



Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Michał Inkielman

**SYMULACYJNE METODY
ANALIZY STEROWANYCH
WIELOZBIORNIKOWYCH
SYSTEMÓW WODNYCH**



SYMULACYJNE METODY ANALIZY STEROWANYCH
WIELOZBIORNIKOWYCH SYSTEMÓW WODNYCH

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 19

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 1995

Michał Inkielman

**SYMULACYJNE METODY
ANALIZY STEROWANYCH
WIELOZBIORNIKOWYCH
SYSTEMÓW WODNYCH**

Publikację opiniowali do druku:

Prof. dr hab. Zdzisław Kaczmarek
Prof. dr hab. Krzysztof Malinowski

Wydano z wykorzystaniem dotacji
KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 1995

ISBN 83-85847-31-6
ISSN 0208-8029

Spis treści

1. WSTĘP	9
2. ELEMENTY MODELI MATEMATYCZNYCH SYSTEMÓW WODNYCH.	18
2.1. System wodny jako obiekt sterowania	18
2.2. Struktura sieci wodnej	20
2.3. Przepływy i bilanse ilościowe	21
2.3.1. Przepływy w gałęziach	21
2.3.2. Modele węzłów	22
2.4. Zagregowane modele transformacji zanieczyszczeń.	26
2.4.1. Zmienne definiujące zanieczyszczenie wody	26
2.4.2. Odcinki rzek	27
2.4.3. Zbiorniki	30
3. ZADANIA, KRYTERIA OCENY I UKŁADY STEROWANIA DLA SYSTEMÓW WODNYCH	35
3.1. Ogólne sformułowanie celów sterowania i metod ich realizacji.	35
3.2. Kryteria jakości sterowania i ich miary	36
3.2.1. Podstawowe parametry zasobów wodnych i ich użytkowania	36
3.2.2. Konstruowanie ogólnych wskaźników oceny gospodarowania wodą	39
3.2.3. Uwagi i zastrzeżenia	48
3.3. Układ sterowania	50
4. REGUŁY LINIOWE I INNE REGUŁY LOKALNE	56
4.1. Informacja o stanie zbiornika	57
4.2. Informacja o dopływie	60
4.3. Informacja o stanie zbiornika i dopływie	61
4.4. Informacja o potrzebach użytkowników	64
4.5. Sterowanie dopływem do zbiornika	66
4.6. Reguły decyzyjne z czasem podejmowania decyzji zależnym od informacji wejściowej - krzywe dyspozytorskie.	68
5. ANALIZA FUNKCJONOWANIA REGUŁ DECYZYJNYCH W SYSTEMACH WIELOZBIORNIKOWYCH	70
5.1. Uwagi ogólne	70
5.2. Zadanie C.S.Revelle'a	70
5.3. Interpretacja fizyczna parametrów reguł decyzyjnych	73
5.4. Liniowe zadanie wielozbiornikowe	75
5.5. Szczególna postać reguł liniowych dla kaskady zbiorników	81
5.6. Przykłady numeryczne optymalizacji reguł liniowych	84
5.6.1. Przykład zbiorników na Wiśle i Sole.	84

5.6.2. Porównanie dwóch reguł liniowych dla struktury szeregowej i równoległej systemu zbiorników	91
5.6.3. Problem alokacji pojemności zbiorników	93
6. PAKIET KOMPUTEROWY SYMULACJI SYSTEMÓW WODNYCH ..	95
6.1. Podstawowe funkcje pakietu	95
6.2. Struktura podstawowego modelu symulacyjnego i reprezentacja programowa jego elementów	96
6.3. Programy składowe pakietu	100
6.4. Dane sieci wodnej	102
6.5. Ciągi zmiennych egzogenicznych	103
6.6. Scenariusz symulacji i jego zmiany	104
6.7. Funkcje przepływu, algorytmy sterowania i modele zanieczyszczeń ...	105
6.8. Przebieg eksperymentu symulacyjnego	106
7. PRZYKŁADY WYNIKÓW SYMULACJI	108
7.1. Przykład symulacji połączonej z optymalizacją parametrów reguł liniowych	109
7.1.1. Model sieci wodnej	109
7.1.2. Symulacja procesu historycznego jako próba odtworzenia rzeczywistych reguł sterowania	119
7.1.3. Wykorzystanie wyników optymalizacji parametrów reguł liniowych	121
7.1.4. Statystyczna ocena reguł heurystycznych	122
7.1.5. Symulacja w celu uzyskania prognoz	128
7.2. Strategia gromadzenia wody w zbiorniku a minimalizacja poziomu zanieczyszczeń.	130
7.2.1. Problem osadów w zbiorniku	130
7.2.2. Kompensacja zmiennego stężenia zanieczyszczeń na wejściu	131
7.2.3. Sterowanie czasem przebywania w systemie zbiorników	132
7.3. Scenariusze symulacji zrzutu zanieczyszczeń dla przykładu systemu dwuzbiornikowego	134
8. WNIOSKI	138
8.1. Ogólne problemy modelowania matematycznego systemów wodnych ..	138
8.2. Wnioski szczegółowe z analizy przykładów	141
9. BIBLIOGRAFIA	143
A.. DODATEK - Opis pakietu symulacyjnego ECOSYM	150
1.. Uruchomienie pakietu	150
2.. Baza danych sieci wodnej	153
3.. Generator ciągów wejściowych	158
4.. Program symulacyjny	160
5.. Opracowywanie wyników symulacji	160

Michał Inkielman

SYMULACYJNE METODY ANALIZY STEROWANYCH
WIELOZBIORNIKOWYCH SYSTEMÓW WODNYCH

Praca stanowi opracowanie syntetyczne badań nad zastosowaniem metod obliczeniowych i symulacyjnych do rozwiązywania zadań sterowania zasobami wodnymi w skali regionalnej w horyzoncie rocznym i wieloletnim. Celem pracy jest przedstawienie metodologii modelowania systemowego w zastosowaniu sterowania systemem wodnym, który jest systemem hydrologicznym, ekonomicznym, technicznym i ekologicznym równocześnie. Wyniki zaadresowane są do specjalistów i pracowników badawczych pracujących w dziedzinie zastosowania badań systemowych dla gospodarki wodnej. W pracy przedstawiono system wodny jako obiekt sterowania, metody sterowania oraz sposoby oceny efektywności podejmowanych decyzji. Szczególną uwagę poświęcono analizie metod sterowania, opartych na koncepcji tzw. reguł decyzyjnych i zagregowanych modeli optymalizacyjnych oraz ich weryfikacji na drodze symulacji. Rozważane są problemy skuteczności reguł sterowania ocenianych z punktu widzenia różnorodnych kryteriów, w tym także z punktu widzenia wpływu sterowania ilościowego zasobami na parametry jakości wody.

Omówiono także zagadnienia praktyczne związane z budową pakietu komputerowego realizującego zadania konstruowania modeli symulacyjnych, generowania scenariuszy symulacji i analizy wyników. Przy konstrukcji modeli symulacyjnych wykorzystano obiektowo zorientowaną strukturę programu komputerowego i topologię sieci systemu wodnego. Podejście to pozwala formułować modele różnych elementów systemu na dowolnym poziomie szczegółowości, rozwijać je lub agregować, w zależności od potrzeb i dostępności danych, bez potrzeby przebudowy programu.

ISBN 83-85847-31-6

ISSN 0208-8029

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN,
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 36-19-01 w. 241 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl