

BADANIA SYSTEMOWE

XXV-lecie INSTYTUTU BADAŃ SYSTEMOWYCH

Książka jubileuszowa
pod redakcją
Kazimierza Mańczaka



Polska Akademia Nauk
Instytut Badań Systemowych

BADANIA SYSTEMOWE

XXV-lecie INSTYTUTU BADAŃ SYSTEMOWYCH PAN

Książka jubileuszowa
pod redakcją
Kazimierza Mańczaka

Warszawa 2001

STEROWANIE JAKOŚCIĄ I NIEZAWODNOŚĆ SYSTEMÓW W IBS PAN

Janusz KARPIŃSKI

1. Rys historyczny

Inicjatorem badań naukowych dotyczących statystycznej kontroli jakości i niezawodności w Instytucie był - nieżyjący już - prof. Szymon Firkowicz. Pierwszy, nieliczny zespół badawczy (dr Jan Butkiewicz, dr Kazimierz Ciechanowicz) powstał jeszcze w Instytucie Automatyki PAN, poprzedniku IBS PAN. Z perspektywy lat wydaje się, że największym osiągnięciem tego zespołu, głównie prof. S. Firkowicza, było zebranie i usystematyzowanie dorobku naukowego z zakresu niezawodności i statystycznej kontroli jakości. W latach sześćdziesiątych teoria niezawodności była nowym obszarem zainteresowań naukowych. W dziedzinie statystycznej kontroli jakości obszar badawczy nie był już dziewiczy, a to za sprawą wybitnych statystyków, tym niemniej, w zakresie zastosowań nie było jeszcze znaczących osiągnięć. Spośród licznych metod statystycznych rozwijanych przez matematyków należało wyodrębnić, a następnie twórczo rozwijać te, które mogły mieć zastosowanie w kontroli jakości. Był to też okres, kiedy to kształcenie studentów w zakresie stosowanej statystyki matematycznej zaczynało być poważnie traktowane. Niemała w tym zasługa prof. S. Firkowicza, którego wykłady na Politechnice Warszawskiej ze statystyki matematycznej nakierowanej na zastosowania w kontroli jakości były prawdopodobnie najlepszymi w kraju. Najokazalszym owocem działalności tego pierwszego okresu była monografia prof. S. Firkowicza *Statystyczne badanie wyrobów*, wydana w 1970 r. Książka ta była traktowana przez ogół badaczy jako podstawowa w swoim zakresie, do dzisiaj się nie zestarzała i jest cenną pozycją w bibliotece statystyka zajmującego się zastosowaniami.

Przełomowym dla rozwoju badań dotyczących niezawodności i statystycznej kontroli jakości w Instytucie Cybernetyki Stosowanej PAN był rok 1972. Wtedy to na studia doktoranckie przyjęto między innymi Marka Hołyńskiego, Olgierda Hryniewicza, Janusza Karpińskiego, Włodzimierza Lewina. Opiekę naukową nad doktorantami sprawował prof. S. Firkowicz. Był on bardzo surowym i wymagającym nauczycielem, ale pod jego kierunkiem w krótkim czasie młodzi absolwenci politechnik stali się ukształtowanymi i wartościowymi badaczami. Na tyle ukształtowanymi, że niespodziewana śmierć Profesora w czerwcu 1976 r. w zasadzie nie zakłóciła kontynuacji zapoczątkowanych pod jego kierunkiem badań w Instytucie Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT w Zakładzie Metod Statystycznych, przemianowanym następnie na Zakład Metod Sterowania Jakością.

W grudniu 1976 r. powstał Instytut Badań Systemowych PAN, wyodrębniony z likwidowanego Instytutu Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT. Teoria niezawodności oraz sterowanie jakością znalazły swoje miejsce w dwóch pracowniach w Zakładzie Badań Operacyjnych, którym kierował prof. Stanisław Piasecki.

Druga połowa lat siedemdziesiątych była okresem znacznego rozwoju badań w zakresie niezawodności i sterowania jakością. Przede wszystkim nastąpiło powiększenie zespołu badawczego, który w najlepszym okresie liczył ok. 10 osób. Prowadzono zarówno badania podstawowe, jak też prace badawcze ukierunkowane na zastosowania. Zakład Badań Operacyjnych pod kierunkiem prof. S. Piaseckiego był jednym z najbardziej zaangażowanych zespołów w prowadzeniu prac na rzecz gospodarki narodowej. Bardzo ważnym partnerem, zwłaszcza dla zespołu zajmującego się niezawodnością, było wojsko, a zwłaszcza lotnictwo wojskowe. Prowadzono prace badawcze i informatyczne na rzecz Szefostwa Techniki Lotniczej MON, Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Instytutu Lotnictwa i WAT. Współpraca z tymi placówkami była niejako koniecznością, gdyż wówczas jedynie wojsko było poważnie zainteresowane wdrażaniem wyników badań dotyczących niezawodności. Innym, bardzo poważnym obszarem zastosowań badań niezawodnościowych mogła być energetyka jądrowa w związku z rozpoczętą budową elektrowni w Żarnowcu, ale - jak wiadomo - została ona wstrzymana.

Systematycznie prowadzone były seminaria z zakresu niezawodności i sterowania jakością. Brali w nich aktywny udział pracownicy naukowcy, a także przedstawiciele przedsiębiorstw produkcyjnych z całego kraju. Okresowo organizowane też były konferencje nt.: *Niezawodność i Statystyczna Kontrola Jakości*. W latach 1975, 1977, 1979 i 1981 konferencje odbywały się w Jabłonie, a w 1985 r. w Bydgoszczy. Uczestnikami tych konferencji byli przede wszystkim pracownicy naukowcy, jednakże zawsze uczestniczyła liczna grupa inżynierów zajmujących się zagadnieniami kontroli jakości i niezawodności w zakładach produkcyjnych.

