

Spis treści

Przedmowa	XXI
-----------	-----

I. Modelowanie matematyczne

Rozdział 1. Identyfikacja parametryczna dla sterowania odpornego	Piotr Kulczycki	3
1.1. Wstęp		3
1.2. Motywacja i sformułowanie zagadnienia		5
1.3. Preliminaria matematyczne: estymatory jądrowe		9
1.3.1. Przypadek jednowymiarowy		9
1.3.2. Przypadek wielowymiarowy		12
1.4. Procedura identyfikacji parametrycznej		13
1.4.1. Przypadek liniowy		13
1.4.2. Przypadek kwadratowy		15
1.5. Ujęcie warunkowe		17
1.6. Uogólnienia		19
1.7. Końcowe komentarze		21
Podziękowania		23
Literatura do rozdziału 1		23
Dodatek (rozwiązania równań różniczkowych z nieciągłą prawą stroną)		26

Rozdział 2. Modele rurociągowych procesów przepływowych	Zdzisław Kowalczuk,	
Marek Tata		31
2.1. Wstęp		31
2.2. Model bazowy procesu przepływu		32
2.3. Model aproksymacji diagonalnej		34
2.4. Analityczny model Thomasa		37
2.5. Model w stanie ustalonym		40
2.5.1. Zerowy kąt inklinacji, $\alpha = 0$		41
2.5.2. Niezerowy kąt inklinacji, $\alpha \neq 0$		41
2.5.3. Przykładowe zastosowania modelu		42
2.6. Analiza stabilności numerycznej		44
2.6.1. Model liniowy w stanie ustalonym		45
2.6.2. Maksymalny zapas stabilności		46
2.7. Porównanie modeli		52
2.7.1. Zgodność modeli		53
2.7.2. Czas obliczeń		54

2.8. Podsumowanie	55
Literatura do rozdziału 2	56

Rozdział 3. Obserwatory w liniowych, nieskończone wymiarowych układach

sterowania Zbigniew Emirsajłow	61
3.1. Wprowadzenie	61
3.1.1. Oznaczenia i założenia	63
3.1.2. Podstawowe zależności wyjściowe	66
3.2. Algebraiczne równanie Sylwestera	68
3.3. Obiekt bez sterowania i zakłóceń	71
3.4. Obiekt ze sterowaniem, ale bez zakłóceń	73
3.5. Przypadek ogólny	75
3.5.1. Obserwator typu Luenbergera	79
3.6. Wnioski końcowe	80
Literatura do rozdziału 3	80

Rozdział 4. Metody usuwania niegaussowskich szumów z sygnałów pomiarowych

Jerzy Świątek, Krzysztof Brzostowski i Jarosław Drapała	83
4.1. Wprowadzenie	83
4.2. Pomiary i szumy	84
4.2.1. Pomiary	84
4.2.2. Szumy	86
4.3. Charakterystyka szumów w czujnikach pomiarowych	88
4.3.1. Wariancja Allana	89
4.3.2. Typy szumów	89
4.3.3. Analiza wariancji Allana	93
4.4. Charakterystyka szumów w pomiarach przyspieszenia	94
4.5. Metody usuwania szumów	95
4.5.1. Filtr Kalmana	96
4.5.2. Rozszerzony filtr Kalmana	97
4.5.3. Bezśladowy filtr Kalmana	97
4.5.4. Filtr cząsteczkowy	98
4.5.5. Zagregowany filtr Kalmana	99
4.6. Uwagi końcowe	100
Literatura do rozdziału 4	100

Rozdział 5. Modele niecałkowitego rzędu układów dynamicznych Andrzej

Dzieliński, Grzegorz Sarwas, Dominik Sierociuk	103
5.1. Wstęp	103
5.2. Ultrakondensatory	104
5.3. Wyprowadzenie modelu ultrakondensatora	106
5.4. Inne metody modelowania ultrakondensatorów	110
5.5. Właściwości modeli teoretycznych	113
5.5.1. Pełny model ultrakondensatora	113
5.5.2. Właściwości modelu Davidsona–Cole’a	114

