

KRZYSZTOF BOROWSKI

Miary umiejętności i wyczucia rynku



Difin

Miary umiejętności i wyczucia rynku

Copyright © Difin SA
Warszawa 2014

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Kopiowanie, przedrukowywanie i rozpowszechnianie całości
lub fragmentów niniejszej pracy bez zgody wydawcy zabronione.

Książka ta jest dziełem twórcy i wydawcy.

Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują.

Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim
lub osobiście znanym, ale nie publikuj jej w internecie.

Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie
zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie
na użytek osobisty. Szanujmy cudzą własność i prawo.

Recenzent

dr hab. prof. SGH Paweł Niedziółka

Redaktor prowadząca

Maria Adamska

Projekt okładki

Mikołaj Miodowski

Korekta

Małgorzata Włodarczyk

ISBN 978-83-7930-858-3

Difin SA

Warszawa 2014, wydanie pierwsze

ul. F. Kostrzewskiego 1, 00-768 Warszawa,

tel.: 22 851 45 61, 22 851 45 62,

faks: 22 841 98 91

Księgarnie internetowe Difin:

www.ksiegarnia.difin.pl, www.ksiegarniasgh.pl

Skład i łamanie: Poligrafia, tel. 605 105 574

Wydrukowano w Polsce

SPIS TREŚCI

Wstęp	9
1. Problem efektywności rynku	13
1.1. Teoria błędzenia losowego (random walk)	20
1.2. Teoria chaosu i rynku fraktalnego	25
1.3. Testowanie hipotez dotyczących efektywności rynku	28
2. Anomalie rynkowe	32
2.1. Anomalie kalendarzowe	33
2.1.1. Efekty godzinowe	33
2.1.2. Efekty dni tygodnia	34
2.1.3. Efekty miesiąca w roku	38
2.1.4. Inne anomalie kalendarzowe	40
2.2. Efekt małych i średnich spółek	43
2.3. Efekt długiego lub krótkiego skrótu używanego przez firmę w notowaniach giełdowych (tzw. efekt tickera)	44
2.4. Efekt wprowadzenia ograniczeń w krótkiej sprzedaży i ograniczeń dla inwestorów zagranicznych w nabywaniu akcji	45
2.5. Efekt śledzenia informacji o zmianie dużych pakietów i przejęciach firm	46
2.6. Efekt publikacji rekomendacji	47
2.7. Efekt wpływu wyników sportowych na rynki kapitałowe	48
2.8. Efekty pogodowe i pór roku	49
2.9. Pozostałe anomalie rynkowe	52

2.10. Anomalie na innych rynkach (towarów, walutowym)	53
2.11. Wybrane sposoby wyjaśnienia efektu sezonowości występowania anomalii na rynkach finansowych	55
3. Indeksy badające relację stóp zwrotu portfela i benchmarku na rynku wzrostowym i spadkowym	60
3.1. Indeks wzrostów (up capture indicator) – I^+	60
3.2. Indeks spadków (down capture indicator) – I^-	61
3.3. Up number ratio – U	63
3.4. Down number ratio – D_n	63
3.5. Up percentage ratio – $U_{\%}$	64
3.6. Down percentage ratio – $D_{n\%}$	64
3.7. Percentage gain ratio – G	65
4. Ocena umiejętności menedżera i wyczucia przez niego rynku	68
4.1. Analiza stylu z modelu Sharpe’a	68
4.2. Model Treynora-Mazuyego i jego pochodne	70
4.2.1. Model Treynora-Mazuyego z dodatkowym czynnikiem	72
4.2.2. Rozszerzony Model Treynora-Mazuyego	72
4.2.3. Warunkowy model Treynora-Mazuyego	73
4.2.4. Rozszerzenie modelu warunkowego Treynora-Mazuyego (model Prathera i Middletona)	73
4.2.5. Model volatility timing	76
4.3. Model Henrikssona-Mertona i jego pochodne	76
4.3.1. Wersja nieparametryczna modelu Henrikssona-Mertona	79
4.3.2. Model Henrikssona i Mertona z uwzględnieniem market timingu	80
4.3.3. Model Henrikssona i Mertona z uwzględnieniem market timingu – wersja trzy zmienne	81
4.3.4. Model Fersona i Schadta	81
4.3.5. Model Connora i Korajczyka	82
4.4. Połączony model timingu (Joint Timing Model)	82
4.4.1. Model Kona	83
4.5. Współczynnik Weigela	84
4.6. Wieloczynnikowa miara timingu (multifactor timing measure)	84
4.7. Miary timingu na przestrzeni wielu okresów inwestycyjnych	85
4.7.1. Miara Grinblatta i Titmana	85
4.7.2. Miara GT	86
4.7.3. Miara GTW jako miara ryzyka momentum	87
4.7.4. Dekompozycja miary Jensena mierząca timing	89
4.7.5. Conditional weight measure (CWM)	91
4.8. Technika portfeli replikacyjnych dla pomiaru performance	92
4.8.1. Miara Cornella	93

