WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA

ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH I ZARZĄDZANIU

Wybrane problemy

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA

ANALIZA SYSTEMOWA
W FINANSACH I ZARZĄDZANIU
Wybrane problemy

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 1999

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych w tomie:

prof. dr hab. Jerzy **HOŁUBIEC**

prof. dr hab. Janusz **KACPRZYK**

prof. dr hab. Tadeusz **NOWICKI**

prof. dr hab. Stanisław **PIASECKI**

prof. dr hab. Piotr **SZCZEPANIAK**

prof. dr hab. Tadeusz **TRZASKALIK**

doc. dr hab. Sławomir **WIERZCHOŃ**

doc. dr hab. Leszek **ZAREMBA**

Warszawa 1999

ISBN 83-85847-24-3

Przedmowa

Na niniejszą publikację składa się zbiór prac doktorantów Zaocznych Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach" działających przy ***Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk***.

Prace te były referowane na konferencji BOS'98 "Rozwój średnich i małych miast w XXI wieku w Polsce: Rola badań operacyjnych i systemowych", Kutno, 8-10 czerwca 1998 r.[1], a także na seminariach Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach". Nad stroną merytoryczną publikacji czuwał Pan Prof. dr hab. Jerzy Hołubiec oraz grono recenzentów i opiekunów naukowych doktorantów.

Prace dotyczą głównie problemów analizy systemowej oraz jej zastosowań w dziedzinie finansów, a zwłaszcza - teorii portfela, obligacji i problemów inwestycyjnych. Niektóre prace przy analizie finansowej posługują się tzw. algorytmami genetycznymi i sieciami neuronowymi, a także modelowaniem rozmytym i strukturami fraktalnymi. Część prac dotyczy zarządzania i sterowania produkcją.

Wypada zauważyć, iż doktoranci Studiów atakują w swych pracach tematy nowoczesne i znajdujące się w obszarze tzw. frontu badawczego analizy systemów. Wypada im życzyć sukcesów i wytrwałości w pracy, która winna zakończyć się obronioną pracą doktorską.

---

[1] Głównymi organizatorami konferencji było Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych oraz Instytut Badań Systemowych PAN.

Wypada także zaznaczyć, iż wydanie niniejszej publikacji stało się możliwe dzięki wsparciu finansowemu ze strony ***Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania***, działającej w ramach Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych. Fundacja ta została założona w 1991 roku z inicjatywy Prof. L. Kuźnickiego, wówczas Sekretarza Naukowego Polskiej Akademii Nauk. Do zadań Fundacji należy, między innymi, wspieranie i promocja prac młodych pracowników nauki, a zwłaszcza prac doktorantów.

Mamy nadzieję, iż publikacja niniejsza zostanie życzliwie przyjęta przez specjalistów działających w obszarze nauk systemowych.

Rektor WSISiZ

Prof. Roman Kulikowski

WYBRANE PROBLEMY MODELOWANIA ROZMYTEGO W EKONOMII

Krzysztof TARGIEL
Zaoczne Studia Doktoranckie IBS PAN

W artykule przedstawiono metody modelowania wykorzystującego metody rozmyte. Przedstawiono wybrane zastosowania tego podejścia w ekonomii. Zaproponowano także nowe zastosowania na polu wyceny instrumentów pochodnych.

Słowa kluczowe: sieć rozmyta, zbiory rozmyte, model matematyczny

1. Wprowadzenie

Koniec wieku XX to początek ery cywilizacji informacyjnej. Informacja staje się podstawowym zasobem produkcyjnym. Wynika stąd znaczne zapotrzebowanie także w ekonomii, na informacje o otaczającym nas świecie. Jednym ze źródeł stają się modele matematyczne pozwalające symulować w sposób celowo i umyślnie uproszczony, zachowanie się otoczenia [6]. Środowisko działalności gospodarczej tworzy system składający się z wielu podmiotów stąd trudności w precyzyjnym określeniu modelu matematycznego. Z pomocą przychodzi aparat zbiorów rozmytych, stwarzając możliwość opisu zjawisk nieprecyzyjnych, nie określonych dokładnie. W drugim rozdziale artykułu przedstawiamy metody modelowania rozmytego. Punkt kolejny to krótki opis udanych zastosowań podejścia rozmytego w dziedzinie ekonomii i finansów. Punkt następny przynosi propozycje nowych zastosowań modelowania rozmytego na polu instrumentów pochodnych.