Negatywnie na składzie zespołu badawczego zaważyło wprowadzenie stanu wojennego. Kilka osób przebywających za granicą, w tym młodzi i obiecujący naukowcy, nie wróciło już do kraju.

Z kolei, ciekawszym okresem były lata 1986-1990, kiedy to Instytut był koordynatorem Resortowego Programu Badawczo-Rozwojowego, którego tematyka dotyczyła badań podstawowych niezawodności i ich zastosowań. W realizacji tego programu uczestniczyły zespoły badawcze z Politechniki Poznańskiej, Politechniki Gdańskiej, Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji, Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych i Instytutu Obróbki Skrawaniem z Krakowa. Rezultatem tych prac były liczne wartościowe opracowania i programy komputerowe. Wiodącym rezultatem był system komputerowy REL do oceny niezawodności systemów, w którym wykorzystano wiele opracowanych w Instytucie metod obliczeniowych i algorytmów oraz najnowocześniejsze wówczas techniki oprogramowania komputerowego. System był przez wiele lat z powodzeniem stosowany w jednostkach produkcyjnych i badawczych, a także w uczelniach dla celów szkoleniowych.

2. Statystyczne sterowanie jakością

Od początku istnienia Instytutu Badań Systemowych PAN grupami badawczymi zajmującymi się *statystyczną kontrolą jakości* (od wielu lat używana jest raczej nazwa *statystyczne sterowanie jakością* lub krócej - *sterowanie jakością*) kierował O. Hryniewicz, najpierw jako adiunkt, później docent i obecnie jako profesor i dyrektor Instytutu. Dziedzina ta jest silnie związana z zastosowaniami. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych część prac była prowadzona w ramach problemu międzyresortowego MR.I.30 "Rozwój metod analizy systemowej oraz ich zastosowanie w gospodarce narodowej", jednakże znacząca część badań była prowadzona bezpośrednio dla jednostek gospodarczych na ich zlecenie i była przez nie finansowana.

W latach siedemdziesiątych w ówczesnej Pracowni Kontroli Jakości realizowano temat *Systemy komputerowego sterowania jakością produkcji*. W ramach tego tematu opracowano m. in. nowe procedury statystyczne oceny wadliwości produkcji na podstawie danych przekazywanych z wydziałów produkcyjnych zakładów przemysłowych. Rezultaty te z powodzeniem zastosowano m. in. w Zakładach Wytwórczych Lamp Elektrycznych im. R. Luksemburg w celu sterowania jakością produkcji lamp rtęciowych. Wykonywano też prace badawcze dla Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Elektronicznego Sprzętu Powszechnego Użytku. Współpracowano również z największym polskim wytwórcą półprzewodników, zakładami CEMI. Należy podkreślić, że prace o charakterze zastosowaniowym w dużej mierze były nakierowane na elektronikę. Przyczyn było kilka, najważniejszą jednak było to, że przemysł elektroniczny przeprowadzał badania swoich wyrobów i gromadził dane o nich. Wiele z tych danych miało z założenia charakter danych jakościowych i niezawodnościowych, inne zaś pośrednio można było wykorzystywać do tych celów.

W pierwszej połowie lat osiemdziesiątych realizowano temat *Sterowanie jakością produkcji w wielkich zakładach produkcyjnych*, którego tytuł dobrze oddaje charakter prowadzonych w jego ramach prac badawczych. Zajęto się wówczas m. in. ważną dziedziną statystycznej oceny wyników badań trwałości i niezawodności obiektów na podstawie tzw. *badania przyspieszonych*. Zagadnienie to znajduje zastosowanie przede wszystkim w elektronice, a dotyczy badania obiektów o bardzo dużej trwałości, liczonej w latach. Dla takiego rodzaju obiektów zwykłe metody badań uszkodzalności są nieefektywne (bardzo mała liczba uszkodzeń w próbie), stąd potrzeba przyspieszania procesów prowadzących do destrukcji. Oczywiście, niezbędna jest znajomość mechanizmów prowadzących do wcześniejszego starzenia się obiektów pod wpływem narażeń (wysoka temperatura, wysoka wilgotność powietrza, wibracje, przepięcia itp.) i uwzględnienia tych mechanizmów w metodach oceny trwałości dla warunków normalnych. Osiągnięto znaczące rezultaty, zakończone pracą doktorską i zastosowaniami w Instytucie Elektrotechniki.

Inny, równie ciekawy problem badawczy rozwiązano dla Zakładów Wytwórczych Urządzeń Telefonicznych (ZWUT). Opracowano metodę optymalizacji przestrzennego

rozmieszczenia przekaźników w zespole translacji TWSK-2. Jej zastosowanie pozwoliło na zmniejszenie o 25% długości niezbędnych przewodów elektrycznych.

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych kontynuowano dotychczasowy kierunek badań, tzn. obok własnych badań, głównie o charakterze podstawowym, prowadzono prace dla gospodarki. W okresie tym nawiązano współpracę z Instytutem Lotnictwa, dla którego wykonywano badania dotyczące niezawodności podzespołów samolotu. Ważnym partnerem był też Przemysłowy Instytut Elektroniki. We współpracy z tą placówką opracowano m. in. metodykę badań urządzeń technologicznych dla potrzeb mikroelektroniki oraz linii zautomatyzowanego montażu układów scalonych.

W ostatnich latach zespół badawczy zmienił nieco swe oblicze. Daje się zauważyć odejście od bezpośrednich wdrożeń opracowywanych wyników badań, co nie oznacza, że osiągane ostatnio wyniki nie mają charakteru aplikacyjnego. Prace naukowe mają jednak obecnie bardziej podstawowy charakter, a zespół współpracuje z wieloma badawczymi grupami zagranicznymi. Duży nacisk położono na publikacje w ważnych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Uległ też rozszerzeniu formalny aparat badawczy: poza klasyczną statystyką matematyczną zaczęto stosować również metody z zakresu zbiorów rozmytych i intuicjonistycznych, a także sztucznej inteligencji. To nowe podejście, zdaniem członków zespołu, lepiej pozwala uwzględnić występującą w praktyce niepewność dotyczącą dostępnych danych związanych z jakością i niezawodnością obiektów. Szczególnie interesujące jest łączenie w wielu pracach klasycznych metod statystyki matematycznej z metodami znanymi w teorii zbiorów rozmytych. Ważną rolę w tych badaniach odegrały prace dra Przemysława Grzegorzewskiego.

W latach dziewięćdziesiątych prowadzono prace badawcze w ramach programu COPERNICUS nad komputerowym systemem eksperckim służącym do wspomagania projektowania procedur statystycznej kontroli jakości. Opracowano metodę konstrukcji testów statystycznych do weryfikacji hipotez w sytuacji występowania nieprecyzyjnych danych. Stworzono nową metodę analizy danych niezawodnościowych, gdy są one przedstawione w nieprecyzyjny sposób, np. przy pomocy wyrażeń używanych w języku potocznym. Opracowano metodę optymalizacji statystycznego sterowania jakością procesów (SPC) oraz optymalnego projektowania sekwencyjnych planów kontroli odbiorczej. Zaproponowano nowy test statystyczny do wykrywania trendu, który może być wykorzystywany jako narzędzie wspomagające koszty kontrolne SPC.

Nowe podejście do zagadnień oceny jakości znalazło odzwierciedlenie w opracowanej metodzie wyznaczania planu badania według oceny alternatywnej w sytuacji, gdy zarówno ryzyko dostawcy i odbiorcy, jak i poziom jakości dostawcy i odbiorcy podane są w sposób uwzględniający preferencje stron i możliwe ustępstwa.

Dokonano też przeglądu nieparametrycznych estymatorów funkcji przeżycia dla danych cenzurowanych prawostronnie, lewostronnie i przedziałowo. Wykazano, że estymator dualny typu Kaplana-Meiera dominuje dualny estymator skumulowanego hazardu.

Sterowanie jakością i niezawodność systemów

Zaproponowano nową metodę wykrywania rozregulowań procesów produkcyjnych wykorzystującą sieci neuronowe.

Opracowano nową metodę analizy wyników testów statystycznych. W metodzie tej wykorzystano rezultaty uzyskane przez Duboisa i Prade'a dla tzw. rozkładów możliwości.

Zaproponowano oryginalną metodę wykorzystania teorii zbiorów rozmytych w statystycznym sterowaniu jakością. Opracowano oryginalne rozwiązania kart kontrolnych dla danych jakościowych wyrażanych w nieprecyzyjny sposób.

Opracowano nową metodę oceny nieznanymi parametrów rozkładów prawdopodobieństwa, pozwalającą wykorzystać zarówno informację z próby statystycznej, jak i pewne informacje o spodziewanych wartościach estymowanego parametru. Metoda ta stanowi alternatywę dla bayesowskiej estymacji parametrów rozkładów prawdopodobieństwa.

Opracowano nową metodę posybilistycznej interpretacji testów statystycznych. Zaproponowano nowe metody testowania rozmytych hipotez statystycznych oraz ich zastosowań w praktyce, np. w statystycznej kontroli jakości i tworzenia zapytań do baz danych.

3. Niezawodność systemów

Zespołem zajmującym się zagadnieniami niezawodności systemów, skupionym najpierw w Pracowni Optymalizacji Niezawodnościowej, a później - po reorganizacjach - w innych formalnych grupach, w IBS PAN kierował początkowo dr K. Ciechanowicz, a od 1980 r., po jego wyjeździe za granicę, dr J. Karpiński, obecnie profesor w Instytucie. Zespół ten zajmował się zarówno zagadnieniami podstawowymi dotyczącymi niezawodności, zwłaszcza niezawodności systemów, jak też zagadnieniami natury zastosowaniowej.

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych część prac prowadzono w ramach problemu międzyresortowego MR.I.30. Pewna część badań była prowadzona bezpośrednio dla jednostek gospodarczych na ich zlecenie i była przez nie finansowana. Jeszcze pod kierownictwem prof. S. Firkowicza w Instytucie Cybernetyki Technicznej wykonywano prace badawcze dla Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji (PIT), a także dla Zakładu Energetycznego Łódź-Województwo.

W końcu lat siedemdziesiątych, pod kierownictwem dra K. Ciechanowicza, w ramach MR.I.30 wykonywano temat: *Sterowanie niezawodnością i zapasami*. W ramach tego tematu stworzono całościowe modele obejmujące złożony obiekt *system techniczny - magazyn części zamiennych*. Rozpatrywano zagadnienia niezawodności i tzw. gotowości technicznej takiego obiektu przy uwzględnieniu kosztów jego eksploatacji. Szczególnie istotny nacisk kładziono na tzw. obsługi profilaktyczne (naprawy, remonty przeglądy przeprowadzane jeszcze przed uszkodzeniem systemu, w celu podjęcia działań zapobiegającym poważnym stratom wynikającym

z katastroficznego uszkodzenia). Rozpatrywano dwa główne modele. Pierwszy zakładał, że obiekt jest eksploatowany w nieskończonym przedziale czasu, drugi zaś uwzględniał ograniczoną przedziału eksploatacji. Poważny wysiłek był skierowany na opracowanie modelu serwisu sprzętu powszechnego użytku, uwzględniającego przestrzenne rozmieszczenie punktów serwisowych, poziom ich zaopatrzenia w części zamienne, koszty funkcjonowania poszczególnych składników systemu itp. Prace te miały, poza aspektami teoretycznym, duży walor aplikacyjny i później ich wyniki były wykorzystywane w wielu pracach na rzecz gospodarki. Na ich podstawie obroniono też prace doktorskie i pracę habilitacyjną. W okresie tym prowadzono też teoretyczne prace badawcze nad opracowaniem wielowymiarowych rozkładów prawdopodobieństwa o cechach umożliwiających ich zastosowanie do opisu złożonych systemów niezawodnościowych o wzajemnie zależnych uszkodzeniach elementów. Opracowano też efektywną metodę (wraz z programem komputerowym) wyznaczania parametrów rozkładu Weibulla przy niepełnych danych.

