

Redaktorzy:

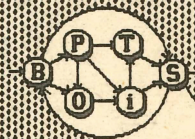
A. Straszak

Z. Nahorski

J. Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



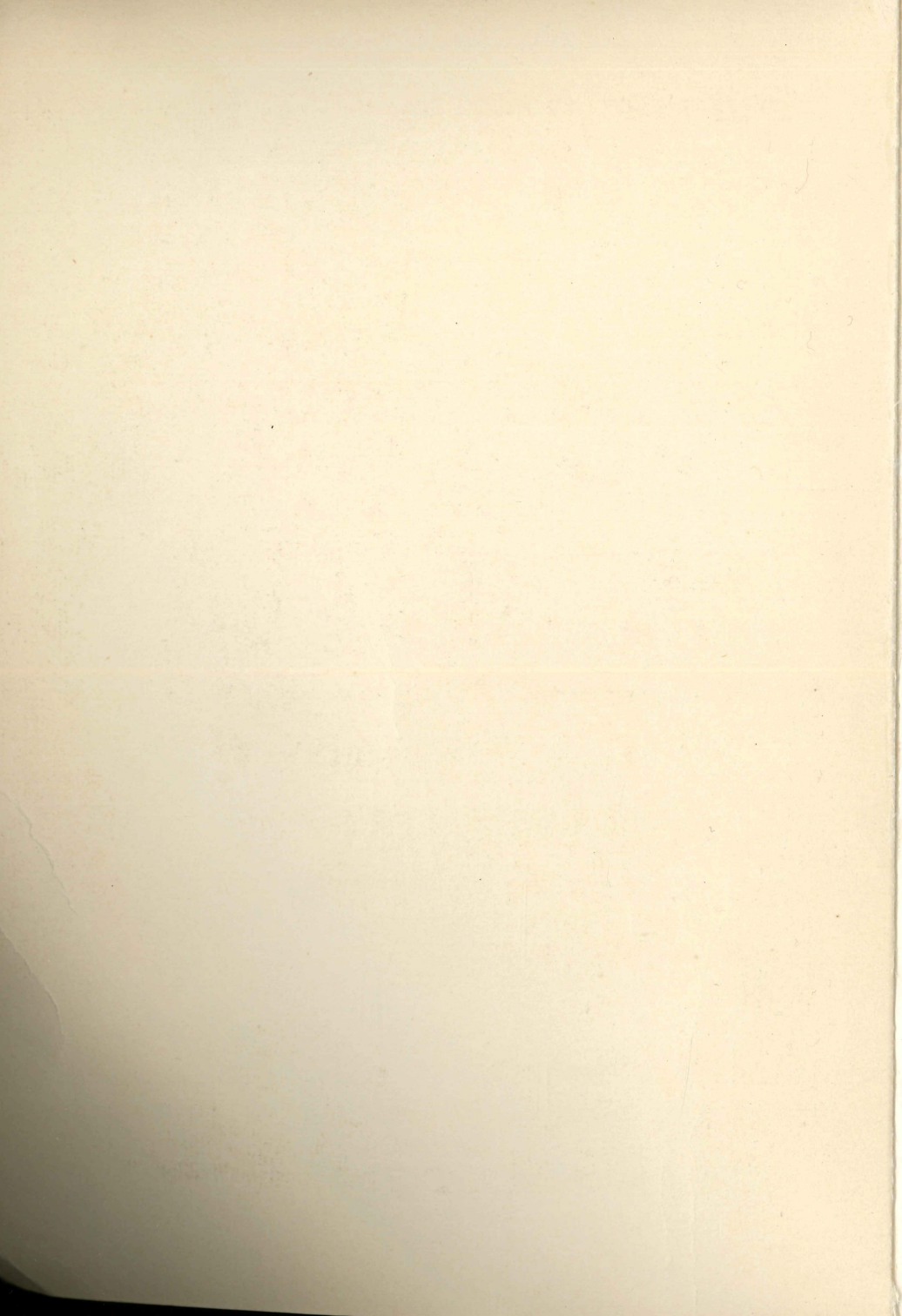
1. Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Tom 2

BOS'88

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ
OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

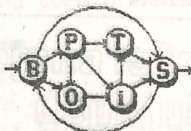
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

