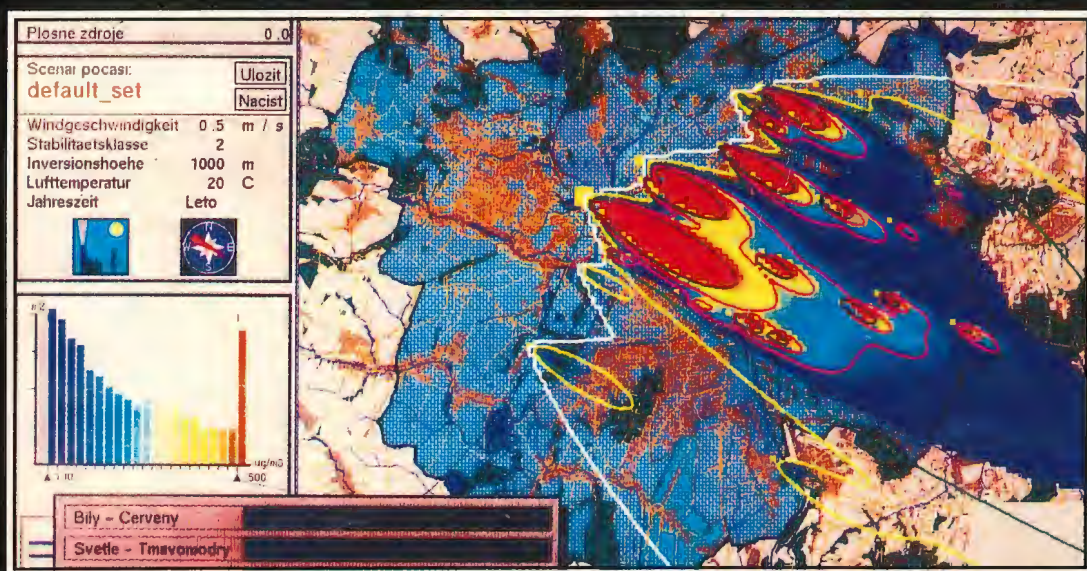


* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

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**

METODYKA ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAŃ KOMPUTEROWYCH

Zdzisław Pawlak
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Motto:

*"Kluczowym zagadnieniem naszych czasów
jest pytanie: jak działać w sposób
zdecydowany, jeśli brak jest pewności"*

Bertrand Russell

1. Wstęp

Chciałbym zaprezentować w tym artykule pewne ogólne uwagi dotyczące zaawansowanych zastosowań komputerowych, mając na względzie opinię Bertranda Russella, która została co prawda sformułowana na początku lat trzydziestych, a więc przed epoką komputerów, ale, jak się wydaje, najlepiej odzwierciedla współczesne tendencje w dziedzinie zaawansowanych zastosowań komputerowych.

Wygląda na to, że istnieją dwie zasadnicze kwestie, na które należałoby sobie odpowiedzieć w kontekście rozważań dotyczących obecnych zaawansowanych zastosowań komputerowych. Pierwsza z nich odnosi się do podejmowania decyzji w warunkach niepewności, druga zaś - do

możliwości obliczeniowych obecnych systemów komputerowych, a zwłaszcza obliczeń rozproszonych i równoległych.

Chciałbym podkreślić, że, według mojej opinii, aby móc rozwijać dalej zaawansowane zastosowania komputerowe, powinniśmy poświęcić odpowiednio wiele uwagi badaniom metodycznym w obu wspomnianych dziedzinach, to znaczy - podejmowaniu decyzji oraz niepewności z jednej strony, i obliczeń rozproszonych i równoległych z drugiej strony.

2. Systemy wspomagania podejmowania decyzji a niepewność

Komputerowe systemy wspomagania podejmowania decyzji zaczynają odgrywać bardzo ważną rolę we współczesnych rozwiniętych społeczeństwach i są bardzo potrzebne w prawie wszystkich dziedzinach życia społecznego: w przemyśle, zarządzaniu gospodarczym, administracji publicznej, wojsku, polityce, pracy naczelnych organów państwa i wielu innych. Jakkolwiek szereg takich systemów znalazł istotne zastosowania praktyczne, często pojawiają się pewne problemy podstawowe, głównie w związku z brakiem precyzyjnych danych potrzebnych do podejmowania decyzji.

