

Redaktorzy:
A. Straszak
Z. Nahorski
J. Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



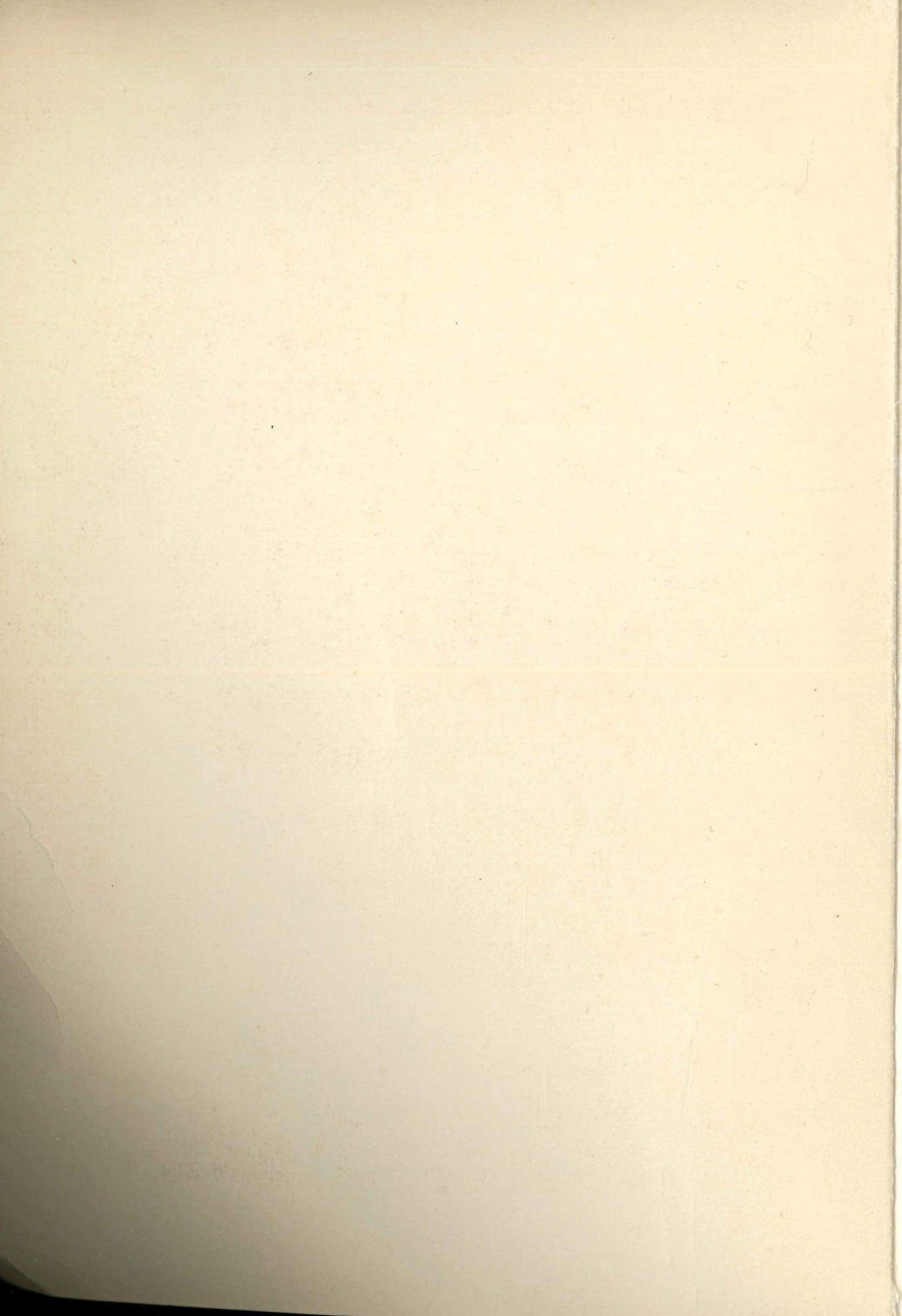
**1. Krajowa Konferencja
Badań Operacyjnych
i Systemowych**

TOM 2

BOS'88

**POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ
OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH**

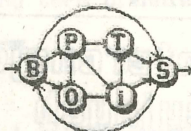
**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**



POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

Tom 2

WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI
MODELE I SYSTEMY



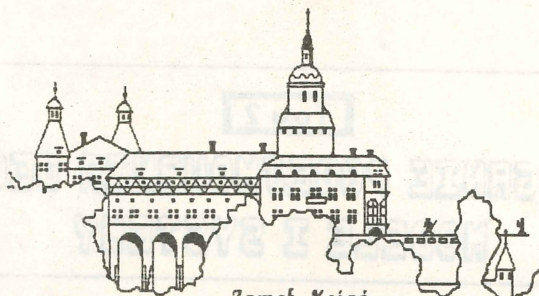
I KRAJOWA KONFERENCJA
BADAŃ
OPERACYJNYCH
i
SYSTEMOWYCH

Książ, 13 - 17 czerwca 1988

BO'S'88

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1989
WARSZAWA



Zamek Książ

I Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Organizator konferencji

Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
przy współpracy
Instytutu Badań Systemowych PAN

Komitet naukowy konferencji

Jerzy Hołubiec, Andrzej Kałużko, Jerzy Kisielnicki, Henryk Kowalowski,
Roman Kulikowski, Franciszek Marecki, Zbigniew Nahorski,
Stanisław Piasecki, Jarosław Sikorski, Jan Stachowicz, Jan Stasiński,
Andrzej Straszak, Maciej Sysło, Władysław Świątalski

Redaktorzy naukowe materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

konf. 41284/II

1.6

6. Formalizacja modeli decyzyjnych

Formalizacja modeli decyzyjnych jest procesem, w którym model decyzyjny jest przekształcany w formę, która może być przetwarzana przez komputer. W tym celu model musi być opisany w sposób precyzyjny i jednoznaczny. Formalizacja umożliwia analizę i optymalizację decyzji w sposób systematyczny i obiektywny.

W ramach formalizacji modelu decyzyjnego należy przede wszystkim zdefiniować zbiór możliwych decyzji, zbiór możliwych stanów świata oraz funkcję celu, którą chcemy maksymalizować lub minimalizować. Kolejnym krokiem jest określenie relacji przyczynowo-skutkowych między decyzjami a stanami świata oraz między stanami świata a wartością funkcji celu.

Formalizacja modelu decyzyjnego może być przeprowadzona na różne sposoby, w zależności od rodzaju problemu decyzyjnego. W niektórych przypadkach wystarczy opisać model w formie tabeli lub drzewa decyzyjnego. W innych przypadkach konieczne jest użycie bardziej zaawansowanych narzędzi matematycznych, takich jak programowanie liniowe, programowanie nieliniowe lub teoria gier.

Formalizacja modelu decyzyjnego jest ważnym etapem w procesie podejmowania decyzji. Dzięki formalizacji możemy lepiej zrozumieć strukturę problemu decyzyjnego, znaleźć optymalną decyzję oraz przeanalizować wrażliwość rozwiązania na zmiany danych wejściowych.

6.4

I Krajowa Konferencja
Badań Operacyjnych i Systemowych
Miej. 13 - 17 czerwca 1982r.

WYBRANE PROBLEMY KONSTRUKCJI MODUŁU WNIOSKOWANIA SYSTEMÓW EKSPERTOWYCH

Andrzej Wiśniewski

Akademia Spraw Wewnętrznych

ul. Ksawerów 13

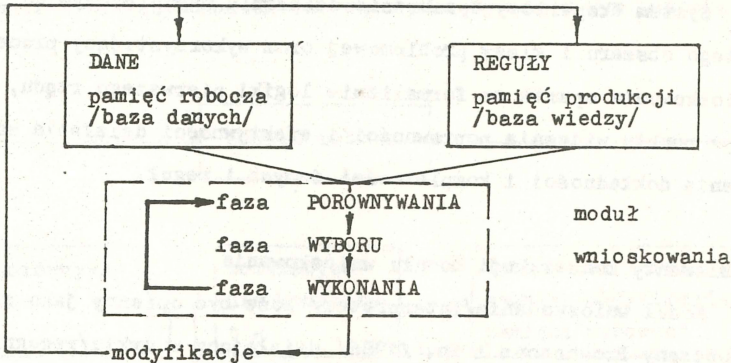
02-656 Warszawa

W artykule opisano funkcjonowanie modułu wnioskowania systemu ekspertowego opartego na modelu systemu produkcji. Architektura modułu wnioskowania jest zwykle determinowana przyjętą klasą rozwiązywanych problemów, strategią ich rozwiązywania oraz poziomem oczekiwanej efektywności. W obszarze wykorzystywanej strategii i w warunkach stosowania klasycznej konstrukcji modułu wnioskowania zakres występujących procesów obniżających efektywność jego działania można ograniczać poprzez omówione w artykule rozszerzenia stosowanych klasycznych procedur wnioskowania oraz mechanizmów kontroli stanu bazy wiedzy.

1. Wprowadzenie

W obszarze sztucznej inteligencji systemy ekspertowe stanowią obecnie samodzielną dziedzinę. Przyjmuje się, że zakres pojęcia "system ekspertowy" obejmuje program komputerowy wykorzystujący fakty i procedury do naśladowania procesu rozumowania eksperta celem rozwiązywania zadań wykonywanych dotąd przez ludzi. Podstawową klasą systemów ekspertowych są systemy z bazą wiedzy/ know-

ledge-based systems/. Większość współczesnych systemów ekspertowych wykorzystując model systemu produkcji stanowi podklasę tych systemów. W ogólnej koncepcji systemu produkcji w kontekście założeń A. Newella wiedza jest reprezentowana w postaci reguł typu "warunek-działanie".



Rys. 1 Architektura modelu systemu produkcji.

W modelu systemu produkcji rys.1 występują zwykle trzy/w pełnej strukturze systemu ekspertowego uzupełniane modułem interfejsu dialogowego/ składniki: robocza pamięć systemu/baza danych/, pamięć produkcji/baza wiedzy/ oraz moduł wnioskowania/interpreter/.

Współczesne systemy ekspertowe są na ogół budowane i stosowane do rozwiązywania zadań trudnych do formalizacji lub nie posiadających jawnego algorytmu rozwiązania. Można wyróżnić cztery Puppe /1986/ podstawowe klasy problemów: diagnozowanie, projektowanie, planowanie oraz symulacja/w rozszerzonym podejściu Forsyth red. /1987/ oraz Hayes-Roth i in. /1987/ uzupełnione o: monitoring, prognozowanie, nauczanie, zarządzanie/.

Złożoność zadań w danym obszarze zastosowań oraz klasa problemów stanowią główne kryterium wyboru metody/strategii rozwiązania/ przeszukiwania przestrzeni rozwiązań. Przyjęta strategia oraz określenie metod wykonywania elementarnych operacji wnioskowania determinuje architekturę modułu wnioskowania.

System ekspertowy o zakresie działania ograniczonym do przyjętego obszaru i klasy problemowej oraz wykorzystujący procedury wnioskowania oparte na formalizmie logiki pierwszego rzędu, wymaga z punktu widzenia poprawności i efektywności działania zapewnienia dokładności i kompletności danych i reguł.

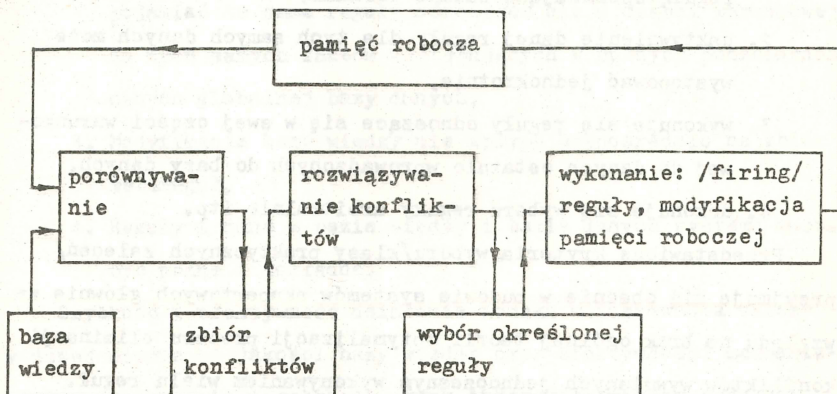
2. Elementy konstrukcji modułu wnioskowania

Moduł wnioskowania/interpreter/ może być opisany jako automat skończony Brownstone i in. /1986/ działający w cyklu/recognize-act cycle/ obejmującym rys.2 trzy stany akcji/fazy/: porównywania /match/, wyboru/select/ oraz wykonania/execute/.

W pierwszej fazie zgodnie z algorytmem porównywania wbudowanym w moduł wnioskowania zostają znalezione wszystkie reguły o przesłankach spełnionych w bieżącej bazie danych/pamięci roboczej/. Tworzony na tym etapie zbiór reguł potencjalnie kandydujących do uaktywnienia/firing/ nazywany jest zbiorem konfliktów/conflict set/.

Celem obniżenia czasochłonności procesu przeszukiwania w każdym cyklu bazy wiedzy/wynikającej ze znacznej liczby warunków oraz złożonych mechanizmów określających ich spełnienie/ stosuje się odpowiednie techniki ograniczające: filtrację/filtering/ oraz metareguły. Filtracja jest techniką selekcji reguł i danych biorących udział w procesie porównywania. Filtracja reguł jest formą

procedury kontroli poprzedzającej fazę porównywania w cyklu działania modułu. Można wyróżnić trzy podstawowe metody filtracji: kontrolowany system produkcji/reguły są selekcyjonowane przez program dostarczony przez użytkownika/, system uwarunkowany celem /tylko reguły przydatne do osiągnięcia celu są porównywane z zawartością pamięci roboczej/ oraz uwarunkowanie kontekstem/reguły stosowane w bieżącym kontekście są zapamiętywane z tym kontekstem/.



Rys. 2 Cykl pracy modułu wnioskowania.

Filtracja danych redukuje liczbę danych do porównywania do zbioru elementów spełniających warunek podany przez użytkownika w postaci progu uaktywnienia lub pewności. Inną metodą ograniczenia złożoności fazy przeszukiwania jest stosowanie metareguł Davis /1980/. Metareguły są to reguły o typowej postaci "warunek-działanie" określające stosowanie innych reguł/metareguły stosuje się w obu fazach: porównywania i selekcji/.

W drugiej fazie realizowana jest strategia rozwiązywania konfliktów/conflict-resolution strategy/ dokonująca wyboru jednej reguły do uaktywnienia. W obszarze tej strategii wykorzystuje się celem uproszczenia konstrukcji interpretera następujące, przykładowe kryteria wyboru Brownstone i in. /1986/:

1. w przyjętym i uporządkowanym/według kolejności występowania/ zbiorze wszystkich reguł wykonuje się pierwszą regułę spełniającą zadane warunki,
2. uaktywnienie danej reguły dla tych samych danych może występować jednokrotnie,
3. wykonuje się reguły odnoszące się w swej części warunkowej do danych ostatnio wprowadzonych do bazy danych,
4. dokonuje się wyboru reguły arbitralnie itp.

Przedstawione kryteria wyboru/klasy praktycznych zaleceń/ przyjmuje się obecnie w budowie systemów ekspertowych głównie ze względu na brak ogólnej teorii optymalizacji procesu eliminacji konfliktów wywołanych jednoczesnym wykonywaniem wielu reguł.

Podstawowym zadaniem trzeciej fazy jest uaktywnienie/firing/ wybranej reguły z równoczesnym wykonywaniem innych zadań w postaci: zapytań o niezbędne dane, informowania użytkownika o stanie systemu, modyfikacji parametrów związanych z mechanizmem wnioskowania itp. Po wykonaniu zadań trzeciej fazy interpreter powraca do stanu wyjściowego cyklu.

3. Problemy efektywności mechanizmów wnioskowania

Prezentowany moduł wnioskowania modelu systemu produkcji charakteryzuje się istotnymi z punktu widzenia efektywności działania właściwościami:

1. W systemie nie istnieje bezpośrednie oddziaływanie między regułami. Interakcje między regułami są możliwe na drodze modyfikacji bazy danych/wykonanie jednej reguły umożliwia w pewnym zakresie sterowanie wykonaniem następujących reguł/.
2. W zbiorze konfliktów/bez wprowadzenia precyzyjnych mechanizmów przeszukiwania np. partial matching/ mogą się pojawiać te same reguły odnoszące się w części warunkowej do tych samych faktów występujących w różnych podzbiorach danych globalnej bazy danych,
3. Modyfikacja bazy wiedzy nie wpływa bezpośrednio na zbiór metareguł,
4. Reguły i dane w bazie wiedzy i bazie danych systemu muszą być pełne i dokładne.

Szybkość i efektywność działania modułu wnioskowania zależy w dużej mierze od jakości bazy wiedzy oraz efektywności mechanizmów przeszukiwania i selekcji. Brak interakcji między regułami stanowiący podstawę stabilnej pracy systemu produkcji wymaga wprowadzenia dodatkowych mechanizmów sprawdzających stan bazy wiedzy po każdej jej modyfikacji ze względu na kryterium zgodności reguł.

