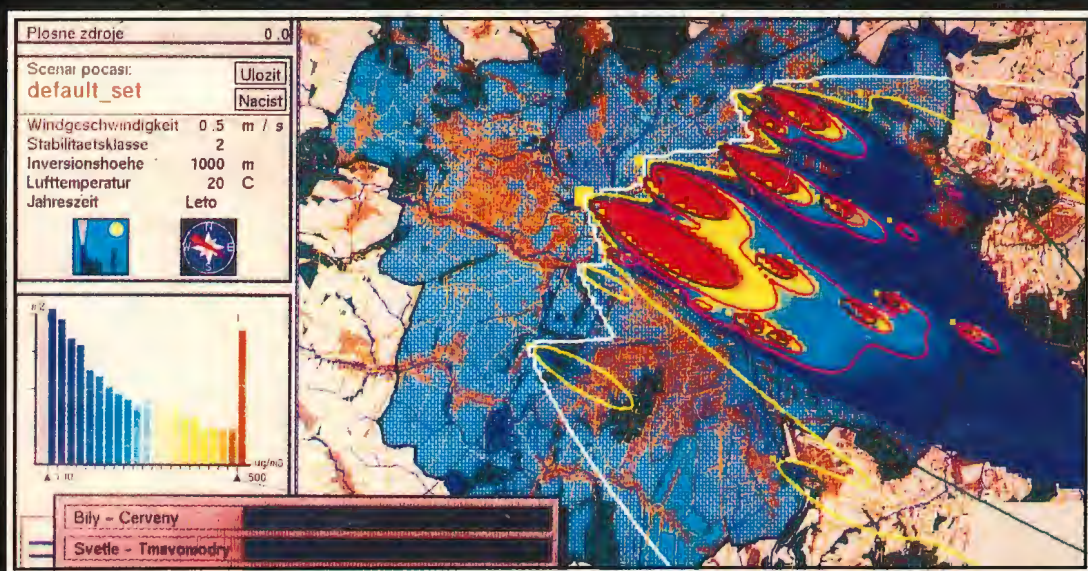


* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSC * DEMOGRAFIA * PRZEKSZTALCENIA
GOSPODARCZE * SRODOWISKO * LASY * ENERGETYKA *
ZASOBY WODNE * METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*

Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*
Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

Warszawa, grudzień 1993

Niniejsza publikacja została wydana dzięki dofinansowaniu
przyznanemu przez Komitet Badań Naukowych

© Polska Akademia Nauk

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1

Na okładce wykorzystano fragment postaci ekranu z jednego
z systemów oprogramowania przeznaczonych do celów
przestrzennej analizy środowiskowej, opracowanego w ramach projektu
IIASA - ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAN KOMPUTEROWYCH
we współpracy z zespołem z IBS PAN w składzie:
P.Holnicki, A.Katuszko i A.Żochowski.

42859

Skład i opracowanie tekstu:
Dział Wydawniczy Instytutu Badań Systemowych PAN

Druk i oprawa: ZWP SYNPRESS, Łomianki, ul. Łąkowa 17
tel./fax 511-745

PROJEKT MDA: METODY ANALIZY DECYZJI

Marek Makowski

*Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów
Laxenburg, Austria*

1. Wprowadzenie

Podjęcie decyzji jest jedną z najbardziej złożonych działalności człowieka. W najważniejszych sytuacjach decyzyjnych niezbędne jest uwzględnienie wielu konkurencyjnych i sprzecznych kryteriów oceny skutków decyzji. Sama zaś ocena jakości i skutków realizacji różnych decyzji wymaga analizy skomplikowanych relacji między wieloma zmiennymi i wskaźnikami jakości, za pomocą których ocenia się skutki decyzji. Taka analiza wymaga zwykle przetworzenia znacznej liczby danych i logicznych relacji, co w praktyce oznacza konieczność sformułowania i rozwiązania zadania programowania matematycznego. Często się zdarza, że decyzje muszą być podejmowane bez wystarczającej podstawy informacyjnej, w obliczu istotnej niepewności, co także powinno być wzięte pod uwagę.

