



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

BADANIA SYSTEMOWE

Inżynieria Środowiska

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA
W WODĘ**

Janusz Rak

Barbara Tchórzewska-Cieślak

Jan Studziński

Warszawa 2013



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Seria: BADANIA SYSTEMOWE

Tom 72

**Redaktor naukowy:
Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2013

Rada redakcyjna serii: **BADANIA SYSTEMOWE**
Inżynieria Środowiska

Prof. Olgierd Hryniewicz - przewodniczący

Prof. Jakub Gutenbaum – redaktor naczelny

Prof. Janusz Kacprzyk

Prof. Tadeusz Kaczorek

Prof. Roman Kulikowski

Prof. Marek Libura

Prof. Krzysztof Malinowski

Prof. Zbigniew Nahorski

Prof. Marek Niezgódka

Prof. Roman Słowiński

Prof. Jan Studziński

Prof. Stanisław Walukiewicz

Prof. Andrzej Weryński

Prof. Antoni Żochowski



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Janusz Rak

Barbara Tchórzewska-Cieślak

Jan Studziński

**BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW
ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA
W WODĘ**

Warszawa 2013

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2013

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. Janusz R. Rak

Politechnika Rzeszowska
rakjan@prz.edu.pl

Dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak

Politechnika Rzeszowska
cbarbara@prz.edu.pl

Dr hab. inż. Jan Studziński

IBS PAN Warszawa
studzins@ibspan.waw.pl

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Janusz Łomotowski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Dr hab. inż. Izabela Zimoch

Politechnika Śląska w Gliwicach

Skład: Aneta M. Pielak

Wydawca:

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk
Newelska 6, 01-447 Warszawa
www.ibspan.waw.pl

*Publikacja wydana ze środków projektów rozwojowych
Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
nr NR 14-0006-10/2010 oraz NR 14-0011-10/2010*

ISSN 0208-8029

ISBN 83-894-7549-9

Spis rysunków

Rys. 2.1.	Schemat pojęciowy własności podsystemu	27
Rys. 2.2.	Istota analizy i oceny ryzyka w SZZW	31
Rys. 2.3.	Fałszywa pętla ochrony	33
Rys. 4.1.	Schemat działania systemu antyryzyka	40
Rys. 5.1.	Idea procedury naprawy urządzenia z możliwością zastosowania metody kanibalizmu technicznego.....	47
Rys. 6.1.	Istota procedury ALARP	53
Rys. 6.2.	Propozycja wartości kryterialnych ryzyka dla SZZW z uwzględnieniem zasady ALARP	53
Rys. 7.1.	Przebiegi funkcji $ZT = f_{ZI}(NO)$ i $BT = f_{BT}(Sz)$	77
Rys. 8.1.	Interpretacja trójkątnej funkcji przynależności.....	83
Rys. 8.2.	Koncepcja rozmycia parametrów ryzyka.....	92
Rys. 8.3.	Charakterystyka ryzyka dla modelu MFRM.....	97
Rys. 8.4.	Charakterystyka ryzyka dla modelu TSK	99
Rys. 10.1.	Scenariusze decyzyjne związane ze sterowaniem ryzykiem	105
Rys. 10.2.	Zależność kosztów w zakresie ryzyka: C_1 – koszt ograniczania ryzyka, C_2 – koszt strat, C – suma kosztów	106
Rys. 10.3.	Szacunkowa analiza kosztów i strat związanych z zarządzaniem ryzykiem	107

