



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

Krzysztof KOŁOWROCKI

**ASYMPTOTYCZNE PODEJŚCIE
DO ANALIZY NIEZAWODNOŚCI
SYSTEMÓW**



ASYMPTOTYCZNE PODEJŚCIE DO ANALIZY NIEZAWODNOŚCI SYSTEMÓW

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 27

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2001

Krzysztof KOŁOWROCKI

**ASYMPTOTYCZNE PODEJŚCIE
DO ANALIZY NIEZAWODNOŚCI
SYSTEMÓW**

Publikację opiniowali do druku:

Prof. dr hab. inż. Janusz Karpiński

Dr hab. inż. Józef Żurek

Publikacja współfinansowana przez
KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH w ramach projektu
badawczego Nr 9 T12C 022 16 nt. "Graniczne funkcje
niezawodności dużych systemów wielostanowych oraz
ich zastosowania w zagadnieniach transportowych i wy-
trzymałościowych"

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2001

ISBN 83-85847-58-8

ISSN 0208-8029



Serie

44663

Bibl. podręczna

8. Podsumowanie

W pracy całościowo przeanalizowane zostało asymptotyczne podejście do oceny niezawodności jednorodnych i niejednorodnych systemów szeregowych i równoległych oraz jednorodnych i niejednorodnych regularnych systemów szeregowo-równoległych i równoległo-szeregowych. Dla systemów tych, zarówno w przypadku gdy ich elementy są dwustanowe, jak i w przypadku gdy są one wielostanowe, zostały ustalone klasy możliwych granicznych funkcji niezawodności. Ponadto sformułowane i uzasadnione zostały twierdzenia, które pozwalają wyznaczać graniczne funkcje niezawodności rozważanych systemów przy dowolnych funkcjach niezawodności ich elementów. Systemy szeregowo-równoległe oraz równoległo-szeregowe rozważone zostały tylko w przypadku, gdy ich struktury są regularne. Fakt ten nie zawęży jednakże kompletności przeprowadzonej analizy, bowiem poprzez umowne dołączenie w podsystemach równoległych nieregularnych systemów równoległo-szeregowych odpowiedniej liczby elementów uszkodzonych, otrzymujemy rozważane w pracy regularne niejednorodne systemy równoległo-szeregowe. Podobnie, umowne dołączenie w podsystemach szeregowych nieregularnych systemów szeregowo-równoległych odpowiedniej liczby elementów nie uszkadzających się, prowadzi do rozważanych w pracy niejednorodnych systemów szeregowo-równoległych o regularnych strukturach niezawodnościowych. Zatem problem został przeanalizowany wyczerpująco.

Istotnym problemem podczas stosowania zaproponowanej metody szacowania niezawodności systemów technicznych jest jej dokładność. Przedstawione w pracy przykłady zastosowań praktycznych świadczą o tym, że błędy popełniane podczas szacowania dokładnych funkcji niezawodności systemów poprzez ich graniczne funkcje niezawodności są nieistotne z punktu widzenia praktyki. Ponadto, asymptotyczne podejście do oceny niezawodności systemów umożliwia także szacowanie ich dokładnych funkcji niezawodności od dołu i z góry, co zostało pokazane podczas badania niezawodności linowego podnośnika statków [patrz także: Kołowrocki, 2000f]. Kompletnie rozwiązania teoretyczne dotyczące oceny szybkości zbieżności ciągów dokładnych funkcji niezawodności systemów dwustanowych do ich granicznych funkcji niezawodności, oparte na wynikach pracy [Dziubdziela, 1977], zawarte są w opracowaniu [Smolarek, 1999] oraz w pracy [Kołowrocki, Smolarek, 2000]. Wyniki te gwarantują możliwość uzyskania podobnych rezultatów dla systemów wielostanowych. Oszacowania te jednakże są dość skomplikowane i raczej nie jest możliwe bezpośrednie stosowanie ich przez praktyków niezawodności. Praktycznie

sensowe natomiast wydaje się wspomaganie oceny dokładności oszacowań z wykorzystaniem obliczeń komputerowych [Kołowrocki, Smolarek, 1999, Kołowrocki, Milczek, 2000, Kołowrocki, 2000c, Kołowrocki, Milczek 2001a-c].

Wyniki teoretyczne pracy poparte zostały praktycznymi przykładami ich wykorzystania do oceny niezawodności portowych i stoczniowych systemów transportowych. Uzyskane oszacowania należy traktować jako przykłady szerokiej możliwości stosowania proponowanej metody do oceny niezawodności systemów technicznych, które składają się z dużej liczby elementów. Oszacowania te zostały uzyskane w oparciu o niezbyt dokładne dane dotyczące niezawodności elementów systemów podlegających ocenie. Dane te pochodzą bądź to z literatury, bądź też od ekspertów [Kołowrocki, 2000j, Krajewski, Pawluk, 1999, Norma Branżowa BN-75/21 18-01, Polska Norma PN-68/M-80-200, Polska Norma PN-81/M-46-650] i dotyczą tylko ich przybliżonych średnich czasów przebywania w podzbiorach stanów niezawodnościowych oraz możliwych typów ich funkcji niezawodności. Wynika to tylko i wyłącznie z braku dokładnych danych empirycznych dotyczących niezawodności elementów, a także z braku dokładnych danych dotyczących wpływu warunków eksploatacji systemów transportowych na ich niezawodność. Brak danych niezawodnościowych o elementach oraz o warunkach eksploatacji nie powinien jednakże prowadzić do zaniechania chociażby przybliżonego szacowania niezawodności systemów technicznych oraz bezpieczeństwa ich eksploatacji.

