



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE
W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY
WSPOMAGANIA DECYZJI**

pod redakcją:
Jana Studzińskiego,
Ludosława Drelichowskiego,
Olgierda Hryniewicza,
Janusza Kacprzyka



**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 26

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2000

**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE
W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI**

pod redakcją

Jana Studzińskiego, Ludosława Drelichowskiego

Olgierda Hryniewicza i Janusza Kacprzyka

Książka zawiera wybór referatów przedstawionych na konferencji "Komputerowe systemy wielodostępne KSW'2000" w Ciechocinku w 2000 r. Konferencja pod patronatem Komitetu Badań Naukowych została zorganizowana przez Akademię Techniczno-Rolniczą w Bydgoszczy, Instytut Badań Systemowych PAN, Komisję Informatyki PAN - Oddział w Gdańsku oraz Bydgoskie Zakłady Elektromechaniczne "BELAM" S.A. w Bydgoszczy.

Komitet Naukowo-Programowy konferencji:

Witold Abramowicz, Ryszard Budziński, Ryszard Choraś, Ludosław Drelichowski (przewodniczący), Grzegorz Głownia, Adam Grzech, Jakub Gutenbaum, Olgierd Hryniewicz, Janusz Kacprzyk, Zbigniew Kierzkowski, Jerzy Kisielnicki, Adam Kopiński, Maciej Krawczak, Henryk Krawczyk, Bernard F. Kubiak, Roman Kulikowski, Marian Kuraś, Ludwik Maciejec, Marek Miłoś, Janusz Stokłosa, Jan Studziński, Zdzisław Szyjewski.

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2000

ISBN 83-85847-53-7
ISSN 0208-8028

Rozdział 3

Modele matematyczne w systemach komputerowych

MODELOWANIE JAKO PODSTAWA TWORZENIA SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH

Jacek Unold

Wydział Zarządzania i Informatyki,
Katedra Inżynierii Systemów Informatycznych Zarządzania, Wrocław

Modelowanie jest podstawowym elementem tworzenia systemu informacyjnego. W praktyce przyjmuje się stosowanie wielu różnych rodzajów modeli, które można zaliczyć do jednej z dwóch zasadniczych metod formalizacji opisu: preskryptywnej (odgórnej) i deskryptywnej (oddolnej). Uznanie wielowymiarowości opisywanej rzeczywistości prowadzi w praktyce do stosowania koncepcji modelu wielokryterialnego.

1. Wstęp

Rozpoczęcie w połowie lat osiemdziesiątych rewolucji informacyjnej zbiegło się w Polsce z procesem transformacji systemowej. Dynamiczny rozwój technologii informatycznej sprawił, że jednym z istotniejszych problemów zarządzania stały się sposoby ciągłego dostosowywania się przedsiębiorstw do zmiennych warunków otoczenia. Szczególne znaczenie w tym procesie zajmuje zagadnienie tworzenia i eksploatacji systemu informacyjnego zarządzania daną organizacją. Proces ten musi być poprzedzony identyfikacją i analizą systemu, w czym przydatna staje się konstrukcja odpowiedniego modelu.

Celem niniejszego artykułu jest ukazanie modelowania jako podstawy tworzenia, eksploatacji i ewentualnego doskonalenia systemu informacyjnego zarządzania oraz przegląd podstawowych metod modelowania.

2. Istota i cele modelowania systemów informacyjnych

Pojęcie *model* ma bardzo szeroki zakres znaczeniowy. Modelem w logice matematycznej jest konkretna interpretacja podstawowych pojęć formalnego języka, polegająca na określeniu jakiegokolwiek rzeczy, relacji lub operacji, które uprawomocniają zbiór A stwierdzeniami tego języka (Bazewicz, 1993). Modelem może być zbiór powiązań w teorii prostych relacji,

np. model cen, model rent. Tutaj przyjmuje się, że *modelem* jest hipotetyczna konstrukcja myślowa będąca uproszczonym obrazem badanego fragmentu rzeczywistości (Hall, Mosevich, 1988). Będąc kategorią abstrakcyjną, model pozwala, przy pominięciu zbędnych szczegółów, na uwypuklenie najistotniejszych cech badanego obszaru i służy jako:

