

KIWIEL



**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

# **WSPOMAGANIE DECYZJI**

# **SYSTEMY EKSPERCKIE**

pod redakcją

**Romana Kulikowskiego i Lucyny Bogdan**

Warszawa 1995

# **WSPOMAGANIE DECYZJI**

## **SYSTEMY EKSPERCKIE**

pod redakcją

**Romana Kulikowskiego i Lucyny Bogdan**

Warszawa 1995

Wydano z wykorzystaniem dotacji  
KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Materiały konferencji: "Analiza Decyzyjna, Systemy Ekspertskie, Zastosowania Systemów Komputerowych",  
Warszawa, 25-27 maja 1994r.

Komitet Programowy Konferencji:

Andrzej Ameljańczyk, Zdzisław Bubnicki, Wiesław Grudzewski, Olgierd Hryniewicz, Janusz Kacprzyk, Lech Kruś, Roman Kulikowski (przewodniczący), Kazimierz Mańczak, Ireneusz Nykowski, Zdzisław Pawlak, Roman Słowiński, Andrzej Straszak, Andrzej Weryński, Andrzej Wierzbicki.

Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autorów

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 1995

ISBN 83-85847-85-5

# PROGRAMOWANIE DYNAMICZNE A DECYZJE INWESTYCYJNE

C. Dominiak

T. Trzaskalik

Katedra Ekonometrii,

Akademia Ekonomiczna w Katowicach

## 1. Wprowadzenie.

W krajach o rozwiniętym rynku papierów wartościowych funkcjonują trzy podstawowe kierunki analizy tego rynku: fundamentalna, portfelowa i techniczna ( por. [3] ). **Analiza fundamentalna** opiera się na założeniu, że zasadniczy wpływ na zjawiska występujące na rynku papierów wartościowych mają procesy gospodarcze zachodzące poza giełdą. Wobec tego nacisk położony jest na analizę zjawisk zachodzących w otoczeniu gospodarczym w celu przewidywania perspektyw rozwoju gospodarki, poszczególnych branż i firm. **Analiza portfelowa** ( por. [1] ) jest ekonomiczną analizą środków pozwalającą minimalizować ryzyko inwestycji i maksymalizować oczekiwane zyski. Opiera się na założeniu, że ryzyko może być zmniejszone poprzez dywersyfikację aktywów, a oczekiwany zysk jest funkcją oczekiwanego ryzyka. **Analiza techniczna** bazuje na założeniu, że zjawiska giełdowe wyprzedzają w czasie procesy zachodzące w gospodarce ponieważ giełda jest czynnikiem dyskontującym przyszłość. Wobec tego kursy akcji odzwierciedlają wszystkie dane fundamentalne dotyczące przeszłości, a ponadto oczekiwania inwestorów co do przyszłości ( por. [8] ).

Zmiany w polskim systemie ekonomicznym związane z wprowadzeniem gospodarki rynkowej spowodowały powstanie i dynamiczny rozwój rynku kapitałowego, a w szczególności giełdy papierów wartościowych. Konsekwencją tego zjawiska był wzrost zainteresowania metodami analizy rynku papierów wartościowych i wykorzystaniem doświadczeń krajów rozwiniętych, a także tworzeniem nowych metod wykorzystujących specyfikę rynku polskiego.

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie nowej metody wspomagania decyzji inwestycyjnych w akcje. Metoda ta ma charakter krótkookresowy i nie

uwzględnia dywesyfikacji. Do rozwiązania sformułowanego zadania wykorzystane zostało stochastyczne programowanie dynamiczne (por. [3]). Przedstawiona metoda jest rozszerzeniem propozycji zawartej w pracy [4].

W dalszej części pracy omówiona zostanie analiza techniczna formacji kursów, a następnie zaprezentowana metoda wspomagania decyzji oparta na analizie formacji. Przykład liczbowy funkcjonowania algorytmu wykorzystujący dane umowne zamieszczony jest w pracy [5].

