanych spółek w Polsce jest niższy niż na rynkach rozwiniętych. Różnice te mogą wpływać na oczekiwane korzyści z wycofania spółki oraz na premię oferowaną przez inicjatora transakcji. Po trzecie, prognozy inwestorów giełdowych w zakresie wycofania spółki z obrotu giełdowego w Polsce są łatwiejsze do sformułowania niż na innych rynkach giełdowych. Należy przyjąć, że część inwestorów oczekiwała wycofania spółki, co mogło być odzwierciedlone w bieżącej cenie jej akcji. Oznaką mniejszego zaskoczenia wycofaniem spółki z obrotu giełdowego mogą być wysokie ponadprzeciętne stopy dochodu w okresie po-

przedzającym odpowiedni komunikat. Dodatkowo występowanie dodatnich, statystycznie istotnych stóp dochodu w okresie poprzedzającym wycofanie interpretowane jest na rynkach rozwiniętych jako dowód wykorzystywania poufnych informacji przez niektórych inwestorów.

Rezultaty zaprezentowanych badań 34 przypadków wycofania spółek z obrotu giełdowego w latach 1998-2004 potwierdzają, że w procesie tym powstaje wartość dla akcjonariuszy mniejszościowych. W związku z tym należy przyjąć, że nie ma podstawy do negatywnej oceny tych transakcji z ich punktu widzenia. Niezbędne są jednak, zdaniem autora, dalsze badania, które ocenią ich wpływ na rozwój giełdy w Polsce. W tym przypadku należałoby między innymi odpowiedzieć na pytanie, czy wycofywanie spółek giełdowych na rynkach rozwijających się powinno być dozwolone, czy może należałoby ograniczyć taką możliwość, tak jak było na przykład w Niemczech do 1995 r. Wówczas trzeba by przede wszystkim ocenić, na ile możliwość wycofania spółki z obrotu giełdowego decyduje o atrakcyjności rynku oraz wpływa na cenę notowanych na nim spółek giełdowych.