

**Andrzej DYKA**

POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ELEKTRONIKI TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI

## Przegląd problemów w analizie rynków kapitałowych z zastosowaniem metod matematycznych

Dr hab. inż. Andrzej DYKA

Nauczyciel akademicki Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej. Stypendysta Fundacji Kościuszkowskiej w Northeastern University w Bostonie (1990-1991). Praca habilitacyjna w zakresie filtracji rozplotowej i odwrotnej (1991). W latach 1991-1996 prezes zarządu i dyrektor Cross Comm Poland (obecnie Intel Technology Poland) oraz wiceprezes CrossComm Corporation. Badania naukowe obejmują ekonofizykę, analizę procesów ekonomicznych, rynków kapitałowych i walutowych. Członek Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

e-mail: [Andrzej@Dyka.info.pl](mailto:Andrzej@Dyka.info.pl)

### Streszczenie

Celem pracy jest przedstawienie niektórych zjawisk zachodzących w rynkach kapitałowych i problemów z ich analizą przy użyciu metod matematycznych. Na wstępie określono cel analizy rynków. Kolejno przedstawiono historyczne podejścia do problemu ich analizy. Pokróćce przedyskutowano zagadnienie postrzegania rynków w kategoriach deterministycznych, jak i stochastycznych. Następnie wskazano na istotność sprzężenia zwrotnego w rynkach. Zwrócono uwagę, że zjawiska takie jak sprzężenie indeksowe oraz emocjonalne mogą być podstawą nowych, oryginalnych modeli badawczych. Na koniec wskazano na zjawiska, które dla uproszczenia rozważań są często pomijane w badaniach procesów rynkowych, a które mają niejednokrotnie znaczący wpływ na wynik analizy.

**Słowa kluczowe:** rynki kapitałowe, analiza, modelowanie.

### Overview of problems in mathematics related analysis of capital markets

#### Abstract

The aim of this contribution is to overview phenomena and problems in market research using mathematics related analysis. First, the main scope of market analysis is briefly defined. Then, historic approaches to market analysis are presented, and the main trends in nowadays analyses are presented. Next, deterministic versus stochastic perception of markets is shortly discussed. Consequently, the presence of feedbacks in capital markets is pointed out. These feedbacks namely, market index related feedback, and emotional feedback due to trader attitude can be the basis for some new approaches of market modelling. Finally, some phenomena, very specific for markets, which may distort and falsify results of analysis are briefly specified.

**Keywords:** capital markets, analysis, modelling.

### 1. Wstęp

Przez ostatnie 20 lat daje się zauważyć rosące znaczenie analizy rynków kapitałowych i walutowych, jak również istotny postęp w tym obszarze. Składają się na to następujące przyczyny:

- duży potencjał gospodarczy krajów, które w ciągu ostatnich 2 dekad poprzez proces transformacji politycznej dołączyły do światowej gospodarki wolnorynkowej,
- reformy systemów emerytalnych, które przekształcały się z historycznej formy ubezpieczeń społecznych w postać kapitałową,
- globalizacja rynków spowodowana szybkim wzrostem mocy obliczeniowych komputerów oraz coraz powszechniejszym dostępem do szybkiego, szerokopasmowego internetu. Powoduje

to, że każdy może zostać aktywnym uczestnikiem rynków kapitałowych i walutowych (poprzez transakcje).

Celem niniejszej pracy jest przegląd fenomenologii rynku i problemów związanych z ich analizą przy użyciu metod matematyki. Na początku omówiono główne cele analiz rynkowych. Następnie, przedstawiono historyczne podejścia do analizy rynków. Kolejno, zdefiniowano główny cel analizy rynku z użyciem metod matematyki i nauk pochodnych. Przedyskutowano deterministyczną i stochastyczną percepcję rynków. Wskazano na istnienie sprzężeń zwrotnych w rynkach, jak następuje:

- sprzężenie związane z indeksem rynku,
- sprzężenie emocjonalne związane z postawą inwestora.

Sprzężenia te mogą posłużyć do stworzenia nowych modeli opisu rynków. Na koniec, przedstawiono niektóre zjawiska specyficzne dla rynków, takie jak istnienie tzw. „silnych rąk”, inflacja, prowizja maklerska, oraz techniki zabezpieczające oraz ich wpływ na rynki. Zjawiska te mające często znaczący wpływ na rynki, pod pozorem „czytelności” czy też „prostoty” rozważań, są zazwyczaj pomijane w pracach analityczno-badawczych.