5.6.	Identyfikacja parametrów modeli ultrakondensatora	118
5.6.1.	Modelowanie ultrakondensatorów przy użyciu modelu Davidsona–Cole’a	118
5.6.2.	Modelowanie ultrakondensatorów przy użyciu pełnego modelu	122
5.6.3.	Modelowanie ultrakondensatorów przy użyciu modelu połówkowego rzędu	124
5.7.	Modelowanie ultrakondensatorów za pomocą sieci neuronowej niecałkowitego rzędu	127
5.7.1.	Dyskretna sieć neuronowa niecałkowitego rzędu	128
5.7.2.	Modelowanie ultrakondensatora przy użyciu DFONN	131
5.8.	Podsumowanie	135
	Literatura do rozdziału 5	136

Rozdział 6. Modele przełączane niecałkowitego rzędu *Stefan Domek* 139

6.1.	Wprowadzenie	139
6.2.	Idea modeli przełączanych	140
6.3.	Modele dynamiczne niecałkowitego rzędu	144
6.3.1.	Rachunek różniczkowy i różnicowy niecałkowitego rzędu	144
6.3.2.	Dyskretny model dynamiczny niecałkowitego rzędu	145
6.3.3.	Dyskretny model ułamkowego rzędu ze skończoną pamięcią	146
6.4.	Dyskretny model przełączany niecałkowitego rzędu w przestrzeni stanu	147
6.4.1.	Wybór aktywnego modelu lokalnego	148
6.4.2.	Strategie przełączania rzędu modeli	152
6.4.3.	Przełączenie wywołane upośledzeniem pamięci	155
6.4.4.	Podstawowe właściwości modeli przełączanych	156
6.5.	Wykorzystanie dyskretnych modeli przełączanych niecałkowitego rzędu w regulacji predykcyjnej	158
6.6.	Podsumowanie	164
	Literatura do rozdziału 6	164

II. Sterowanie

Rozdział 7. Nieliniowa regulacja predykcyjna *Piotr Tatjewski, Maciej Ławryńczuk* . . 171

7.1.	Wprowadzenie	171
7.2.	Zasada regulacji predykcyjnej MPC	172
7.3.	Algorytmy regulacji predykcyjnej z optymalizacją nieliniową (MPC-NO)	174
7.4.	Efektywne obliczeniowo nieliniowe algorytmy MPC z cykliczną linearyzacją	178
7.4.1.	Algorytmy oparte na modelach typu wejście-wyjście	180
	Przykład 7.1	189
7.4.2.	Algorytmy oparte na modelach w przestrzeni stanu	191
	Przykład 7.2	194
7.5.	Współpraca algorytmów regulacji predykcyjnej i optymalizacji punktu pracy	197
7.6.	Podsumowanie	201
	Literatura do rozdziału 7	202