Tendencją typową dla obecnych czasów jest branie pod uwagę coraz to szerszego wachlarza różnych aspektów przy podejmowaniu decyzji. Oznacza to, że podejmowanie decyzji musi być dokonywane w sposób dobrze zorganizowany na podstawie odpowiednio przetworzonej informacji. Znaczna część tej informacji powinna zawierać kompleksową ocenę różnych skutków realizacji różnych wariantów decyzji. Jednym ze sposobów wspomaganiania decydentów w procesie racjonalnego podejmowania decyzji jest dostarczenie im narzędzi komputerowych pomagających zarówno oceniać

różne warianty decyzji, jak i sugerujących decyzje, których realizacja może zapewnić osiągnięcie celów i spełnienie warunków wyspecyfikowanych przez decydenta. Takimi celami mogą być na przykład minimalizacja kosztów czy osiągnięcie zadanych norm jakości środowiska, przy spełnieniu ograniczeń wynikających z dostępnych zasobów, technologii lub konieczności przestrzegania pewnych normatywów.

Komputerowe narzędzia spełniające powyższe wymagania znane są jako systemy wspomaganie podejmowania decyzji (angielski skrót DSS - od Decision Support Systems). Systemom tym poświęca się wiele prac naukowych i znajdują one zastosowanie w bardzo różnych sytuacjach w wielu dziedzinach, między innymi w zarządzaniu, negocjacjach, technice i medycynie. Sytuacje te obejmują podejmowanie decyzji strategicznych co do przyszłości firmy, planowanie strategiczne i operacyjne w zakresie ochrony środowiska, operacyjne zarządzanie zasobami wodnymi, czy rozwiązywanie zagadnień projektowania inżynierskiego. DSSy, które służą do tak różnych celów mają oczywiście bardzo różne cechy. Częste nieporozumienia wynikają z faktu, że podobne lub wręcz identyczne DSSy są w językach różnych środowisk naukowych różnie nazywane, jak na przykład: Systemy Informacyjne Kierownictwa - SIK (angielska nazwa: Management Information Systems, MIS), Strategiczne Systemy Informacyjne - SSI (angielska nazwa: Strategic Information Systems, SIS), Systemy Ekspertkie - SE (angielska nazwa: Expert Systems), czy też Inteligentne Systemy Wspomaganie Decyzji (angielska nazwa: Intelligent Decision Support Systems). Z drugiej zaś strony pojęcie DSS jest często używane do opisywania bardzo różnych metod i/lub narzędzi. Chociaż metody stosowane w systemach wspomaganie decyzji są dość zaawansowane, wiele zagadnień związanych z poszczególnymi aspektami teoretycznymi i metodycznymi wymaga jeszcze dalszych badań.

2. Cele badawcze w projekcie MDA

Projekt metod analizy decyzji (angielski skrót: MDA - Methodology of Decision Analysis) jest zorientowany na zastosowania i skupia się na wspomaganym komputerowo podejmowaniu decyzji, a więc na metodach, oprogramowaniu i zastosowaniach systemów wspomaganie podejmowania decyzji. Działalność w ramach projektu MDA koncentruje się przede wszystkim na metodach i oprogramowaniu dla budowy i interakcyjnej analizy modeli reprezentujących typowe problemy decyzyjne, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań optymalizacji wielokryterialnej do

wspomagania procesu podejmowania decyzji. Projekt MDA współpracuje ściśle z innymi projektami IIASA, związanymi z nowoczesnymi zastosowaniami metod numerycznych przy rozwiązywaniu zagadnień stawianych w tych projektach.

Bardzo ważnym zagadnieniem jest metodyka i realizacja komputerowa systemów wspomagania decyzji. Typowy DSS składa się z modularnego oprogramowania, którego poszczególne (współpracujące ze sobą) elementy realizują zasadnicze funkcje systemu, a mianowicie:

- "interface" użytkownika,
- baza danych (typowe funkcje tradycyjnych programów zapewniających przechowywanie, modyfikowanie i przetwarzanie danych),
- generator modelu matematycznego, który odpowiada danej sytuacji decyzyjnej,
- oprogramowanie umożliwiające diagnostykę, rozwiązywanie i interpretację rozwiązania dla danej klasy problemów programowania matematycznego.