Przez pięć lat, począwszy od 1981 r., realizowano temat *Optymalizacja systemów eksploatacji i obsługa*. W okresie tym - poza kontynuacją wielu prowadzonych wcześniej badań - na uwagę zasługują przede wszystkim dwa prowadzone kierunki badawcze. Pierwszy z nich, o ściśle utylitarnym charakterze, związany jest z opracowaniem komputerowego systemu KOSTEK służącego - ogólnie rzecz ujmując - do ewidencji stanu technicznego, planowania różnego rodzaju przeglądów i remontów wszystkich polskich samolotów bojowych. System ten opracowano na zlecenie i przy współpracy z Szefostwem Techniki Lotniczej Ministerstwa Obrony Narodowej. Drugi ważny wątek prac badawczych tego okresu dotyczył opracowania efektywnej metody wyznaczania tzw. słabych ogniw - z punktu widzenia niezawodności - w systemie. Przez słabe ogniwo rozumie się w tym przypadku element lub grupę elementów systemu, z powodu uszkodzenia których występują największe uciążliwości związane z użytkowaniem systemu. Na *stopień słabości* elementu mają m. in. wpływ jego indywidualna niezawodność, krotkość i rodzaj jego rezerwowania w strukturze niezawodnościowej, jego umiejscowienie w strukturze niezawodnościowej, wpływ niepoprawnej pracy elementu na funkcjonowanie innych elementów, podatność elementu na naprawę i wiele innych. Aczkolwiek istniało wiele miar służących do określania słabych ogniw systemu, to miały one charakter niepełny lub bardzo uproszczony. Stworzony w IBS PAN teoretyczny model do wyznaczania słabych ogniw był bardzo uniwersalny i ujmował większość ważnych dla praktyki aspektów. Opracowaną metodę zastosowano m. in. w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych oraz w Instytucie Lotnictwa.

Druga połowa lat osiemdziesiątych to realizacja Resortowego Programu Badawczo-Rozwojowego RPBR 02.1, którego kierownikiem był doc. J. Karpiński. Część prac badawczych wykonywano w Instytucie, część zaś w kilku innych placówkach naukowych. Najważniejszym problemem było opracowanie komputerowego systemu do oceny niezawodności złożonych systemów. Powstał nowoczesny, bardzo przyjazny dla użytkownika, wykorzystujący oryginalne algorytmy obliczeniowe system komputerowy, mający bardzo szerokie zastosowanie w analizie niezawodności. Był szeroko używany nie tylko do analiz inżynierskich i prac badawczych, lecz także do celów szkoleniowych

na wyższych uczelniach jako doskonałe narzędzie do zapoznania się z podstawami analizy niezawodnościowej systemów.

Wiele wartościowych prac, zakończonych licznymi publikacjami, dotyczyło zagadnień związanych ze sterowaniem impulsowym procesami przedziałami impulsowymi, m. in. w zastosowaniu do oceny niezawodności obiektów i sterowania ich odnowami. Pracami tymi kierował doc. Dariusz Gątarek, a wiele publikacji z tego zakresu zdobyło światowy rozgłos i były często cytowane w publikacjach innych autorów.

Lata dziewięćdziesiąte nie były dobre dla zespołu zajmującego się zagadnieniami niezawodności. Z powodu trudnej sytuacji finansowej Instytutu większość jego członków odeszła do innych, dużo lepiej płatnych zajęć, a młodych i zdolnych absolwentów wyższych uczelni nie udało się nakłonić do pracy naukowej. Wydaje się jednak, że nasycenie na rynku pracy pozwoli wkrótce zmienić tę niekorzystną sytuację.

Literatura

- Gątarek D., Malinowski J. (1991): *Optimal maintenance and variational inequalities*. ECONOMIC QUALITY CONTROL, No. 6.
- Gątarek D. (1992): *Optimality conditions for impulsive control of piecewise-deterministic processes*. CONTROL SIGNALS SYSTEMS, No. 5.
- Gątarek D. (1993): *Impulsive Control of piecewise-deterministic processes with long run average cost*. STOCHASTICS, vol. 45.
- Gątarek D., Goldys B. (1994): *On weak solutions of stochastic equations in Hilbert spaces*. STOCHASTICS, vol. 46.
- Gątarek D., Sobczyk J. (1994): *On the existence of optimal controls of Hilbert-space valued diffusions*. SIAM Control Optimization, vol. 32, No. 1.
- Grzegorzewski P. (1995): *The robustness against dependence of non parametric tests for the two-sample location problem*. APPLIED MATHEMATICS, vol. 22.
- Grzegorzewski P. (1997): *Metrics and orders in space of fuzzy numbers*. FUZZY SETS and SYSTEMS, vol. 90.
- Grzegorzewski P. (1998): *Statistical inference about the median from vague data*. CONTROL and CYBERNETICS, vol. 27, No. 3.
- Grzegorzewski P. (2000): *Conditional probability and independence of intuitionistic fuzzy events*. NOTES on INTUITIONISTIC FUZZY SETS, vol. 6, No. 1.
- Grzegorzewski P. (2000): *Testing statistical hypotheses with vague data*. FUZZY SETS and SYSTEMS, vol. 112.
- Grzegorzewski P. (2001): *Interval aggregation in data mining*. W: H. L. Larsen, J. Kacprzyk, S. Zadrozny, T. Andersen, H. Christiansen (red.): *Flexible query answering systems*. Recent advances. PHYSICA VERLAG, Heidelberg, New York.
- Grzegorzewski P., Hryniewicz O. (1997): *Testing statistical hypotheses in fuzzy environment*. MATHWARE & SOFT COMPUTING, vol. 4.
- Grzegorzewski P., Hryniewicz O. (2000): *Soft methods in statistical quality control*. CONTROL and CYBERNETICS, vol. 29, No. 1.

Janusz KARPIŃSKI

- Grzegorzewski P., Wieczorkowski R. (1999): *Entropy-based goodness-of-fit test for exponentiality*. COMMUNICATIONS in STATISTICS - THEORY and METHODS, vol. 28, No. 5.
- Hryniewicz O. (1983): *Optymalne plany statystycznej kontroli jakości produkcji*. PWN, Warszawa.
- Hryniewicz O. (1995): *Lifetime tests for imprecise data and fuzzy reliability requirements*. W: T. Onisawa, J. Kacprzyk (red.): *Reliability and safety analyses under fuzziness*. PHYSICA VERLAG, Heidelberg.
- Hryniewicz O. (1996): *Nowoczesne metody stochastycznego sterowania jakością*. OMNITECH PRESS, Warszawa.
- Hryniewicz O. (1997): *Quality Control of a continuously monitored production process*. W: H-J. Lenz, P.-Th. Wilrich (red.): *Frontiers in Statistical Quality Control*. 5. PHYSICA VERLAG, Heidelberg.
- Hryniewicz O. (1997): *Statistical process control with the help of international statistical standards*. HUMAN SYSTEMS MANAGEMENT, vol. 16.
- Hryniewicz O. (1999): *Wykłady ze statystyki*. WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI STOSOWANEJ i ZARZĄDZANIA, Warszawa.
- Karpiński J. (1983): *General probability of system failure*. IEEE TRANSACTIONS on RELIABILITY, vol. R-32, No. 5.
- Karpiński J. (1986): *A multistate system under an inspection and repair policy*. IEEE TRANSACTIONS on RELIABILITY, vol. R-35, No. 1.
- Karpiński J. (1988): *Checking policy for deteriorating multistate systems*. NAVAL RESEARCH LOGISTIC QUARTERLY, vol. 35, No. 2.
- Karpiński J., Firkowicz S. (1981): *Zasady profilaktyki obiektów technicznych*. PWN, Warszawa.
- Karpiński J., Gątarek D. (1995): *A method of reliability analyses of complex equipment*. CONTROL and CYBERNETICS, vol. 24, No. 2.
- Piasecki S. (1995): *Elementy teorii niezawodności i eksploatacji obiektów o elementach wielostanowych dla inżynierów*. IBS PAN, Warszawa.

Andrzej STRASZAK

- Straszak A., Nahorski A., Sikorski J. (red.) (1990): I Krajowa konferencja badań operacyjnych i systemowych, BOS'88, Książ 13-17 czerwca 1998, t. 1,2. PTBOiS-IBS PAN, Warszawa, 600 s.
- Straszak A., Owsiański J. (1978): *Control theoretic approach to socio-economic systems. role and applicability*. IFAC Congress Helsinki 12-16 June 1978. PERGAMON PRESS, Oxford.
- Straszak A., Stefański J., Ziółkowski A., Cichocki W. (1985): *Computer aided learning in a two-level economy with nonlinear economic regulators*. W: Artificial Intelligence in Economic and Management. IFAC Workshop, Zurich, March 1985.
- Straubel R., Studziński J. (2000): *Computer aided planning and operating of the water networks in Koeninghs-Wusterhausen and Rzeszów*. W: M. M. Sozański (red.): Water supply and water quality. Conference Proceedinds of IVth International conference, Kraków, 11-13.09.2000. PZliTS, Kraków-Poznań, ss. 43-54, 7 poz. bibl.
- Studziński J., Hryniewicz O., Kacprzyk J., Drelichowski L. (red.) (2000): *Technologie informatyczne w zarządzaniu. Systemy wspomaganie decyzji*. IBS PAN, Warszawa, Seria: Badania Systemowe, t. 26, 312 s.
- Studziński J., Straubel R. (2000): *Problemy projektowania i wdrażania systemów informatycznych do modelowania, optymalizacji i sterowania komunalnymi sieciami wodociagowymi*. W: J. F. Lemański, J. Łomotowski, S. Zabawa (red.): *Wspomaganie komputerowe w projektowaniu i eksploatacji systemów wodociagowych i kanalizacyjnych*. Materiały IV Ogólnopolskiego Seminarium Naukowo-Szkoleniowego, Świnoujście-Kopenhaga, październik 2000, PZliTS, Poznań, ss. 42-57, 7 poz. bibl.
- Żochowski A., Ostrowski R. (1979): *Koncepcja zastosowania modelu w planowaniu rozwoju miasta*. W: *Zastosowania analizy systemowej w modelowaniu rozwoju regionalnego*, t. 1. Konferencja szkoleniowa. Jabłonna 11-16 września 1979. PWN, Warszawa-Łódź.