Rozdział 8. Dodatnie liniowe układy sterowania	Tadeusz Kaczorek	205
8.1.	Wstęp	205
8.2.	Dodatnie układy liniowe	206
8.2.1.	Dodatnie, ciągłe układy liniowe	206
8.2.2.	Dodatnie, dyskretne układy liniowe	207
8.2.3.	Deskryptowe dodatnie układy ciągłe	208
8.2.4.	Macierze transmitancji dodatnich deskryptowych układów liniowych	212
8.3.	Uogólnienia twierdzenia Charitonowa na przedziałowe układy dyskretne	215
8.3.1.	Twierdzenie Charitonowa oraz kombinacja wypukła wielomianów Hurwitza	215
8.3.2.	Uogólnienie twierdzenia Charitonowa na dodatnie, liniowe ciągłe układy przedziałowe	216
8.3.3.	Uogólnienie twierdzenia Charitonowa na dodatnie, liniowe, dyskretne układy przedziałowe	218
8.3.4.	Wypukła kombinacja liniowa wielomianów Schura oraz stabilność dodatnich, liniowych układów przedziałowych	219
8.4.	Deskryptowe układy liniowe	222
8.4.1.	Dodatniość deskryptowych ciągłych układów liniowych	222
8.4.2.	Wypukła kombinacja liniowa wielomianów Hurwitza oraz uogólnienie twierdzenia Charitonowa	224
8.4.3.	Stabilność deskryptowych dodatnich układów liniowych z przedziałowymi macierzami stanu	225
8.4.4.	Dodatnie, liniowe, dyskretne układy deskryptowe	228
8.4.5.	Stabilność dodatnich, dyskretnych, liniowych układów deskryptowych	230
8.4.6.	Stabilność dodatnich dyskretnych układów liniowych z przedziałowymi macierzami stanu	232
8.5.	Podsumowanie	234
	Podziękowanie	235
	Literatura do rozdziału 8	235
Rozdział 9. Sterowalność i stabilność układów semiliniowych ułamkowego rzędu	Jerzy Klamka, Artur Babiarz, Adam Czornik, Michał Niezabitowski	239
9.1.	Wprowadzenie	239
9.2.	Podstawowa notacja	242
9.3.	Układy ułamkowe z rozłożonym opóźnieniem w sterowaniu	243
9.3.1.	Układy ułamkowe z wielokrotnymi opóźnieniami w sterowaniu	244
9.3.2.	Sterowalność semiliniowych układów ułamkowych z opóźnieniem	245
9.3.3.	Sterowalność semiliniowych uwikłanych układów ułamkowego rzędu z opóźnieniem	246
9.4.	Sterowalność semiliniowych układów ułamkowego rzędu w przestrzeniach nieskończone wymiarowych	247
9.4.1.	Sterowalność aproksymacyjna semiliniowych układów ułamkowego rzędu	247
9.5.	Stabilność układów ułamkowych	250
9.5.1.	Istnienie rozwiązań	250
9.5.2.	Równanie liniowe	251

9.5.3. Nieliniowe równanie	253
9.6. Podsumowanie	255
Podziękowania	255
Literatura do rozdziału 9	256
Rozdział 10. Symulacja komputerowa w analizie i projektowaniu systemów sterowania <i>Ewa Niewiadomska-Szynkiewicz, Krzysztof Malinowski</i>	261
10.1. Wprowadzenie	261
10.2. Złożone systemy i sterowanie	262
10.2.1. Złożone systemy	262
10.2.2. Struktury sterowania	264
10.3. Symulacja	266
10.3.1. Model symulacyjny	266
10.3.2. Techniki symulacyjne	268
10.3.3. Planowanie eksperymentu	271
10.4. Symulacja w projektowaniu systemów sterowania	271
10.5. Symulacja w analizie i wyznaczaniu sterowań	275
10.5.1. Układ symulator-optymalizator	275
10.5.2. Metody obliczeniowe	277
10.6. Przykłady zastosowania symulacji w projektowaniu układów sterowania i sterowaniu operacyjnym	284
10.6.1. Układ sterowania systemem zaopatrzenia w wodę	284
10.6.2. Układ sterowania zbiornikami w czasie powodzi	285
10.7. Zakończenie	289
Literatura do rozdziału 10	289