### 2. Główny cel analiz rynków

Główny cel analizy rynku może być zdefiniowany na wiele sposobów. W istocie sprowadza się on do odpowiedzi na następujące pytania:

- # 1. Czy na podstawie posiadanych informacji i wiedzy na temat rynków potrafimy przewidzieć przyszłe zmiany notowań rynkowych ?
- # 2. Jeśli tak, to jaki jest zasięg i dokładność takich przewidywań?

Chociaż nie ma na to dowodu uważa się, że odpowiedź na pytanie #1, nie jest negatywna, tzn. że dla ograniczonego zasięgu i umiarkowanej dokładności pewna forma predykcji jest możliwa. Odpowiedź na pytanie #2 jest bardziej brzemienne w skutkach, ale niestety nie jest znana. Gdyby bowiem ktoś miał lepszą zdolność przewidywania przyszłych ruchów rynku od innych z całą pewnością zachował by ją tylko dla siebie. Z tego względu zasadnym jest spostrzeżenie, że powszechnie dostępne analizy rynków nie mają większej wartości użytkowej. To co najbardziej wartościowe z pewnością pozostaje pilnie strzeżoną tajemnicą.

### 3. Historia badań rynków kapitałowych

Historycznie analitycy rynków kapitałowych są i byli podzieleni na zwolenników analizy fundamentalnej i technicznej. Kryterium tego podziału wynika z założenia odnośnie do rodzaju i wartości informacji służącej analizie rynków, o których mowa w pytaniu #1 rozdziału 2. Analiza fundamentalna wymaga zarówno ugruntowanej wiedzy na temat tzw. czynników makroekonomicznych, jak również dokładnych informacji dotyczących funkcjonowania spółki będącej przedmiotem analizy. Wiedza ta jest uznawana za jedyne posiadającą „moc” antycypacji kursu spółki [1]. Jednakowoż próby przewidywania trendów rynkowych z użyciem tej metodologii w zastosowaniu do praktycznego inwe-

stowania nie pozwalają uzyskać rezultatów znacząco lepszych od przeciętnych.

Zwolennicy analizy technicznej zakładają, że wszystkie informacje, które mogłyby wpłynąć na cenę akcji lub notowania kursu walutowego są już zawarte (zdyskontowane) w tejże cenie. Z tego względu we wszystkich metodach analizy technicznej głównym i jedynym źródłem danych jest kurs akcji lub notowanie kursu wymiany walut i ewentualnie wielkość lub wolumen obrotu. Klasyyczna analiza techniczna posługuje się raczej uproszczonymi algorytmami przewidywania przyszłych cen („reguła kciuka”), [2]. Analiza techniczna nie okazuje się być bardziej skuteczna od analizy fundamentalnej w inwestowaniu na rynkach.

„Wyznawcy” obydwu podejść do analizy rynków w większości charakteryzują się niemalże mesjanistycznym przywiązaniem do swojej metody i fanatyczną wręcz niechęcią do metodologii używanej przez ich oponentów. Obie strony zdają sobie jednakże sprawę, że dla inwestycji długoterminowych analiza fundamentalna jest bardziej stosowna, podczas gdy krótkoterminowe spekulacje, w szczególności na międzynarodowym rynku walutowym FOREX, są wspomagane prawie wyłącznie przez analizę techniczną i oparte na niej systemy automatycznego inwestowania [3, 4].

#### 4. Współczesne metody analizy rynków z użyciem matematyki

Klasyczne podejście do rzeczywistego inwestowania z użyciem analizy fundamentalnej lub technicznej nie wydaje się prowadzić do zadowalających rezultatów. Z tego względu w okresie ostatnich 20 lat wielu naukowców z obszaru matematyki oraz stowarzyszonych z nią dziedzin, takich jak fizyka, telekomunikacja, czy informatyka skupiło swoje zainteresowania na nowym wyzwaniu, jakim jest analiza rynków.

Przed sformułowaniem problemu analizy rynków z użyciem metod matematyki i stowarzyszonych dziedzin należy rozważyć, jaka wiedza (o której mowa w #1 rozdziału 2) poddaje się analizie rzeczonymi metodami. Chociaż analiza fundamentalna oparta jest na quasi deterministycznym wnioskowaniu znaczące trudności związane są z uwzględnieniem wszystkich jej danych w rozumieniu rygorów matematyki. Wynika to z faktu niedefiniowalności w kategoriach matematyki niektórych przyczynków analizy fundamentalnej, które są z natury rzeczy niekwantyfikowalne, np. opinie osób, które z racji funkcji posiadają pełniejszą wiedzę (prezes banku centralnego, dyrektor funduszu inwestycyjnego, itp.). W praktyce wielu analityków rynku takie niekwantyfikowalne informacje traktuje jako świadomą i zamierzoną manipulację.