2. Metody modelowania rozmytego

2.1. Modele oparte zasadę rozszerzania

Istniejące (nierozmyte) modele matematyczne możemy wykorzystać po zastosowaniu metody rozszerzania którą podajemy za [2].

Def:

Jeśli $A_1,\ldots, A_N$ zbiory rozmyte w przestrzeni $\mathbf{X_1}=\{x_1\},\ldots, \mathbf{X_N}=\{x_N\}$, i dana jest funkcja (nierozmyta) $f : \mathbf{X_1} \times \ldots \times \mathbf{X_N} \to \mathbf{Y}$, $y = f(x_1 ,\ldots, x_N)$ to zgodnie z zasadą rozszerzania rozmyty zbiór B w przestrzeni $\mathbf{Y} = \{y\}$ powstały z $A_1,\ldots, A_N$ poprzez funkcję f dany jest przez funkcję przynależności

$$\mu_B = \max_{(x_1,\ldots,x_N)\in X_1\times\ldots\times X_N : y=f(x_1,\ldots,x_n)} \bigwedge_{i=1}^{N} \mu_{A_i}(x_i)$$

2.2. Modele oparte na zmiennych lingwistycznych

Przez zmienną lingwistyczną rozumiemy zmienną która może przybierać jako wartości zbiory rozmyte, o pewnej etykiecie.

Mamy model rozmyty (lingwistyczny):

IF x_1 jest A_1 AND x_2 jest A_2 **THEN** y jest B^1

TAKŻE

IF x_1 jest A_1 AND x_2 jest A_2 **THEN** y jest B^2

TAKŻE

....

IF x_1 jest A_1 AND x_2 jest A_2 **THEN** y jest B^k

Mając pewne empiryczne dane przy pomocy metod rozmytego grupowania określić powyższe reguły

2.3. Modele sieci rozmytych

Model lingwistyczny możemy przedstawić w postaci sieci trójwarstwowej - sieci rozmytej [2].

Za [7] podajemy definicję sieci rozmytej.

Def : Przez **sieć rozmytą** rozumiemy szóstkę

(U, W, NET, A, O, ex)

gdzie :

1) $U = \cup U_i$ - zbiór neuronów $i \in \{1,2,3\}$

U_1 - warstwa wejściowa

U_2 - warstwa ukryta (reguł)

U_3 - warstwa wyjściowa

2) $W: U \times U \rightarrow F(\Re)$ struktura sieci (połączeń)

$W(u,v)$ $u \in U_i$, $v \in U_{i+1}$ $i \in \{1,2\}$

$F(\Re)$ - zbiór rozmytych podzbiorów $\Re$

3) A - funkcja aktywacji A_u dla każdego $u \in U \rightarrow a_u$

a) dla warstw 1 i 2: $u \in U_1 \cup U_2$ $A_u: \Re \rightarrow \Re$ $a_u = A_u(net_u) = net_u$

b) dla warstwy 3 : $u \in U_3$ $A_u : F(\Re) \rightarrow F(\Re)$ $a_u = A_u(net_u) = net_u$

4) O - funkcja wyjściowa O_u dla obliczenia o_u

a)dla warstw 1 i 2 : $u \in U_1 \cup U_2$ $O_u : \Re \rightarrow \Re$ $o_u = O_u(a_u) = a_u$

b) dla warstwy 3 : $u \in U_3$ $O_u : F(\Re) \rightarrow F(\Re)$ $o_u = O_u(a_u) =$ DEFUZZ(a_u)

gdzie DEFUZZ(a_u) - funkcja defuzyfikacji

5) NET - funkcja propagacji dla obliczania net_u

a) warstwa wejściowa (1) : $u \in U_1$ $NET_u : \Re \rightarrow \Re$ $net_u = ex_u$

b) warstwa reguł (2) : $u \in U_2$ $NET_u : (\Re \times F(\Re))^U \rightarrow [0,1]$

$$net_u = \underset{u' \in U_1}{\otimes} \{W(u',u)(o_{u'})\}$$

gdzie $\otimes$ - operator t-normy

c) warstwa wyjściowa (3):$u \in U_3$ NET_u :$([0,1] \times F(\Re))^U \rightarrow F(\Re)$, net_u: $\Re \rightarrow [0,1]$