III. Optymalizacja

Rozdział 11. Optymalizacja obserwacji w identyfikacji układów o parametrach rozłożonych <i>Dariusz Uciński, Maciej Patan</i>	295
11.1. Wprowadzenie	295
11.1.1. Przykład motywujący	296
11.1.2. Przegląd literatury	299
11.1.3. Poszukiwanie optymalnych strategii aktywacji czujników	300
11.2. Problem rozmieszczania czujników pomiarowych	301
11.2.1. Kwantyfikacja dokładności estymacji	301
11.2.2. Konwersja problemu do poszukiwania optymalnych gęstości położeń czujników	303
11.3. Konwersja do problemu optymalizacji wag	304
11.4. Warunki optymalności a liniowa separowalność składowych gradientu	305
11.5. Algorytm numerycznej optymalizacji wag	305
11.5.1. Dekompozycja symplecjalna dla problemu 11.2	305
11.5.2. Zakończenie algorytmu 11.1	307
11.5.3. Rozwiązanie problemu generowania kolumny	307
11.5.4. Rozwiązanie ograniczonego problemu głównego	308

11.6. Przetwarzanie końcowe promujące rzadką postać rozwiązania	309
11.7. Przykład obliczeniowy	311
11.8. Komentarze i uwagi końcowe	315
Literatura do rozdziału 11	317

Rozdział 12. Optymalizacja dyskretna w informatyce przemysłowej

<i>Czesław Smutnicki</i>	323
12.1. Wstęp	323
12.2. Modelowanie	325
12.2.1. Badania operacyjne	325
12.2.2. Modele deterministyczne	326
12.2.3. Modele z danymi niepewnymi	328
12.2.4. Sieci Petriego	328
12.2.5. Systemy obsługi i sieci kolejkowe	329
12.2.6. Systemy zdarzeniowe	330
12.2.7. Systemy multimodalne	330
12.2.8. Symulacje	330
12.3. Metody	331
12.3.1. Reguły priorytetowe	333
12.3.2. Metody dokładne	334
12.3.3. Algorytmy aproksymacyjne	334
12.3.4. Systemy wspomaganie decyzji	335
12.3.5. Algorytmy z pamięcią adaptacyjną	337
12.3.6. Algorytmy równoległe	338
12.3.7. Problemy wielokryterialne	338
12.3.8. Wytwarzanie wsadowe a cykliczne	339
12.3.9. Problemy kolekcjonowania	341
12.4. Krajobraz przestrzeni	342
12.5. Wnioski i uwagi	344
Literatura do rozdziału 12	344

Rozdział 13. Programowanie dynamiczne w warunkach nieprecyzyjnej i niepewnej informacji Janusz Kacprzyk

<i>Janusz Kacprzyk</i>	349
13.1. Wprowadzenie	349
13.2. Zbiory rozmyte oraz deterministyczne, stochastyczne i rozmyte układy dynamiczne	351
13.2.1. Podstawowe elementy teorii zbiorów rozmytych	351
13.2.2. Deterministyczne, stochastyczne i rozmyte układy dynamiczne	357
13.3. Wieloetapowe podejmowanie decyzji i sterowanie w warunkach rozmytości	358
13.3.1. Podejmowanie decyzji w rozmytym otoczeniu – klasyczne podejście Bellmana i Zadeha	358
13.3.2. Wieloetapowe podejmowanie decyzji (sterowanie) w rozmytym otoczeniu	361
13.4. Wieloetapowe sterowanie rozmyte z ustalonym z góry czasem zakończenia	363
13.4.1. Sterowanie układem deterministycznym	364
13.4.2. Sterowanie układem stochastycznym	366

13.5. Wieloetapowe sterowanie rozmyte z nieskończonym czasem zakończenia	370
13.5.1. Sterowanie układem deterministycznym	371
13.5.2. Sterowanie układem stochastycznym	373
13.6. Przykłady zastosowań rozmytego programowania dynamicznego	375
13.7. Uwagi końcowe	376
Literatura do rozdziału 13	376