4.8.2. Miara zmiany performance (performance change measure)	94
4.9. Mieszane miary timingu	96
4.9.1. Miara performance na podstawie timingu rynkowego (performance based on pure market timing)	96
4.9.2. Miara market timingu Bhattacharyi i Pfleiderera	96
4.10. Modele z warunkowym parametrem beta	97
4.10.1. Model stóp zwrotu z wykorzystaniem warunkowych bet (warunkowa wersja modelu CAPM)	97
4.10.2. Warunkowa miara Jensena	99
4.10.3. Warunkowy model Treynora i Mazuyego	100
4.10.4. Warunkowy model Henrikssona i Mertona	101
4.10.5. Warunkowe bety w wieloczynnikowym modelu APT	102
4.11. Modele z warunkowym parametrem alfa	103
5. Modele wieloczynnikowe – wprowadzenie	106
5.1. Modele empiryczne	106
5.1.1. Zastosowanie modelu APT do wyznaczania performance	108
5.2. Modele empiryczne z czynnikami wyłanianymi w procesie estymacji	109
5.2.1. Model makroekonomiczny Chana, Rolla i Rossa	110
5.3. Modele wieloczynnikowe z wykorzystaniem alfy	110
5.3.1. Trzyskładnikowy model Famy i Frencha	111
5.3.2. Model Antoniou, Lama i Paudyala	112
5.3.3. Alfa z modelu Eltona, Grubera, Dasa i Hlavki	114
5.3.4. Alfa z modelu Eltona, Grubera i Blake’a	115
5.3.5. Alfa z modelu Carharta o czterech zmiennych	115
5.3.6. Rozszerzenie modelu Carharta (model Capocci’ego i Hübnera)	117
5.3.7. Alfa z modelu Kumara	118
5.3.8. Alfa z modelu Eckbo, Masulisa i Norlilego – model EMN	119
5.3.9. Alfa z modelu BARRA	120
5.3.10. Alfa wynikająca z modelu: Nijmana, Swinkelsa i Verbeeka	123
5.3.11. Alfa z modelu Berkwita i Qiu	123
5.4. Alfa z uwzględnieniem wielkości zarządzanych aktywów	124
5.5. Modele uwzględniające skośność rozkładu stóp zwrotu	125
5.5.1. Współczynnik alfa z uwzględnieniem skośności i kurtozy	125
5.5.2. Rozszerzenie modelu CAPM Harveya i Siddique’a	126
5.5.3. Alfa dla dwu czynników z modelu CAPM	126
6. Współczynniki uwzględniające różnicę między zyskiem a stratą	129
6.1. Miara Melnikoffa	129
6.2. Alfa Sharpe’a II	130
6.3. Indeks Fouse’a	130

7. Miary wykorzystywane w teorii preferencji	131
7.1. Miary bezpośrednie (i miary wywodzące się z nich)	131
7.1.1. Uogólniona miara Hodgesa (Generalized Sharpe Ratio – GSR)	131
7.1.2. Indeks konwergencji Stutzer’a	133
7.1.3. Współczynnik lambda	136
7.1.4. Miary stworzone przez agencję Morningstar	137
7.2. Miary stosowane w finansach behawioralnych	145
7.2.1. Współczynnik perspektywy (Prospect ratio)	146
7.2.2. Współczynnik perspektywy z uwzględnieniem skośności i kurtozy rozkładu stóp zwrotu	146
7.3. Miary pośrednie (i miary wywodzące się z nich)	146
7.3.1. Miara Cohena, Covala i Pastora oparta na poziomach posiadania	146
7.3.2. Miara Cohena, Covala i Pastora bazująca na zmianach stanu posiadania	149
7.3.3. Miara Daniela	153
8. Mierniki stosowane w analizie fundamentalnej	158
8.1. Indeksy fundamentalne – propozycja stworzenia nowych indeksów giełdowych	164
8.1.1. Indeks fundamentalny dla szerokiego rynku akcji	164
8.1.2. Indeks fundamentalny branżowy	169
8.1.3. Indeks fundamentalny mieszany	170
9. Model indeksu z wykorzystaniem analizy technicznej	172
9.1. Ranking spółek ze względu na ich sytuację techniczną	173
9.2. Benchmark z wykorzystaniem analizy technicznej i fundamentalnej	178
Zakończenie	180
Bibliografia	182

WSTĘP

Na współczesnych rynkach kapitałowych dylematem trapiącym znaczną część inwestorów jest odpowiedź na pytanie: czy możliwe jest uzyskanie wyższej stopy zwrotu poprzez stosowanie różnych strategii inwestycyjnych niż stopa zwrotu w strategii „kup i trzymaj”? Jeśli bowiem odpowiedź na to pytanie byłaby twierdząca, to od czego zależałaby ta stopa zwrotu? Czy od warunków panujących na rynku, od wyboru rynku (rynek akcji, towarów, walut, ewentualnie rynek krajowy lub zagraniczny), czy też może od samych umiejętności menedżera? Poza tym pojawia się kwestia, w jaki sposób porównywać wyniki inwestycyjne zarządzających, jeśli stworzyli oni portfele inwestycyjne różniące się między sobą ze względu na ryzyko. To ostatnie zagadnienie stanowiło przedmiot rozważań zaprezentowanych w książce *Miary efektywności zarządzania na rynkach finansowych* wydanej przez wydawnictwo Difin w 2014 r. Z kolei odpowiedź na pytanie, w jaki sposób mierzyć wyniki osiągnięte przez poszczególnych zarządzających ze względu na reprezentowany przez nich styl czy też pewne wrodzone zdolności (tzw. miary umiejętności wyczucia rynku), stanowi przedmiot dociekań tej książki.

Problematyka efektywności rynków finansowych frapuje analityków tych rynków już od wielu dziesięcioleci. Mimo dużej ilości opracowań naukowych do dzisiaj nie został rozstrzygnięty problem, czy rynki finansowe, ewentualnie które z fragmentów rynku, charakteryzują się efektywnością w formie słabej, półsilnej i silnej. Jeśli bowiem rynki wykazywałyby efektywność w formie silnej, talent zarządzającego nie miałby żadnego znaczenia – nie mógłby on, nawet posiłkując się informacjami poufnymi, uzyskać wyższej stopy zwrotu niż odpowiedni benchmark. A jednak menedżerom udaje się wygenerować wyższe stopy zwrotu z za-

rzządzanych przez siebie portfeli inwestycyjnych niż stopa zwrotu z benchmarku. Niektórym z nich, jak np. Warrenowi Buffettowi – systematycznie. Ten prosty przykład może prowadzić do wniosku, że jednak styl zarządzania i wrodzone umiejętności menedżera są czynnikami wpływającymi na wysokość osiągniętej przez niego stopy zwrotu.