$$net_u(ex) = \underset{u' \in U_2}{\oplus} \{\otimes(o_{u'}, W(u',u)(ex))\}$$

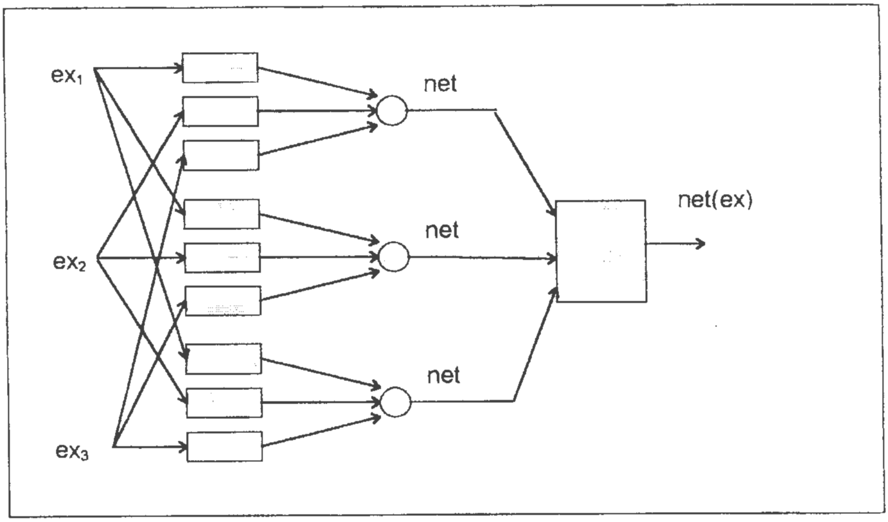
gdzie - $\otimes$ operator s-normy

6) ex - zewnętrzne wejścia $U_1 \rightarrow \Re$ dla każdego $u \in U_1$ $ex(u) = ex_u$

Problem rozwiązania modelu lingwistycznego systemu jest problemem estymacji parametrycznej [2].

Dla znalezienia estymatorów parametrów (co sprowadza się do kalibracji funkcji przynależności) wykorzystujemy metody sieci neuronowych tzn. uczenie nadzorowane i wsteczną propagację błędów.

Model lingwistyczny przedstawiono na rys 1.



Rys. 1.

Algorytm uczenia :

Mamy	system	n	wejść	$x_1 \ldots x_n$
	zbiór	k	reguł	$R_1 \ldots R_k$
	zbiór	m	wyjść	$y_1 \ldots y_m$

oraz zbiór uczący $L((s_1,t_1)\ldots\ldots(s_r,t_r))$ r - wzorców

1) wybierz następny wzór (**s**,**t**) z L
2) poprzez propagację wektora **s** znajdź wartość wyjścia o_y
3) oblicz dla każdego wyjścia $d_y=t_i - o_y$
4) dla każdej reguły R dobierz parametry funkcji przynależności tak aby minimalizować wybrany wskaźnik jakości
5) jeśli wskaźnik jakości osiągnął zadowalający poziom to stop, w przeciwnym przypadku przejdź do punktu 1)

Wykorzystując algorytm uczenia otrzymujemy parametry modelu rozmytego.

3. Wybrane zastosowania

Teoretyczne opracowania dotyczące zastosowań teorii zbiorów rozmytych na polu ekonomii pojawiły się wkrótce po utworzeniu teorii [9]. Natomiast pierwszym komercyjnym zastosowaniem tej teorii jest system do wspomagania decyzji w zakresie oceny zdolności kredytowej stworzony przez INFOR GmbH w 1986 roku dla jednego ze szwajcarskich banków [10]. W systemie tym oparto się na podejściu psycholingwistycznym. W szczególności przy pomocy zmiennych lingwistycznych modelowano takie parametry jak motywacja, psychiczny i mentalny potencjał, myślenie ekonomiczne. Innym ciekawym zastosowaniem jest system stworzony przez tę samą firmę do oceny wniosków kredytu hipotecznego. Systemy oparte na logice rozmytej są stosowane również dla wykrywania defraudacji, harmonogramowania, predykcji cen akcji, nieprecyzyjnych zapytań do baz danych.