Aby stworzyć rzeczywisty DSS, trzeba mieć doświadczenie i narzędzia do implementacji wszystkich tych modułów. Celem projektu MDA jest więc nie tylko postęp w dziedzinie teorii i metodologii analizy decyzji, ale także przekształcenie ich w użyteczne narzędzia przeznaczone do rozwiązywania konkretnych zadań. Ważnym składnikiem tego celu jest opracowywanie metod i przykładów oprogramowania, które byłyby przyjazne użytkownikowi ("user-friendly") i odporne na nieuniknione błędy użytkowników. Praca w projekcie wymaga współpracy naukowców reprezentujących różne dziedziny wiedzy i umiejętności. Aby podołać takiemu zadaniu, trzeba stworzyć międzynarodową sieć współpracujących instytucji. Największa część pracy do chwili obecnej została wykonana w ramach tej sieci, w szczególności we współpracy z kolegami z Bułgarii, Holandii, Japonii, Niemiec, Polski, Ukrainy i Włoch.

Jakkolwiek projekt MDA istnieje oficjalnie od zaledwie kilku lat, prace tego typu odgrywały znaczną rolę w IIASA od początku istnienia Instytutu. Istotnym fragmentem tych prac było łączenie badań teoretycznych i metodycznych z zastosowaniami w konkretnych problemach. Efektem tego było przekształcenie istniejących teorii i metodyk w narzędzia użyte-

czne do rozwiązywania rzeczywistych zagadnień oraz stymulacja rozwoju metodyki DSSów. Jak dotąd, wiele projektów w IIASA było zorientowanych na podejmowanie decyzji. To dostarcza dodatkowych okazji do zastosowań i rozwoju teorii. Wspomnijmy tylko kilka przykładów (bardziej kompletny wykaz zastosowań można znaleźć w raportach: Makowski (1991a,b)) programów i projektów realizowanych w IIASA w przeszłości i obecnie: program żywności i rolnictwa, program energetyczny, zintegrowany rozwój regionalny, projekt zintegrowanych i skomputeryzowanych systemów produkcyjnych, projekt transgranicznych przepływów zanieczyszczeń powietrza oraz projekt zasobów wodnych.

3. Prace w dziedzinie metod

W tym punkcie zostaną omówione w sposób skrótowy wybrane prace o charakterze metodycznym prowadzone w projekcie MDA w ciągu ostatnich kilku lat (z wyjątkiem prac dotyczących oprogramowania oraz prac zrealizowanych przez kolegów z Polski, które zostaną przedstawione w punkcie następnym). Wymienione tutaj prace były prowadzone we współpracy z instytucjami w krajach członkowskich IIASA.

Możliwości zastosowania sieci neuronowych jako elementów systemów wspomagania decyzji były badane wspólnie z kolegami z Holandii. Wstępne wyniki prac zostały opublikowane niedawno. Niektóre dalsze publikacje na ten temat ukażą się jeszcze w międzynarodowych czasopiśmie naukowych w najbliższym czasie. Osiągnięte wyniki pokazują, że celowe byłoby kontynuowanie badań w tym kierunku, zwłaszcza badań dotyczących sytuacji o skomplikowanych i słabo zrozumianych procesach stanowiących podłoże podejmowanych decyzji, jak na przykład w zagadnieniach ochrony środowiska. Kontynuacją prac w tej tematyce będzie bardziej intensywna (od stycznia 1994 r.) współpraca z badaczami z Japonii dotycząca modeli opracowywanych w Instytucie Badań Środowiska w Japonii.

Inną dziedziną prac jest sporządzanie narzędzi do specyfikacji zagadnień podejmowania decyzji. Uzasadnieniem tych prac jest następująca obserwacja: takie modelowanie rzeczywistych procesów, by modele mogły być oceniane w sprawny sposób, jest zazwyczaj dość skomplikowane. Opracowuje się więc narzędzia do specyfikacji, które pozwalają ekspertowi z danej dziedziny opisywać rzeczywiste procesy w języku zbliżonym do jego języka naturalnego, jednak wystarczająco formalnym, by stanowić dobrą bazę albo do bezpośredniej oceny, albo do automatycznego uprasz-

czania modeli. Narzędzia takie zostały, na początek, opracowane do rozwiązywania problemów logistycznych. Mamy jednak nadzieję, że będą one także mogły być wykorzystane w międzynarodowym projekcie dotyczącym bezpieczeństwa transportu międzynarodowego, zaproponowanym przez rząd austriacki. Podobnie, mamy nadzieję, że zbliżone narzędzia będą mogły być opracowane dla procesów środowiskowych.