Jak już wspomniano zwolennicy analizy technicznej wierzą, że wszystkie przyczynki mające wpływ na kursy akcji lub walut są zawarte w ich notowaniach historycznych. Jest rzeczą trudną w istocie udowodnić tę tezę i wykazać, że takie podejście zapewni lepsze rezultaty w inwestowaniu niżli analiza fundamentalna. Jednakowoż analiza techniczna ma jedną, ale istotną przewagę nad analizą fundamentalną: posługuje się sekwencjami danych, tzn. kursem akcji i ewentualnie wielkością obrotów lub wolumenem, które to dane mogą być analizowane i przetwarzane przy użyciu ścisłych narzędzi matematyki. W tym kontekście wybór podejścia postrzeganego jako „analiza techniczna” przez większość analityków stosujących metody matematyczne nie jest wyborem pełniejszej informacji nt. rynków, czy też skuteczniejszej metodologii badawczej – lecz wyborem lepszych danych, które mogą być analizowane ścisłymi narzędziami matematyki. Z tego względu analizy rynków metodami matematyki są na ogół postrzegane jako bardziej wyrafinowana mutacja analizy technicznej. Takie przyporządkowanie jest niestety wielce niefortunne. Termin „analiza techniczna” ma bardzo silną, negatywną konotację w kręgach dużych instytucji finansowych, w szczególności banków. W tej postawie jest duża doza hipokryzji, prawdopodob-

nie wynikająca z „politycznej poprawności”, ponieważ praktycznie wszystkie banki posługują się automatycznymi systemami krótkoterminowej spekulacji, będącymi oprogramowaniem opierającym się na analizie technicznej. Spekulacje z użyciem takiego oprogramowania, wykorzystywane na międzybankowym rynku walutowym FOREX (w terminie od kilku godzin do 6 tygodni) są źródłem znaczącej części przychodów banków [3].

W analizie rynków metodami matematyki cel badawczy jest na ogół zdefiniowany w sposób przedstawiony poniżej.

1. Opracowanie modelu, który w kompleksowy sposób wyjaśniałby zjawiska rynkowe z możliwie największą dokładnością. Jest to ambitne zadanie o długoterminowym charakterze poznawczym. To podejście integruje badania z obszaru różnorodnych dziedzin, takich jak matematyka, fizyka, socjologia, ekonomia, i inne. W ciągu ostatnich lat badania w tym zakresie afiliowane są w klasycznych obszarach nauki i technologii, takich jak np. fizyka (ekonofizyka [5]), czy szeroko pojęta informatyka (inteligentne obliczenia).
2. Predykcja bezpośrednia, tzn. przewidywanie przyszłych kursów akcji, czy też kwotowań walut z użyciem matematycznej analizy szeregów czasowych [6].
3. Identyfikacja tzw. „punktów zwrotnych”, w których trend zmienia swój kierunek [7]. Podejście to może być traktowane jako metoda predykcji, w której wyznacza się przyszłe notowania w sposób binarny (strefa wzrostów *versus* strefa spadków), co daje się bezpośrednio zastosować do opracowania systemów automatycznego inwestowania [4].

#### 5. Komponenty deterministyczne i stochastyczne w procesach rynkowych

Z punktu widzenia założonej metodologii badawczej jest rzeczą ważną stwierdzenie czy badane zjawisko daje się analizować w kategoriach deterministycznych, czy też stochastycznych. Rynek jest zarówno deterministyczny, jak i stochastyczny. Dlatego w praktyce trudno jest wskazać na jedno z podejść.

Jak już wspomniano, w analizie fundamentalnej dominują założenia o charakterze deterministycznym. Nikt bowiem nie zakwestionuje np. silnej zależności pomiędzy wzrostem PKB (Produkt Krajowy Brutto) a wzrostami kursów akcji krajowych spółek i indeksów. Kwantyfikacja takich i innych relacji, o domniamanym charakterze przyczynowo-skutkowym jest zadaniem skomplikowanym, częstokroć tylko przybliżonym i cząstkowym. Powoduje to, że przewidywanie przyszłości w oparciu o takie modele jest dalekie od doskonałości. Z tego względu najczęściej stosowane podejście polega na weryfikacji założonych deterministycznych hipotez z użyciem metod statystyki. Należy przyznać, że klasyczne metody analizy technicznej zawierają w sobie wiele takich cząstkowych modeli quasi-deterministycznych. Można bowiem założyć, że niektóre z tych modeli, czasem uproszczone albo egzotyczne są warte rozważenia.