Książka składa się z dziewięciu rozdziałów. Rozdział pierwszy poświęcony został problematyce efektywności rynków finansowych, a więc tematowi bezpośrednio związanemu z oceną umiejętności wyczucia rynku. Z kolei w rozdziale drugim zaprezentowano badania naukowe dowodzące występowania pewnych anomalii na rynkach, w tym efektów sezonowości, których wykorzystanie może przyczynić się do uzyskania wyższej stopy zwrotu niż stopa zwrotu z benchmarku.

W rozdziale trzecim zamieszczone zostały indeksy badające relację stóp zwrotu portfela inwestycyjnego i benchmarku – zarówno na rynku wzrostowym, jak i spadkowym. Miary te należą do grupy miar czysto statystycznych, które pozwalają *ex post* odpowiedzieć na pytanie, czy portfel badanego zarządzającego w okresach spadków i wzrostów wybranego benchmarku generował dodatnią, czy też ujemną stopę zwrotu i ile razy.

Rozdział czwarty stanowi przedstawienie metod oceny umiejętności menedżerów i wyczucia rynku, poczynając do znanych już modeli Treynora-Mazuyego oraz Henrikssona-Mertona, wraz z ich modyfikacjami dokonanymi przez innych badaczy, poprzez połączony model *timing*u oraz wieloczynnikowe miary *timing*u, miarę Grinblatt-Titmana, mieszane miary *timing*u oraz modele z warunkowym parametrem beta po modele z warunkowym parametrem alfa.

W kolejnym rozdziale zamieszczone zostały modele wieloczynnikowe z jednym z najbardziej popularnych modeli z tej grupy, tzw. modelem Carharta. Wśród opisanych modeli znalazły się również modele uwzględniające skośność oraz kurtozę rozkładu stóp zwrotu.

Rozdział szósty to prezentacja wybranych współczynników uwzględniających różnicę między zyskiem a stratą, a rozdział siódmy koncentruje się głównie na miarach wykorzystywanych w teorii preferencji oraz finansach behawioralnych.

Ostatnie dwa rozdziały zawierają propozycję stworzenia nowych miar oceny atrakcyjności inwestycyjnej na rynku akcji z wykorzystaniem analizy fundamentalnej (rozdział ósmy) i technicznej (rozdział dziewiąty). Punkt wyjścia do budowy miary oceny atrakcyjności inwestowania stanowi taksonomiczna miara oceny atrakcyjności inwestycyjnej (TAMAI) wyrażająca siłę fundamentalną spółek notowanych na giełdzie. Modyfikacja TAMAI pozwala na stworzenie analogicznej miary oceny efektywności inwestycyjnej na rynku akcji ze względu na sytuację spółek ocenianą za pomocą analizy technicznej.

Zaprezentowane w książce miary umiejętności i wyczucia rynku są stosunkowo rzadko poruszane w piśmiennictwie polskojęzycznym, dlatego też książka ta z pewnością uzupełni brakującą lukę na polskim rynku wydawniczym.

Publikacja stanowi uzupełnienie dwu wcześniejszych pozycji autora – *Miary ryzyka na rynku akcji i obligacji* oraz *Miary efektywności zarządzania na rynkach finansowych*, które ukazały się w 2014 r. nakładem wydawnictwa Difin. We wszystkich trzech pozycjach zastosowano spójny system oznaczeń we wzorach matematycznych, starając się jednakże, aby oznaczenia te, w miarę możliwości, były zgodne z tekstami źródłowymi, co pozwoli Czytelnikom na płynne przejście do pozycji źródłowych i prowadzenie własnych studiów literaturowych.

1

PROBLEM EFEKTYWNOŚCI RYNKU

Na rynku finansowym najważniejszym rodzajem efektywności jest efektywność cenowa, która oznacza, że bieżące ceny walorów natychmiast i w pełni odzwierciedlają wszystkie dostępne informacje¹. Ceny dostosowują się stale do wszystkich nowych informacji napływających na rynek, tak więc ceny walorów odpowiadają ich fundamentalnym wartościom, a jakiegokolwiek odchylenie ceny bieżącej od tej wartości powoduje natychmiastową reakcję dostosowawczą rynku. W przypadku gdy odchylenie ceny od wartości fundamentalnej występuje w dłuższym okresie, to jest ono na tyle małe, że biorąc pod uwagę koszty transakcyjne, nie może być wykorzystane przez inwestorów dla osiągnięcia zysku².

Literatura finansowa, wprowadzając pojęcie hipotezy rynku efektywnego (*Efficient Market Hypothesis* – EMH), ma zwykle na myśli efektywność cenową. Definicje efektywności względem różnych zbiorów informacji pierwszy zdefiniował Fama³.

¹ Pojęcie efektywności rynku (*market efficiency*) zostało wprowadzone po raz pierwszy przez Rolla w 1965 r.: Fama E., *Efficient capital markets: A review of theory and empirical work*, „Journal of Finance”, Vol. 25, 2/1970, s. 383–417.

W literaturze przedmiotu zamiast efektywności cenowej można spotkać także pojęcie efektywności informacyjnej, która zapewnia szybki i niezwłoczny przekaz informacji podmiotom rynkowym mającym jednakowy dostęp do informacji: Gurgul H., *Analiza zdarzeń na rynkach akcji. Wpływ informacji na ceny papierów wartościowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006.