Rys. 11.1.	Istota hipotez alternatywnych H_1 względem hipotezy zerowej H_{i0} : $T = T_0$: a) hipoteza (test) lewostronna, b) hipoteza (test) prawo- stronna, c) hipoteza (test) obustronna 115
Rys. 12.1.	Drzewo zdarzeń dla wykonania zadania przez operatora z możliwością poprawy popełnionego błędu 121
Rys. 12.2.	Zależność liczby ćwiczeń od czasu 124
Rys. 13.1.	Ilustracja współzależności wystąpienia globalnego skażenia wody wodociągowej 135
Rys. 16.1.	Cztery segmenty poczucia subiektywnego bezpieczeństwa 157
Rys. 17.1.	Przykładowy schemat sieci wodociągowej 164
Rys. 17.2.	Struktura zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania siecią wodociągową. 173
Rys. 17.3.	Moduł MOSUW systemu informatycznego. 174
Rys. 17.4.	Moduł ‘Aplikacje krigingowe’ systemu informatycznego. 175
Rys. 17.5.	Moduł ‘Identyfikacja obiektów’ systemu informatycznego. 176
Rys. 17.6.	Obszar znajdowanych rozwiązań w optymalizacji wielokryterial- nej. 179
Rys. 17.7.	Obszary znajdowanych rozwiązań w optymalizacji jednokryterial- nej i wielokryterialnej. 179
Rys. 17.8.	Wyniki obliczeń optymalizacji wielokryterialnej w zadaniu projek- towania sieci wodociągowej. 181
Rys. 17.9.	Badania sieć wodociągowa. 183
Rys. 17.10.	Mapa krigingowa wrażliwości sieci wodociągowej. 184

Rys. 17.11.	Współpracujące programy systemu informatycznego przy planowaniu systemu monitoringu.....	186
Rys. 17.12.	Przykładowe wyniki modelowania obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej za pomocą metody Clarke'a.	188
Rys. 17.13.	Współpracujące programy systemu informatycznego przy modelowaniu obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej.	189
Rys. 17.14.	Ekran programu do kalibracji modelu hydraulicznego za pomocą optymalizacji wielokryterialnej z dwoma kryteriami jakości.	192
Rys. 17.15.	Badana sieć wodociągowa z zaznaczonymi punktami pomiarowymi systemu monitoringu zainstalowanymi na odcinkach i w węzłach sieci.....	192
Rys. 17.16.	Badana sieć wodociągowa i mapa krigingowa rozkładu przepływów w sieci wyznaczona na podstawie obliczeń hydraulicznych.....	197
Rys. 17.17.	Przygotowanie danych (rysunek górny), definicja funkcji celu oraz wyniki obliczeń (rysunek dolny) na ekranach programu optymalizacji sieci wodociągowej.	198
Rys. 17.18.	Widok monitorowanej sieci wodociągowej z zaznaczonymi punktami pomiarowymi w węzłach (symbol kołek) i odcinkach (symbol kwadratu) sieci.....	201
Rys. 17.19.	Sygnalizacja normalnej pracy sieci wodociągowej (lewy ekran) i sygnalizacja stanu awaryjnego (prawy ekran).	202
Rys. 17.20.	Symulacja wycieków w węzłach i odcinkach sieci wodociągowej za pomocą modelu hydraulicznego (ekran lewy) i lokalizacja miejsc z podejrzeniem wystąpienia awarii (ekran prawy).	203
Rys. 17.21.	Współpracujące programy systemu informatycznego przy modelowaniu lokalizacji awarii w sieci wodociągowej.	206
Rys. 17.22.	Widok badanej sieci wodociągowej z sześcioma zainstalowanymi na niej stacjami pomp.	208
Rys. 17.23.	Kryteria jakości zdefiniowane dla zadania 1 sterowania.	208
Rys. 17.24.	Dane wejściowe i wyniki obliczeń algorytmu sterowania dla sześciu stacji pomp zainstalowanych na sieci wodociągowej dla zadania 1 sterowania.	209

- Rys. 17.25.** Współpracujące programy systemu informatycznego przy modelowaniu lokalizacji awarii w sieci wodociągowej.....210
- Rys. 17.26.** Obliczanie wieku wody za pomocą modelu hydraulicznego (ekran lewy) i mapa rozkładu wieku wody w sieci wodociągowej wykreślona za pomocą algorytmu aproksymacji krigingowej (ekran prawy).....212
- Rys. 17.27.** Współpracujące programy systemu informatycznego przy modelowaniu lokalizacji awarii w sieci wodociągowej.....213
- Rys. 17.28.** Współpracujące programy systemu informatycznego przy obliczaniu wieku wody i sterowaniu jakością wody w sieci wodociągowej.....216

IBS PAN *Serw*

47323

Bibl. podręczna

ISSN 0208-8029
ISBN 83-894-7549-9

**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

tel.: (+48) 22 3810246 / 22 3810277 / 22 3810241 / 22 3810273

e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl