



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA
TECHNOLOGII I SYSTEMÓW
INFORMATYCZNYCH**

pod redakcją:

Jana Studzińskiego

Ludostawa Drelichowskiego

Olgierda Hryniewicza



**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII
I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 28

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2001

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

pod redakcją

Jana Studzińskiego, Ludosława Drelichowskiego
i Olgierda Hryniewicza

Wydano z wykorzystaniem dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju w zakresie rozwoju technologii, modeli i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Wyodrębnioną grupę stanowią artykuły aplikacyjne omawiające wyniki projektów badawczych i celowych KBN.

Recenzenci artykułów:

Dr hab. inż. Ryszard Budziński, prof. US

Prof. dr hab. inż. Janusz Kacprzyk

Dr hab. Adam Kopiński, prof. AE we Wrocławiu

Doc dr hab. inż. Marek Libura

Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2001

ISBN 83-85847-59-6

ISSN 0208-8028

Rozdział 6

**Modele, metody i systemy
informatyczne będące wynikiem
prac badawczych KBN**

KONCEPCJA ZARZĄDZANIA INWESTYCJAMI FINANSOWYMI*

Maciej Krawczak

Institut Badań Systemowych PAN, Warszawa
Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
krawczak@ibspan.waw.pl

We can observe a growing process of globalization, a lack of control as well as a development of financial engineering methods, which cause a huge diversification of financial products. In turns it increases a risk of investment and force to use innovative approaches, it means the approaches must be qualitatively different financial decision support methods than existing nowadays. There are appeared new electronic markets characterized by using electronic media. It is impossible to use classical methods of stochastic processes to analyze many financial time series in order to identify some already appeared patterns or closely similar to them. Therefore, it seems that application of artificial intelligence methods is to be necessary in active financial investment management. In this paper we introduce some conception of applying various artificial intelligence methods for these problems.

1. Wprowadzenie

Postępująca globalizacja, deregulacja i stały rozwój inżynierii finansowej (ogromna dywersyfikacja produktów) zwiększają ryzyko inwestowania i wymuszają innowacyjne podejście, a więc jakościowo odmienne od dotychczasowych, do problemów podejmowania decyzji (zarządzania) na rynkach finansowych. Procesy zachodzące na tych rynkach są z natury wielozmienne, nieliniowe i niestacjonarne. Równolegle następuje rozwój technologiczny, pojawiają się nowe rynki tzw. elektroniczne. Przeważająca ilość transakcji odbywa się elektronicznie. Zespół badawczy musi więc być *on-line* podłączony do głównych serwisów informacyjnych (Reuters, Bloomberg, Telerate). Jest ogromne zapotrzebowanie dużych inwestorów (również spoza obszaru bankowości) i instytucji finansowych, na bezpieczne zarządzanie ich portfelami inwestycyjnymi i bieżące monitorowanie informacji płynących z rynków.

Poszukiwanie nowych wzorców (*patterns*), lub identyfikowanie już znanych - wśród wielu jednocześnie przebiegających szeregów czasowych - nie jest możliwe przy zastosowaniu tradycyjnych technik analizy procesów stochastycznych. Śledząc

* Na podstawie grantu KBN 5 H02D 017 20 "Aktywne zarządzanie inwestycjami finansowymi - wykorzystanie innowacyjnych metod analizy danych"

rozwój rynków finansowych i rozwój metod badawczych zespół autorski, prowadząc wieloletnie analizy szeregów czasowych (stopy procentowe, kursy walutowe i inne) uważa, że zastosowanie innowacyjnych metod sztucznej inteligencji w aktywnym, a więc zależnym od czasu, zarządzaniu inwestycjami finansowymi umożliwi maksymalizację ilorazu - oczekiwany zysk do oczekiwanego ryzyka podejmowanych decyzji.

Złożoność występujących zjawisk wymusza konstruowanie inteligentnych systemów wspomaganie decyzji, w tym tzw. systemów wczesnego ostrzeżenia, w których wyróżnić można dwa podstawowe podsystemy: monitorowania *on-line* ogromnej ilości szeregów czasowych (w tym danych zmieniających się w ciągu dnia, tzw. *intra-day data*) oraz prognoz krótkoterminowych cen rynkowych (stóp procentowych, kursów walutowych i innych).