Podejmowanie decyzji w sytuacji, gdy dane są niewyraźne i niepewne stanowi największe zagadnienie w tej dziedzinie, zaś nieprecyzyjne i niepewne dane są najoczywistszymi przeszkodami stojącymi przed potencjalnymi udanymi zastosowaniami komputerowymi we wspomaganiu procesów decyzyjnych.

Niepewność może zresztą odnosić się nie tylko do danych, ale także i do wniosków, to znaczy w ogóle do mechanizmów wnioskowania. W tym zakresie równie ważne są podejścia dedukcyjne (logiczne), jak i indukcyjne (probabilistyczne).

Jakkolwiek we współczesnej literaturze dotyczącej tego przedmiotu można znaleźć wiele różnych podejść teoretycznych, to ciągle pozostaje do rozwiązania cały szereg podstawowych zagadnień teoretycznych. Aby przezwyciężyć te problemy, konieczne jest prowadzenie odpowiednich badań podstawowych dotyczących podejmowania decyzji i niepewności.

W szczególności, same pojęcia nieprecyzyjności i niepewności nie są jeszcze ciągle dobrze zrozumiane. Przyczyną tego może być myśl sformułowana nie tak dawno temu przez słynnego filozofa nauki, Karla Poppera, a mianowicie, że

"Musimy rozróżnić *prawdę*, która jest *obiektywna*, od *pewności*, która jest *subiektywna*."

Oznacza to, że teoria prawdy, rozwijana przez A. Tarskiego, może być uważana za niekwestionowaną podstawę do rozumowania dedukcyjnego, podczas gdy wiele istniejących podejść matematycznych do rozumowania indukcyjnego nie może uzyskać podobnego statusu metodologicznego jak teoria Tarskiego, a zatem różne teorie niejasności i niepewności mogą współistnieć ze sobą, tak jak na przykład teoria prawdopodobieństwa, teoria ewidencji, teoria zbiorów rozmytych, teoria zbiorów przybliżonych i inne.

3. Obliczenia rozproszone i równoległe

Innymi zagadnieniami, którymi należy się zająć w kontekście zaawansowanych zastosowań komputerowych, są zagadnienia odnoszące się do środków technicznych, jakie używane są w tym zakresie. Oznacza to, że powinniśmy odpowiedzieć na pytanie czy obecny sprzęt komputerowy stanowi najlepszy zestaw narzędzi do realizacji algorytmów wspomagania decyzji w warunkach niepewnych danych. Istnieje szeroko rozpowszechniony pogląd, że tak nie jest.

Musimy tutaj wspomnieć o przynajmniej dwóch kwestiach. Po pierwsze, podejmowanie decyzji zazwyczaj wymaga uzyskiwania danych z różnych źródeł, co prowadzi do obliczeń rozproszonych. Jakkolwiek wiele się na tym polu robi, to jednak ciągle jeszcze sporo ważnych problemów pozostaje do rozwiązania, na przykład w zakresie rozproszonych baz danych, właściwych języków programowania itp. Po drugie, w celu przyspieszenia procesów podejmowania decyzji często trzeba się uciekać do obliczeń równoległych. Rzecz polega na tym, że obliczenia równoległe są jeszcze na bardzo wczesnym etapie rozwoju. Stwierdzenie takie może się wydawać nieuzasadnione, ponieważ jest już w użyciu wiele komputerów, w których setki procesorów pracują równoległe, ale mimo to w istocie algorytmy równoległe, języki programowania do pracy równoległej, a nawet sama idea algorytmów równoległych nie jest do końca zrozumiana w sposób jednoznaczny i jasny. Należy przy tym jednak być świadomym, że masowe wprowadzanie i użytkowanie równoległych architektur komputerowych i obliczeń wykonywanych przez te architektury utoruje drogę ku lepszemu zrozumieniu i wykorzystaniu komputerów w podejmowaniu decyzji.

Dwa podstawowe zagadnienia o charakterze metodycznym wydają się tutaj najbardziej warte uwagi.

Pierwszym z nich jest definicja i teoria algorytmów równoległych, która - w przeciwieństwie do teorii algorytmów sekwencyjnych - nie została jeszcze opracowana, jakkolwiek niektóre modele równoległych działań, na przykład sieci Petriego, stały się przedmiotem zainteresowania wielu naukowców i powinny być głębiej przebadane. Uznaje się jednak, na ogół, że brak ogólnej teorii algorytmów równoległych może być poważną przeszkodą przy opracowywaniu praktycznych systemów obliczeń równoległych w przyszłości.

Drugie zagadnienie odnosi się do analizy istniejących klas algorytmów równoległych, a zwłaszcza ich złożoności. Wiele ważnych wyników zostało osiągniętych już w tym zakresie, ale dziedzina ta będzie się jeszcze rozwijała, w miarę jak będzie rosła liczba zastosowań oraz nowych elementów sprzętu i oprogramowania.

Wydaje się, że poza istniejącymi strukturami komputerowymi, należy rozważyć i inne teoretyczne koncepcje prowadzenia obliczeń. Jednym z ewentualnych kandydatów do rozważenia w tej szeroko rozumianej dziedzinie wydają się mianowicie komputery działające nie tylko w oparciu o instrukcje arytmetyczne i logiczne, ale także i o reguły decyzyjne, pojęte jako podstawowe jednostki obliczeniowe. Powinniśmy rozważyć także algorytmy oparte na idei sieci neuronowych i algorytmy genetyczne jako możliwe rozwiązania zagadnienia wspomaganie komputerowego w podejmowaniu decyzji. Być może jednak komputerowe wspomaganie decyzji wymaga zupełnie nowego paradygmatu obliczeniowego.

4. Wkład naukowców polskich

W Polsce prowadzi się również intensywne prace naukowe w wymienionych tutaj dziedzinach.

Wyniki osiągnięte w zakresie teorii wspomaganie decyzji uzyskały międzynarodowe uznanie. Roman Słowiński i Andrzej Wierzbicki są głównymi postaciami w tej dziedzinie, autorami najistotniejszych wyników dotyczących metodyki podejmowania decyzji wielokryterialnych, w szczególności w warunkach niepewności i niedokładności.

Podobnie i teoria rozumowania w warunkach niedokładności i konieczności stosowania przybliżeń stała się przedmiotem zainteresowań na-

ukowców polskich. Wyniki dotyczące rozumowania przybliżonego osiągnięte przez Helenę Rasiową, Andrzeja Skowrona, Ewę Orłowską i Cecylię Rauszer mają wielkie znaczenie dla rozwoju systemów wspomagania podejmowania decyzji. Poza tym, istotne bardzo dla rozwoju tych systemów są liczne prace Janusza Kacprzyka z zakresu zastosowań teorii zbiorów rozmytych.

Istnieje w Polsce grupa naukowców, którzy są bardzo głęboko zaangażowani w pracę nad różnymi aspektami obliczeń rozproszonych i równoległych. I tak na przykład Jacek Mościński, Andrzej Ruszczyński i Andrzej Wierzbicki są czołowymi przedstawicielami tych naukowców, którzy pracują nad "urównoległowieniem" algorytmów dla sieci stacji roboczych. Inna z kolei grupa ma znaczne osiągnięcia na polu matematycznych podstaw pracy równoległej. Czołowym przedstawicielem tej grupy są Antoni Mazurkiewicz i Józef Winkowski. Bardzo mocna grupa pracuje w dziedzinie harmonogramowania w systemach równoległych. W grupie tej należałoby wymienić Jacka Błażewicza i Jana Węglarza.

5. Uwagi końcowe

- i. Wydaje się, że dalszy rozwój zaawansowanych zastosowań komputerów wymaga nie tylko inspirujących przykładów zastosowań praktycznych, ale także badań podstawowych w zakresie teorii podejmowania decyzji, teorii niepewności i nieprecyzyjności, jak również obliczeń równoległych i rozproszonych.
- ii. IIASA, ze swoją tradycją badań w zakresie analizy decyzyjnej i wspomagania podejmowania decyzji, wraz z różnorodnymi przykładami zastosowań, mogłaby uznać za odpowiednio interesujące podjęcie się powiązania tych wyników ze współczesnymi tendencjami w technologii komputerowej.
- iii. Szczególna waga powinna w tej dziedzinie być przywiązywana do metod stosowanych w przypadkach danych nieprecyzyjnych i niejasnych oraz rozumowania przybliżonego. Zastosowanie logiki przybliżonej, teorii prawdopodobieństwa, teorii dowodów Dempstera-Shafera, teorii zbiorów rozmytych oraz zbiorów przybliżonych może okazać się kluczowym dla dalszych zastosowań praktycznych.
- iv. Polska jest zainteresowana intensyfikacją istniejącej już współpracy z IIASA we wspomnianych dziedzinach.