Skorowidz nazwisk

A

Adamiecki Karol, 133, 134
Adamus Józef, 130
Albegov Murat M., 143
Altman Anna, 83, 131
Ameljańczyk Andrzej, 41, 44, 45, 143
Arczewska Wanda, 24, 114, 123, 131
Atanassov Krassimir T., 55

B

Babarowski Janusz, 27, 33, 143
Bachner Tadeusz, 116
Baka Władysław, 111
Banaszak Zbigniew, 121
Bańka Stanisław, 130
Bańkowski Jacek, 111
Bar Ludwik, 111, 112
Barski Aleksy, 143
Bartczak Michał, 130
Bartoszczuk Paweł, 122
Bednarczyk Ewa, 83, 84, 121, 122
Bellman Richard E., 50, 55
Bełkowski Czesław, 102, 106, 107, 115
Bereziński Mirosław, 106, 114, 122, 140, 141, 143
Białasiewicz Jan, 103, 129
Bielawski Stanisław, 103, 106, 107, 116, 118
Bobrowski Leon, 130
Bogdan Lucyna, 146
Bogobowicz Agnieszka, 130
Bogucki Waldemar, 108
Bojańczyk Michał, 130
Bojarski Włodzimierz, 103
Borkowski Jerzy, 103, 106, 116, 118
Boroń Józef, 111
Bronisz Piotr, 122, 131
Brzyski Artur M., 131
Bubnicki Zdzisław, 90, 120, 121, 127, 134, 140, 143
Budziński Ryszard, 124, 126, 141
Bury Hanna, 140, 143, 144
Butkiewicz Jan, 63, 106, 114

C

Chołaj Henryk, 111
Chudy Marian, 121, 143, 144, 147
Chwesiuk Krzysztof, 130
Cichocki Krzysztof, 122, 144, 150
Ciechanowicz Kazimierz, 63, 67, 106, 115, 123
Ciechanowicz Wiesław, 11, 45, 46, 122, 140, 141, 144
Cios Krzysztof J., 130
Czarnecki Stefan, 102, 103, 106, 107

D

Daddesh Abdalla Maalul, 131
Darowski Marek, 130
Dąbrowski Mirosław, 115
Decowski Marek, 107, 115, 116
Deeb Ali Mashat, 131
Dernałowicz Janusz, 104, 108, 114, 115
Dmowski Ryszard, 103, 106, 107, 115
Dobrzyński Waldemar, 122, 131
Doktór Kazimierz, 111, 112, 119
Domański Ryszard, 90
Dowgiałło Zygmunt, 124, 141, 144
Drapich Wit, 111
Drucker Peter F., 134
Dubicki Bolesław, 106
Dudziński Krzysztof, 84, 130
Dulewicz Włodzimierz, 102
Dulewski Jan, 116
Dunajski Zbigniew, 106
Dwojak Barbara, 128
Dwojak Stanisław, 102, 106
Dydycz Jadwiga, 115
Dziewoński Kazimierz, 120

E

Emirsajłow Zbigniew, 130

F

Fayol Henri, 133
Fedrizzi Mario, 51, 52, 55, 56, 58, 59, 60, 61
Filipczyński Leszek, 118
Filus Jerzy, 130
Findeisen Władysław, 101, 102, 105, 106, 109, 111, 119, 120, 129, 135, 136, 149
Firkowicz Szymon, 63, 70, 102, 103, 106, 107, 111, 114, 115
Francelin Roseli A, 51, 55, 58
Fu K. S., 50, 55
Fung L. W., 50, 55

G

Gadomski Jan, 27, 29, 30, 122
Gadziński Feliks, 106
Gajda Bronisław, 120
Gasparski Wojciech, 111, 112, 119
Gawroński Ryszard, 102, 103, 104, 106, 107, 111, 115
Gawryś Anna, 41, 130
Gałarek Dariusz, 10, 69, 70, 84, 121, 130
Gecow Andrzej, 131
Gessing Ryszard, 121
Gibała Stanisław, 112, 121
Gilowska Irena, 129

Gliński Bohdan, 111
Gliszczyńska Xymena, 112, 113
Głębicki Kazimierz, 102, 106
Głowacki Sławomir, 112, 113
Głuszek Adam, 131
Golinowski Aleksander, 111
Gomide Fernando A. C., 51, 55, 58
Gondzio Jacek, 122
Gosiewski Anatol, 121
Górecki Henryk, 102, 106, 111, 119, 120, 129
Grabowski Aleksander, 114, 120
Grabowski Wiesław, 114, 120
Grabski Tadeusz, 111
Grąbczewski Zbigniew, 131
Grudzewski Wiesław, 111, 120
Grunwald Grzegorz, 106, 112
Grygiel Grażyna, 131
Grzegorzewski Przemysław, 53, 54, 55, 56, 66, 69,
70, 121, 122, 131
Grzesiak Ludwik, 111
Grzybowski Leon, 130
Grzywacz Agnieszka, 91
Gutenbaum Jakub, 24, 27, 33, 71, 72, 84, 90, 103,
106, 107, 113, 120, 121, 122, 125, 126, 128, 129,
140, 144

H

Halama Henryk, 111
Hellwig Zdzisław, 111
Ho Quang Minh, 130
Holnicki-Szulc Piotr, 33, 42, 45, 46, 89, 122, 127,
130, 144
Hołubiec Jerzy, 36, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 90, 103,
106, 107, 113, 121, 123, 125, 126, 127, 128, 129,
134, 140, 141, 143, 144, 148
Hołyński Marek, 63
Hryniewicz Olgierd, 46, 53, 54, 56, 57, 63, 65, 69,
70, 91, 121, 123, 127, 128, 129, 140, 144, 147,
150

I

Inkielman Michał, 27, 29, 33, 34, 91, 92, 106, 121,
122, 127, 130
Iracki Krzysztof, 129
Iwanowska Anna, 119
Iwański Cezary, 51, 58, 131, 144