W projekcie badawczym proponuje się dokonanie:

1. krytycznego przeglądu tradycyjnych metod analizy danych przedstawianych w postaci szeregów czasowych,
2. oceny metody *Value at Risk*, szczególnie pod kątem nowych wyzwań na rynkach finansowych,
3. krytycznego przeglądu oprogramowania oferowanego dla inwestorów w zakresie podejmowana decyzji inwestycyjnych.

Podstawowym zadaniem projektu badawczego jest zbudowanie systemu wspomaganie decyzji składającego się z inteligentnych systemów informacyjnych i wydajnych metod modelowania finansowego i analizy danych.

Proponuje się wykorzystanie następujących metodologii:

- analiza danych (eksploracja danych - *data mining*),
- sztuczna inteligencja w metodzie *Value at Risk*,
- algorytmy genetyczne,
- metody przybliżone (*bootstrapping*),
- sieci Bayesa,
- modele przestrzeni stanu (*State Space Models*),
- modeli Markowa (*Hidden Markov Models*),
- aktywne zarządzania portfelem.

Do obliczeń posłużą autorskie opracowania oraz sprawdzone komercyjne pakiety i systemy zarządzania danymi.

Zbudowany inteligentny system wspomaganie decyzji umożliwi:

- stałą adaptację procedur obliczeniowych do zmieniających się warunków środowiska finansowego poprzez dynamiczne uczenie się sieci,
- optymalne podejmowanie decyzji inwestycyjnych w trybie *on-line*,
- udoskonalenie metody oceny i zarządzania ryzykiem inwestycyjnym.

2. Postawienie zadania

Zespół badawczy prowadząc badania ilościowe dotycząc zmieniającego się stanu rynków finansowych w Polsce, czego dobrym przykładem są szeregi czasowe stóp procentowych na rynku międzybankowym czy ceny produktów bankowych, doszedł do wniosku, że tradycyjne techniki stosowane do analizy tych danych wyczerpały się.

Postępująca konsolidacja instytucji finansowych, globalizacja i deregulacja rynków finansowych i stały rozwój inżynierii finansowej powodują, że inwestorom coraz trudniej jest podejmować decyzje inwestycyjne. Stale powiększające się ilości danych z rynków finansowych i ich zmienność zwiększają ryzyko inwestowania i wymuszają innowacyjne podejście, a więc jakościowo odmienne od dotychczasowych rozwiązań, do problemów podejmowania decyzji (zarządzania) na rynkach finansowych. Procesy zachodzące na tych rynkach są z natury wielozmienne, nieliniowe i niestacjonarne. Równoległe następuje rozwój technologiczny, pojawiają się nowe rynki, tzw. elektroniczne. Przeważająca ilość transakcji odbywa się elektronicznie, za pośrednictwem wydzielonych sieci (w Polsce Telbank) i za pośrednictwem izb rozliczeniowych (w Polsce KIR). Wzrasta liczba tzw. agentów i mediów pośredniczących w transakcjach na rynkach finansowych. Źródłowe i aktualne dane otrzymuje się za pośrednictwem głównych serwisów informacyjnych (Reuters, Bloomberg, Telerate).

Poszukiwanie nowych wzorców (*patterns*) lub identyfikowanie już znanych - wśród wielu jednocześnie przebiegających szeregów czasowych - nie jest możliwe przy zastosowaniu tradycyjnych technik analizy procesów stochastycznych. Istnieje ogromne zapotrzebowanie dużych inwestorów, w tym również spoza sfery bankowości i instytucji finansowych, na bezpieczne i efektywne zarządzanie ich portfelami inwestycyjnymi i bieżące monitorowanie i analizowanie informacji płynących z rynków.

Śledząc rozwój rynków finansowych i rozwój metod badawczych zespół autorski prowadząc wieloletnie badania finansowych szeregów czasowych (stopy procentowe, kursy walutowe i inne) uważa, że zastosowanie innowacyjnych metod sztucznej inteligencji w aktywnym zarządzaniu inwestycjami finansowymi umożliwi maksymalizację ilorazu - oczekiwany zysk do oczekiwanego ryzyka podejmowanych decyzji.

Złożoność występujących zjawisk wymusza konstruowanie inteligentnych systemów wspomaganie decyzji, w tym tzw. systemów wczesnego ostrzegania, w których wyróżnić można dwa podstawowe podsystemy: monitorowania *on-line* ogromnej ilości szeregów czasowych (w tym danych zmieniających się w ciągu dnia, tzw. *intra-day data*) oraz prognoz krótkoterminowych cen rynkowych (stopy procentowych, kursów walutowych i innych) bezpośrednio wpływających na decyzje inwestowania.

Rynek oprogramowania specjalistycznego oferuje nakładki programowe (*toolbox*) typu do analizy danych, czy też typu hurtownie danych (*warehouse*) posze-

rzające możliwości obliczeniowe znanych od lat na rynku pakietów matematyczno-statystycznych takich jak: Mathematica, Matlab, Statistica, SAS, Gauss.

Korzystanie z gotowych, dostarczanych przez znane firmy programów komputerowych nie wystarcza do modelowania heterogenicznych, szybko zmieniających się zbiorów danych i procesów zachodzących na rynkach finansowych. Potrzebne są nowe, uczące się (inteligentne), szybko dostosowujące się do zmian środowiska systemy wspomagania decyzji inwestycyjnych.

Globalizacja rynków finansowych wymusza prowadzenie odpowiednich badań na polskim rynku finansowym z jednoczesną weryfikacją wyników. Zespół badawczy dysponuje zaawansowaną wiedzą, dostępem do aktualnych danych, autorskimi programami komputerowymi i najnowszym laboratorium komputerowym z oprogramowaniem umożliwiającym jego rozbudowę i adaptację do potrzeb projektu badawczego.

3. Obecny stan wiedzy

Obrazowo, temat badań leży w obszarze trójkąta, którego wierzchołkami są: dane, metody i teoria oraz problemy i zastosowania. Gromadzenie bardzo szybko zmieniających się finansowych danych źródłowych wymaga stosowania specjalnych technik, nie wystarczają już w tym celu tradycyjne systemy zarządzania relacyjnymi bazami danych. Dane źródłowe muszą być aktualne, tzn. powinny być one pobierane i przesyłane - w czasie rzeczywistym - z rynków finansowych i dostęp do nich musi być maksymalnie szybki w każdym momencie aktywnego, dynamicznego zarządzania złożonymi zadaniami. Potrzeby te są zarządzane przez innowacyjne systemy zwane analiza danych (eksploracją danych – *data mining*) i hurtownie danych (*warehouses*). Dane, wykorzystując bardzo szybkie łącza teleinformatyczne, dostarczane są poprzez wyspecjalizowane serwisy informacyjne typu Reuters, Bloomberg czy też Telerate.

W tabeli – na następnej stronie - przedstawiamy przegląd, w skali światowej, najnowszych teorii, metodologii i obszarów zastosowań w proponowanym projekcie badawczym pt. „Aktywne zarządzania inwestycjami finansowymi”.

Wymienione w tabeli tematy badawcze można pogrupować w trzy główne zagadnienia odpowiadające współczesnym wyzwaniom w zakresie aktywnego zarządzania inwestycjami finansowymi:

- symulacja aktualnych i przyszłych zachowań modelowych i rzeczywistych rynków finansowych,
- dynamiczne uczenie komputerowych reprezentacji złożonych systemów, jakimi są ww. rynki finansowe,
- innowacyjne mierzenie danych, redukcja wymiarowości i analiza danych, innowacyjne techniki analizy skupień, wyrafinowane techniki numeryczne, zaawansowane technologicznie wyszukiwanie i prezentacja danych.