Literatura

- Ballmer, T, i M. Pinkal (red.) (1983): *Approaching Vagueness*. North-Holland Linguistic Series. Amsterdam, New York, Oxford.
- Black, M. (1937): *Vagueness*. *The Philosophy of Sciences*, ss. 427-455.
- Black, M. (1963): *Reasoning with Loose Concepts*. *Dialog*, 2, ss. 1-12.
- Błażewicz, J., K. Ecker, G. Schmidt i J. Węglarz (1993): *Scheduling in Computer and Manufacturing Systems*. Springer Verlag, Berlin.
- Kacprzyk, J. i L.A. Zadeh (red.) (1992): *Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty*. Wiley, New York.
- Kacprzyk, J., R.R. Yager i M. Fedrizzi (red.) (1993): *Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence*. Wiley, New York.
- Kohl, M. (1969): *Bertrand Russel on Vagueness*. *Australian Journal of Philosophy*, 147, ss. 31-41.
- Lewandowski, A. i A.P. Wierzbicki (red.) (1989): *Ashiration Based Decision Support Systems*. Springer Verlag.
- Mazurkiewicz, A. (1986): *Complete Processes and Inevitability*. Report 86-06, University of Leiden, Holandia.
- Mazurkiewicz, A., E. Ochmański i W. Penczek (1986): *Concurrent Systems and Inevitability*. TCS.
- Orłowska, E. (1993): *Semantics of Vague Concepts*. W: Dorn, G., P. Weingartner (red.) *Foundations of Logic and Linguistics. Problems and Solutions*. Selected contributions to the 7th Int. Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science. Plenum Press, Salzburg, ss. 93-102.
- Orłowska, E. (1989): *Logic for Reasoning about Knowledge*. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, 35, ss. 559-572.
- Pawlak, Z. (1991): *Rough Sets - Theoretical Aspects of Reasoning about Data*. Kluwer Academic Publishers.
- Rasiowa, H. (1987): *Logic of Approximation Reasoning*. W: Proc. 1st Workshop Computer Science Logic, Karlsruhe. *Lecture Notes in Computer Science* 329, ss. 188-210.

- Rasiowa, H. (1990): On Approximate Logics: A survey. Jahrbuch der Kurt Godel Gesellschaft, Wien, ss. 63-87.
- Rasiowa, H. i A. Skowron (1985): Rough Concepts Logic. W: Proc. of the 5th Symp. on Computation Theory, Zaborów, December 3-8, 1984. Lecture Notes in Science 208. Springer Verlag, ss. 288-297.
- Rauszer, C. (1991): Logic for Information Systems. Fundamenta Informaticae, tom XVI, nr 3-4, ss. 371-382.
- Rauszer, C. (1992): Rough Logic for Multi Agent Systems, (w druku). W: Proceedings of the Conference Logic at Work, Amsterdam.
- Russel, B. (1923): Vagueness. Australian Journal of Philosophy, 1, ss. 84-92.
- Russel, B. (1950): An Inquiry into Meaning and Truth. George Allen and Unwin, London.
- Skowron, A. (1989): The Relationship between Rough Set Theory and Evidence Theory. Bull. Polish Acad. Sci. Math., 37, ss. 87-90.
- Słowiński, R. (red.) (1992): Intelligent Decision Support - Handbook of Applications and Advances of the Rough Set Theory. Kluwer Academic Publishers.
- Słowiński, R. i J. Teghem (1988): Fuzzy Versus Stochastic Approaches to Multicriteria Linear Programming under Uncertainty. Naval Research Logistics, 35, ss. 673-695.
- Węglarz, J. (1981): Sterowanie w systemach typu kompleks operacji. PWN, Warszawa.
- Węglarz, J. (1983): On Some Discrete-Continuous Scheduling Problems. Mat. konf. nauk. polsko-włosko-fińskiej, Radziejowice, październik 1993. IBS PAN (w przygotowaniu).
- Wierzbicki, A. (1986): On the Completeness and Constructiveness of Parametric Characterizations to Vector Optimization Problems. OR-Spektrum, Vol. 8, ss. 73-87.
- Zadeh, L. (1965): Fuzzy Sets. Information and Control, 8, ss. 338-353.

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