J

Jackowski Zygmunt, 131
Jakubowski Andrzej, 141, 145, 146
Jankowska-Zorychta Zofia, 114, 123
Janssen J. M. L., 145
Jarominek Władysław, 102, 106, 111, 120
Jędynak Andrzej, 111
Jędrzycki Wiesław, 112
Johnson Lyndon B., 136

Joszczuk Jolanta, 131
Józwiak Agnieszka, 141
Józwiak Ireneusz, 130
Józwiak Adam, 130
Judycki Władysław, 130
Jupowiecka-Mieszala Urszula, 130
Jurkiewicz Ewa, 130
Jurkowska Teresa, 130, 145, 147

K

Kacprzyk Janusz, 9, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57,
58, 59, 60, 61, 62, 69, 70, 121, 127, 128, 129, 130,
135, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149,
150
Kacprzyński Bogdan, 24, 36, 41, 44, 103, 106, 111,
113, 120, 123, 129, 141, 145
Kaczmarek Jan, 111, 120, 136
Kaczmarek Zdzisław, 120, 136
Kaczorek Tadeusz, 120
Kaliszewski Ignacy, 26, 84, 121, 130
Kałużsko Andrzej, 29, 45, 46, 122, 144
Kamiński Franciszek, 103
Kanczewski Antoni, 103
Kantorowicz Leon, 134
Karczewska Anna, 103
Karkos Eugeniusz, 116
Kiliński Antoni, 102
Kisielnicki Jerzy, 122, 145
Kiwiel Krzysztof, 83, 84, 85, 86, 87, 121, 122, 125,
126, 127, 128, 129
Kleiber Michał, 90
Klekowski Romuald, 90
Klukowski Leszek, 131, 145
Kmita Zbigniew, 120
Kochetkov A., 145
Kołowrocki Krzysztof, 130
Komorowska Irena, 130, 145, 147
Konorski Jerzy, 102, 106
Korbicz Józef, 129
Korcelli Piotr, 120
Korczak Edward, 131
Koronacki Jacek, 121
Kortan Jerzy, 111
Kosiński Janusz, 131
Kostek Bożena, 130
Kotarbiński Tadeusz, 112, 133
Kotowski Włodzimierz, 111
Kotuszewska Barbara, 117, 124
Kcwal Robert, 131
Kowalik Adam, 111
Kowalska Elżbieta, 24, 123, 131
Kowalski Janusz, 116
Kozarski Maciej, 130
Kozdrój Marian, 111, 116
Koziaara Mieczysław, 113
Koźmiński Andrzej K., 111
Kozuchowski Jan, 102, 106
Krajewski Wiesław, 45, 122, 130, 143, 144
Krawczak Maciej, 91, 92, 122, 131, 141, 144, 145

Krawiec Bogdan, 144, 145
Król Henryk, 111, 120
Kruszyński Jan, 108
Kruś Lech, 91, 113, 122, 124, 140, 141, 143, 146
Krzakiewicz Stefan, 111
Krzyków Andrzej, 107, 116
Krzywiecka Ewa, 130
Księżopolska Lidia, 146
Kuczmowski Tomasz, 130
Kudrewicz Jacek, 102
Kulczycki Piotr, 121
Kulikowski Jan J., 103
Kulikowski Juliusz L., 108, 109, 114, 119, 128
Kulikowski Roman, 5, 6, 90, 91, 92, 102, 103, 106, 107, 109, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 149
Kulpa Zenon, 115
Kulpiński Jan, 111
Kurnal Jerzy, 111
Kurzydłowska Anna, 130, 147
Kusiak Andrzej, 130
Kuźnicki Leszek, 90
Kwiek Janusz, 116

L

Lebson Stefan, 101
Lesisz Piotr, 130
Leszczyński Jerzy, 124
Leśkiewicz Henryk J., 102, 103, 106
Lewin Włodzimierz, 63, 122, 130
Libura Marek, 87, 106, 121, 123, 130, 149
Lorentz Zbigniew, 130

Ł

Łabuda Waldemar, 46, 122, 131
Ładziński Radosław, 102
Łazar Dariusz, 131
Łodziński Andrzej, 130
Łopuch Bożena, 86, 122, 131
Łuba Tadeusz, 91
Łukasik Stanisław, 46, 106, 122, 123, 141, 147

M

Madey Marek, 111
Magiera Włodzimierz, 131
Malanowski Kazimierz, 83, 84, 87, 103, 106, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 128, 129
Malicka-Wąsowska Joanna, 41, 45, 46, 47, 122, 130, 143, 144
Malicki Zdzisław, 111, 144
Malinowski Jacek, 69, 131
Manczarski Stefan, 102
Mańczak Kazimierz, 5, 13, 24, 25, 101, 103, 106, 107, 111, 113, 114, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 129, 134, 140, 144, 147
Marczyński Romuald, 106

Markiewicz Władysław, 111
Maroński Józef, 115
Marszał Stanisław, 111, 120
Masłyk Ewa, 112
Matczewski Andrzej, 120
Maźbic-Kulma Barbara, 91, 92, 114, 122, 123, 141, 145, 147
Mensz Paweł, 130
Michalewski Edward, 106, 113, 122, 125, 141, 143, 147
Michał Mirosław, 131
Mierzejewski Henryk, 113, 122, 148
Mirski Zenon, 116
Morawski Witold, 112
Moroz Piotr, 102
Mossakowski Mirosław, 90
Myśliński Andrzej, 78, 79, 88, 89, 122, 131