	Teorie i metodologie	Obszary zastosowań
1	Sieci neuronowe i uczenie maszynowe	Ryzyko kredytowe, kredytowe instrumenty pochodne
2	Algorytmy genetyczne i ewolucyjna optymalizacja	Dynamiczne podejmowanie decyzji inwestycyjnych oraz strategie zabezpieczające przed ryzykiem
3	Nieliniowe szeregi czasowe i analiza międzysektorowa	Modele czynnikowe w inwestowaniu finansowym
4	Numeryczne rozwiązywanie zagadnień programowania matematycznego	Zarządzanie portfelem inwestycyjnym i alokacja aktywów
5	Identyfikacja modelu	Modelowanie, zmienność danych a zabezpieczanie przed ryzykiem
6	Modele hybrydowe	Strategie arbitrażowe
7	Modele i predykcja ryzyka i niepewności	Pomiary, zarządzanie i sterowanie ryzykiem
8	Analiza szybkich przebiegów danych i prognozy	Kointegracja i zmiany struktur
9	Estymacja odpornych modeli	Modele korporacyjne
10	Nieparametryczna statystyka i ekonometria	Modele struktur terminowych i metody wyceny instrumentów pochodnych
11	Metody przestrzeni stanu - techniki stosujące filtr Kalmana	Wycena akcji na giełdach i wycena obligacji oraz podejmowanie decyzji inwestycyjnych

Prof. A. Weigend (Leonard N. Stern School of Business, New York University) obejmuje swymi badaniami te innowacyjne obszary, zajmując się m.in. następującymi zagadnieniami.

- analizą danych finansowych – inteligentne systemy informacyjne i wydajne metody komputerowe modelowania i analizy danych finansowych (Data Mining in Finance: Intelligent Information Systems and Computer Intensive Methods for Financial Modeling and Data Analysis) [Weigend i inni, 1997],
- statystyczne systemy sztucznej inteligencji w systemach wspomaganie decyzji (Statistical Artificial Intelligence and Decision Support Systems) [Weigend i inni, 1997],
- zastosowanie modeli przestrzeni stanu do modelowania zmienności (Modeling Volatility using State Space Models, [Timmer i inni, 1997]).

Zespół badawczy pogłębi w projekcie badawczym ww. metodyki aktywnego zarządzania inwestycjami finansowymi w zakresie:

- dynamicznego uczenia sieci neuronowych,
- uczenia maszynowego,
- taktycznej i strategicznej analizy warunków skrajnych w metodzie *Value at Risk* (*Stress Testing Portfolio Value-at-Risk*).

3. Metodyka badań

Podstawę naukowego warsztatu zespołu autorskiego stanowi doświadczenie nabyte przy rozwiązywaniu zbliżonych zadań badawczych, wykonywanych w miejscach pracy członków zespołu (Instytut Badań Systemowych PAN, Uniwersytet Warszawski, Wydział Ekonomiki AR w Szczecinie, Raiffeisen Centrobank S.A. w Warszawie, PBK w Warszawie) oraz w wyniku głębokiego rozpoznania dokonań nauki światowej. Wykonując dotychczas wspólnie dwa projekty badawcze KBN zespół autorski udoskonalił metody analizy szeregów czasowych w zakresie:

- włączenia do zagadnień predykcji szeregów czasowych innowacyjnych metod sztucznej inteligencji,
- wykorzystania powyższej metodyki do prognozowania cen na rynku międzybankowym (głównie do prognoz stóp procentowych),
- aktywnego zarządzania portfelem obligacji,
- zarządzania ryzykiem bankowym przy zastosowaniu metody *Value at Risk (VaR)*.

Dodatkowym efektem wymienionych powyżej dwóch zakończonych projektów badawczych KBN jest obroniona praca doktorska jednego z członków zespołu pt. „Zarządzanie ryzykiem stopy procentowej w uniwersalnym banku komercyjnym” w Szkole Głównej Handlowej w Kolegium Zarządzania i Finansów w Warszawie oraz będące na ukończeniu dwie rozprawy habilitacyjne: 1. „Wielowarstwowe sieci neuronowe”, 2. „Podejmowanie długoterminowych decyzji finansowych w warunkach ryzyka i niepewności”. Oprócz wszechstronnego poznawania własności szeregów czasowych i stosowania tej wiedzy w codziennej praktyce bankowej zespół autorski doskonalił i poszerzał swoją wiedzę w zakresie badania ryzyka finansowego, głównie ryzyka bankowego. Badania ukierunkowane były na identyfikację czynników ryzyka, pomiar ryzyka, monitorowanie ryzyka i zarządzanie ryzykiem bankowym.