Tom 2

WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI
MODELE I SYSTEMY



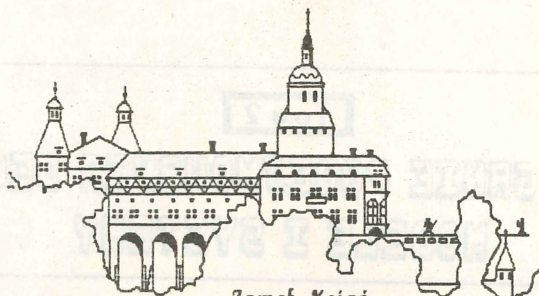
I KRAJOWA KONFERENCJA
BADAŃ
OPERACYJNYCH
i
SYSTEMOWYCH

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 nauki materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

konf. 41284/II

8. Systemy wspomagające zarządzanie

METODA OPTIMALIZACJI POLITYK DECYZYJNYCH
W MODELACH DYNAMIKO- SYSTEMOWYCH

Jerzy Skrzypek

Zakład Badań Operacyjnych

Akademia Ekonomiczna

ul. Rakowicka 27

31-510 Kraków

Stosowanie intuicyjnych metod w procesie określania nowych polityk decyzyjnych nie jest wystarczające. W związku z tym w niniejszej pracy zaprezentowano metodę, która jest użytecznym narzędziem optymalizacji w modelach Dynamiki Systemowej. Wykorzystanie symulacji w sposób interakcyjny służy w istocie prowadzeniu sekwencyjnej optymalizacji, a tym samym łączy symulację z optymalizacją. Prezentowane podejście otwiera nowe możliwości w zakresie budowy i analizy modeli symulacyjnych, szczególnie gdy rozpatrywane problemy są zbyt skomplikowane na to, aby można było je rozwiązać w sposób analityczny.

1. Uwagi wstępne

Podejście metodologiczne oferowane przez Dynamikę Systemową pozwala na stosowanie tej metody do opisu badanego systemu oraz jego analizy ilościowej na drodze eksperymentów symulacyjnych. W trakcie budowy modelu kładzie się nacisk na

pełne i wnikliwe rozpoznanie a następnie odtworzenie sposobu funkcjonowania oryginału. Z kolei tradycyjny sposób prowadzenia analizy ilościowej polega na ocenie wpływu alternatywnych rozwiązań strukturalnych na sposób zachowania się modelu, oczywiście po uprzedniej weryfikacji poprawności modelu.

W trakcie projektowania i przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych stosuje się jedno z dwóch podejść: intuicyjne lub oparte na zastosowaniu algorytmów opracowanych na gruncie teorii sterowania.

W pierwszym przypadku, bazując na intuicji i doświadczeniu, zmienia się wartości poszczególnych parametrów aż do osiągnięcia pożądanego sposobu zachowania się modelu. Jest rzeczą oczywistą, że taki sposób postępowania pozwala zwykle na ocenę efektów najwyżej kilku wariantów postępowania, nie gwarantując przy tym otrzymania rozwiązań optymalnych. Praktycznie rzecz biorąc na gruncie Dynamiki Systemowej nie wypracowano dotychczas metodologii poszukiwania rozwiązań optymalnych.

Natomiast stosowanie algorytmów opracowanych na gruncie teorii sterowania wymaga sformułowania problemu w postaci zagadnienia sterowania optymalnego. Algorytmy te wymagają często przyjęcia w modelu licznych założeń upraszczających, wynikających z analitycznych własności stosowanych technik optymalizacyjnych. Założenia dotyczą przede wszystkim liczby zmiennych modelu a także postaci analitycznych zarówno funkcji kryterium optymalizacji jak i równań modelu. Większość uproszczeń wynika więc nie z braku wyobraźni modelarza ale z konieczności dostosowania się do wymagań aparatu optymalizacyjnego. W rezultacie otrzymuje się

wprowadzić na drodze analitycznej, rozwiązania optymalne, ale dotyczą one wtedy modeli znacznie uproszczonych. Należy więc zadać sobie pytanie czy, te wymuszone uproszczenia, nie dyskwalifikują modelu z punktu widzenia jego wiarygodności.

W świetle powyższych rozważań, celowym wydaje się więc poszukiwanie takiego sposobu formułowania a następnie rozwiązania zagadnienia sterowania optymalnego w modelach zapisanych w konwencji Dynamiki Systemowej, które nie krępowałyby modelarzy ciasnym gorsetem założeń upraszczających, wymuszonych przez aparat optymalizacyjny. Taki elastyczny sposób postępowania może być szczególnie przydatny w przypadku posługiwania się modelami o skomplikowanej strukturze, składającej się z wielu nawzajem ze sobą powiązanych elementów, jednak pod warunkiem, że istnieje możliwość sformułowania i skwantyfikowania funkcji kryterium optymalizacji.

2. Istota optymalizacji

Wynikiem tych poszukiwań jest metoda "Relativity Dynamics", zaproponowana przez Keloharju (1983). Nazwa ta nawiązuje do podstawowego założenia metodologicznego¹, opartego na zasadzie szerokiego wykorzystywania optymalizacji w połączeniu z możliwością modyfikacji struktury modelu na dowolnym etapie jego budowy. Należy podkreślić, że stosowanie metody "Relativity Dynamics" niewątpliwie otwiera nowe możliwości w zakresie budowy i

¹Por. Keloharju (1983, str. 13)

optymalizacji modeli symulacyjnych. Jednym z najbardziej oczywistych zastosowań jest tu dynamiczna optymalizacja modeli symulacyjnych zapisanych w konwencji Dynamiki Systemowej, przy pomocy algorytmu optymalizacji. Sposób postępowania rozбивa się tu na dwie podstawowe fazy : symulacji oraz optymalizacji. Każda z iteracji rozpoczyna się od przebiegu symulacyjnego, w którym, dla ustalonych wartości początkowych zmiennych oraz parametrów modelu, obliczana jest wartość funkcji kryterium optymalizacji. Następnie, w fazie optymalizacji, zmieniane są wartości optymalizowanych parametrów, w taki sposób, aby osiągnąć korzystniejszą wartość funkcji kryterium. Otrzymany w ten sposób zbiór parametrów traktowany jest jako punkt wyjścia do następnych iteracji, a procedura iteracyjna jest kontynuowana aż do spełnienia warunków nałożonych na kryterium stopu.

Podstawową różnicą w stosunku do tradycyjnie stosowanej metodologii postępowania jest więc poszukiwanie nowych wartości optymalizowanych parametrów nie na drodze intuicyjnej ale przy pomocy algorytmu optymalizacji heurystycznej, wykorzystującego informacje o zachowaniu się funkcji kryterium.

3. Sposoby konstrukcji reguł decyzyjnych

Powyższy sposób postępowania zostanie obecnie zilustrowany wynikami eksperymentów optymalizacyjnych przeprowadzonych na modelu hipotycznego przedsiębiorstwa przemysłowego. Model ten stanowi zmodyfikowaną przez autora niniejszej pracy, wersję modelu WASZ-P (Szumilak, Wąsik, 1983)

oraz MSP (Modułowy Symulator Przedsiębiorstwa). W modelu tym skonstruowano na nowo reguły decyzyjne dotyczące planowania produkcji, polityki cenowej, polityki płac oraz sposobu zamawiania materiałów bezpośrednio produkcyjnych.

W rezultacie tych daleko idących zmian powstał model JOTES, liczący około czterysta równań, który opisuje hipotetyczne przedsiębiorstwo przemysłu przetwórczego, wytwarzającego trzy niezależne produkty. W procesie produkcji firma zużywa trzy rodzaje materiałów bezpośrednio produkcyjnych, zatrudniając przy tym robotników dwu kategorii oraz używając maszyn i urządzeń dwóch typów. Relacje pomiędzy nakładami a ilością otrzymanych produktów podane są w formie współczynników materiałochłonności, pracobłonności oraz - w stosunku do maszyn i urządzeń - czasochłonności produkcji. Wyroby dostarczane przez producenta są następnie sprzedawane na rynku, po cenach, które bezpośrednio zależą od popytu na te wyroby. Z kolei wpływy ze sprzedaży wyrobów wraz ze skalkulowanymi uprzednio kosztami produkcji stanowią podstawę do analizy działalności finansowej.

Porównanie osiągniętego efektu z założonymi celami działalności przedsiębiorstwa pozwala na podjęcie decyzji na następny okres.

W modelu przyjęto dość duży zakres decyzji pozostających w gestii przedsiębiorstwa. W pierwszym rzędzie istnieje możliwość dowolnego ustalania planów produkcji oraz cen żądanych za wyrob. Pozostałe decyzje dotyczą rekrutacji siły roboczej, zamówień składanych na materiały bezpośrednio produkcyjne oraz działań inwestycyjnych, które mogą być finansowane wyłącznie z własnego funduszu rozwoju przedsiębiorstwa.

Szczególną uwagę poświęcono konstrukcji reguł decyzyjnych. Mianowicie, reguły decyzyjne występujące w modelu można podzielić, z punktu widzenia sposobu ich konstrukcji, na dwie kategorie. Pierwsza z nich dotyczy tzw. podstawowych procesów podejmowania decyzji

W omawianym modelu, decyzje podstawowe dotyczą ustalania planów produkcji oraz cen wyrobów. Przykładowo, reguła decyzyjna dotycząca planu produkcji pierwszego wyrobu ma postać :

$$\text{PIPRO1}(t) = \text{DPAR1}(t-3) \quad (1)$$

gdzie: PIPRO1 oznacza plan produkcji pierwszego wyrobu

DPAR1 oznacza wartość optymalizowanego parametru, związanego z planem produkcji pierwszego wyrobu.

Z formalnego punktu widzenia, reguły powyższego typu nie mają konstrukcji typowej dla modeli zapisanych w konwencji Dynamiki Systemowej.

Drugą grupę stanowią standardowe procesy podejmowania decyzji. Standardowe procesy decyzyjne powtarzają się periodycznie w trakcie działalności przedsiębiorstwa, a dotyczą głównie zamówień na materiały i surowce, maszyny i urządzenia oraz na siłę roboczą. Dają się one zwykle stosunkowo łatwo zautomatyzować, poprzez skonstruowanie pewnych złożonych reguł decyzyjnych, w których optymalizacji mogą zostać poddane niektóre parametry.

Przykładowo, założono, że wielkość zapotrzebowania na nowych pracowników będzie wyliczana na podstawie informacji dotyczących pożądanego poziomu zatrudnienia (LZAPD) z aktualnym poziomem zatrudnienia (LZATR), skorygowanego o

pewną frakcję odchodzących pracowników (ALZAT):

$$LZATP(t) = \max(0, (LZAPO(t) - LZATR(t)) \setminus LPAR1 + ALZAT(t) \setminus LPAR2) \quad (2)$$

W powyższej regule decyzyjnej optymalizacji poddane zostaną jedynie parametry LPAR (czas pozyskania nowych pracowników) oraz LPAR2 (frakcja odchodzących robotników).

4. Eksperymenty optymalizacyjne

W dalszych rozważaniach założono, że celem działania przedsiębiorstwa jest maksymalizacja zysku netto. W związku z tym sformułowano następujące zadanie optymalizacji:

a) które z produktów i w jakich ilościach powinny być produkowane oraz jakich cen należy za nie żądać, aby osiągnąć maksymalny zysk w skali rocznej.

Wyniki optymalizacji w porównaniu z rozwiązaniem uzyskanym na drodze eksperymentu symulacyjnego (bez optymalizacji) zawiera Tablica nr.1.

Tablica nr 1. Porównanie rozwiązań optymalnych dla eksperymentów nr 1 oraz nr 2.

Typ	FZYSK	DPAR1	DPAR2	DPAR3	DFAR4	DPAR5	DPAR6
Ex.1	77	1000	1000	1000	220	230	300
Ex.2	1019	1965.8	308.7	752.05	212.5	290	298.6
(%)	(131.9)	(96.6)	(30.9)	(75.2)	(96.6)	(126.1)	(99.54)

Zródło: opracowanie własne

gdzie : DPAR1, DPAR2 oraz DPAR3 oznaczają plany produkcji poszczególnych wyrobów;

DPAR4, DPAR5 oraz DPAR6 oznaczają ceny wyrobów.

W wyniku zastosowania algorytmu optymalizacyjnego SDR, wartość funkcji kryterium udało się poprawić o około 32 % w stosunku do wyników poprzedniego eksperymentu. Największa skala zmian dotyczy planu produkcji drugiego wyrobu (obniżka o 69.13 %) oraz trzeciego (obniżka o 24.8 %). Mogłoby się wydawać, że są to zmiany bardzo radykalne, niemożliwe do przeprowadzenia w rzeczywistym przedsiębiorstwie. Zastosowanie jednak w modelu funkcji opóźnienia trzeciego rzędu (DELAY3) oraz sam sposób funkcjonowania algorytmu optymalizacyjnego (SDR) gwarantują, że przejście od decyzji początkowych do optymalnych odbywa się stopniowo, jest bowiem rozłożone na cały okres optymalizacji.

Porównując rozwiązanie podstawowe (bez optymalizacji) z optymalnym można stwierdzić, że zestaw decyzji optymalnych zapewnia znaczną poprawę rezultatów finansowej działalności przedsiębiorstwa.

Wartości zmiennych decyzyjnych, otrzymane w wyniku eksperymentów optymalizacyjnych, wskazują na konieczność radykalnych zmian struktury produkcji w powiązaniu ze zmianami cen wyrobów. Najsilniej omawiane procesy dają znać o sobie w przypadku drugiego wyrobu, gdzie znaczne obniżenie planu produkcji (o prawie 70 %) połączono ze wzrostem ceny o około 26.5 % .

Przyrost zysku netto uzyskany w rezultacie zmiany struktury zmiany struktury produkcji oraz towarzyszących im zmian cen został osiągnięty przede wszystkim w wyniku obniżenia kosztów produkcji wyrobów (o około 32%).

Komentując otrzymane rezultaty można stwierdzić, że ich skutki są następujące:

a) zmiana struktury produkcji dotyczyła przede wszystkim najmniej rentownego drugiego wyrobu a w drugiej kolejności trzeciego wyrobu, który jest najbardziej materiałochłonny w ujęciu wartościowym

b) obniżenie wielkości produkcji wyrobów umożliwiło, zgodnie z mechanizmem przyjętym w modelu, podwyżkę cen drugiego i trzeciego wyrobu, ponieważ można sobie pozwolić na spadek popytu

c) ograniczenie wielkości produkcji spowodowało znaczne zmniejszenie wartości zużywanych materiałów, które w modelu są wielkością znacznie rosnącą, dotyczy to szczególnie najbardziej materiałochłonnego trzeciego wyrobu. Dalsze zmniejszanie jego planu produkcji nie jest jednak możliwe ze względu na stan rachunku odpisów dewizowych

Podwyższanie cen oraz obniżka kosztów materiałów bezpośrednich umożliwiło znaczną poprawę rentowności wyrobów.

W stosunku do rozwiązania bazowego zmieniła się przede wszystkim tendencja zmian rentowności wyrobów z malejącej na rosnącą, a najbardziej rentownym stał się wyrób drugi. Zestaw decyzji optymalnych powoduje więc na początek obniżenie produkcji najmniej rentownych wyrobów w połączeniu z działaniami mającymi za zadanie poprawić tę rentowność, co się zresztą szybko udaje.

5. Uwagi końcowe

Optymalizacja parametrów modeli symulacyjnych nie jest

oczywiście jedynym zastosowaniem metody "Relativity Dynamics". Może ona również być wykorzystywana do rozwiązywania zagadnień sterowania optymalnego w modelach zapisanych w konwencji Dynamiki Systemowej, jak i co może ważniejsze, do zastąpienia niektórych etapów modelowania, dotychczas wykonywanych bezpośrednio przez modelarza, na rzecz bardziej zautomatyzowanego podejścia, wykorzystującego interakcyjną współpracę z komputerem. Między innymi, proponowany przez Keloharju, sposób postępowania pozwala na testowanie alternatywnych struktur modeli symulacyjnych, analizę wrażliwości funkcji kryterium na zmiany wartości poszczególnych parametrów modeli, a w konsekwencji również na upraszczanie modeli⁵. Procedura upraszczania struktury modelu może więc doprowadzić do eliminacji elementów redundantnych.

Dodatkową zaletę stanowi tu fakt, że model symulacyjny zbudowany w konwencji Dynamiki Systemowej, może bez właściwie żadnych zmian, a jedynie po uzupełnieniu o funkcję kryterium optymalizacji, stanowić punkt wyjścia do optymalizacji.

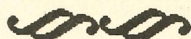
Literatura:

- 1) Coyle, R., G., (1985), Optimization in System Dynamics, Simulation nr 3
- 2) Keloharju, R., (1983), Relativity Dynamics, Helsinki School of Economics
- 3) Szumilak, J., Wąsik, B., (1983), Symulacyjny model przedsiębiorstwa przemysłowego WASZF, Ekonomista nr 4.

W ramach Katedry (zakładu) zaprezentowano ...
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)

... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)
... (w tym ...)

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