Proponowana metoda może być bardzo przydatna przy szacowaniu niezawodności dużych systemów technicznych oraz związanego z nią bezpieczeństwa i efektywności ich eksploatacji, nie tylko podczas ich użytkowania, ale także podczas ich projektowania. Projektowanie systemów transportowych jest jednym z elementów projektowania systemów eksploatacyjnych. Projektowanie systemów eksploatacyjnych przebiega etapami, które w określony sposób odwzorowują rozwój takiego systemu w zmiennych warunkach z upływem czasu. Model końcowy oraz modele etapowe pozwalają na dokonywanie niezbędnych zmian w systemie eksploatacyjnym, w celu osiągnięcia żądanej efektywności [Smalko, 1996, 1998] oraz jego bezpieczeństwa. Modele etapowe oraz model końcowy projektowanych systemów eksploatacyjnych powinny uwzględniać także wymagany stan techniczny obiektów, w tym także ich niezawodność. Toteż korzystanie z metod szybkiego szacowania niezawodności obiektów technicznych systemów eksploatacyjnych jest niezbędne na tym etapie, jeszcze przed wprowadzeniem ich do otaczającej nas rzeczywistości.

Optymalizacja struktur oraz niezawodności elementów dużych systemów technicznych uwzględniająca bezpieczeństwo oraz efektywność ich eksploatacji jest dość uciążliwa z powodu matematycznej złożoności metod dokładnych i często zbyt skomplikowana do wykonania przez praktyków.

Proponowana metoda pozwala na uzyskanie prostych wzorów mogących z powodzeniem znacznie uprościć obliczenia optymalizacyjne. Przemawiają za tym uzyskane ostatnio podstawowe wyniki zawarte w pracach [Kołowrocki, 2000a, Kwiatkowska-Sarnańska, 2001].

W praktyce często spotykamy się z brakiem dokładnych danych dotyczących zarówno niezawodności elementów systemów technicznych, jak i ich warunków eksploatacyjnych. Szczęólnego praktycznego znaczenia w takiej sytuacji nabierają wyniki pracy. Połączenie ich z opiniami ekspertów sprowadzającymi się do uzyskania od nich informacji dotyczących jedynie przybliżonych wartości średnich czasów do ich uszkodzenia lub średnich czasów przebywania w podzbiorach stanów niezawodnościowych, pozwala na przybliżone szacowania niezawodności systemów. Oszacowania te mogą być wykorzystane i pełnić istotną rolę na etapach projektowania, eksploatacji i optymalizacji dużych systemów technicznych.

Wyniki niniejszej monografii zainicjowały i stały się podstawą badań nad obszarami przyciągania dla ustalonych granicznych funkcji niezawodności rozważanych systemów [Kurowicka, 1998, 2001] oraz nad szybkością zbieżności ciągów funkcji niezawodności systemów do ich granicznych funkcji niezawodności [Kołowrocki, Smolarek, 2000, Smolarek, 1999]. Wyniki te zainicjowały także badania nad granicznymi funkcjami niezawodności systemów szeregowo-progowych i progowo-szeregowych [Cichocki i inni, 1998, Milczek, 1999, 2000], systemów hierarchicznych [Cichocki, 2001] oraz nad zagadnieniami związanymi z podwyższaniem niezawodności systemów [Kołowrocki, 2000a, Kwiatkowska-Sarnańska, 2001]. Uzasadnionym zatem wydaje się prowadzenie dalszych badań, których celem byłyby:

- poszerzenie wyników dotyczących granicznych funkcji niezawodności dwu i wielostanowych systemów uzyskanych w niniejszej pracy poprzez ustalenie klas takich funkcji dla systemów progowych, szeregowo-równoległych i równoległo-szeregowych hierarchicznych, szeregowo-progowych, progowo-szeregowych oraz systemów z zimną rezerwą elementów,
- opracowanie metod podwyższania niezawodności dużych systemów dwu i wielostanowych,
- opracowanie metod optymalizacji niezawodności dużych systemów dwu i wielostanowych uwzględniających koszty i bezpieczeństwo ich eksploatacji, opartych na wynikach asymptotycznego podejścia do oceny ich niezawodności,
- przygotowanie programu komputerowego, adresowanego do praktyków zajmujących się eksploatacją dużych systemów, pozwalającego na automatyczną ocenę i optymalizację niezawodności tych systemów.

Krzysztof Kołowrocki

**ASYMPTOTYCZNE PODEJŚCIE DO ANALIZY
NIEZAWODNOŚCI SYSTEMÓW**

Książka zawiera opis metod oraz wyniki badań niezawodności dużych systemów.

Rozważane są nieodnawialne systemy dwustanowe oraz systemy wielostanowe ze starzejącymi się elementami uszkadzającymi się niezależnie.

Ustalone zostały klasy możliwych granicznych funkcji niezawodności dla dwu i wielostanowych jednorodnych i niejednorodnych systemów szeregowych, równoległych, szeregowo-równoległych i równoległo-szeregowych. Problem wyznaczania granicznych funkcji niezawodności dla tych systemów został rozwiązany całościowo przy dowolnych funkcjach niezawodności ich elementów.

Przytoczone zostały przykłady zastosowań wyników do oceny niezawodności modelowych dużych systemów dwustanowych. Wyniki dotyczące systemów wielostanowych zastosowane zostały do oszacowania charakterystyk niezawodnościowych dużych systemów transportu portowego i stoczniowego.

Sformułowane zostały problemy otwarte oraz wytyczona została perspektywa dalszych badań nad metodami oceny i optymalizacji niezawodności dużych systemów.

Monografia przeznaczona jest dla czytelników zainteresowanych badaniami niezawodności oraz bezpieczeństwa eksploatacji dużych systemów technicznych na etapach ich projektowania i eksploatacji.

ISSN 0208-8029

ISBN 83-85847-58-8

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: bibliote@ibspan.waw.pl**