

Redaktorzy:

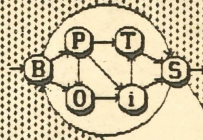
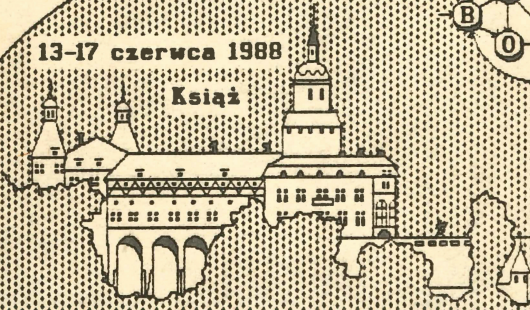
A. Straszak

Z. Nahorski

J. Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



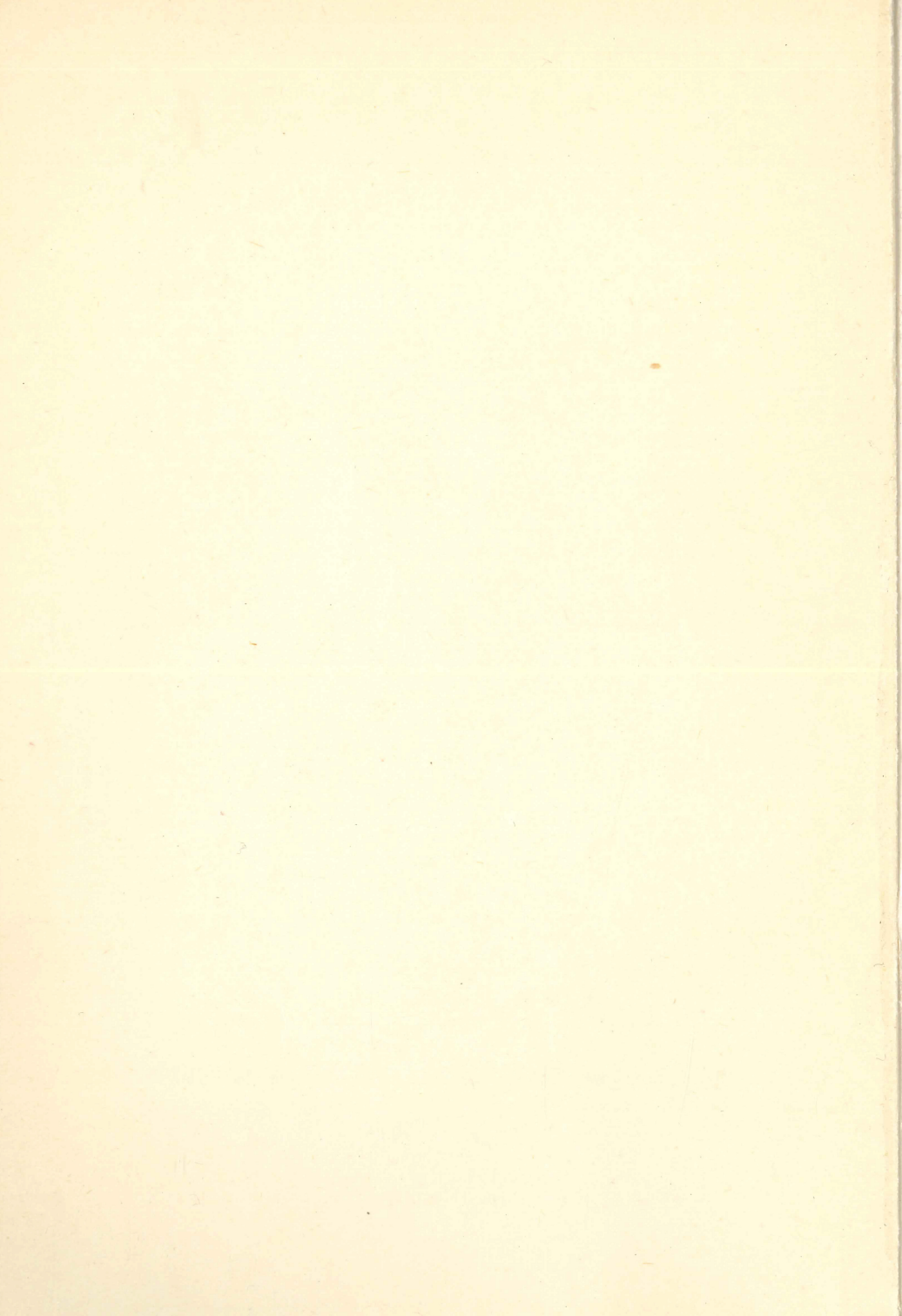
1. Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Tom 1

BOS'88

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ
OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

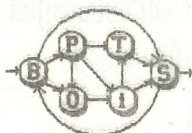
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

Tom 1

OPTYMALIZACJA
METODY I ZASTOSOWANIA



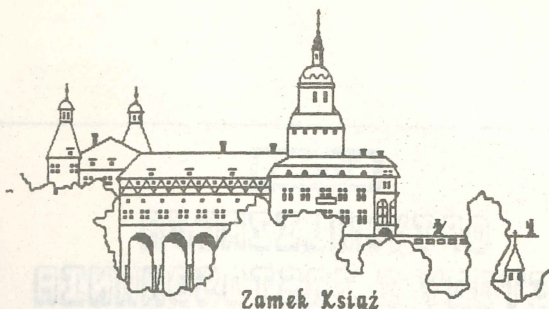
I KRAJOWA KONFERENCJA
BADAŃ
OPERACYJNYCH
i
SYSTEMOWYCH

Książ. 13 - 17 czerwca 1988

BOS'88

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1989
WARSZAWA



I Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Organizator konferencji

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

Komitet naukowy konferencji

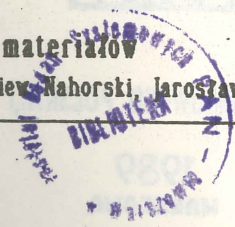
Jerzy Hołubiec, Andrzej Kałuszko, Jerzy Kisielnicki, Henryk Kowalowski,
Roman Kulikowski, Franciszek Marecki, Zbigniew Nahorski,
Stanisław Piasecki, Jarosław Sikorski, Jan Stachowicz, Jan Stasiński,
Andrzej Straszak, Maciej Sysło, Władysław Świtalski

Redaktorzy naukowcy materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

9.1

N.173



ZPZC

Bibli. podrecznica

41278/I

2. Problemy optymalizacji i algorytmy ich rozwiązywania

2.2

I Międzynarodowa Konferencja
Badani Operacyjnych i Systemowych
Książ, 13 - 17 czerwca 1980r.

BADANIA NAD METODAMI ROZWIĄZYWANIA PEWNEJ KLASY DUŻYCH NIELINIOWYCH ZADAŃ BINARNYCH - ANALIZA PROBLEMU I WSTĘPNE EKSPERYMENTY

Marek Lubicz
Instytut Organizacji i Zarządzania
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Przedstawiono wyniki wstępnych prac badawczych w zakresie zastosowania metod optymalizacji dyskretnej do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych Międzyoperacyjnej Statystycznej Kontroli Jakości. Zbadano efektywność algorytmu addytywnego Balasa, wybranych metod linearyzacji i agregacji ograniczeń oraz wybranych algorytmów heurystycznych.