² Pozostałe rodzaje efektywności, tj. efektywność alokacyjna i operacyjna, zostały omówione m.in. w: Blake D., *Financial market analysis*, McGraw-Hill, Berkshire (England) 1990, s. 358–365.

³ Fama E., *Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work*, „Journal of Finance”, Vol. 25, 2/1970, s. 384–417.

Wyróżnił on następujące formy efektywności rynku:

1. **Rynki o słabej efektywności**, na których nie jest możliwe uzyskiwanie dodatkowych, ponadprzeciętnych zysków z tytułu wykorzystania informacji tkwiących w cenach (bieżących i przeszłych). Oznacza to, że analiza szeregów czasowych cen giełdowych z przeszłości (a więc analiza historyczna) nie doprowadzi do otrzymania prognoz bardziej dokładnych niż te, które można postawić, biorąc pod uwagę tylko bieżące ceny. Koncepcja ta podaje w wątpliwość znaczenie analizy technicznej, która w przypadku, gdy rynek jest słabo efektywny, nie może dostarczyć informacji mogących poprawić efektywność prognozowania cen.
2. **Rynki o pólslnej efektywności (średnia efektywność)**, na których nie jest możliwe uzyskanie dodatkowych zysków z tytułu wykorzystania wszystkich informacji powszechnie dostępnych dla uczestników rynku (publikowanych prognoz cen, publikowanych analiz i ocen ekspertów dotyczących kondycji ekonomicznej firm, bilansów, rachunków wyników i sprawozdań z przepływów finansowych firm, których akcje są notowane na giełdzie, podawanych prognoz makroekonomicznych). Oznacza to, że wszystkie informacje zostały już odzwierciedlone w cenach akcji poprzez mechanizm rynkowy. Koncepcja ta jest sprzeczna z postulatami analizy fundamentalnej, której podstawowym celem jest sporządzenie analizy firmy w taki sposób, aby uchwycić informacje, które jak dotąd nie znalazły odbicia w cenach⁴.

Na uwagę zasługują także inne prace Fama z zakresu teorii rynku efektywnego: Fama E., *The behavior of stock market process*, „Journal of Business”, Vol. 38, 1/1965, s. 34–105; Fama R., *Efficient capital market: Reply*, „Journal of Finance”, Vol. 31, 1/1976, s. 143–145; Fama E., *Efficient capital markets: II*, „Journal of Finance”, Vol. 46, 5/1991, s. 1575–1617; Fama E., *Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 49, 1998, s. 283–306.

Inne pojęcie rynku efektywnego zostało sformułowane przez M. Rubinsteina: rynek efektywny to taki, na którym ceny nie zmieniają się, jeśli każdy z uczestników wyjawia wszystkie posiadane informacje: Rubinstein M., *Securities market efficiency in an arrow*, „American Economic Review”, 65/1975, s. 812–824.

⁴ Ceny akcji notowanych na Wall Street dostosowują się przeciętnie w ciągu 5–10 minut do tzw. *fair value* od ogłoszenia komunikatów o EPS i wypłacanej dywidendzie. Przez *fair value* rozumie się rynkową wycenę akcji danej spółki po uwzględnieniu ostatnich wiadomości o EPS lub dywidendzie: Patell J., Wolfson M., *The intraday speed adjustment of stock prices to earnings and dividend announcement*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 13, 2/1984, s. 223–252. Szybkość reakcji rynków finansowych na informacje o sprzedaży dużych pakietów akcji przez renomowane banki inwestycyjne jest również szybka: Dann L., Mayers D., Raab R., *Trading rules, large blocks, and the speed of adjustment*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 4, 1/1977, s. 3–22; Kothari S., Lewellen J., Warner J., *Stock returns, aggregate earnings surprises, and behavioral finance*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 79, 3/2006, s. 537–568; Sadka R., *Momentum and post-earning – announcement drift anomalies: the role of liquidity risk*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 80, 2/2006, s. 309–349; Theobald M., Yallup P., *Determining security speed of adjustment coefficients*, „Journal of Financial Markets”, Vol. 7, 1/2004, s. 75–96.

3. **Rynki o silnej efektywności**, na których nie jest możliwe uzyskanie dodatkowych zysków nawet przy wykorzystaniu informacji poufnych niedostępnych dla innych uczestników rynku. Innymi słowy, hipoteza ta głosi, że wszelkie informacje, zarówno te publicznie dostępne, jak również poufne, znajdują szybko odzwierciedlenie w cenach papierów wartościowych⁵.

W literaturze przedmiotu często spotyka się uogólnienie pojęcia rynku efektywnego pochodzące od Famy: „Rynek, na którym ceny zawsze w pełni odzwierciedlają dostępne informacje, jest nazywany efektywnym”⁶. Tak sformułowana hipoteza jest zdaniem autora zbyt ogólna i nie może przez to podlegać empirycznej weryfikacji. Fama przyjmuje założenie, że warunki równowagi rynkowej mogą być wyrażone w postaci oczekiwanych stóp zwrotu wtedy, gdy⁷:

$$E(\tilde{p}_{j,t+1} | \Phi_t) = [1 + E(r_{j,t+1} | \Phi_t)]p_{j,t}$$

gdzie:

$E(\cdot)$ – wartość oczekiwana,

$p_{j,t}$ – cena j -tego waloru w momencie t ,

$\tilde{p}_{j,t+1}$ – zmienna losowa określająca cenę j -tego waloru w chwili $t + 1$ (uwzględniając reinwestowanie dochodów z posiadania waloru, które pojawiły się w okresie między t a $t + 1$)⁸,

$r_{j,t+1}$ – zmienna losowa określająca wysokość stopy zwrotu w okresie od t do $t + 1$,

Φ_t – oznacza zbiór informacji w pełni odzwierciedlony w cenie waloru w czasie t .

Matematyczny model opisujący ewolucję cen po ogłoszeniu wiadomości oraz współczynnik efektywności rynku zostały przedstawione w pracy: Kulish V., *Market efficiency and phase-lagging model of the price evolution*, „Physica”, Vol. 387, 4/2008, s. 861–875.

Model rozprzestrzeniania się wiadomości (czy też plotek) na rynkach finansowych można znaleźć m.in. w: Zi-li Z., Zi-qiong Z., *An interplay model for rumor spreading and emergency development*, „Physica”, Vol. 388, 19/2009, s. 4159–4166.

⁵ Problem efektywności dotyczy także innych rynków. W literaturze przedmiotu spotyka się badania poświęcone ocenie efektywności na innych rynkach: Booth G., Kaen F., *Gold and silver spot prices and market information efficiency*, „Financial Review”, Vol. 14, 1/1979, s. 21–26 oraz Kim J., Shamsuddin A., *Are Asian markets efficient? Evidence from new multiple variance ratio test*, „Journal of Empirical Finance”, Vol. 15, 3/2008, s. 518–532 oraz Aktas N., Bodt E., Oppens H., *Legal insider trading and market efficiency*, „Journal of Banking & Finance”, Vol. 32, 7/2008, s. 1379–1392.

⁶ Fama E., *Efficient capital markets: A review of theory and empirical work*, „Journal of Finance”, Vol. 25, 2/1970, s. 384–417.

⁷ Na podstawie: Szyszka A., *Efektywność Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie na tle rynków dojrzałych*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 2003, s. 11–13. Matematyczne ujęcie teorii efektywności rynku kapitałowego można znaleźć także w pracy: Jajuga K., *Metody ekonometryczne i statystyczne w analizie rynku kapitałowego*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. O. Łangego we Wrocławiu, Wrocław 2000.

⁸ Znak falki nad zmienną oznacza zmienną losową wielkości bez falki.

Oznaczając przez $x_{j,t+1}$ ponadprzeciętny dochód w okresie od t do $t + 1$, tj. różnicę pomiędzy faktycznie zaobserwowaną ceną waloru w chwili $t + 1$ a oczekiwaną wartością dla tego okresu, przewidywaną w czasie t na podstawie zbioru informacji Φ_t tj.:

$$x_{j,t+1} = p_{j,t} - E(q_{j,t+1} | \Phi_t)$$

wówczas, w przypadku gdy rynek jest efektywny, otrzymujemy:

$$E(\tilde{x}_{j,t+1} | \Phi_t) = 0$$

Powyższa definicja rynku efektywnego może zostać zapisana także w języku stóp zwrotu. Jeśli przez $k_{j,t+1}$ oznaczmy dodatkową stopę zwrotu zrealizowaną w czasie $t + 1$, uzyskaną powyżej oczekiwanej stopy zwrotu ustalonej w chwili t na podstawie posiadanej w chwili t informacji Φ_t , w przypadku rynku efektywnego otrzymujemy⁹:

$$E(\tilde{k}_{j,t+1} | \Phi_t) = 0$$

Sekwencje $\{x_{j,t}\}$ oraz $\{k_{j,t}\}$ są zgodne z modelem gry sprawiedliwej (*fair game*) w odniesieniu do sekwencji zbiorów informacji $\{\Phi_t\}$. Powyższa definicja nie zakłada, że na rynku, na podstawie posiadanych informacji $\{\Phi_t\}$, nie można w krótkim okresie uzyskać stopy zwrotu wyższej od oczekiwanej dla danego poziomu ryzyka. Przyjmuje się, że odchylenia od wartości oczekiwanej mają charakter losowy i istnieje takie samo prawdopodobieństwo uzyskania zwrotów wyższych, jak i niższych od oczekiwań¹⁰. Fama nie twierdzi jednak, że w chwili t cena będzie zawsze dokładnie równa aktualnej wartości fundamentalnej waloru.

Między wymienionymi wyżej formami efektywności istnieje zależność. Jeśli rynek nie jest efektywny w słabym rozumieniu, nie może być efektywny w dwu pozostałych przypadkach. Jeśli rynek nie jest efektywny w rozumieniu półsilnym, nie może być efektywny w rozumieniu silnym. Pojęcie „rynek silny efektywnie” jest najbardziej restryktywne i implikuje efektywność słabą i półsłabą. Jeśli rynek jest efektywny w tych trzech znaczeniach, mówi się, że jest on **doskonale efektywny**.

⁹ Szyszka A., *Efektywność Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie na tle rynków dojrzałych*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 2003, s. 11–13.

¹⁰ Inną matematyczną definicję zapisu rynku efektywnego wprowadza także LeRoy: LeRoy, *Efficient capital markets: comment*, „Journal of Finance”, Vol. 31, 1/1976, s. 139, a także Malkiel: Malkiel B., *Efficient market hypothesis*, w Newman P., Milgate M., Eatwell J., *New Palgrave dictionary of money and finance*, Macmillan, London 1992.

Hipoteza rynku efektywnego oparta jest na następujących założeniach¹¹:

1. Inwestorzy właściwie postrzegają napływające informacje, powszechnie stosują regułę Bayesa w ocenie prawdopodobieństwa przyszłych wydarzeń, a następnie na tej podstawie dokonują poprawnej wyceny walorów, dążąc przy tym do maksymalizacji swojej funkcji użyteczności, będącej wynikiem racjonalnie ukształtowanych preferencji¹².
2. Jeśli niektórzy spośród inwestorów okażą się nieracjonalni, to jednak ich działania będą mieć charakter indywidualny i losowy, a przez to wzajemnie zneutralizują się i pozostaną bez wpływu na ceny rynkowe.
3. Jeśli w pewnych granicach inwestorzy będą zachowywać się nieracjonalnie w podobny sposób, przez co mogliby wpłynąć na poziom cen, to wówczas natrafią na rynku na inwestorów racjonalnych, którzy za pomocą arbitrażu¹³ wyeliminują wpływ inwestorów nieracjonalnych. Dodatkowo

¹¹ Za: Szyszka A., *Wycena papierów wartościowych na rynku kapitałowym w świetle finansów behawioralnych*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 2007 s. 32.

¹² O'Kinneide C., *Bayesian methods in investing*, [w:] (red.) Scherer B., Winston K., *The Oxford handbook of quantitative asset management*, Oxford University Press, Oxford 2012, s. 87–115.

¹³ Arbitraż został zdefiniowany jako dokonanie jednoczesnego zakupu i sprzedaży tego samego lub niemal identycznego waloru na dwóch różnych rynkach po różnych korzystnych cenach. Na podstawie: Sharpe W., Alexander G., *Investments*, Prentice Hall International, Englewood Cliffs 1990, s. 341. Odminną definicję spotykamy w innym wydaniu tej książki: arbitraż jest tam określony jako uzyskanie bezryzykownych zysków poprzez wykorzystanie różnicy wycen tego samego instrumentu. Przeprowadzenie arbitrażu sprowadza się najczęściej do sprzedaży papieru wartościowego po relatywnie wysokiej cenie i jednoczesnego zakupu tego samego papieru wartościowego (albo jego funkcjonalnego odpowiednika) po relatywnie niskiej cenie – na podstawie: Sharpe W., Alexander G., Bailey J., *Investments*, Prentice Hall International, Englewood Cliffs 1995, s. 323–325. Teoretyczne omówienie składu portfeli arbitrażowych zostało przedstawione na s. 324–325. Z kolei zastosowanie arbitrażu z wykorzystaniem zakupu akcji wchodzących w skład indeksu S&P 500 oraz sprzedaży kontraktów *futures* na indeks S&P 500 zostało szczegółowo omówione na s. 753–757. Pierwszymi pracami poświęconymi teorii arbitrażu były: Friedman M., *The case of flexible exchange rates*, [w:] (red.) Friedman M., *Essays in positive economics*, University of Chicago Press, 1953, s. 157–203 oraz Ross S., *The arbitrage theory of capital asset pricing*, „Journal of Economics Theory”, 13/1976, s. 341–360. Różnego rodzaju typy arbitrażu (arbitraż w przypadku reorganizacji lub fuzji) zostały omówione także w: Carret P., *Nauka spekulacji*, K.E. Liber, Warszawa 1998, s. 212–213.

Literatura przedmiotu wprowadza jeszcze szerokie omówienie ograniczeń arbitrażu wynikających z ryzyka fundamentalnego w teorii arbitrażu, ryzyka związanego z aktywnością inwestorów nieracjonalnych, ryzyka synchronizacji oraz kosztów implementacji i barier regulacyjnych: Szyszka A., *Wycena papierów wartościowych na rynku kapitałowym w świetle finansów behawioralnych*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 2007, s. 33–38; De Long B., Shleifer A., Summers L., Waldmann R., *Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation*, „Journal of Finance”, Vol. 45, 2/1990, s. 379–395; Shleifer A., Summers L., *The noise trader approach to finance*, „Journal of Economic Perspectives”, Vol. 4., 2/1990, s. 19–33; Shleifer A., Vishny R., *The limits of arbitrage*, „Journal of Finance”, Vol. 52, 1/1997, s. 35–55; Shleifer A., *Inefficient markets*.

zakłada się, że racjonalni inwestorzy będą pozbawieni jakichkolwiek ograniczeń w swobodzie działania lub dostępie do rynku. Wykorzystując możliwość uzyskania ponadnormalnych stóp zwrotu, wypływających z błędów nieracjonalnych inwestorów, będą prześcigać się w swoich działaniach, co w konsekwencji doprowadzi do uruchomienia rynkowego mechanizmu korygującego. Dodatkowe zyski z arbitrażu przypadną tylko najszybszym inwestorom i będą trudne do powtórzenia i uzyskania w sposób permanentny przez tych samych inwestorów w dłuższym czasie¹⁴.

Hipoteza rynku efektywnego ma zarówno swoich zwolenników, jak i przeciwników. Do grona tych ostatnich zaliczyć można m.in. Kupieca¹⁵. Wg tego autora, a także innych badaczy, np. Dinga i in.¹⁶, Petersa¹⁷, rynki finansowe mogą ujawnić pewne symptomy przewidywalności. Brock i Kleidon¹⁸ pokazali, że pewne popularne techniki tworzenia wykresów, takie jak zasada przerwanego pasma handlu (TRB)¹⁹ czy też zasada średniej ruchomej (MA)²⁰, mogą generować, przy określonych założeniach, atrakcyjne wskazania kupna i sprzedaży²¹.

An introduction to behavioral finance, Oxford University Press, Oxford 2000; Abreu D., Brunnermeier M., *Synchronization risk and delayed arbitrage*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 66, 2–3/2002, s. 341–360.

¹⁴ Zagadnienie stosowania różnych strategii inwestycyjnych wykorzystujących odmienne skale czasowe zostało przedstawione w: Wohlmuth J., Andersen J., *Modeling financial markets with agents competing on different time scales and with different amount of information*, „Physica”, Vol. 363, 2006, s. 459–468.

¹⁵ Kupiec H., *Do stock prices exhibit excess volatility, frequently deviate from fundamental values and general behave inefficiently*, „Financial Markets, Institution & Instruments”, Vol. 2, 1/1992, s. 1–60.

¹⁶ Ding Z., Genager C., Engle R., *A long memory property of stock market returns and a new model*, „Journal of Empirical Finance”, Vol. 1, 1/1993, s. 83–106.

¹⁷ Peters E., *Fractal market analysis*, Wiley & Sons, New York 1994.

¹⁸ Brock W., Kleidon A., *Periodic market closure and trading volume*, „Journal of Economic Dynamics and Control”, Vol. 16, 3–4/1992, s. 451–489.

¹⁹ Zasada TRB mówi, że jeśli cena przekracza swój ostatni najwyższy poziom, to należy sprzedawać, a gdy spadnie poniżej ostatniego minimum – kupować.

²⁰ Zasada MA stanowi, że sygnał zajęcia pozycji długiej ma miejsce wtedy, gdy krótkookresowa średnia ruchoma przecina od dołu długookresową średnią ruchomą, a czas sprzedaży, gdy krótkookresowa średnia ruchoma przecina od góry długookresową średnią ruchomą. Badania MA zostały przeprowadzone także przy wykorzystaniu sieci neuronowych. W literaturze przedmiotu mówi się również o zasadzie krzyżowania się średnich ruchomych (Crossing Moving Averages – CMA): Halley D., Johnson J., Raina D., *Artificial neural systems: a new tool for financial decision – making*, „Financial Analyst Journal”, 11–12/1990, s. 63–72 oraz Kryzanowski L., Galler M., Wright D., *Using artificial neural networks to pick stocks*, „Financial Analysts Journal”, Vol. 49, 1993, s. 21–27.

²¹ Brock W., Kleidon A., *Periodic market closure and trading volume*, „Journal of Economic Dynamics and Control”, Vol. 16, 3–4/1992, s. 451–489 oraz Brock W., Lakonishok J., LeBaron B., *Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns*, „Journal of Finance”, Vol. 47, 5/1992, s. 1731–1764.

Warto podkreślić, że zagadnienie efektywności rynków może dotyczyć zarówno rynku kapitałowego, jak i pieniężnego²². Miara stopnia nieefektywności rynku w postaci ważonej czasem autokorelacji stóp zwrotu została wprowadzona przez Itô i Sugiyamę²³.

Na ostatnich latach do oceny stopnia efektywności rynku wykorzystuje się wielkość entropii w ciągu danych za pomocą metod:

- analizy Fouriera²⁴,
- analizy symbolicznej²⁵,
- analizy statystyki amplitud²⁶,
- transformatu falek (*wavelet transform*)²⁷
- metody Bandta i Pompe'a opartej na mechanizmie rekonstrukcji atraktora, jednej z niewielu uwzględniających strukturę czasową danych²⁸.

²² Efektywności rynku kapitałowego z uwzględnieniem GPW w Warszawie została poświęcona praca: Czekaj J., Woś M., Tarnowski J., *Efektywność giełdowego rynku akcji w Polsce. Z perspektywy dziesięciolecia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.

Z kolei efektywność rynku pieniężnego na wypowiedzi i komentarze członków Rady Polityki Pieniężnej została ujęta w pracy Włodarczyk T., *Wpływ wypowiedzi i komentarzy członków Rady Polityki Pieniężnej na krzywą dochodowości*, „Bank i Kredyt”, nr 2, 2008, s. 43–59.

Inne prace w całości poświęcone badaniu efektywności polskiego rynku kapitałowego to: Ziarno-Siwiek U., *Ocena efektywności informacyjnej wybranych segmentów rynku finansowego w Polsce*, „Materiały i Studia”, nr 178, NBP, Warszawa 2004; Ziarno-Siwiek U., *Efektywność informacyjna rynku finansowego w Polsce*, CeDeWu, Warszawa 2005.

Na rynkach zagranicznych zagadnieniem tym zajmowano się m.in. w pracach: Koustas Z., Lamarche J., Serletis A., *Threshold random walks in the US stock market*, „Chaos, Solitons and Fractals”, Vol. 37, 2008, s. 43–48; Karolyi A., Kho G., *Momentum strategies: some bootstrap tests*, „Journal of Empirical Finance”, Vol. 11, 2004, s. 509–536.

²³ Ito M., Sugiyama S., *Measuring the degree of time varying market inefficiency*, „Economic Letters”, Vol. 103, 2009, s. 62–64.

²⁴ Powell G., Percival J., *A spectral entropy method for distinguishing regular and irregular motion of Hamiltonian system*, „Journal of Physic: a Mathematical and General”, Vol. 12, 11/1979, s. 2053–2071.

²⁵ Daw C., Finney C., Tracy E., *A review of symbolic analysis of experimental data*, „Review of Scientific Instruments”, Vol. 74, 2003, s. 915–930; Keller K., Lauffer H., *Symbolic analysis of high-dimensional time series*, „International Journal of Bifurcation & Chaos”, Vol. 13, 2003, s. 2567–2668.

²⁶ Micco L., Gonzales C., Larrondo H., Martin M., Plastino A., Rosso O., *Randomizing nonlinear maps via symbolic dynamics*, „Physica A”, Vol. 387, 2008, s. 3373–3383.

²⁷ Rosso O., Mairal M., *Characterization of time dynamical evolution of electroencephalographic elliptic records*, „Physica A”, Vol. 313, 2002, s. 469–504 oraz Rosso O., Larrondo H., Martin M., Plastino A., Fuentes M., *Distinguishing noise from chaos*, „Physical Review Letters”, Vol. 99, 2007, s. 154–162.