W telegraficznym skrócie omówimy kilka innych kierunków działania w różnych innych dziedzinach. Ograniczona, ale bardzo owocna działalność była prowadzona w dziedzinie teorii kolejek we współpracy z kolegami z Holandii. Wykazano, że niektóre modele kolejek mogą być rozwiązane w sposób bezpośredni i elegancki. Znaczącą pracą wymagającą kooperacji wewnątrz IIASA było badanie możliwości analizy wrażliwości i poszukiwania rozwiązań optymalnych dla systemów, których istotną cechą jest niepewność (ryzyko). Jeden z naukowców odwiedzających Instytut prowadził interesujące prace na temat roli intuicji w podejmowaniu decyzji i na temat gier jako środków edukacyjnych. Wyniki tych prac zostały przedstawione w kilku raportach. Praca nad integracją podejść opartych na bazach wiedzy i na modelach programowania matematycznego była ostatnio kontynuowana z niską intensywnością. Napisano na ten temat jeden raport wewnętrzny. We wszystkich przypadkach prowadzono współpracę z innymi projektami.

Rozważa się możliwość realizacji komputerowego wspomaganie procesów negocjacji, w których wykorzystuje się analizę modeli przez grupy decydentów mających odmienne cele. W 1992 r. sporządzono bardzo prosty prototyp. Mamy nadzieję, że takie wyposażenie nie tylko ułatwi dalsze badania i eksperymenty w ramach projektu MDA, ale również dostarczy okazji do współpracy z innymi projektami IIASA w zakresie zastosowań modelowania do tworzenia polityk i do negocjacji.

Seminaria robocze odgrywają ważną rolę w promowaniu dyskusji i nowych wyników, a także ewentualnych przyszłych tematów prac badawczych. Seminaria na temat "Teoria, oprogramowanie i zastosowania DSS" są corocznie organizowane w IIASA. Co dwa lata projekt MDA uczestniczy w organizowaniu seminariów roboczych w różnych krajach. Zbiory prac przedstawianych na tych seminariach zostały opublikowane w serii Springer'a "Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems" (Lewandowski, Starchev, 1989; Lewandowski, Volkovich, 1991; Korhonen, Lewandowski, Wallenius, 1991; Wessels, Wierzbicki, 1993).

4. Prace w zakresie oprogramowania

Jednym z zasadniczych problemów przy tworzeniu DSS dla rzeczywistych zastosowań jest łączenie prac z zakresu teorii, metod i oprogramowania. Prace w tym kierunku prowadzone są we współdziałaniu z zespołami naukowymi z różnych krajów i z projektami IIASA, którym potrzebne są elementy modułowego oprogramowania do rozwiązywania zadań programowania matematycznego. Najbardziej zaawansowane są prace w projekcie zatytułowanym "Teoria, oprogramowanie i przykłady testowe dla systemów wspomagających podejmowanie decyzji", prowadzonym przez zespół zorganizowany przez profesora Andrzeja Wierzbickiego w Polsce. Podstawowymi tematami tej pracy były: konwersja istniejącego i opracowanie nowego oprogramowania dla procesów wspomagania decyzji (odpornego, sprawnego i przyjaznego dla użytkownika) oraz dostarczenie przykładów rzeczywistych zastosowań, zarówno metod jak i oprogramowania. Książka podsumowująca teoretyczne i metodologiczne wyniki tej działalności została opublikowana przez Springera (Lewandowski, Wierzbicki, 1989). Oprogramowanie opracowane dla różnych klas problemów decyzyjnych jest udostępniane nieodpłatnie do niekomercyjnego użytku naukowego (dotychczas rozpowszechniono ponad 80 pakietów w 13 krajach). Opis dostępnego oprogramowania jest podany w raporcie IIASA: Makowski, Rogowski (1991).