1. Wstęp - koncepcja modelowania

W pracy przedstawiono wyniki wstępnych prac badawczych, poświęconych zastosowaniu metod badań operacyjnych do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych występujących w projektowaniu Międzyoperacyjnej Statystycznej Kontroli Jakości (MSKJ)^{*)}. Przesłankami podjęcia tych prac były istotne zmiany w organizacji wytwarzania, związane z wprowadzaniem automatyzacji, komputeryzacji i nowoczesnych technologii wytwarzania. Zmiany te zdeterminowały konieczność modyfikacji metod stosowanych w statystycznej kontroli jakości w czterech podstawowych aspektach:

*) Praca powstała w ramach realizacji tematu CPBP 02.15/3.3.3

- powiązania punktów SKJ ze strukturą całego procesu produkcyjnego (MSKJ),
- uwzględnienia specyfiki działań kontrolnych w warunkach elastyczności produkcji,
- szerszego uwzględnienia rachunku kosztów jakości (ekonomiczna optymalizacja SKJ),
- wykorzystania osiągnięć informatyki (systemy ekspertowe, komputerowe wspomaganie wytwarzania).

Próbą opracowania nowoczesnych metod SKJ uwzględniających powyższe założenia stało się podjęcie w Instytucie Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, w ramach CPBP 02.15 tematu "Komputerowo-wspomagana optymalizacja międzyoperacyjnej kontroli jakości w przemyśle maszynowym". Ogólna koncepcja prac badawczych została omówiona w Lubicz (1986a), a dotychczasowe wyniki prac w Lubicz i in. (1986b, 1987, 1988). Jednym z elementów tematu było opracowanie jednolitej koncepcji modelowania systemów MSKJ z wykorzystaniem programowania binarnego. Koncepcja ta obejmowała:

- a) zdefiniowanie podstawowych elementów typowego systemu MSKJ (proces produkcyjny, działania kontrolne, działania prewencyjne) i ich desygnatów (charakterystyki danych, grupy kosztów, kryteria decyzyjne i ograniczenia), a następnie - sformułowanie układu klasyfikacyjnego zadań optymalizacji MSKJ,
- b) zdefiniowanie zestawu parametrów i problemowo - zorientowanych założeń dla każdej klasy zadań optymalizacji,
- c) wprowadzenie binarnych zmiennych decyzyjnych, np.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeśli po } i\text{-tej operacji produkcyjnej} \\ & \text{zastosowano działanie kontrolne } j\text{-tego} \\ & \text{typu (np. określony plan SKJ),} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku,} \end{cases}$$

- d) formalne zdefiniowanie oczekiwanych strat zewnętrznych i wewnętrznych, związanych z zastosowaniem określonej konfiguracji działań kontrolno-prewencyjnych w kolejnych fazach produkcyjnych

e) budowę formalnego modelu matematycznego zadania minimalizacji z nieliniową funkcją celu i ograniczeniami,

f) wybór i zastosowanie algorytmów optymalizacji.

Postać modelu matematycznego była ściśle uzależniona od rozpatrywanej klasy zadań optymalizacji MSKJ oraz od przyjętych założeń o systemie MSKJ. Opracowane modele można podzielić na:

- modele dokładne (wersja A i B), w których z definicji wyznacza się wyrażenia na wartości oczekiwane strat,

- modele przybliżone (wersja U), w których stosuje się wyrażenia aproksymujące wartości oczekiwane strat (oszacowania z góry), uwzględniając jedynie sytuacje odpowiadające pierwszemu wystąpieniu defektu.

W załączniku 1 przedstawiono dwa typowe modele optymalizacyjne dla jednej z najczęściej występujących w praktyce MSKJ klasy zadań: model dokładny BSN1 i model przybliżony USN1 por. Lubicz (1986b). W większości przypadków dyskretne modele optymalizacyjne MSKJ mają następującą postać:

$$\begin{aligned} \min F = & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} + \\ & + \sum_{w=2}^n \sum_{\{k_1, \dots, k_w, l(k_1), \dots, l(k_w)\} = s} a(k_l) \prod_{s=1}^w x_{k_s, l(k)_s} \end{aligned} \quad (1)$$

$= k_l \in \mathcal{K}_w$

przy ograniczeniach:
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K_{ij} x_{ij} \leq L \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \text{ dla każdego } i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\begin{aligned}x_{ij} &= 0 \text{ lub } 1, & (4i) \\k_1, \dots, k_w &= 1, 2, \dots, n \text{ oraz } k_w - k_{w-1} = \dots, k_2 - k_1 = 1 & (4ii) \\l(k_1), \dots, l(k_w) &= 1, 2, \dots, m & (4iii) \\a_{ij}, a(kl), K_{ij}, L & - \text{nieujemne współczynniki} & (4iv)\end{aligned}$$