W ramach projektu badawczego zespół autorski zamierza:

- zdefiniować ryzyko inwestycyjne w warunkach globalizacji, deregulacji i elektronizacji rynków finansowych (tzw. e-commerce),
- dokonać krytycznego przeglądu dotychczasowych metod modelowania zarządzania ryzykiem inwestycyjnym,
- dokonać przeglądu oprogramowania i systemów wspomagających decyzje w zakresie zarządzania ryzykiem inwestycyjnym,
- dokonać analizy źródeł powstawania ryzyka inwestycyjnego,
- sklasyfikować ryzyko inwestycyjne,
- wykorzystując doświadczenie i wiedzę naukową zespołu autorskiego zaproponować innowacyjne metody modelowania i zarządzania ryzykiem inwestycyjnym,
- zaprojektować model aktywnego zarządzania inwestycjami finansowymi przy uwzględnieniu ograniczeń (awersja, preferencja, prawdopodobieństwo) nakładanych na ryzyko finansowe,
- dokonać analizy taktycznej i strategicznej warunków skrajnych w metodzie *Value at Risk (Stress Testing Portfolio and Value-at-Risk)*.

Procesy zmian rynkowych, w terminologii teorii systemów, można traktować jako złożony system dynamiczny. Do modelowania tych procesów stosowane są następujące metody:

- metody oparte na teorii procesów stochastycznych,
- metody wykorzystujące sztuczną inteligencję.

Teoria procesów stochastycznych jest szeroko wykorzystywana do zarządzania inwestycjami finansowymi i do ograniczania ryzyka. Autorzy, podobnie jak i większość współczesnych analityków rynków finansowych, są zdania, że te metody nie są w stanie adaptować się do ciągle zmieniającej się rzeczywistości.

Dodatkowo współczesne rynki finansowe charakteryzują się: nieliniowością, nieokreślonością, niestacjonarnością, niestabilnością rozkładów, silną korelacją zmiennych i stosunkowo krótką reprezentatywną historią jak i często brakującymi danymi. Dlatego alternatywą są szeroko rozwijane metody sztucznej inteligencji:

- sieci neuronowe,
- algorytmy genetyczne,
- logika rozmyta,
- chaos deterministyczny.

Metody sztucznej inteligencji mogą być wykorzystane do modelowania systemów dynamicznych, przy czym nie podlegają one takim rygorystycznym ograniczeniom jak modelowanie matematyczne z wykorzystaniem procesów stochastycznych. Na przykład w przypadku modelowania, idea działania sieci neuronowych polega na rozpoznawaniu wzorców sygnałów (historycznego przebiegu finansowych szeregów czasowych i odpowiadającym im przesłankom) i generowaniu wyjścia sieci (aktywny portfel, ryzyko).

Dlatego też, zastosowanie powyższych metod w praktyce, stanowić może istotny wkład w stosunku do istniejących dotychczas rozwiązań.

4. Spodziewane efekty

Przeprowadzone badania pozwolą:

1. odpowiedzieć na pytania dotyczące efektywności badanych metod do aktywnego zarządzania inwestycjami finansowymi,
2. wskazać silne i słabe strony modelowania aktywnego zarządzania inwestycjami finansowymi za pomocą metod sztucznej inteligencji,
3. udoskonalić metody zarządzania ryzykiem finansowym w warunkach postępującej globalizacji, deregulacji i rozwoju inżynierii finansowej (ogromnej dywersyfikacji produktów rynkowych),
4. zrozumieć mechanizmy uczenia się dynamiki rynków finansowych za pomocą sieci neuronowych,
5. wybierać strategie inwestowania zabezpieczającej realizację celów inwestora (np. maksymalizacja zysku, minimalizacja ryzyka, i inne),

6. zbudować model aktywnego zarządzania portfelem obligacji, który może stać się jednym z podstawowych modułów systemu wspomaganego podejmowania decyzji (DSS - Decision Support System) jak również ważnym elementem systemu wczesnego ostrzegania, np. dla zarządzania ryzykiem stóp procentowych
7. dodatkowym rezultatem prac nad projektem będzie dokończenie 2 rozpraw habilitacyjnych oraz 2 prace doktorskich.

Badania związane z projektem są prowadzone przede wszystkim w Instytucie Badań Systemowych PAN (i na Wydziale Ekonomicznym Akademii Rolniczej w Szczecinie oraz na Wydziale Matematyki Uniwersytetu Warszawskiego). Zespół autorski dysponuje nowoczesnym laboratorium komputerowym wyposażonym ze środków KBN a mieszczącym się na Wydziale Ekonomicznym Akademii Rolniczej w Szczecinie do którego zdalny dostęp mają wszyscy członkowie zespołu autorskiego.

Autorzy dysponują już:

- częściowym oprogramowaniem komputerowym,
- autorskimi algorytmami i ich implementacjami komputerowymi,
- bazą danych.

Realizacja programu badawczego będzie polegała m.in. na modyfikacji istniejących algorytmów i opracowaniu ich nowych wersji, jak również na wykorzystaniu istniejących na rynku pakietów komputerowych: MATLAB, MATHEMATICA, STATISTICA, SGPLUS. Bazy danych zostaną zmodyfikowane i uaktualnione o dane uzyskane z serwisów informacyjnych (Reuters), w NBP, w Raiffeisen Centrobank S.A w Warszawie oraz w innych instytucjach finansowych.

Literatura

- Ait-Sahalia Y., A. Lo (1998) Nonparametric Estimation of State-Price Densities Implicit in financial Asset Prices, *Journal of Finance*, **52**.
- Aoki, M. (1990) *State Space Modeling of Time Series*. Springer-Verlag, New York.
- Behrens W., Hawranek P. (1993) *Poradnik Przygotowania Przemysłowych Studiów Feasibility*. UNIDO, Warszawa.
- Bishop Christopher M. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford University Press.
- Chapados N. et al. (2000) *VaR-based Asset Allocation using Neural Networks*. Joint Conference Computational Finance CF2000/Forecasting Financial Markets FFM2000, New York.
- Cherkassky V. S., Mulier F. M. (1998) *Learning from Data: Concepts, Theory, and Methods*. John Wiley & Sons.
- Dempster M. (2000) *Dynamic Model-Based Asset Liability Management*. Joint Conference Computational Finance CF2000/Forecasting Financial Markets FFM2000, New York.
- Dhar V. (2000) *Data Mining in Finance*. Joint Conference "Computational Finance CF2000/Forecasting Financial Markets FFM2000", New York.
- Gup B. E., Brooks R. (1997) *Zarządzanie ryzykiem stopy procentowej*. Związek Banków Polskich, Warszawa.
- Hamilton, J. D. (1994) *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton.
- Hutchinson J., Lo A., T. Poggio (1994) *A Nonparametric Approach to Pricing and Hedging Derivative Securities via Learning Networks*. *Journal of Finance*, **49**, 851-889.