## 2. Analiza techniczna formacji kursów.

Szkoła analizy technicznej wypracowała wiele metod analizy kursów akcji na giełdzie. Jedną z nich jest analiza formacji. Jej istotą jest spostrzeżenie, że w pewnych sytuacjach wykresy kursów przybierają postać podobnych do siebie wzorów (tzw. formacji), które odzwierciedlają pewne charakterystyczne zmiany dynamiki między popytem a podażą w czasie. Zauważono, że pewne formacje poprzedzają zmianę, inne zaś zapowiadają kontynuację trendu. Wyodrębniono najczęściej powtarzające się wzory kursów (formacje) i podzielono je na trzy grupy (zob. [8], [9], [10]):

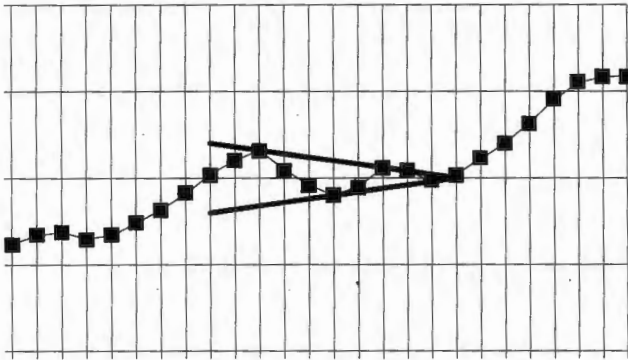
- formacje zapowiadające kontynuację trendu (np. formacje prostokąta, flagi, klina)
- formacje zapowiadające zmianę trendu (np. formacje typu M, W, V),
- formacje trójkątów, które w zależności od kształtu zapowiadają zmianę bądź kontynuację trendu (np. trójkąty: symetryczny, zwyżkujący, zniżkujący, odwrócony).

Inwestor posługujący się analizą formacji, śledząc kursy akcji poszukuje tych, które zaczynają kształtować się zgodnie ze znanymi formacjami. Kształty formacji wyznaczone są za pomocą linii wsparcia i oporu przechodzących odpowiednio przez minima i maksima lokalne kursu akcji. Z chwilą identyfikacji formacji inwestor może podjąć decyzję kupna/sprzedaży bądź powstrzymać się od podjęcia decyzji do czasu gdy formacja ukształtuje się ostatecznie i nastąpi potwierdzenie co do kierunku dalszego trendu. Na rysunkach 1 i 2 zaprezentowano przykłady formacji kursu.

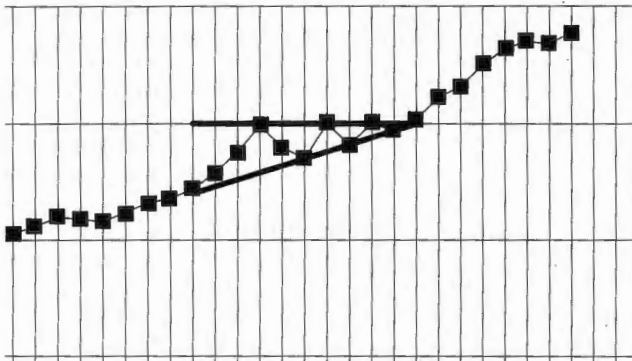
## 3. Metoda wspomagania decyzji.

Proponowana dalej metoda wspomagania decyzji inwestycyjnych polega na jednoczesnej analizie formacji kursów akcji dwóch wybranych firm, które nazywać będziemy dalej akcjami A i akcjami B. Celem procedury decyzyjnej jest wskazanie akcji bardziej atrakcyjnej ze względu na oczekiwaną korzyść z inwestycji w świetle przeprowadzonej analizy formacji kursów i posiadanych danych oraz ustalenie optymalnego momentu zakupu i sprzedaży akcji.

Rys 1. Przykład formacji chorągiewki.



Rys 2. Przykład formacji trójkąta zwyżkującego.