4. Propozycje nowych zastosowań

4.1. Rozmyty model Black-Scholes'a

W klasycznym modelu wyceny opcji we wzorze Black-Scholes'a wartość opcji silnie zależy od parametru zwanego chwiejnością. Istnieje wiele metod oceny tego parametru. To powoduje że jego wartość jest trudna do precyzyjnego określenia. Poniżej proponujemy traktowanie chwiejności jako liczby rozmytej. W tym celu do wyceny instrumentu pochodnego wyprowadzamy, stosując zasadę rozszerzania, rozmyty wzór Black-Scholes'a.

Def :

Niech będzie rodzina zbiorów :

S - zbiór cen akcji

T - zbiór czasów do wykonania

E - zbiór cen wykonania

V - zbiór wartości zmienności

R - zbiór wartości zeroryzykowej stopy zwrotu

i **F** - zbiór wartości europejskiej opcji kupna

Niech g będzie odwzorowaniem iloczynu kartezjańskiego **S** $\times$ **T** $\times$ **E** $\times$ **V** $\times$ **R** w **F**,
to jest dla każdej piątki (S, T, E, σ , r) mamy g(S, T, E, σ , r) = f $\in$ **F**.

Niech :

$\mathcal{S}$ - będzie podzbiorem rozmytym **S**

$\mathcal{T}$ - będzie podzbiorem rozmytym **T**

$\mathcal{E}$ - będzie podzbiorem rozmytym **E**

$\mathcal{V}$ - będzie podzbiorem rozmytym **V**

$\mathcal{R}$ - będzie podzbiorem rozmytym **R**

Wtedy :

g ($\mathcal{S}$(S), $\mathcal{T}$(T), $\mathcal{E}$(E), $\mathcal{V}$(s) , $\mathcal{R}$(r)) = $\mathcal{F}$

przy czym $\mathcal{F}$ jest zbiorem rozmytym elementów f zbioru **F**, takich że:

$$\mathcal{F}(f) = \text{Max} \; [\; \mathcal{S}(S) \wedge \mathcal{T}(T) \wedge \mathcal{E}(E) \wedge \mathcal{V}(\sigma) \wedge \mathcal{R}(r) \;]$$

Dla wszystkich

(S, T, E, σ, r) $\in$ **S** x **T** x **E** x **V** x **R**
takich, że

$$g(S, T, E, \sigma, r) = f$$

gdzie $\wedge$ jest oznaczeniem logicznego AND.

W naszym konkretnym przypadku :

$\mathcal{S}$, $\mathcal{T}$, $\mathcal{E}$ są jednoelementowymi podzbiorami odpowiednich zbiorów **S**, **T**, **E** ze stopniami przynależności równymi jeden.

Funkcja g ma postać :

$$f = SN(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

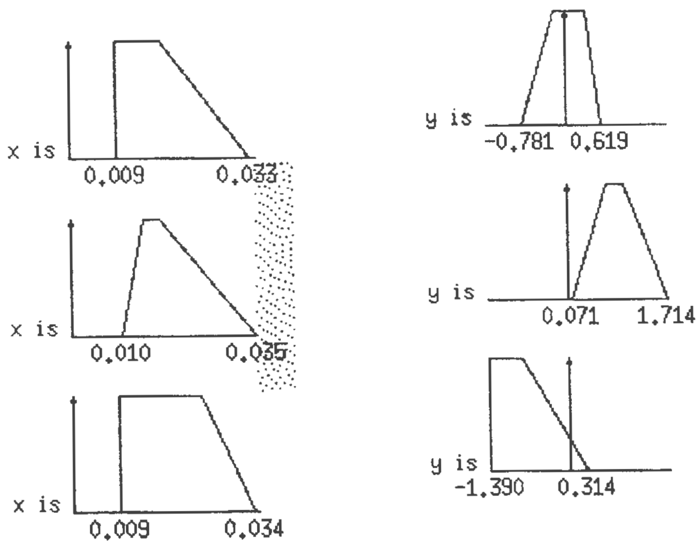
$$d_2 = \frac{\ln(S/E) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$N(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{d} e^{-s^2}\,ds$$

4.2. Modelowanie stanu rynku kapitałowego przy pomocy zmiennych lingwistycznych

Wybór strategii na rynku instrumentów pochodnych zależy od jego stanu, to znaczy czy rynek jest rosnący (bullish) opadający (bearish), czy jest rozchwiany, czy ustabilizowany [1]. Aby to określić wykorzystano metody rozmytego grupowania.