Warunki (4ii)-(4iii) określają postać zbioru $X\mathcal{L}$ występującego w drugiej sumie części nieliniowej wyrażenia (1). $X\mathcal{L}$ jest zbiorem wszystkich możliwych $2w$ -tek (dla $w=2$ - dwóch par, dla $w=n$ - dwóch n -tek), w których: pierwsze w -liczb określa numery kolejnych operacji produkcyjnych (dla $w=2$ mogą to być: (1,2), (2,3), ..., (n-1,n), a następnych w -liczb określa numery wariantów kontroli zastosowanych w tych operacjach (w powyższym przykładzie: (1,1), (1,2), ..., (m,m)).

Interpretacja współczynników jest następująca:

- L - wartość dopuszczalnych nakładów na kontrolę jakości,
- K_{ij} - koszt zastosowania j -tego typu działania kontrolnego po i -tej operacji produkcyjnej,
- $a_{ij}, a(kl)$ - oczekiwana strata związana z zastosowaniem określonej konfiguracji działań kontrolnych.

Jedynie w przypadku przybliżonego modelu USN-1, zbudowanego dla szczególnego typu systemu MSKJ, funkcja celu zawiera tylko część liniową wyrażenia (1).

2. Zastosowanie algorytmu Balasa

W pierwszym etapie prac badawczych do rozwiązania zadań optymalizacji MSKJ opisanych modelami postaci (1)-(4) stosowano następującą procedurę:

- faza 1: linearyzacja nieliniowej funkcji celu (1) z wykorzystaniem metody Wattersa (1986) i sformułowanie liniowego modelu programowania 0-1,
- faza 2: zastosowanie addytywnego algorytmu Balasa w wersji opisanej w pracy Sysło i in. (1983).

Przy wyborze algorytmu Balasa kierowano się wynikami porównawczych eksperymentów komputerowych (por. Narula i Kindorf (1979), Sysło i in. (1983)). W związku z przeprowadzaną walidacją modeli opracowano także problemowo-zorientowany algorytm przeglądu zupełnego i specjalizowane modele symulacyjne. Omawiane postępowanie prowadziło zwykle do otrzymania dużych nieliniowych zadań binarnych. Najmniejsze z rozpatrywanych zadań (dla $n=3$ operacji produkcyjnych i $m=3$ wariantów kontroli) miało 54 zmienne decyzyjne i 97 ograniczeń (por. tabela 1). Eksperymenty komputerowe wykazały, że czas obliczeń jest bardzo ściśle uzależniony od wartości parametrów opisujących konkretny system MSKJ. Stwierdzono np. (por. tabela 2), że procedura pozostaje efektywna dla dużych zadań ($n=8$, $m=8$) tylko dla małej liczby detali (wielkość partii produkcyjnej $N < 1000$). Dla większej liczby detali procedura staje się zupełnie nieefektywna. Pozytywnym wynikiem omawianych serii eksperymentów było wykazanie zgodności wyników otrzymanych przy zastosowaniu modeli symulacyjnych i analitycznych (por. tabela 3), a tym samym - potwierdzenie zasadności stosowania modeli klasy U.

Tabela 1: Wyniki eksperymentów z algorytmem Balasa na mc R-32

Model	Wielkość problemu $n \times m$	Liczba		CPU	
		zmiennych decyzyjnych	ograniczeń	Algorytm Balasa	Przegląd zupełny
BSN-1	3 x 3	54	97	20 sek.	4 sek.
	4 x 4	432	841	38 min.	5 min.
	5 x 5	4700	9361	ponad 1 h	
USN-1	3 x 3	9	7	2 sek.	-
	4 x 4	16	9	2,5 sek.	-
	5 x 5	25	11	3,3 sek.	-
	6 x 6	36	13	5,8 sek.	-
	7 x 7	49	15	9,2 sek.	-
8 x 8	64	17	14,8 sek.	-	

Tabela 4: Porównanie efektywności metod transformacji (model BSN-1, eksperymenty na IBM-PC/XT)

Liczba detali	Limit kosztów (L)	CPU (sek) dla 4 najlepszych metod			
		1	2	3	4
100	a	4.77	3.35	19.61	10.82
	1000a	4.78	3.35	19.22	10.82
1000	a	4.77	3.40	19.23	10.87
	1000a	4.78	3.35	19.22	10.82
10000	a	183,6	129.1	190.3	110.8
	1000a	144.2	100.6	160.3	91.9
100000	a	316.5	225.6	299.1	177.8
	1000a	144.1	101.2	193.1	111.7

Tabela 5: Wyniki eksperymentów z algorytmem ZZ (model USN-1, zróżnicowany limit L w ograniczeniu (2); CPU w sek.)

Problem	Liczba detali	L=a	L=10a	L=100a	L=1000a
3 x 3	100	0.11	0.16	0.11	0.17
	1000	0.17	0.16	0.17	0.10
	10000	0.11	0.17	0.16	0.17
4 x 4	100	0.17	0.16	0.22	0.22
	1000	0.16	0.16	0.22	0.17
	10000	0.22	0.22	0.16	0.17
6 x 6	100	0.28	0.28	0.27	0.28
	1000	0.27	0.27	0.27	0.28
	10000	0.27	0.28	0.28	0.27
8 x 8	100	0.44	0.39	0.39	0.38
	1000	0.44	0.38	0.39	0.39
	10000	0.44	0.39	0.44	0.38

Literatura:

1. Freville A., Plateau G. (1986) Heuristics and reduction methods for multiple constraints 0-1 linear programming problems, European Journal of Operational Research, vol. 24, pp. 206-215.

2. Glover F., Woolsey E. (1974) Converting the 0-1 polynomial programming problems to a 0-1 linear program, Operations Research, vol. 22,, pp. 180-182.
3. Glover F., Woolsey E. (1973) Further reduction of 0-1 polynomial programming problems to 0-1 linear programming problems, Operations Research, vol. 21, pp. 156-161.
4. Lubicz M. (1986a) Komputerowo-wspomagana optymalizacja organizacji międzyoperacyjnej kontroli jakości, Prace IBS PAN, 133, s. 32-39.
5. Lubicz M. i inni (1986b) Komputerowo-wspomagana optymalizacja międzyoperacyjnej kontroli jakości w przemyśle maszynowym, Raporty Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, etap I.
6. Lubicz M. i inni (1987) Komputerowo wspomagana optymalizacja międzyoperacyjnej kontroli jakości w przemyśle maszynowym, Raporty Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, etap II.
7. Lubicz M. i inni (1988) Komputerowo-wspomaganaa optymalizacja międzyoperacyjnej kontroli jakości w przemyśle maszynowym, Raporty Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, etap III.
8. Narula S.C., Kindorf J.R. (1979) Linear 0-1 programming: A comparison of implicit enumeration algorithms, Computers and Operations Research, vol. 6, pp. 47-51.
9. Sysło M.M., Deo N., Kowalik J.S. (1983) Discrete optimization algorithms with Pascal programs, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
10. Toyoda Y. (1975) A simplified algorithm for obtaining approximate solutions to 0-1 programming problems, Management Science, vol. 21, no. 12, pp. 1417-1427.
11. Watters L.J. (1967) Reduction of integer polynomial programming problems to 0-1 linear programming problems, Operations Research, vol. 15, pp. 1171-1179.