- narzędzie rozumienia rzeczywistości – może pomóc w uporządkowaniu intuicyjnych, niedokładnych i sprzecznych pojęć, wyobrażeń, osądów itp.,
- narzędzie komunikacji – pozwala usunąć nieścisłości, wieloznaczności słownego opisu systemu, czyni jego strukturę bardziej zrozumiałą, pomaga odkrywać ważne związki przyczynowo-skutkowe,
- narzędzie nauczania – pozwala opisywać sytuacje krytyczne i pomagać w ich rozwiązywaniu przed pojawieniem się w rzeczywistości,
- instrument prognozowania – pozwala przewidywać zachowanie się systemu w czasie oraz pod wpływem różnorodnych czynników,
- narzędzie realizacji eksperymentów – w wypadku gdy eksperymentowanie na systemie rzeczywistym byłoby niemożliwe praktycznie lub niecelowe ekonomicznie (Klar, 1990).

Warto podkreślić, że J.Kisielnicki (Kisielnicki, 1993) wyraźnie odróżnia modele służące zarządzaniu od innych ich rodzajów np. modeli danych czy modeli wiedzy. Takie modelowanie jest stosowane dla rozwiązania określonego problemu decyzyjnego lub, zgodnie z omawianą tu problematyką, do identyfikacji i analizy danego systemu zarządzania czy podsystemu informacyjno-decyzyjnego.

Z kolei przez *modelowanie* rozumie się postępowanie, mające na celu odwzorowanie pewnej myśli lub rzeczywistości, a może ono wspierać:

- zbieranie informacji o określonych obiektach,
- wiedzę o funkcjach zachodzących w odwzorowanych mechanizmach systemów (Bazewicz, 1993).

Modelowanie wspiera i motywuje myślowe wyobrażenia i wiedzę o możliwych następstwach w przyszłości (prognozowanie), a tym samym ułatwia znajdowanie także celu. Umożliwia sprawdzenie wiarygodności i realności celów systemu względem wartości i oczekiwań środowiska, a także ocenę skuteczności technicznych w aspektach:

- strukturalnym (obiekty),
- funkcjonalnym (mechanizmy),
- czasowym (procesy zachowań),
- społecznie i gospodarczo użytkowym (informacja i wiedza)

Mówiąc o modelowaniu dla celów zarządzania, J.Kisielnicki wymienia realizację następujących celów:

- rekomendacja podjęcia określonej decyzji, np. pożądane kierunki inwestowania,
- prognozowanie zachowania się systemu, nawet dla takich sytuacji, kiedy decydent ma ograniczony wpływ na jego zachowanie,
- szkolenie i doskonalenie kadr dla podejmowania decyzji, gdyż stosowanie modelowania pozwala na przyspieszenie procesu uczenia (Kisielnicki, 1993).

W najnowszej literaturze przedmiotu podkreśla się, że nowoczesne technologie pracy umysłowej i informacyjnej wymagają licznych złożonych transformacji myślowych, wyobrażeń modelowych i przekształceń procesów informacyjnych z postaci procesów wewnętrznych na procesy decyzyjne zewnętrzne, związane z reprezentacją wiedzy. Modelowanie procesów informacyjnych (w tym decyzyjnych) powinno zatem obejmować następujące ich funkcje:

- pozyskiwanie informacji i/lub wiedzy,
- ujmowanie informacji lub danych w określone formy lub symbole,
- kontrola prawdziwości informacji i poprawności formy,
- określenie celów i kreowania motywacji dalszego stosowania rozwiązań lub decyzji,
- ewentualne zmiany form, treści i wartości prezentacji danych, informacji i wiedzy,
- przekazywanie danych, informacji lub wiedzy,
- komunikacja między ludźmi i/lub procesami informacyjnymi,
- zapamiętanie i gromadzenie danych, informacji i wiedzy,
- zarządzanie i integrowanie danych, informacji i wiedzy,
- pielęgnowanie danych i informacji pod kątem ich wiarygodności i aktualności oraz wartości wiedzy,
- przetwarzanie danych, informacji i wiedzy,
- prezentacja danych, informacji i wiedzy,
- zabezpieczanie danych i informacji,
- ochrona danych, informacji i programów (jako produktów) (Bazewicz, 1993).

Każdy opis pewnego fragmentu rzeczywistości jest związany z potrzebą zidentyfikowania stopnia złożoności danego obiektu badań (systemu, procesu), a także z koniecznością przyjęcia określonych ograniczeń w odwzorowaniu. Związany z tym stopień uszczegółowienia danego modelu należy dostosować do zakładanych wymagań odnośnie dokładności i poprawności opisu oraz wierności odwzorowywanej w modelu rzeczywistości. Dokładność tego odwzorowania osiąga się dzięki odpowiedniej formalizacji opisu, stąd samo modelowanie nazywane jest czasami formalizacją.

3. Podejście preskryptywne i deskryptywne w modelowaniu

W praktyce przyjmuje się stosowanie dwóch zasadniczych metod formalizacji opisu, czyli modelowania: *preskryptywnego* i *deskryptywnego*.

Modelowanie *preskryptywne* związane jest z tradycyjnym, konceptualnym podejściem do rzeczywistości i polega na postępowaniu odgórnym (*top-bottom approach*). Fragmentacja i wybiórcze podejście do określonego zagadnienia prowadzi do stopniowego uściślenia opisu. W tym wypadku relacje danego modelu względem otoczenia zostają ograniczone i zdeterminowane już w fazie konceptualnej i w dalszym postępowaniu nie mogą ulec modyfikacjom. Taki język opisu znajduje zastosowanie w podejściach orientowanych na fragmenty rzeczywistości, tzn. na obiekty, struktury czy produkty, które stają się zadaniem i celem określonych działań, np. projektowania czy modernizacji. Opisy tego rodzaju mają duże zastosowanie w inżynierii sprzętu komputerowego i oprogramowania, w metodach tworzenia baz danych czy w projektowaniu systemów przetwarzania danych, zwłaszcza w systemach scentralizowanych z hierarchicznymi i statycznymi strukturami oraz ciągłymi funkcjami

Modelowanie *deskryptywne*, nazywane też *deklaratywnym*, polega na podejściu oddolnym (*bottom-up approach*), orientowanym na stopień integracji funkcjonalnej i wartość procesów. Punktem wyjścia jest tu analiza procesów zachodzących w systemie, a także struktur samego systemu i jego związków z otoczeniem. Ten sposób postępowania znajduje zastosowanie w modelowaniu systemów ewolucyjnych, otwartych i rozproszonych, o złożonych i szczególnie złożonych strukturach, dynamicznych. Szczególną uwagę przywiązuje się tu do zapewnienia informacyjnej i logicznej spójności systemu oraz na sprawnych i wydajnych sposobach komunikacji zarówno w realizacji wewnętrznych funkcji systemu, jak i w wymianie funkcji informacyjnych z otoczeniem (Bazewicz, 1993).

Postępowanie deskryptywne jest bardzo przydatne, kiedy w kryteriach oceny należy uwzględnić aspekt jakościowy, związany z czynnikami socjotechnicznymi, psychologicznymi, czasowo-przestrzennymi, ewolucyjnymi itd.

4. Przegląd podstawowych metod modelowania

Jednym z popularniejszych obecnie w Polsce jest *model bilansowy*: formalny, jedno- lub wielostrukturalny, liniowy, statyczny, rozwiązywany za pomocą programowania matematycznego, o deterministycznym zestawie informacji, z obliczeniami wykonywanymi za pomocą komputerów osobistych. Model ten nadaje się do zastosowań wielodziedzinowych i wspomaga administracyjno-nakazową formułę zarządzania, przydatny jest szczególnie w skali makro gospodarczej.

Inną, często stosowaną grupą modeli są *modele optymalizacyjne*, charakteryzowane podobnie, jak bilansowe. Są one jednokryterialne, liniowe i rozwiązywane za pomocą metod programowania matematycznego. Mogą być stosowane zarówno w parametrycznej formule zarządzania, jak i w mechanizmie rynkowym.