IV. Robotyka

Rozdział 14. Metoda endogenicznej przestrzeni konfiguracyjnej w robotyce

<i>Krzysztof Tchoń</i>	383
14.1. Wprowadzenie	383
14.2. Podstawowe pojęcia	385
14.2.1. Więzy w postaci Pfaffa	385
14.2.2. Proweniencja reprezentacji afinicznej	386
14.2.3. Odwzorowanie wejście-wyjście	389
14.2.4. Konfiguracje regularne i osobliwe	390
14.2.5. Sterowania osobliwe	391
14.2.6. Równoważność i postaci normalne	392
14.2.7. Zadanie planowania ruchu	392
14.3. Jakobianowe algorytmy planowania	393
14.3.1. Algorytm jakobianu odwrotnego	393
14.3.2. Algorytm dynamicznie zgodnej odwrotności jakobianu	395
14.3.3. Algorytm jakobianu transponowanego	396
14.3.4. Algorytm jakobianu rozszerzonego	397
14.3.5. Algorytm planowania z priorytetami	398
14.4. Wskaźniki jakości zachowania	399
14.4.1. Powtarzalność	401
14.5. Metody obliczeniowe	402
14.5.1. Podejście parametryczne	402
14.5.2. Podejście nieparametryczne	403
14.6. Zakończenie	404
Podziękowania	404
Bibliografia wybranych prac poświęconych metodzie endogenicznej przestrzeni konfiguracyjnej w porządku chronologicznym	404
Literatura	406

Rozdział 15. Sterowanie formacją robotów mobilnych z wykorzystaniem funkcji sztucznych potencjałów *Krzysztof Kozłowski, Wojciech Kowalczyk*

15.1. Wprowadzenie	409
15.2. Model robota	412
15.3. Funkcja sztucznego potencjału	412
15.4. Sterowanie z wykorzystaniem linearyzacji	412
15.4.1. Algorytm sterowania	413
15.4.2. Analiza stabilności	415

15.4.3. Symulacje numeryczne	417
15.5. Model systemu N robotów	419
15.6. Funkcja sztucznego potencjału dla robotów wchodzących w interakcje	419
15.7. Sterowanie z wykorzystaniem linearyzacji dla N robotów	419
15.7.1. Analiza stabilności dla systemu N robotów	421
15.7.2. Symulacje numeryczne	422
15.8. Algorytm sterowania z ustawicznym pobudzeniem	423
15.8.1. Algorytm sterowania	424
15.8.2. Analiza stabilności	424
15.8.3. Symulacje numeryczne	426
15.9. Algorytm sterowania z ustawicznym pobudzeniem dla N robotów	428
15.9.1. Analiza stabilności	428
15.9.2. Symulacje numeryczne	430
15.10. Algorytm orientowania pól wektorowych	431
15.10.1 Analiza stabilności	434
15.10.2 Symulacje numeryczne	438
15.11. Algorytm orientowania pól wektorowych dla N robotów	438
15.11.1 Analiza stabilności dla N robotów	440
15.11.2 Symulacje numeryczne	442
15.12. Podsumowanie	444
Literatura do rozdziału 15	444

Rozdział 16. Metody syntezy chodu maszyn kroczących i robotów humanoidalnych

<i>Teresa Zielińska</i>	447
16.1. Wstęp	447
16.2. Metody syntezy chodu robotów humanoidalnych	453
16.3. Wspomaganie dynamicznej stabilności chodu	455
16.4. Analiza sił działających na stopę	459
16.5. Wykorzystanie podatności do stabilizacji postury	461
16.5.1. Rozkłady sił na przykładzie chodu człowieka	461
16.5.2. Wpływ podatności na dynamiczną stabilność chodu	463
16.6. Podsumowanie i wnioski	465
Literatura do rozdziału 16	466

Rozdział 17. Zastosowanie agentów upostaciowionych do projektowania systemów

robotycznych <i>Cezary Zieliński</i>	469
17.1. Motywacja	469
17.2. Rys historyczny	470
17.2.1. Metody programowania robotów przemysłowych	471
17.2.2. Języki programowania robotów	472
17.2.3. Biblioteki wspomagające programowanie robotów	472
17.2.4. Programowe struktury ramowe dla robotów	472
17.2.5. Języki zorientowane dziedzinowo	473
17.2.6. Automatyczna generacja kodu	473
17.2.7. Architektury systemów robotycznych	474