ZALĄCZNIK 1: Postać funkcji celu dla typowych dyskretnych modeli optymalizacyjnych MSKJ z klasy (S21:B2, B5, A)

Poniższe wzory ilustrują sposób wyznaczania wartości współczynników a_{ij} , $a(kl)$ we wzorze (1). Lewe strony wzorów (5), (6) określają przybliżenia wartości oczekiwanych strat na brakach przy produkcji N -wyrobów. Poszczególne symbole oznaczają:

- NDEF(i) - prawdopodobieństwo poprawnego wykonania pierwszych i operacji,
 Q(i) - prawdopodobieństwo powstania defektu w i-tej operacji,
 NDET(i) - prawdopodobieństwo nie wykrycia defektu po i-tej operacji,
 DET(i) - analogicznie - prawdopodobieństwo wykrycia defektu,
 NDEFNDT1(i,j) - prawdopodobieństwo zdarzenia: {w operacjach od i-tej do j-tej włącznie nie powstawały nowe defekty lub jeśli powstawały to nie były wykrywane},
 k1,k2(i) - jednostkowe straty na brakach - odpowiednio zewnętrznych i wewnętrznych.

model USN-1

$$F = N = \sum_{i=1}^n \text{NDEF}(i-1) Q(i) [\text{NDET1}(i) K1 + \text{DET1}(i) K2(i)] \quad (5)$$

model BSN-1

$$F = N \sum_{i=1}^n \text{NDEF}(i-1) Q(i) \text{NDET1}(i) \text{NDET1}(i) \text{NDEFNDT1}(i+1,n) K1 +$$

$$+ N \sum_{i=1}^n \text{NDEFNDT1}(1,i-1) Q(i) / \text{DET1}(i) K2(i)$$

gdzie:

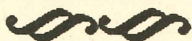
$$\text{NDEF}(i-1) = \begin{cases} 1, & \text{jeśli } i=1 \\ i-1 & \\ \prod_{k=1}^j [1-Q(k)], & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases}$$

$$\text{DET1}(i) = \sum_{j=1}^m P1(i,j) x(i,j), \quad \text{NDET1}(i) = 1 - \text{DET1}(i)$$

$$\text{NDEFNDT1}(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } i=j+1, \\ \prod_{k=i}^j ([1-Q(k)] + Q(k) \text{NDET1}(k)), & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases}$$

- (1) ...
- (2) ...
- (3) ...
- (4) ...
- (5) ...
- (6) ...
- (7) ...
- (8) ...
- (9) ...
- (10) ...
- (11) ...
- (12) ...
- (13) ...
- (14) ...
- (15) ...
- (16) ...
- (17) ...
- (18) ...
- (19) ...
- (20) ...
- (21) ...
- (22) ...
- (23) ...
- (24) ...
- (25) ...
- (26) ...
- (27) ...
- (28) ...
- (29) ...
- (30) ...
- (31) ...
- (32) ...
- (33) ...
- (34) ...
- (35) ...
- (36) ...
- (37) ...
- (38) ...
- (39) ...
- (40) ...
- (41) ...
- (42) ...
- (43) ...
- (44) ...
- (45) ...
- (46) ...
- (47) ...
- (48) ...
- (49) ...
- (50) ...
- (51) ...
- (52) ...
- (53) ...
- (54) ...
- (55) ...
- (56) ...
- (57) ...
- (58) ...
- (59) ...
- (60) ...
- (61) ...
- (62) ...
- (63) ...
- (64) ...
- (65) ...
- (66) ...
- (67) ...
- (68) ...
- (69) ...
- (70) ...
- (71) ...
- (72) ...
- (73) ...
- (74) ...
- (75) ...
- (76) ...
- (77) ...
- (78) ...
- (79) ...
- (80) ...
- (81) ...
- (82) ...
- (83) ...
- (84) ...
- (85) ...
- (86) ...
- (87) ...
- (88) ...
- (89) ...
- (90) ...
- (91) ...
- (92) ...
- (93) ...
- (94) ...
- (95) ...
- (96) ...
- (97) ...
- (98) ...
- (99) ...
- (100) ...

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 Kafuszko
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 Słachowicz
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

TBS

41278 $\frac{1}{1}$

ZP2C -

~~Bib. podręczna~~

PION III