Z punktu widzenia utrzymania wymaganego poziomu efektywności interpretera procedura porównywania nie powinna zawierać badania reguł w każdym cyklu działania pod względem sprzeczności, redundancji lub zapętlenia. Mechanizm sprawdzania bazy wiedzy w tym zakresie na ogół łączy się z procedurami modyfikacji jej zawartości/procedury pozyskiwania wiedzy/. Wielokrotne pojawianie się tych samych reguł w zbiorze konfliktów związane jest z nieefek-

tywną pracą zbyt prostego algorytmu interpretera, który w każdym cyklu musi przeszukiwać całą pamięć roboczą i bazę wiedzy.

Efektywnym rozwiązaniem wymienionego problemu jest wprowadzenie dodatkowej pamięci stanu interpretera oraz specjalnych algorytmów przeszukiwań. Na tych zasadach oparty jest algorytm RETE Brownstone i in. /1986/, w którym modele reguł organizuje się w strukturze sieciowej. Informacja związana z każdym warunkowym elementem reguły zapamiętywana jest w dwuelementowej strukturze danych/tzw. prawej i lewej pamięci/ opisującej zbiór danych spełniających warunek oraz zbiór opisujący powiązania między danymi w pamięci roboczej.

RETE algorytm ogranicza proces przeszukiwania do badania stanu opisanej struktury sieciowej, zaś każda zmiana w pamięci roboczej jest odwzorowywana odpowiednimi zmianami w zbiorze konfliktów.

Zagadnienie budowy i modyfikacji zbioru metareguł wchodzących w skład mechanizmów porównywania lub selekcji jest zaliczane do klasy problemów meta-wiedzy Davis /1980/. Rozwiązanie tego zagadnienia w postaci aplikacyjnej procedury generacji metareguł jest /w pewnym ograniczonym zakresie/ możliwe jedynie dla danego obszaru problemowego/w ogólnej postaci nie istnieje obecnie takie rozwiązanie/ metodą algorytmizacji budowy sieci zadań uwzględniającej: cele, podcele, metody, pre i post-warunki itp. Aiello i Weyhrauch /1980/, Brownstone i in. /1986/ oraz Kłykow i Jurek /1988/.

Ostatnia z wymienionych właściwości systemu produkcji wynika z ogólnej konstrukcji wnioskowania opartego na klasycznych strukturach logiki formalnej. Najczęściej wykorzystywana w modułach

wnioskowania strategia rozumowania/forward/backward-chaining/
efektywnie funkcjonuje dla zbiorów reguł dokładnych oraz danych
pełnych i dokładnych.

W przypadku niedokładności i niepełności reguł i danych jed-
nym z rozwiązań jest wprowadzenie niemonotonicznych mechanizmów
wnioskowania. Cechę monotoniczności logiki formalnej można zapi-
sać w postaci

$$A \subseteq \text{Th}(A)$$

$$\text{jeśli } A \subseteq B \quad \text{wtedy } \text{Th}(A) \subseteq \text{Th}(B)$$

co oznacza/zakładając, że zbiór wszystkich twierdzeń wypro-
wadzalnych ze zbioru A zostanie oznaczony przez $\text{Th}(A)$, że
zwiększenie liczby aksjomatów w zbiorze zwiększa zbiór
twierdzeń monotonicznie.

Przyjęcie jako podstawy wnioskowania niemonotonicznego syste-
mu logicznego zakłada możliwość wprowadzenia twierdzenia, które
może zostać unieważnione w wyniku dodania nowego aksjomatu. Obok
logiki niemonotonicznej/non-monotonic logic/ McDermott i Doyle
/1980/ najbardziej obiecującym formalizmem niemonotonicznym wyda-
je się logika domniemań Reiter /1980/ wraz ze współczesnymi uzu-
pełnieniami. Zapis formalny domniemania ma następującą postać
Reiter /1980/

$$\frac{\alpha(x) : \mathcal{M}\beta_1(x), \dots, \mathcal{M}\beta_m(x)}{\mathcal{W}(x)}$$

gdzie $\alpha(x), \beta_1(x), \dots, \beta_m(x), \mathcal{W}(x)$ są formułami

logiki pierwszego rzędu,

$x = x_1, \dots, x_n$ - zmienne wolne,

$\alpha(x)$ - pre-warunek/wstępny/ domniemania,

$\beta(x)$ - uzasadnienie/justification/,

$\omega(x)$ - wniosek/consequent/.