17.3. Specyfikacja	474
17.4. Agent upostaciowiony	475
17.4.1. Struktura wewnętrzna agenta upostaciowionego	475
17.4.2. Sposób działania agenta upostaciowionego	477
17.5. Typy agentów	480
17.6. Procedura projektowa	481
17.7. Struktura systemów robotycznych	482
17.8. Systemy o strukturze nieziennej	483
17.8.1. Systemy jednoagentowe jednorobotowe	483
17.8.2. Systemy wieloagentowe jednorobotowe	484
17.8.3. Systemy wieloagentowe wielorobotowe	486
17.9. Systemy o zmiennej strukturze	490
17.10. Podsumowanie	492
Literatura do rozdziału 17	492

V. Inteligencja obliczeniowa i wspomaganie decyzji

Rozdział 18. Sterowanie tolerujące uszkodzenia: rozwiązania analityczne i sztucznej inteligencji <i>Józef Korbicz, Krzysztof Patan, Marcin Witczak</i>	503
18.1. Sterowanie tolerujące uszkodzenia	503
18.2. Przegląd rozwiązań FTC	505
18.2.1. Pasywne FTC	505
18.2.2. Aktywne FTC: restrukturyzowalne i rekonfigurowalne	506
18.2.3. Wirtualne czujniki i urządzenia wykonawcze	507
18.3. Estymacja uszkodzeń	508
18.4. Kompensacja uszkodzeń	510
18.5. Przykład – układ dwóch zbiorników	512
18.6. Neuronowe sterowanie predykcyjne	514
18.6.1. Moduł diagnostyczny	517
18.6.2. Estymacja uszkodzenia czujnika pomiarowego	518
18.7. Przykład – układ zbiornika przepływowego	519
18.7.1. Modelowanie	520
18.7.2. Sterowanie	520
18.7.3. Tolerowanie uszkodzeń	520
18.8. Podsumowanie	522
Literatura do rozdziału 18	523

Rozdział 19. Podejście systemowe w złożonych zagadnieniach podejmowania i wspomagania decyzji <i>Jerzy Józefczyk, Maciej Hojda</i>	527
19.1. Wprowadzenie	527
19.2. Pojęcia wstępne	529
19.3. Łączne szeregowanie zadań oraz sterowanie jazdą realizatorów	530
19.3.1. Dwupoziomowy algorytm podejmowania decyzji	531
19.3.2. Reaktywne podejmowanie decyzji	535
19.3.3. Podejmowanie decyzji dla systemów wielorobotowych	536

19.3.4. Problemy pokrewne	538
19.4. Łączna alokacja surowców oraz transport surowców i produktów w łańcuchu dostaw	539
19.5. Przyjmowanie zgłoszeń i wyznaczanie szybkości transmisji w sieciach komputerowych	543
19.6. Inne problemy i podsumowanie	547
Literatura do rozdziału 19	549

Rozdział 20. Wybrane metody sterowania statkiem *Roman Śmierzchalski,*

<i>Anna Witkowska</i>	553
20.1. Wstęp	553
20.2. Wybrane problemy sterowania statkiem dynamicznie pozycjonowanym	554
20.2.1. Model statku DP	556
20.2.2. Struktura systemu DP	558
20.2.3. Przegląd wybranych metod dynamicznego pozycjonowania statku	560
20.3. Wspomaganie decyzji w sytuacji kolizyjnej na morzu	563
20.3.1. Unikanie kolizji na morzu	563
20.3.2. Wspomaganie decyzji nawigatora w sytuacji kolizyjnej	564
20.3.3. Inteligentne metody sterowania statkiem i wspomaganie decyzji	567
20.3.4. Planowanie ścieżek przejazdów unikania kolizji w ujęciu ewolucyjnym	568
20.3.5. Ewolucyjna metoda unikania kolizji na morzu	569
20.4. Podsumowanie	573
Literatura do rozdziału 20	574