²⁸ Bandt C., Pompe B., *Permutation entropy: a complexity measure for time series*, „Physical Review Letters”, Vol. 88, 2002, s. 174–182 oraz Zunino L., Zanin M., Tabak B., Perez D., *For-*

W literaturze przedmiotu poświęconej zastosowaniu teorii entropii na rynkach finansowych występują różne odmiany entropii:

- 1) przybliżona entropia (*aproximate entropy*)²⁹,
- 2) typ Renyi i Tsallisa³⁰,
- 3) lokalna entropia typu Shanonna³¹.

1.1. Teoria błędzenia losowego (random walk)³²

Najprostszą wersją modelu błędzenia losowego dla cen akcji p_t w chwili czasu t jest przypadek opisany równaniem³³:

$$p_t = p_{t-1} + \mu + \varepsilon_t$$

gdzie:

p_t – logarytm naturalny ceny akcji w chwili t ,

bidden patterns, permutation entropy and stock market inefficiency, „Physica A”, Vol. 388, 2009, s. 2854–2864.

²⁹ Pincus S., Kalman R., *Irregularity, volatility, risk, and financial market time series*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America”, Vol. 101, 38/2004, s. 13709–13714; Kim G., Eom C., *Market efficiency in foreign exchange markets*, „Physica A”, Vol. 382, 2007, s. 209–212.

³⁰ Bentes S., Menezes R., Mendes D., *Long memory and volatility clustering: is the empirical evidence consistent across stock markets?*, „Physica A”, Vol. 387, 2008, s. 3826–3830.

³¹ Risso W., *The informational efficiency and the financial crashes*, „Research in International Business and Finance”, Vol. 22, 2008, s. 396–408.

³² Pojęcie *random walk* zostało wprowadzone przez: Kendalla M., *The analysis of economic time series*, „Journal of the Royal Statistical Society”, 96/1953, i rozwinięte w: Alexander S., *Price movements in speculative markets: trends or random walks*, „Industrial Management Review”, Vol. 5, 2/1964, s. 25–46. Inne źródła podają pracę Bacheliera z 1900 r. jako pierwszą wprowadzającą pojęcie *random walk*: Bachelier L., *Theorie de la speculation*, „Annales Scientifiques de l’Ecole Normale Supérieure”, seria 3, 17/1900, s. 21–86 – na podstawie: Muchnik L., Bunde A., Havlin S., *Long term memory in extreme returns of financial time series*, „Physica A”, Vol. 388, 2009, s. 4145–4150.

³³ Peters E., *Teoria chaosu a rynki finansowe. Nowe spojrzenie na cykle, ceny i ryzyko*, WIG-Press, Warszawa 1997. W literaturze spotyka się różne odmiany modelu błędzenia losowego w zależności od tego, jak jest rozumiana losowość składnika ε_t – przegląd modeli został zawarty w: Cambell J., Lo A., MacKinlay A., *The econometrics of financial markets*, Princeton University Press, Princeton 1997 oraz Wang X., Wu M., *Whitening filter and innovational representation of fractional Brownian motion*, „Chaos, Solitons and Fractals”, Vol. 39, 2009, s. 2392–2398.

Ujęcie procesu stochastycznego za pomocą teorii martyngałów zostało przedstawione m.in. w: Mucha M., *Teoria oczekiwań. Analiza empiryczna Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie SA*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2009, s. 39–43.

p_{t-1} – logarytm naturalny ceny akcji w chwili $t - 1$,

μ – wartość oczekiwana zmiany ceny w przedziale czasu od $t - 1$ do t ,

ε_t – element losowy (często zwany także szumem losowym), niezależny w czasie i charakteryzujący się jednakowym rozkładem o średniej zero i skończonej wariancji $-N(0, \sigma^2)$.

Jednym z możliwych do przeprowadzenia testów dla zweryfikowania hipotezy *random walk* jest test zwanym *variance ratio* bazujący na idei, że jeśli logarytm cen akcji podąża ruchem Browna, to wariancja stóp zwrotu w k okresach będzie równa $k \cdot \sigma$. Test przeprowadza się, porównując wariancję stóp zwrotu w pojedynczym okresie do wariancji stóp zwrotu w k okresach³⁴:

$$\frac{\sigma^2(p_t - p_{t-k})}{\sigma^2(p_t - p_{t-1})} \cdot \frac{1}{k}$$

Wartość średnią i wariancję ceny w jednym i w k okresach wylicza się z następujących wzorów:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^{t=T} (p_t - p_{t-1}) = \frac{1}{T} \cdot (p_T - p_0)$$

$$\hat{\sigma}^2(p_t - p_{t-1}) = \frac{1}{T-1} \cdot \sum_{t=1}^{t=T} \left(p_t - p_{t-1} - \hat{\mu} \right)^2$$

$$\hat{\sigma}^2(p_t - p_{t-k}) = \frac{1}{k \cdot (T - k + 1) \cdot \left(1 - \frac{k}{T}\right)} \cdot \sum_{t=k}^{t=T} \left(p_t - p_{t-k} - k \cdot \hat{\mu} \right)^2$$

Zarówno wartość oczekiwana, jak i wariancja takiego procesu są zmienne w czasie, czyli niestacjonarne. Obliczanie średniej czy wariancji nie jest uzasadnione, ponieważ obie wielkości nie występują jako pojedyncze liczby, lecz jedynie jako liniowe funkcje czasu.

W literaturze przedmiotu można spotkać wiele rozwinięć modelu błędzenia losowego zaprezentowanego przez Petersa. Do najbardziej popularnych należą m.in.:

³⁴ Patro D., Wu Y., *Predictability of short – horizon returns in international equity markets*, „Journal of Empirical Finance”, Vol. 11, 2004, s. 553–584.