Procedura decyzyjna należy do wieloetapowych metod wspomaganie decyzji. Wieloetapowość proponowanej metody ma dwojaki charakter: Z jednej strony metoda uwzględnia kolejne notowania akcji pozwalając aktualizować wyznaczoną uprzednio strategię. Ponadto każdorazowo wyznaczana decyzja jest decyzją wynikającą z obliczenia strategii optymalnej pewnego procesu decyzyjnego o charakterze stochastycznym. W dalszych rozważaniach przyjęto następujące założenia:

- inwestor dysponuje pewną wielkością kapitału,
- w kolejnych okresach czasu inwestor podejmuje decyzje dotyczące zakupu lub sprzedaży akcji analizowanych firm,
- inwestor stwierdza, że kursy akcji 2 firm kształtują się zgodnie z pewnymi formacjami,

- inwestor określa wartości kursów akcji w przyszłości wynikające z analizy formacji (tzw. wzorce),
- na podstawie danych z przeszłości inwestor oblicza rozkłady prawdopodobieństwa odchyłeń kursów od wzorca w przyjętych przedziałach klasowych dla analizowanych formacji,
- nie rozpatruje się możliwości dywersyfikacji kapitału,
- przyjmuje się, że podjęte decyzje kupna/sprzedaży mogą być zrealizowane,
- nie uwzględnia się kosztów transakcji,
- kursy akcji analizowanych firm kształtują się niezależnie,

Proponowana procedura decyzyjna składa się z następujących kroków:

1. Identyfikacja formacji.
2. Ustalenie wzorcowego kształtowania się kursów.
3. Obliczenie rozkładów prawdopodobieństwa odchyłeń kursów od wzorca.
4. Sformułowanie zadania stochastycznego programowania dynamicznego.
5. Wyznaczenie strategii optymalnej.
6. Podjęcie decyzji optymalnej:
  - kupna/sprzedaży akcji lub powstrzymania się od działania,
  - kontynuacji lub przerwania procedury decyzyjnej.
7. W przypadku kontynuacji procedury aktualizacja danych i przejście do punktu 3.

Przedstawimy obecnie rozpatrywane zadanie jako wieloetapowy, stochastyczny, dyskretny proces decyzyjny. W tym celu opiszemy kolejno składowe tego procesu, czyli etapy, stany, decyzje, prawdopodobieństwa przejść oraz funkcję korzyści.

### Etapy

- Niech  $T$  oznacza liczbę etapów, która jest arbitralnie ustalona przez inwestora na podstawie analizy formacji i danych historycznych.

### Stany

Stany w poszczególnych etapach odzwierciedlają postać kapitału (gotówkę lub akcje jednej z dwóch firm) oraz wartości kursów. Niech  $Y_t$  oznacza zbiór stanów w etapie  $t$  ( $t=1, \dots, T$ ) o elementach  $y_t$ . Wobec tego każdy stan  $y_t$  opisywany jest przez trzy charakterystyki:

$$y_t = (K, A, B),$$

gdzie  $K = \{G\text{-gotówka, A-akcje A, B-akcje B}\}$

$$A = \{A_m : m=1, \dots, k_A\}$$

$$B = \{B_n : n=1, \dots, k_B\}$$

$A_m$  - wartość środka m-tego przedziału klasowego rozkładu prawdopodobieństwa kursu akcji A

$B_n$  - wartość środka n-tego przedziału klasowego rozkładu prawdopodobieństwa kursu akcji B

$k_A$  - liczba przedziałów klasowych kursu akcji A

$k_B$  - liczba przedziałów klasowych kursu akcji B

Jeżeli przez  $i$  oznaczymy liczbę elementów zbioru  $Y_t$  (liczbę stanów w poszczególnych etapach) to:

$$i=1, \text{ dla } t=1,$$

oraz

$$i=3k_A k_B \quad \text{dla } t=2, \dots, T$$

### Decyzje

Decyzje dotyczą kupna/sprzedaży akcji analizowanych firm, bądź powstrzymania się od działania. Niech  $X_t(y_t)$  oznacza zbiór decyzji dla stanu  $y_t \in Y_t$  ( $t=1, \dots, T$ ) o elementach  $x_t \in X_t(y_t)$ .