Analiza techniczna jest wynikiem wieloletniej, przenikliwej obserwacji dokonywanej przez pokolenia inwestorów i spekulantów, którzy swoje wnioski przedstawili w formie uproszczonych algorytmów czy recept z dziwną interpretacją. Często jednak za tę nieszczególną (z naukowego punktu widzenia) prezentacją kryją się trafne obserwacje odnoszące się do cząstkowej fenomenologii rynków. W tym kontekście nie dziwi fakt, że wiele matematycznie wyrafinowanych analiz rynków używa hipotez oryginalnie sformułowanych w języku analizy technicznej, takich jak np.

- specjalne znaczenie liczb pierwszych i Fibonacciego w fenomenologii rynków [8],

- okresowe zachowanie cen rynkowych spowodowanych zmianami aktywności życiowej ludzi [9].

Na zakończenie niniejszego rozdziału należy stwierdzić, że niezależnie od przyjętych założeń odnoszących się do fenomenologii analizowanych rynków (model deterministyczny vs stochastyczny) podstawowym narzędziem analitycznym w badaniu rynków są szeroko pojęte metody statystyczne.

## 6. Indeks – średnia z rynku

Do ilościowego zobrazowania sytuacji rynkowej stosuje się syntetyczną cenę akcji, będącą normatywnym wskaźnikiem dla całego rynku. Taka miara nazywana jest indeksem rynku. Na ogół jest to stosowna średnia z cen akcji całego (lub prawie całego) rynku lub wybranej ze względu na specyficzne kryterium grupy (np. spółek o największej kapitalizacji). Każdy z rynków giełdowych publikuje na ogół pewną liczbę indeksów będących ich syntetyczną miarą.

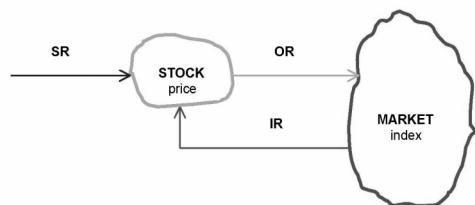
Poniżej przedstawiono kilka najważniejszych (z perspektywy Polski) indeksów:

WIG, WIG20	dla WGPW,
CAC 40, DAXX, FTSE 100	dla Europy,
DJIA, NASDAQ, S@P 500	dla USA.

Wszystkie indeksy giełdowe są powszechnie wykorzystywane przez inwestorów jako wzorzec odniesienia dla ich inwestycji pozwalający wyznaczyć spółki o największej potencjalnej stopie zwrotu. Przykładem może być definicja Zwrotu Własnego (ang. *Specific Return*) przytoczona w rozdziale 7.

## 7. Sprzężenie indeksowe w rynkach

Najważniejszym celem niniejszej pracy jest zwrócenie uwagi na istnienie sprzężeń zwrotnych występujących w rynkach. Sprzężenie indeksowe przedstawione w niniejszym rozdziale jest pośrednio wykorzystywane w teorii portfelowej [10].



Rys. 1. Model indeksowego sprzężenia zwrotnego  
Fig. 1. Model of index feedback in capital markets

W nawiązaniu do rys. 1 rozważmy następujące zmienne:

$$OR = \log(sq), \quad (1)$$

$$IR = \log(iq). \quad (2)$$

OR - zwrot ze spółki (ang. *Output Return*),

sq - kurs spółki (ang. *stock quotation*),

IR - zwrot z indeksu (ang. *Index Return*),

iq - notowanie indeksu, (ang. *index quotation*).

Zdefiniujmy ponadto

$$SR = OR - IR \quad (3)$$

zwrot własny spółki (ang. *Specific Return*) będący specyficzną miarą określającą zdolność spółki do generowania zysku. Dla przedziałów czasowych, w których  $SR > 0$ , stopa zwrotu ze spółki jest wyższa od średniej z rynku mierzonej indeksem. W przeciwnym przypadku, tzn. przy  $SR < 0$ , zwrot ze spółki jest mniejszy od średniej z rynku. Należy zauważyć, że między spółką (reprezentowaną przez OR) i rynkiem (IR) istnieje sprzężenie zwrotne, ponieważ IR składa się z pewnego rodzaju średniej dla wszystkich OR. Co więcej, kursy przeważającej większości spółek giełdowych są na ogół silnie skorelowane z notowaniem indeksu. Wynika stąd silne ujemne sprzężenie zwrotne pomiędzy spółkami, a indeksem. Obserwacja tego zjawiska była pierwotną przyczyną znanego ostrzeżenia związanego z rynkami, jak następuje: „Nie inwestuj przeciwko rynkowi”, tzn. przy spadkach indeksu giełdowego. W nawiązaniu do (3) mamy

$$OR = SR + IR \quad (4)$$

Chociaż w ogólności SR jest zmienna w czasie, załóżmy na chwilę, że w pewnym przedziale czasu

$$SR \approx \text{const.} \quad (5)$$

Mamy stąd, że zmiany w stopie zwrotu ze spółki, dane OR, zmieniają się w rytm zmian rynku opisanego przez IR. Inaczej mówiąc prawie wszystkie spółki do pewnego stopnia „naśladują” zmiany w rynku. Definicja SR jest bliska pojęciu ang. *stock-specific return* używanemu w teorii portfelowej [10].

## 8. Sprzężenia emocjonalne w rynkach

Inwestor obserwujący kurs akcji wybranej spółki może podjąć następujące decyzje:

1. kupno akcji przy trendzie wzrostowym,
2. kupno akcji przy trendzie spadkowym,
3. sprzedaż akcji przy trendzie wzrostowym,
4. sprzedaż akcji przy trendzie spadkowym.

Decyzje #1 i #4 są źródłem dodatniego, powodowanego emocjami sprzężenia zwrotnego między trendem rynkowym a postawą inwestora. W obydwu przypadkach działanie inwestora wzmacnia trend cen akcji. Im więcej kupuje tym silniej rośnie cena akcji, im więcej sprzedaje tym silniej cena spada. Decyzje #2 i #3 są źródłem ujemnego sprzężenia zwrotnego. W tym przypadku decyzje inwestorów przeciwdziałają umacnianiu trendu, sprowadzając ceny do pewnej dynamicznej równowagi.

Według najlepszej wiedzy autora zarysowany tu model emocjonalnego sprzężenia zwrotnego jest jego oryginalnym przyczynkiem do badań rynku. Analiza tego modelu są jednym z tematów obecnych pracy badawczych autora.

## 9. Najważniejsze zjawiska zniekształcające wyniki analiz rynków

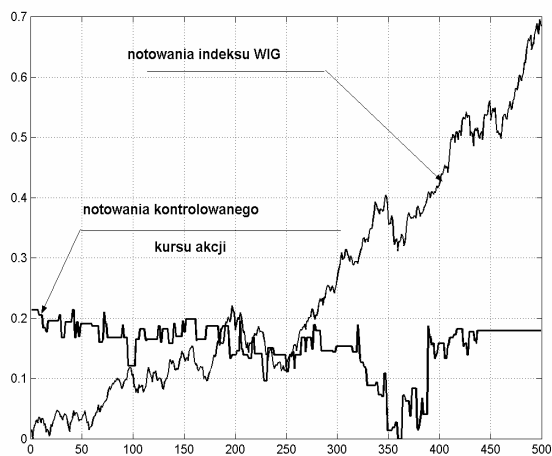
Istnieje pewna liczba zjawisk, wpływających na przebieg procesów rynkowych, które są pomijane w analizie dla jej prostoty. Zjawiska te mają zniekształcający wpływ na wynik analizy wykonywanej przy takich – na ogół wyidealizowanych – założeniach:

Wymieńmy tutaj 4 najważniejsze spośród tych zjawisk:

1. „silne ręce” w spółkach czy instrumentach o małej płynności,
2. wpływ instrumentów pochodnych oraz zabezpieczania pozycji na kursy,
3. prowizja maklerska zawsze pogarszająca wynik inwestowania [7],
4. inflacja dla inwestycji długoterminowych [11].

Ad. 1. Inwestorzy, na ogół nieznanymi, są postrzegani jako „silne ręce”, jeżeli ich udział w obrocie pozwala im na ustawianie ceny według swojego uznania albo założonej strategii. Występuje to w przypadku, gdy wartość akcji pozostających w wolnym obrocie (ang. *free-float*) jest porównywalna z możliwościami inwestycyjnymi „silnych rąk”. Taka sytuacja może dotyczyć również spółek o relatywnie wysokiej wartości *free-float*, ale niskiej kapitalizacji. „Ustawianie” cen akcji jest działaniem przestępczym, łatwym do zaobserwowania, na ogół jednak dość trudnym do udowodnienia.