- Jackowicz K. (2000) *Nowe kanały dystrybucji produktów bankowych a wybrane problemy zarządzania bankiem*. Bank i Kredyt, I-II 2000.
- Jackowicz K. (1999) *Zarządzanie ryzykiem stopy procentowej. Metoda duracji*. PWN, Warszawa.
- Jajuga K., Jajuga T. (1996) *Inwestycje – instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*. PWN, Warszawa.
- Kobak P., Zyczkowski K., Capiński M. (1997) *Instrumenty pochodne – symposium matematyka finansowa*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Krawczak M., A. Miklewski, A. Jakubowski, P. Konieczny (2000) *Zarządzanie ryzykiem inwestycyjnym*. IBS PAN, Warszawa.
- Krawczak M., J. Hołubiec (2000) *Analiza systemowa w finansach i zarządzaniu*. IBS PAN.
- Krawczak M. (2000) *Backpropagation versus dynamic programming approach*. BULLETIN OF POLISH ACADEMY OF SCIENCES, SERIA TECHNICAL SCIENCES, 48-2.
- Krawczyk H. (1996) *Ryzyko okiełznane*. Computer World, 45/255.
- Kuliński R., M. Libura, L. Stomiński (1998) *Wspomaganie decyzji inwestycyjnych*. IBS PAN.
- Kuraś M., Zajac A. (1996) *Podglądanie ryzyka*. Computer World, 38/258.
- Ladko A. (1994) *Wybrane instrumenty rynku pieniężnego i kapitałowego*. Biblioteka Menedżera i Bankowa, Warszawa.
- Lo A. (1994) *Neural Networks and Other Nonparametric Techniques in Economics and Finance*. In: H. Russell Fogler, ed.: *Blending Quantitative and traditional Equity Analysis*, Charlottesville, VA: Association for Investment Management Research.
- Lo A. (1998) *The Three P's (Probabilities, Prices, Preferences) of Total Risk Management*. unpublished manuscript.
- Lundin L. et al. (2000) *Risk Characteristics of Actively Managed Market Neutral Portfolios*. Joint Conference "Computational Finance CF2000/Forecasting Financial Markets FFM2000", New York.
- Miklewski A., M. Krawczak (red. nauk.) (1996) *Ryzyko i niepewność w modelach ekonomiczno-ekologicznych*. Szczecin.
- Peters E. E. (1997) *Teoria chaosu a rynki kapitałowe*. WIG-Press, Warszawa.
- Sage A. P. (1995) *Systems Management for Information Technology and Software Engineering*. N-Y, Wiley&Sons.
- Sierpińska M., Jachna T. (1994) *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*. PWN, Warszawa.
- Smaga E. (1995) *Ryzyko i zwrot w inwestycjach*. Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa.
- Sowczyński S., Stachowicz J. (1994) *Kontrakty futures i opcje*. KWD, Kraków.
- Tarczyński W. (1997) *Rynki kapitałowe – metody ilościowe*. t. 1 i 2, Agencja Wyd. Placet, Warszawa.
- Timmer J., Weigend, A.S. (1997) *Modeling Volatility using State Space Models*. International Journal of Neural Systems, 8, 45-63, (Special Issue on Data Mining in Finance).
- Trzaskalik T. (red.) (1999) *Modelowanie preferencji a ryzyko*. Praca zbiorowa. Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice.
- Weigend, A. S. (1997) *Data Mining*. In: Weigend, A. S., Y. S. Abu-Mostafa and A.-P. N. Refenes (eds), (1997), "Decision Technologies for Financial Engineering", Proceedings of the Fourth International Conference on Neural Networks in the Capital Markets, NNCM-96, World Scientific, Singapore, 399-412.
- Weiss S. M., Indurkha N. (1997) *Predictive Data Mining*. Morgan Kaufman Publishers.
- Weron A., Weron R, 1998: *Inżynieria finansowa: Wycena instrumentów pochodnych, Symulacje komputerowe, Statystyka rynku*. WNT, Warszawa.
- Wolniak D., 1997: *Zarządzanie ryzykiem procentowym przy wykorzystaniu instrumentów pochodnych*. Biblioteka Menedżera i Bankowa, Warszawa.
- Zawadzka Z., 1995: *Ryzyko bankowe – ryzyko stopy procentowej i ryzyko walutowe*. Poltext, Warszawa.
- Zimmerman H.-G. et al., 2000: *Improved Neural Network Forecasting by Optimal State Space Reconstruction*. Joint Conference "Computational Finance CF2000/Forecasting Financial Markets FFM2000", New York.

ISSN 0208-8028
ISBN 83-85847-59-6

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: bibliote@ibspan.waw.pl**