Przyjmijmy ponadto poniższe oznaczenie dla decyzji dopuszczalnych:

0 - nie kupować

1 - kupić A

2 - kupić B

3 - sprzedać A

4 - sprzedać B

5 - trzymać (nie sprzedawać) A

6 - trzymać (nie sprzedawać) B

Zbiory decyzji dopuszczalnych można zapisać następująco:



$X_t(y_t) = \{0, 1, 2\}$  dla  $y_t \in \{(G, A_m, B_n) : m=1, \dots, k_A, n=1, \dots, k_B\}$

$X_t(y_t) = \{3, 5\}$  dla  $y_t \in \{(A, A_m, B_n) : m=1, \dots, k_A, n=1, \dots, k_B\}$

$X_t(y_t) = \{4, 6\}$  dla  $y_t \in \{(B, A_m, B_n) : m=1, \dots, k_A, n=1, \dots, k_B\}$

### Prawdopodobieństwa przejść

Na podstawie aktualnej wiedzy o dotychczasowej historii procesu w przeszłości określamy dla kolejnych etapów i stanów ciąg prawdopodobieństw warunkowych

$$P_\tau^{(1)}(y_{\tau+1} | y_\tau, x_\tau).$$

Prawdopodobieństwa przejść obliczane są na podstawie warunkowych prawdopodobieństw realizacji wartości kursu w poszczególnych przedziałach klasowych.

### Funkcja korzyści

Etapowa funkcja korzyści opisuje procentowe zmiany wartości kapitału w kolejnych etapach. Do obliczenia wartości etapowej funkcji korzyści wykorzystuje się środki odpowiednich przedziałów klasowych. Oznaczmy przez

$$F_\tau^{(1)}(y_{\tau+1} | y_\tau, x_\tau)$$

funkcję korzyści w etapie  $\tau$ . Przyjmijmy, że funkcją kryterium dla całego procesu jest oczekiwana sumaryczna korzyść we wszystkich etapach.

### Wyznaczenie strategii optymalnej

Optymalną strategię  $\{x_\tau^{*(1)} : \tau=1, \dots, T\}$  wyznaczamy posługując się równaniami optymalności (zob. [2]):

$$G_T^{(1)}(y_T) = \max_{x_T \in X_{T+1}} \sum_{y_{T+1} \in Y_{T+1}} F_T^{(1)}(y_{T+1} | y_T, x_T) P_T^{(1)}(y_{T+1} | y_T, x_T)$$

$$G_\tau^{(1)}(y_\tau) = \max_{x_\tau \in X_{\tau+1}} \sum_{y_{\tau+1} \in Y_{\tau+1}} (F_\tau^{(1)}(y_{\tau+1} | y_\tau, x_\tau) + G_{\tau+1}^{(1)}(y_{\tau+1})) P_\tau^{(1)}(y_{\tau+1} | y_\tau, x_\tau)$$

dla  $\tau=T-1, \dots, 1$

Jako decyzję dla etapu 1 przyjmujemy  $x_1^* = x_1^{*(1)}(y_1)$ .