Na rys. 2 przedstawiono dwa wykresy: pierwszy reprezentujący główny indeks WIG, drugi reprezentujący działanie „silnych rąk” stabilizujących kurs na stałym poziomie. Jak widać z wykresu indeks WIG w okresie 2 lat przyniósł zysk ok. 70%, zaś kontrolowana spółka nie dała żadnego zysku.

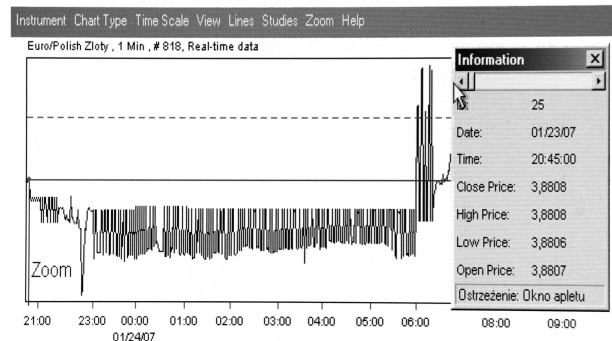


Rys. 2. Zwrot z indeksu WIG i spółki kontrolowanej przez „silne ręce”  
Fig. 2. Return on WIG and „strong hands” controlled stock

Ad. 2. W nawiązaniu do #2, celem ilustracji jednej z najczęściej stosowanych technik zabezpieczenia przed nadmiernymi stratami, zw. z ang. *stop-loss*, na rys. 3 przedstawiono notowanie kursu EURO względem PLN. Widać na nim, że technika zabezpieczania *stop-loss* może być źródłem niepożądanych oscylacji w kursie analizowanego instrumentu finansowego. Zabezpieczenie *stop-loss* jest powszechnie wykorzystywane. Zdaniem niektórych

autorów jest ono w dużej mierze odpowiedzialne za destruktywne wzmacnianie krachów rynkowych [12].

### Market Information - Forex Quotes



Rys. 3. Wpływ zabezpieczenia *stop-loss* na notowanie kursu EUR/PLN, (źródło: platforma walutowa Saxobank)

Fig. 3. Impact of the stop-loss technique on the EUR/PLN cross quotation (source: trading platform of Saxobank)

## 10. Zakończenie

Celem niniejszej pracy było omówienie problemów i zjawisk w procesach rynkowych pod kątem ich analizy metodami matematycznymi. Przedyskutowano cel badań, znane podejścia, metody, oraz ograniczenia. Postawiono tezę, że podstawowym ograniczeniem w badaniu zjawisk rynkowych jest niekwantyfikowalność wielu czynników. Wskazano na istnienie sprzężeń zwrotnych w procesach rynkowych. Wymieniono też istotne zjawiska mające wpływ na przebieg procesów rynkowych, a które na ogół (w większości przypadków) dla prostoty analizy są pomijane.

## 11. Literatura

- [1] J. Schwager: Schwager's Fundamental Analysis, John Wiley & Sons, 1995.
- [2] J. Murphy: Technical Analysis of the Financial Markets, New York Institute of Finance, 1999.
- [3] J. Tadiou: Deciphering the Market, John Wiley & Sons, 1996
- [4] B. Van Vliet: Building Automated Trading Systems, Academic Press, 2006.
- [5] R. Mantegna, E. Stanley: An Introduction to Econophysics, Cambridge University Press, 2000.
- [6] R. Tsay: Analysis of Financial Time Series, John Wiley & Sons, 2005.
- [7] A. Dyka: Non-causal finite impulse response filters for the maximum return from capital markets, Acta Physica Polonica B, 37 (11), 2979-2986, 2006.
- [8] R. Fischer: Fibonacci Applications and Strategies for Traders, John Wiley & Sons, 1993.
- [9] R. Wojnar: The average behaviour of financial market by 2 scale homogenisation, Acta Physica Polonica B, 37(11), 3177-3186, 2006.
- [10] E. Elton, M. Gruber: Investments-Volume1: Portfolio Theory and Asset Pricing, MIT Press, 2000.
- [11] N. Bruck: Capital Markets under Inflation, Praeger Publishers, 1982.
- [12] H. Leland, M. Rubinstein: Comments on the market crash: six months after, Journal of Economic Perspectives, 3, 45-50, 1988.

Artykuł recenzowany