Przy pomocy programu FDA-Tool autorstwa Th. Wagnera i O. Wagnera napisanego na Uniwersytecie w Braunschweig utworzono rozmyte grupy opisane zmiennymi o następujących funkcjach przynależności .



Rys. 2.

gdzie

x - to historyczna chwiejność za dziesięć ostatnich sesji.

y - współczynnik a regresji liniowej dla dziesięciu kolejnych sesji.

Eksperyment przeprowadzono dla 77 notowań indeksu NIF.

4.3. Zastosowanie sieci rozmytych do wyceny chwiejności

Jak wspomniano wyżej wartość opcji silnie zależy od parametru zwanego chwiejnością. Istnieje wiele metod oceny tego parametru. To powoduje że jego wartość jest trudna do precyzyjnego określenia.

Jeśli traktować ten parametr jako liczbę rozmytą, istnieje problem kalibracji jej funkcji przynależności. W tym celu wykorzystać można sieci rozmyte.

Do eksperymentów wykorzystano program **NFIDENT** autorstwa Detlef Nauck, napisany na Wydziale Informatyki Uniwersytetu w Magdeburgu.

Dane dotyczą wariantu CENIFM0125 notowanego na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie, którego eminentem jest bank BRE SA. Instrumentem bazowym tego wariantu jest indeks NIF będący odbiciem cen Narodowych Funduszy Inwestycyjnych notowanych na WGPW SA.

Jako wartości wejściowe wybrano:

x1 - estymator wariancji o oknie długości 5 w chwili k zannualizowany

x2 - estymator wariancji o oknie długości 10 w chwili k zannualizowany

Wartość wyjściowa:

y - estymator wariancji o oknie długości 7 w chwili k + 1 zannualizowany

Przyjęto funkcje przynależności w postaci funkcji gausowskich.

Otrzymano następujące wartości parametrów funkcji gausowskich będących funkcjami przynależności dla parametru chwiejność :

Etykieta	Parametr x'	Parametr σ
MAŁA	0,060126	0,116203
ŚREDNIA	0,097118	0,116203
DUŻA	0,292531	0,116203

5. Wnioski

W pracy przedstawiono trzy metody modelowania wykorzystujące podejście rozmyte. Podjęto próbę zastosowania tego podejścia na rynku instrumentów pochodnych. Kolejnych badań wymaga sprawdzenie adekwatności modeli.

Literatura

[1] Daigler R.T.:Advanced options trading, Probus Pub. Comp, Chicago, 1994.

[2] Yager R.R., Filev D. P.: Podstawy modelowania i sterowania rozmytego, WNT, Warszawa, 1995.

[3] Gątarek D.,Maksymiuk R.:Wycena i zabezpieczenie pochodnych instrumentów finansowych, Wyd. K.E. LIBER, Warszawa 1998.

[4] Warunki emisji i obrotu dla warrantów BRE SA na Warszawski Indeks Narodowych Funduszy Inwestycyjnych NIF.

[5] Rutkowska D. : Inteligentne systemy obliczeniowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1997.

[6] Gutenbaum J.: Modelowanie matematyczne systemów, Omnitech Press, Warszawa, 1992.

[7] Nauck D., Kruse R.: Neuro-Fuzzy Systems for Function Approximation

[8] Jang R.: ANFIS : Adaptive-network-based fuzzy inference systems. *IEEE Trans. Systems, Man & Cybernetics*, No. 23, p. 665-685, 1993.

[9] Kacprzyk J. : Zbiory rozmyte w analizie systemowej, PWN, Warszawa, 1986.

[10] Altrock von C.: Fuzzy Logic and Neuro Fuzzy Applications in Buisness and Finance, Prentice Hall, 1996.

WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI STOSOWANEJ I ZARZĄDZANIA

działa pod auspicjami
Polskiej Akademii Nauk

ZAŁOŻYCIELEM
Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania
jest
FUNDACJA KRZEWIENIA NAUK SYSTEMOWYCH
powołana z inicjatywy
Prezesa
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

FUNDATOREM
Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych
jest
POLSKA AKADEMIA NAUK

ORGANEM
sprawującym nadzór
jest
MINISTERSTWO EDUKACJI NARODOWEJ

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
prowadzi studia wyższe na kierunkach:
INFORMATYKA
ZARZĄDZANIE I MARKETING

SIEDZIBA
Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk

ISBN 83-85847-24-3