Zmieniając kryterium czasowe, ze statycznego na dynamiczne, i zachowując zasadniczo poprzednią charakterystykę modelu, otrzymuje się *modele dynamiczne*. Poprzednie modele charakteryzowały się skończonym horyzontem czasowym, tzn. decyzja optymalna dotyczyła ściśle określonego momentu. Modele dynamiczne pozwalają na budowę ciągów decyzji uzależnionych od siebie następstwem czasowym. Problem decyzyjny jest tu przedstawiany za pomocą układu zależności rekurencyjnych lub iteracyjnych. Modele dynamiczne charakteryzują się dużo mniejszą liczbą zmiennych niż modele bilansowe czy optymalizacyjne, pozwalają jednakże na analizę bardziej złożonych sytuacji decyzyjnych.

Wymienione klasy modeli zakładają liniowy charakter funkcji celu i warunków ograniczających. W realnych warunkach gospodarki obowiązują zależności nieliniowe, co stanowi przesłankę do wyodrębnienia następnej istotnej grupy *modeli nieliniowych*. Uwzględniają one takie zależności, jak np. efektywność a nieefektywność działań gospodarczych, analiza popytu i podaży, kształtowanie się cen i kosztów itd.

Odrębną grupę stanowią modele, w których zmienne decyzyjne nie mogą przybierać dowolnej wielkości w danym przedziale, lecz tylko wartości całkowite. Są to *modele dyskretne*, które można podzielić na dwie zasadnicze grupy: modele zero-jedynkowe oraz modele, w których przyjmuje się dowolne całkowite wielkości zmiennych decyzyjnych. Obszary zastosowań tego typu modeli to m.in. określenie planu inwestycyjnego, załadunek towarów do kontenerów, informatyzacja przedsiębiorstwa itd.

Stosunkowo liczną grupę modeli stanowią *modele ekonometryczne*. Są to konstrukcje formalne, przedstawiające za pomocą jednego równania lub układu równań zależność wyróżnionego zjawiska ekonomicznego od innych zjawisk je objaśniających. Celem budowy modelu może być poznanie związków występujących między rozważanymi zjawiskami w przeszłości – jest to cel analityczny. Może to być również określenie przyszłego przebiegu

wyróżnionego zjawiska – wyznaczenie przyszłej wartości zmiennej charakteryzującej to zjawisko. Mówi się wówczas o celu prognostycznym (Cieślak, 1993). Ogólną postać liniowego modelu ekonometrycznego można zapisać w postaci:

$$AY + BX = U, \quad (1)$$

gdzie:

Y – zmienne endogeniczne, określające czynniki leżące wewnątrz badanego obiektu i mogące

być kształtowane przez decydentów,

X – zmienne egzogeniczne, określające czynniki zewnętrzne, na które decydenci nie mają wpływu,

U – składnik losowy,

A i B – parametry modelu jedno- lub wielostrukturalnego, o różnorodnej zależności między poszczególnymi elementami modelu, uwzględniające element czasu, w których parametry modelu są uzyskiwane na drodze estymacji, z zastosowaniem wielu metod numerycznych.

Ekonometryczne metody umożliwiające badanie koniunktury są dzisiaj bardzo rozpowszechnionym narzędziem badania zmian aktywności gospodarczej. Modele mające za zadanie badanie koniunktury gospodarczej konstruuje się przeszło od pół wieku i nadal intensywnie prowadzi się studia i rozmaite badania. Służą one głównie do:

- wykrycia ilościowych związków między badanymi zmiennymi,
- badań zmian wartości zmiennych znajdujących się pod kontrolą decydenta, za pomocą których może on sterować systemem ekonomicznym opisywanym przez model,
- prognozy o zachowaniu się systemu jako całości lub poszczególnych parametrów w określonym horyzoncie czasu (Kisielnicki, 1993).

Szczególne znaczenie ma dynamiczny rozwój prognoz ostrzegawczych, których celem jest odpowiednio wczesne sygnalizowanie zmian w wybranych obszarach działalności gospodarczej, opisanych za pomocą szeregów czasowych (Siedlecka, 1996).

Jako ostatnia grupa wymieniane są *modele systemowe*, powstałe na bazie doświadczeń metod analizy i badań systemowych. Jak uważa H.Simon, podejście systemowe jest bardziej zbiorem podstaw i „szkieletem” konstrukcyjnym, niż w pełni sprecyzowaną teorią (Simon, 1982). Wyjątkowa przydatność modelowania systemowego do analizy systemów i ich procesów wynika stąd, że przedmiotem szczególnej uwagi są tu relacje zachodzące w systemie. Relacje te mają charakter sprzężeń zwrotnych i zmieniają się dynamicznie według różnych kryteriów. Inną cechą charakterystyczną

jest to, że modele systemowe wymagają stosunkowo małych zasobów informacyjnych na wejściu, natomiast generują bardzo wiele różnorodnych informacji na wyjściu.

Spośród różnych metod rozwiązywania problemów zawartych w modelach systemowych, warto wymienić dwie zasadnicze grupy: programowanie heurystyczne i symulacje komputerowe. Ich rozwój jest ściśle związany z możliwościami nowoczesnej technologii informacyjnej.

Metody heurystyczne określane są jako metody twórczego rozwiązywania problemów, a pojęciu heurystyka (gr. *heurisko* – znajduję, odkrywam) przypisuje się umiejętność wykrywania nowych faktów i relacji między nimi oraz dochodzenia w ten sposób do nowych prawd. Szczególną rolę odgrywa tu myślenie intuicyjne (Cieślak, 1993). Każdą heurystykę można przedstawić w postaci zdania warunkowego: „*jeżeli zajdzie warunek W, to należy podjąć działanie D*”. Ten sposób postępowania znajduje zastosowanie m.in. w programowaniu komputerów czy tworzeniu tzw. sztucznej inteligencji.

Popularnym przykładem zastosowania modelowania symulacyjnego jest tzw. model dynamiki systemów, stosowany na zlecenie Klubu Rzymskiego przy konstruowaniu pierwszego komputerowego modelu świata, znanego jako „dynamika światowa” (Forrester, 1966). Modele te mogą być stosowane m.in. do badania i analizy rozwoju nowych produktów czy analizy jakości produkcji. Przede wszystkim jednak, do badania zachowań tzw. systemów socjalnych (np. organizacji politycznych i społecznych) i do badania dynamiki rozwoju społeczeństwa. W sposób szczególny zatem mogą okazać się przydatne w doskonaleniu systemów informacyjno-decyzyjnych, zwłaszcza w skali makro.

5. Wielokryterialny model systemu informacyjnego zarządzania

W toku odwzorowywania danej rzeczywistości, niezależnie od przyjętego podejścia, wyróżnia się kilka zasadniczych wymiarów opisu:

- a) wymiar fizyczny i strukturalny:
 - atrybuty określające typy obiektów, stopień ich strukturalizacji i ilościowe miary wartości,
 - cechy strukturalizowanego obiektu (systemu) i jego procesów.
- b) wymiar przestrzenny i czasowy:
 - aspekty przestrzenne w komunikacyjnym ujęciu podmiotów procesu (nadawcy i odbiorcy informacji),
 - aspekty charakteru zachowań w danych momentach czy przedziałach czasu (determinizm, stochastyczność) oraz cechy dynamiczne wejść i wyjść (periodyczność, aperiodyczność).

- c) wymiar funkcjonalny i procesowy:
 - rodzaj, cel i sposoby działania,
 - aspekty technologiczne z punktu widzenia rodzaju występujących procesów.
- d) wymiar informacyjny i systemowy:
 - aspekty logiczne strukturalizacji, poziomy logicznej dekompozycji i transformacji opisów,
 - aspekty informacyjne (Bazewicz, 1993).

Uwzględnienie różnych wymiarów opisywanej rzeczywistości prowadzi do koncepcji wielokryterialności w modelowaniu. Jedną z ciekawszych propozycji metodologicznych w modelowaniu systemów zarządzania opiera się na systematyce zaproponowanej przez J. Kisielnickiego (Hall, Mosevich, 1988). Zgodnie z tym podejściem, każdy model stosowany w procesie zarządzania powinien odpowiadać zbiorowi odpowiednich kryteriów, które stanowią zbiór jego cech charakterystycznych. Kryteria te pozwalają na zapisanie dowolnego modelu w postaci:

$$M = \{J, P, S, K, Z, C, M, I, T, D, F, Y\} \quad (2)$$

gdzie:

M – model,

J – język opisu modelu; wyróżnia się modele *opisowe*, *formalne*, *mieszane*,

P – postać modelu; modele *bilansowe*, *optymalizacyjne*, *ekonometryczne*, *systemowe*,

S – wielorakość decyzji; modele *jednostrukturalne*, dające decyzje jednostkowe (np. moment kupna akcji), modele *wielostrukturalne*, rekomendujące pewien kompleks decyzji,

K – zapis funkcji kryterialnej; modele *jednokryterialne*, *wielokryterialne*, *bezkryterialne*,

Z – sposób prezentacji zmiennych decyzyjnych i zależności między nimi; modele *dyskretne*, *liniowe*, *nieliniowe*, *mieszane*,

C – element czasu; modele *statyczne*, *dynamiczne*,

M – metody rozwiązania; *programowanie liniowe*, *programowanie nieliniowe*, *symulacje*, *heurystyki*, *metody graficzne*,

I – charakter informacji o parametrach zawartych w modelu; informacja *deterministyczna, probabilistyczna, statystyczna, strategiczna*,

T – środki techniczne niezbędne do rozwiązania problemu przedstawionego w modelu; w większości przypadków *komputer wraz z odpowiednim oprogramowaniem*,

D – dziedzina; np. *inwestycje, budownictwo, transport itd.*,

F – formuła zarządzania; *rynkowa, parametryczna, administracyjno-nakazowa*.

Y – formalna prezentacja; modele *matematyczne, graficzne*.

Korzystając z tak określonych kryteriów i analizując modele stosowane w praktyce, J.Kisielnicki stwierdza, że nie istnieją gotowe rozwiązania, ale w każdym przypadku należy zaprojektować model, odpowiadający konkretnym wymaganiom użytkownika.

6. Zakończenie

Konstrukcja odpowiedniego modelu jest podstawą działań tworzących dany system informacyjny. W zależności od potrzeb i zakładanych celów zarówno identyfikacja, jak i analiza systemu, może opierać się na podejściu preskryptywnym, jak i deskryptywnym. Wydaje się, że szczególne możliwości tkwią w podejściu oddolnym, deskryptywnym, z uwagi na możliwość analizy struktury systemu, jego związków z otoczeniem, a przede wszystkim procesów zachodzących w systemie.

Pośród wielu konkretnych metod modelowania szczególną uwagę należy zwrócić na metodę systemową. Wynika to z faktu, że przedmiotem analizy jest tu przede wszystkim dynamika relacji zachodzących w układzie. Jedną z zasadniczych metod stosowanych w podejściu systemowym – heurystyka, określana jest jako sposób twórczego, niejednokrotnie intuicyjnego rozwiązywania problemów. Takie postępowanie zazwyczaj okazuje się przydatne w przypadku rozwiązywania problemów zarządzania o słabej strukturalizacji, przy niedeterministycznych sytuacjach decyzyjnych, co na ogół determinuje wybór sposobu modelowania dla potrzeb strategicznego poziomu zarządzania.

Literatura

- Bazewicz, M. (1993) Wstęp do systemów informatycznych i reprezentacji wiedzy. Politechnika Wrocławska, Wrocław.
- Cieślak, M. (red.) (1993) Prognozowanie gospodarcze. Akademia Ekonomiczna, Wrocław.
- Forrester, J.W. (1966) Industrial Dynamics. *MIT Press*, Cambridge.

- Hall, V.J., Mosevich J.W. (1988) *Information Systems Analysis. Prentice Hall Canada Inc.*, Scarborough.
- Kisielnicki, J. (1993) *Informatyczna infrastruktura zarządzania*. PWN, Warszawa.
- Klar, A. (1990) *Komputerowe wspomaganie dydaktyki. Modele, metody, zastosowania*. Akademia Ekonomiczna, Wrocław.
- Siedlecka, U. (1996) *Prognozowanie ostrzegawcze w gospodarce*. PWE, Warszawa.
- Simon, H.A. (1982) *Podjmowanie decyzji kierowniczych. Nowe nurty*. PWE, Warszawa.

ISSN 0208-8029
ISBN 83-85847-53-7

**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**