Rozdział 21. Diagnostyka on-line procesów przemysłowych dużej skali

<i>Jan Maciej Kościelny</i>	581
21.1. Wprowadzenie: stan wiedzy a praktyka diagnostyki on-line złożonych procesów przemysłowych	581
21.2. Podstawowe problemy diagnostyki on-line procesów złożonych	584
21.2.1. Rozróżnialność uszkodzeń	585
21.2.2. Uszkodzenia wielokrotne	588
21.2.3. Niepewności diagnozowania	589
21.2.4. Dekompozycja obiektu i diagnozowanie w strukturach zdecentralizowanych	593
21.2.5. Zastosowanie grafowych modeli w projektowaniu systemów diagnostyki procesów przemysłowych	596
21.3. Metody i systemy diagnozowania procesów dużej skali	598
21.4. Podsumowanie – znaczenie diagnostyki on-line w zapewnieniu bezpieczeństwa procesów	599
Literatura do rozdziału 21	601

Rozdział 22. Zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do sterowania i diagnostyki *Jacek Kluska, Tomasz Żabiński, Tomasz Mączka*

<i>Jacek Kluska, Tomasz Żabiński, Tomasz Mączka</i>	607
22.1. Wstęp	607
22.2. Charakterystyka badań w zakresie adaptacyjnej regulacji rozmytej	608

22.3. Układ regulacji zawierający regulator PID-FC lub jego odmiany	609
22.4. Warunki stabilności absolutnej	610
22.5. Regulator rozmyty jako system regułowy typu P1-TS	612
22.6. Idea adaptacji	616
22.7. Procedura projektowania adaptacyjnego regulatora PID-FC	618
22.8. Wnioski dotyczące procedury projektowania adaptacyjnego regulatora PID-FC . .	619
22.9. System inteligentnej diagnostyki maszyn i procesów technologicznych w czasie rzeczywistym	620
22.9.1. Przewidywanie uszkodzeń w procesie technologicznym kucia na zimno . .	622
22.9.2. Diagnostowanie mechanicznego niewyważenia głowicy frezarskiej maszyny CNC	623
22.10. Wnioski dotyczące diagnostyki maszyn i procesów technologicznych w czasie rzeczywistym	625
Literatura do rozdziału 22	625

VI. Zastosowania

Rozdział 23. Konsekwencje emisji zanieczyszczeń do atmosfery i związane z tym wyzwania modelowe <i>Zbigniew Nahorski, Piotr Holnicki</i>	631
23.1. Wprowadzenie	631
23.2. Skala przestrzenno-czasowa w procesach propagacji zanieczyszczeń powietrza . .	632
23.3. Zintegrowane modelowanie atmosferyczne	635
23.4. Szacowanie emisji	636
23.5. Opis procesu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w średniej skali	643
23.6. Przykłady zastosowań średnioskalowych modeli transportu zanieczyszczeń	645
23.6.1. Rozkłady stężenia zanieczyszczeń w mieście	646
23.6.2. Ocena jakości modeli dyspersji zanieczyszczeń	648
23.7. Wskaźniki oddziaływania zanieczyszczeń na zdrowie	649
23.8. Ograniczanie emisji	653
23.8.1. Polityki ograniczania emisji	653
23.8.2. Programy i projekty ograniczania emisji	655
23.8.3. Wpływ ograniczania emisji na rozwój gospodarczy	657
23.9. Zakończenie	659
Podziękowania	660
Literatura do rozdziału 23	660
Pozycje literatury, w których występują autorzy z afiliacją IBS PAN, z Zakładu Modelowania Komputerowego	660
Inne pozycje literatury cytowane w tekście	665