Zapis w podanej postaci oznacza, że dla dowolnych obiektów x_1, \dots, x_n , jeśli $\alpha(x)$ jest zbiorem hipotez oraz jeśli $\beta(x)$ jest niesprzeczne ze zbiorem hipotez to wtedy $\omega(x)$ można traktować jako hipotezę.

W podanej formie dla zmiennych wolnych domniemania reprezentują określone struktury wnioskowania. Dla konkretnych obiektów domniemania zamknięte stanowi konkretną regułę wnioskowania. Teoria domniemań wraz z jej rozszerzeniami stanowi zbiór alternatywnych hipotez.

W tym sensie przyjęcie mechanizmów logiki niemonotonicznej umożliwia wyprowadzenie wiarygodnego/chociaż nie oznacza to pewnego/ wniosku w warunkach niepełnej informacji. Omawiany formalizm może stanowić rozszerzenie klasycznej postaci wnioskowania /opartego na formalizmie logiki pierwszego rzędu/ oraz podstawę zmodyfikowanej/pośredniej/ strategii rozumowania.

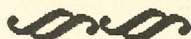
4. Podsumowanie

Głównym celem doskonalenia konstrukcji modułu wnioskowania jest wzrost efektywności jego działania. Uzupełniającym zadaniem obok wymienionego jest rozszerzenie procedur wnioskowania celem pełniejszego odwzorowania procesów rozumowania człowieka w postaci zastosowania reguł logiki otwartej. Pewnym wstępem do tej koncepcji może być przedstawiona propozycja włączenia do procedur modułu wnioskowania mechanizmów opartych na formalizmie logiki niemonotonicznej.

5. Literatura

1. Aiello L., Weyhrauch R.W. /1980/ Using meta-theoretic reasoning to do algebra. W: Lecture Notes in Computer Science - 5th Conference on Automated Deduction. Addison-Wesley, ss.1-13.
2. Brownstone L., Farrel R., Kant E., Martin N. /1986/ Programming Expert Systems in OPS5. Addison-Wesley.
3. Davis R. /1980/ Reasoning about Control. Artificial Intelligence, Vol.15, Nr 3, ss.179-222.
4. McDermott D., Doyle J. /1980/ Non-monotonic Logic I. Artificial Intelligence, Vol.13, Nr 1,2, ss.41-72.
5. Forsyth R. red. /1987/ Ekspertnyje sistemy. Radio i swiaź.
6. Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. red. /1987/ Postrojenije ekspertnych sistem. Mir.
7. Kłykow J.I., Jurek J.K. /1988/ Dialogowe semiotyczne systemy podejmowania decyzji. PWN.
8. Popow E.W. /1987/ Ekspertnyje sistemy. Nauka.
9. Puppe F. /1986/ Expertensysteme. Informatik Spektrum, Vol.9, Nr 1, ss.3-13.
10. Reiter R. /1980/ A Logic for Default Reasoning. Artificial Intelligence, Vol.13, Nr 1,2, ss.81-132.

Zarząd
Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych



Prezes

prof.dr hab.inż. Andrzej Straszak
Instytut Badań Systemowych PAN

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Jan Stasiński
Wojskowa Akademia Techniczna

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Stanisław Piasecki
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz generalny

dr inż. Zbigniew Nahorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz

dr inż. Jarosław Sikorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Skarbnik

dr inż. Andrzej Kałużko
Instytut Badań Systemowych PAN

Członkowie

prof.dr hab. Jerzy Kisielnicki
Wydział Zarządzania UW

doc.dr hab.inż. Bohdan Korzan
Wojskowa Akademia Techniczna

doc.dr hab.inż. Jan Stachowicz
Zakład Nauk Zarządzania PAN

doc.dr hab.inż. Maciej Sysło
Instytut Informatyki UW.

Komisja rewizyjna

PRZEWODNICZĄCY

dr Władysław Świtalski
Katedra Cybernetyki i Badań Operacyjnych UW

CZŁONKOWIE

dr inż. Janusz Kacprzyk
Instytut Badań Systemowych PAN

dr inż. Marek Malarski
Instytut Transportu PW

doc.dr hab. Henryk Sroka
Akademia Ekonomiczna w Katowicach

dr inż. Leon Słomiński
Instytut Badań Systemowych PAN

IBS Kauf.

41284/
II

IBS