W ostatnim okresie zintensyfikowano prace nad stworzeniem modularnych solverów (narzędzi do rozwiązywania) dla różnych typów zadań programowania matematycznego. Solwery takie zostały już zastosowane w oprogramowaniu stworzonym dla zagadnień będących przedmiotem prac innych projektów w IIASA. W celu łatwiejszego wykorzystania tych solverów jako elementu oprogramowania tworzonego przez inne zespoły rozpoczęto prace nad stworzeniem biblioteki MP-DIT (skrót od angielskiego terminu: Mathematical Programming Data Interchange Tool, tj. narzędzia wymiany danych dla programowania matematycznego). Prototyp biblioteki MP-DIT został już zastosowany we współpracy z dwoma projektami IIASA. Prace tego typu są kontynuowane.

Projekt MDA stara się też dostarczyć programistom możliwości dyskusji i wymiany doświadczeń. Jedną z form działalności o tym nastawieniu było "Międzynarodowe studium porównawcze systemów wspomagania decyzji", zaproponowane i zrealizowane przez komitet wykonawczy, zorganizowany przez prof. van Hee. Do tego studium wybrano jako przedmiot

dobrze zdefiniowany problem odpowiadający typowej sytuacji decyzyjnej (zagadnienie harmonogramowania z ograniczonymi zasobami). Każdy z uczestniczących zespołów opracował DSS dla tej klasy zagadnień i przedstawił jakiś problem rzeczywisty. Zgodnie z ustalonymi specyfikacjami, każdy DSS powinien być zdolny do rozwiązywania zagadnień dostarczonych przez inne zespoły. W studium wzięło udział osiem zespołów badawczych z pięciu krajów, w tym trzy zespoły z Polski. Planowane jest zorganizowanie podobnego studium dla problemów decyzyjnych, dla których właściwą reprezentacją matematyczną jest wielokryterialna optymalizacja liniowa.

5. Zakończenie

Jak wynika z powyższej krótkiej charakterystyki prac prowadzonych ostatnio w projekcie MDA, projekt ten jest zorientowany na szeroką współpracę zarówno z naukowcami z różnych instytucji krajów członkowskich IIASA, jak też z różnymi projektami w IIASA. Doświadczenie ostatnich kilku lat pokazuje, że łączenie prac teoretycznych z zastosowaniami przynosi efekty, których praktycznie nie możnaby uzyskać bez szerokiej współpracy międzynarodowej.

Jednym z efektów takich prac jest powstanie w Polsce kilkudziesięcioosobowej grupy naukowców, którzy nie tylko współpracują z różnymi projektami w IIASA, ale tworzą nieformalny zespół o dużej wiedzy i dorobku teoretycznym w zakresie twórczenia systemów wspomagania decyzji, a także dużym potencjale doświadczenia i umiejętności niezbędnych do rozwiązywania praktycznych problemów.

Literatura

- Aarts, E.H.L., J. Wessels, P.J. Zwietering (1993): The Applicability of Neural Nets for Decision Support. IIASA: WP-93-005.
- Aarts, E.H.L., P.J. Zwietering, J. Wessels (1992): Exact Classification with Two-Layered Perceptrons. IIASA: WP-92-049.
- Adan, I.J.B.F., W.A. van de Waarsenburg, J. Wessels (1992): Analysing Ek/Er/c Queues. IIASA: WP-92-047.
- Błażewicz, J., M. Drozdowski, B. Sorniewski, R. Walkowiak (1991): Two-Dimensional Cutting Problem. IIASA: CP-91-009.

- Czyżak, P., R. Słowiński (1991): FLIP - Multiobjective Fuzzy Linear Programming Package. IIASA: CP-91-008.
- Ermoliev, Y.M., S.P. Urjas'ev, J. Wessels (1992): On Optimization of Dynamical Material Flow Systems Using Simulation. IIASA: WP-92-076.
- Gondzio, J., M. Makowski (1993): Solving a Class of LP Problems with a Primal-Dual Logarithmic Barrier Method. IIASA: WP-93-002.
- Korhonen, P., A. Lewandowski, J. Wallenius (red.) (1991): Multiple Criteria Decision Support. IIASA: BK-91-005. Springer-Verlag, Berlin.
- Kreglewski, T., J. Granat, A.P. Wierzbicki (1991): IAC-DIDAS-N - A Dynamic Interactive Decision Analysis and Support System for Multicriteria Analysis of Nonlinear Models, v. 4.0. IIASA: CP-91-010.
- Lewandowski, A., I. Stanchev (red.) (1989): Methodology and Software for Interactive Decision Support. IIASA: BK-89-404. Springer-Verlag, Berlin.
- Lewandowski, A., V. Volkovich (red.) (1991): Multiobjective Problems of Mathematical Programming. IIASA-BK-91-002.. Springer-Verlag, Berlin.
- Lewandowski, A., A.P. Wierzbicki (red.) (1989): Aspiration Based Decision Support Systems. IIASA: BK-89-42. Springer-Verlag, Berlin.
- Makowski, M. (1991a): Guidelines for Software Development for Decision Support Systems. IIASA: WP-91-015.
- Makowski, M. (1991b): Selected Issues of Design and Implementation of Decision Support Systems. IIASA: WP-91-016.
- Makowski, M., T. Rogowski (1991): Short Software Descriptions. IIASA: WP-91-018.
- Ogryczak, W., K. Studziński, K. Zorychta (1991): DINAS - Dynamic Interactive Network Analysis System, v. 3.0. IIASA: CP-91-012.
- Parizek, P., T. Vasko (1991): Computer Aided Decision Support for Planning and Management of Research and Development. IIASA: WP-91-006.
- Rogowski, T., J. Sobczyk, A.P. Wierzbicki (1991): IAC-DIDAS-L - Dynamic Interactive Decision Analysis and Support System for Multicriteria Analysis of Linear Models. IIASA: CP-91-011.

- Sinko, P. (1992): Computable General Equilibrium Models in Economics: A Survey on Theoretical Foundations and Applications. IIASA: WP-92-026.
- Słowiński, R., B. Soniewski, J. Węglarz (1991): MPS - Decision Support System for Multiobjective Project Scheduling. IIASA: CP-91-007.
- Stam, A., M. Kuula (1991): Selecting a Flexible Manufacturing System using Multiple Criteria Analysis. International Journal of Production Research, Vol. 29, No. 4, ss. 803-820. IIASA: RR-91-020.
- Stam, A., M. Kuula, H. Cesar (1992): Transboundary Air Pollution in Europe: An Interactive Multicriteria Tradeoff Analysis. European Journal of Operational Research, 56 (2), ss. 263-277. IIASA: RR-93-004.
- Veliov, V. (1991): Best Approximations of Control/Uncertain Differential Systems by Means of Discrete-Time Systems. IIASA: WP-91-045.
- Virolainen, V.-M. (1991): Control Systems for Logistics Performance. IIASA: CP-91-003.
- Wessels, J., A.P. Wierzbicki (red.) (1993): User-Oriented Methodology and Techniques of Decision Analysis and Support. IIASA: BK-93-001. Springer-Verlag, Berlin.
- Wierzbicki, A.P. (1992): An Experimental Multi-Objective Game - "Humble Shall be Rewarded". Rules, Analysis and Preliminary Conclusions. IIASA: WP-92-081.
- Wierzbicki, A.P. (1992): Multi-Objective Modeling and Simulation for Decision Report. IIASA: WP-92-080.
- Wierzbicki, A.P. (1992): Multiple Criteria Games Theory and Applications. IIASA: WP-92-079.
- Wierzbicki, A.P. (1992): The Role of Intuition and Creativity in Decision Making. IIASA: WP-92-078.
- Wierzbicki, A.P., M. Makowski (1992): Multi-Objective Optimization in Negotiation Support. IIASA: WP-92-007.

IBS

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIE

42859A

WPROWADZENIE

Leszek Kuźnicki
Peter E. de Jánosi
Miroslaw Mossakowski
Jan Owskiński

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ

Nathan Keyfitz

DEMOGRAFIA

Christopher Prinz
Jerzy Z. Holzer

TRANSFORMACJA GOSPODARCZA

János Gács
Józef St. Zegar

ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE

Nebojša Nakićenović
Jacek Marecki
Janusz Cofała
Maciej Nowicki
Sten Nilsson
Andrzej Szujecki
Wojciech Galiński i Manfred Küppers
Laszlo Somlyódy
Zdzisław Kaczmarek

METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

Andrzej Ruszczyński
Marek Makowski
Andrzej P. Wierzbicki
Zdzisław Pawlak
Kurt Fedra i Elisabeth Weigkricht

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1