Rozdział 24. Układy sterowania z przełączeniami jako modele modułów regulacyjnych w sieciach genowo-komórkowych <i>Andrzej Świerniak, Magdalena Ochab, Krzysztof Puszyński</i>	667
24.1. Wstęp	667
24.2. Układy z przełączeniami	669
24.2.1. Układy z przełączeniami zależnymi od stanu układu	669

24.2.2. Układy z przełączeniami zależnymi od czasu	669
24.3. Sieci genowo-białkowe	670
24.3.1. Sprzężenia zwrotne	670
24.3.2. Regulacja procesów komórkowych i jej modelowanie	670
24.3.3. Białko p53	671
24.4. Analiza układów z przełączeniami	672
24.4.1. Stabilność układów z przełączeniami	672
24.4.2. Rozwiązanie analityczne	673
24.4.3. Analiza układów kawałkami liniowych	676
24.5. Podsumowanie	688
Literatura do rozdziału 24	689

Rozdział 25. Modelowanie procesów przewodnictwa ciepła i sterowanie nimi

<i>Wojciech Mitkowski, Krzysztof Oprzędkiewicz</i>	693
25.1. Wstęp	693
25.2. Nagrzewanie pręta	694
25.3. Grzanie przewodu prądem elektrycznym	697
25.4. Sterowanie frontem przemiany fazowej	700
25.5. Nagrzewanie cienkich słabów w piecu grzewczym	703
25.6. Modele cząstkowe niecałkowitego rzędu	707
25.7. Uwagi końcowe	709
Literatura do rozdziału 25	709

Rozdział 26. Aktywne tłumienie niestacjonarnych wąskopasmowych zakłóceń akustycznych *Maciej Niedźwiecki, Michał Meller*

<i>Maciej Niedźwiecki, Michał Meller</i>	713
26.1. Wstęp	713
26.2. Sformułowanie problemu	717
26.3. Tłumienie z wykorzystaniem sprzężenia zwrotnego	718
26.3.1. Sterowanie w warunkach pełnej wiedzy o obiekcie i zakłóceniu	718
26.3.2. Sterowanie w warunkach pełnej wiedzy o obiekcie i cząstkowej wiedzy o zakłóceniu (znana pulsacja)	718
26.3.3. Sterowanie w warunkach niepełnej wiedzy o obiekcie i cząstkowej wiedzy o zakłóceniu (znana pulsacja)	719
26.3.4. Sterowanie w warunkach niepełnej wiedzy o obiekcie i niepełnej wiedzy o zakłóceniu	723
26.4. Tłumienie z wykorzystaniem sprzężenia zwrotnego i sprzężenia wyprzedzającego	727
26.5. Rozszerzenia	730
26.5.1. Zalecane zabezpieczenia	730
26.5.2. Dostosowanie regulatora SONIC do pracy z sygnałami rzeczywistymi	730
26.5.3. Zastosowanie udoskonalonych metod estymacji częstotliwości chwilowej	732
26.5.4. Rozszerzenie na przypadek zakłóceń wieloczęstotliwościowych	733
26.5.5. Rozszerzenie na przypadek wielowymiarowy	733
26.5.6. Uodpornienie regulatora na działanie zakłóceń impulsowych	735
Literatura do rozdziału 26	736

Rozdział 27. Metody redukcji hałasu urządzeń <i>Marek Pawełczyk, Stanisław Wrona, Krzysztof Mazur</i>	741
27.1. Wstęp	741
27.2. Obiekt i jego model matematyczny	745
27.2.1. Modelowanie matematyczne	746
27.3. Optymalizacja rozmieszczenia elementów wykonawczych	749
27.4. Redukcja pasywna	751
27.5. Sterowanie półaktywne	752
27.6. Sterowanie aktywne	753
27.6.1. Badania eksperymentalne	756
27.7. Podsumowanie	757
Podziękowania	760
Literatura do rozdziału 27	760
Indeks	763