N

Nahorski Zbigniew, 24, 25, 32, 33, 46, 88, 91, 92, 114, 121, 123, 127, 128, 129, 130, 143, 144, 146, 147, 149, 150
Nałęcz Maciej, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 111, 115, 118, 119, 120, 129, 135
Napierała Mieczysław, 111
Neuman John von, 139
Niedźwiedzińska Hanna, 131
Niewiadomski Adam, 131
Nieżgódka Marek, 71, 121
Niżnik Ryszard, 131
Novak Vilem, 130
Nowacki Paweł J., 102, 106, 118, 135
Nowakowska Maria, 112
Nowakowski Janusz, 103
Nowicki Tadeusz, 102, 106, 107, 108, 111, 114, 130
Nowocień Romuald, 41, 45, 130
Nurmi Hannu, 51, 55, 58, 59, 61
Nykowski Ireneusz, 121

O

Obodowski Janusz, 111
Ogryczak Włodzimierz, 130
Olbryś Joanna, 131
Olech Czesław, 90
Oleksyn Leszek, 91
Olinger Wiktor, 130
Olko Eugeniusz, 111
Olszewski Jerzy, 111
Ostapczuk Bronisław, 111
Ostrowski Roman, 91, 92, 113, 114, 115, 121, 122, 136, 141, 148, 150
Owsiński Jan, 53, 55, 61, 114, 122, 123, 128, 129, 131, 136, 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

P

Pajestka Józef, 111

Palacz Tadeusz, 113
Pasieczny Leszek, 111, 112, 113, 120, 123
Paszowski Stanisław, 106, 111, 120
Pawlak Zdzisław, 9, 52, 90, 91, 106, 111, 121
Pawłow-Nieżgódka Irena, 34, 35, 71, 88, 121
Pawłowski Zbigniew, 120
Pecze Tadeusz, 111
Pedrycz Witold, 129
Pełczewski Władysław, 102, 106, 120
Peszyńska Małgorzata, 122
Petriczek Grażyna, 41, 46, 47, 122, 131, 143, 144
Piasecki Stanisław, 41, 44, 45, 64, 70, 111, 114, 120, 121, 123, 124, 134, 140, 141, 145, 147, 148
Piekarczyk Stanisław, 92, 108, 116, 124, 126
Piekarski Krzysztof, 88, 131
Pietryka Elżbieta, 91, 92
Podgórski Tadeusz, 111
Podkaminer Leon, 122
Pogorzelec Anna, 145, 147
Pogorzelska-Bartczak Elżbieta, 91
Porwit Krzysztof, 112
Potrzebowski Henryk, 122, 141, 148
Prażewska Mieczysława, 129
Prochot Zbigniew, 112, 121
Prochowski Maciej, 91
Przeździecki Zygmunt, 102, 106
Pstrokoński Maciej, 106
Pszczołowski Tadeusz, 112
Pudykiewicz Janusz, 130
Pustoła Jerzy, 102, 106, 116, 118
Puzdrakiewicz Zdzisław, 117

R

Radzikowski Władysław, 111, 115
Rakus Andrzej, 130
Redmer Brunon, 106
Rembisz Włodzimierz, 122
Rewo Ludomir, 130
Rokicki Wojciech, 46, 141, 148
Rolewicz Stefan, 106, 120, 121
Romanowicz Tomasz, 131
Rudnicki Jerzy, 130
Runowska Joanna, 129
Rybicki Zygmunt, 111
Rychlewski Jerzy, 130
Ryczaj Tadeusz, 111

S

Seidler Jerzy, 102, 111
Siekierski Tadeusz, 117
Siemaszko Czesław, 123
Sienkiewicz Piotr, 91
Sikorski Jarosław, 91, 92, 122, 130, 149, 150
Simon Herbert, 134
Siwik Jan, 101, 112
Skrobot Stanisław, 111
Słomiński Leon, 107, 108, 114, 122, 123, 124
Słotwiński Bronisław, 113

Sochocki Ryszard, 103, 106
Sokołowski Jan, 78, 79, 80, 84, 85, 87, 88, 89, 114, 121, 123, 128, 129
Sokołowski Jerzy, 124
Solarz Jan, 112
Sosnowski Janusz, 45, 123, 125, 126, 130, 147
Stachowicz Jan, 116
Staniewski Piotr, 50, 59, 122
Stapp Elżbieta, 130
Startek Eugeniusz, 111
Stasiński Jan, 106
Stefański Jacek, 129, 130, 148, 150
Stelmach Jan, 107
Stempień Andrzej, 101, 104
Stępień Jolanta, 131, 147
Struszek Andrzej, 51, 59, 92, 101, 102, 103, 106, 107, 109, 111, 112, 113, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 134, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150
Straubel Reinhard, 150
Strycharczyk Jerzy, 130
Strykowski Paweł, 59, 131
Studziński Jan, 25, 31, 32, 46, 122, 131, 134, 141, 144, 147, 150
Styrczula Andrzej, 102, 106, 112
Subieta Kazimierz, 114
Sulecka-Nowocień Anna, 45
Szapiro Tomasz, 121
Szczepaniak Piotr, 121
Szczepański Jan, 112
Szkatuła Grażyna, 122, 131
Szkatuła Krzysztof M., 121, 126, 127, 130
Szmidt Eulalia, 54, 55, 61, 121
Szoda Zenon, 120
Szparkowski Zygmunt, 101, 102, 105, 106
Szpruch Wiesław, 123
Szydłowski Leszek, 131

Ś

Śliwiński Tadeusz, 102, 106
Świerczyński Maciej, 108

T

Taylor Frederick W., 133
Thieme Jerzy, 101, 104, 105, 108, 109, 117, 119, 128, 129
Tomaszewski Janusz, 103
Topiński Stanisław, 103, 106, 107, 115, 118
Torbicz Władysław, 103, 106, 118
Trzcieniecki Jerzy, 112
Turing Alan M., 139
Turski Władysław, 111
Tyszko Sławomir, 115

U

Unton Fryderyk, 130

ISBN 83-85847-63-4

W. MAŃCZAK red. BADANIA SYSTEMOWE - XXV. Jecie IBS PAN