Na początku etapu  $t$  ( $t=2, \dots, T$ ) proces na skutek oddziaływania czynników losowych oraz podjętej decyzji  $x_{t-1}^*$  przechodzi do stanu  $y_t$ . Aktualna wiedza o rozwoju procesu pozwala na modyfikowanie wartości dotychczasowych prawdopodobieństw przejść i w wyniku tego otrzymujemy nowe rozkłady

$$P_{\tau}^{(t)}(y_{\tau+1}|y_{\tau}, x_{\tau}), \tau=t, \dots, T.$$

Aby wyznaczyć nową strategię optymalną  $\{x_{\tau}^*(t): \tau=t, \dots, T\}$  wykorzystujemy wzory:

$$G_T^{(t)}(y_T) = \max_{x_T \in X_{T+1}} \sum_{y_{T+1} \in Y_{T+1}} F^{(t)}_T(y_{T+1}|y_T, x_T) P^{(t)}_T(y_{T+1}|y_T, x_T)$$

$$G_{\tau}^{(t)}(y_{\tau}) = \max_{x_{\tau} \in X_{\tau+1}} \sum_{y_{\tau+1} \in Y_{\tau+1}} (F^{(t)}_{\tau}(y_{\tau+1}|y_{\tau}, x_{\tau}) + G_{\tau+1}^{(t)}(y_{\tau+1})) P^{(t)}_{\tau}(y_{\tau+1}|y_{\tau}, x_{\tau})$$

dla  $\tau=T-1, \dots, t$

Jako decyzję dla etapu  $t$  przyjmuje się  $x_t^* = x_t^{*(1)}(y_t)$ .

## 5. Wnioski

W pracy krótko scharakteryzowano podstawowe kierunki analizy rynku papierów wartościowych i przedstawiono podstawowe założenia analizy formacji. W drugiej części przedstawiono metodę wspomaganą decyzji inwestycyjnych opierającą się na analizie formacji, która wykorzystuje zadanie stochastycznego, dyskretnego programowania dynamicznego. Proponowana metoda pozwala na jednoczesną analizę akcji dwóch firm.

Procedura decyzyjna umożliwia poprzez analizę formacji i w świetle posiadanych danych historycznych wybór inwestycji lepszej ze względu na oczekiwaną korzyść. Metoda umożliwia wybór optymalnego momentu zakupu/sprzedaży akcji. Ponadto jej bezpośrednie uogólnienie umożliwi analizę większej liczby akcji niż dwie. Procedura decyzyjna stwarza możliwość analizy ryzyka inwestycji rozumianego jako odchylenie standardowe oczekiwanej korzyści i wyznaczenie decyzji jako stochastycznego zadania programowania dynamicznego o dwu kryteriach.

## LITERATURA:

- [1] Bannock G., Manser W.: "Międzynarodowy słownik finansów", Wydawnictwo A. Bonarski, Warszawa, 1992
- [2] Bellman R.E.: "Dynamic Programming", Princeton 1957
- [3] Brett M.: "Świat finansów", Biblioteka Menedżera i Bankowca, Warszawa 1993
- [4] Dominiak C., Trzaskalik T.: "Zastosowanie programowania dynamicznego w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych". W: "Wieloetapowe procesy decyzyjne", Praca naukowo-badawcza pod red. D. Kopańskiej-Bródka, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, 1993
- [5] Dominiak C., Trzaskalik T.: "Optymalne decyzje inwestycyjne". W: "Zastosowania programowania dynamicznego", Praca naukowo-badawcza pod red. T. Trzaskalika, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, 1994
- [6] Graham, Benjamin, Dodd, David L and Cottle: "Security Analysis: Principles and Technique", Mc Graw-Hill, New York, 1934
- [7] "Giełdy w gospodarce światowej", praca zbiorowa pod red. W. Januskiewiczza, PWE Warszawa 1991
- [8] Komar Z.: "Sztuka spekulacji", Wydawnictwo PRET S.A. Warszawa 1993
- [9] Sharpe W.F., Alexander G.J., Fowler D.J.: "Investments", Prentice Hall Canada Inc., Scarborough, Ontario 1993
- [10] "Analizator giełdowy" nr 2/92, 1/93 2/93

**ISBN 83-85847-85-5**

---

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy  
prosimy o kontakt**

**z Instytutem Badań Systemowych PAN**

**ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa**

**tel. 36-19-01 w. 241 e-mail: [kotuszew@ibspan.waw.pl](mailto:kotuszew@ibspan.waw.pl)**