

Przedmowa 9

Przedmowa do drugiego wydania 10

1. Wstępna charakterystyka systemów sterowania 11

- 1.1. Przedmiot i zakres teorii sterowania 11
- 1.2. Pojęcia podstawowe 12
 - 1.2.1. Obiekt sterowania 13
 - 1.2.2. Urządzenie sterujące 15
- 1.3. Klasyfikacja systemów sterowania 17
 - 1.3.1. Podział ze względu na sposób zdobywania informacji o obiekcie w czasie sterowania 17
 - 1.3.2. Podział ze względu na cel sterowania 18
 - 1.3.3. Inne przypadki 20
- 1.4. Etapy projektowania systemu sterowania 21
- 1.5. Miejsce problematyki sterowania w nauce i technice 22
- 1.6. Charakter, zakres i układ książki 25

2. Modele formalne systemów sterowania 25

- 2.1. Opis sygnału 25
- 2.2. Obiekt statyczny 26
- 2.3. Obiekt dynamiczny ciągły 27
 - 2.3.1. Opis za pomocą wektora stanu 28
 - 2.3.2. Opis „wejście-wyjście” za pomocą równania różniczkowego 31
 - 2.3.3. Opis „wejście-wyjście” w formie operatorowej 32
- 2.4. Obiekt dynamiczny dyskretny 35
- 2.5. Algorytm sterowania 36
- 2.6. Wstęp do analizy systemu sterowania 38
 - 2.6.1. System ciągły 39
 - 2.6.2. System dyskretny 41

3. Sterowanie przy zadanym stanie (wyjściu) 44

- 3.1. Sterowanie obiektem statycznym 44
- 3.2. Sterowanie obiektem dynamicznym. Sterowalność 47
- 3.3. Sterowanie obiektem mierzalnym w systemie zamkniętym 49
- 3.4. Obserwowalność 51
- 3.5. Sterowanie w systemie zamkniętym z obserwatorem 55
- 3.6. Ujęcie strukturalne 58
- 3.7. Uwagi dodatkowe 61

4. Sterowanie optymalne z pełną informacją o obiekcie 63

- 4.1. Sterowanie obiektem statycznym 63
- 4.2. Problemy sterowania optymalnego dla obiektów dynamicznych 66
 - 4.2.1. Obiekt dyskretny 66
 - 4.2.2. Obiekt ciągły 68
- 4.3. Zasada optymalności i programowanie dynamiczne 69
- 4.4. Równanie Bellmana 73
- 4.5. Zasada maksimum 78

4.6. Problem liniowo-kwadratowy 84

5. Optymalizacja parametryczna 87

- 5.1. Charakterystyka ogólna 87
- 5.2. Ciągły liniowy system regulacji 89
- 5.3. Dyskretny liniowy system regulacji 94
- 5.4. System z pomiarem zakłóceń 95
- 5.5. Typowe formy algorytmów sterowania w systemie zamkniętym 97
 - 5.5.1. Regulator liniowy 98
 - 5.5.2. Regulator dwupołożeniowy 98
 - 5.5.3. Regulator *neuropodobny* 99
 - 5.5.4. Regulator *rozmyty* 99

6. Zastosowanie relacyjnego opisu niepewności 102

- 6.1. Niepewność i relacyjna reprezentacja wiedzy 102
- 6.2. Problem analizy 106
- 6.3. Problem podejmowania decyzji 110
- 6.4. Relacyjny obiekt dynamiczny 112
- 6.5. Determinizacja 116

7. Zastosowanie probabilistycznych opisów niepewności 121

- 7.1. Problemy podstawowe dla obiektu statycznego i niepewności parametrycznej 121
- 7.2. Problemy podstawowe dla obiektu statycznego i niepewności nieparametrycznej 128
- 7.3. Sterowanie obiektem statycznym z wykorzystaniem wyników obserwacji 131
 - 7.3.1. Podejście pośrednie 132
 - 7.3.2. Podejście bezpośrednie 136
- 7.4. Zastosowanie teorii gier 137
- 7.5. Problem podstawowy dla obiektu dynamicznego 142
- 7.6. Proces stochastyczny stacjonarny 144
- 7.7. Analiza i optymalizacja parametryczna liniowego systemu regulacji przy zaburzeniach stochastycznych stacjonarnych 147
- 7.8. Optymalizacja nieparametryczna liniowego systemu regulacji przy zaburzeniach stochastycznych stacjonarnych 151
- 7.9. Obiekt relacyjny z losowym parametrem 155

8. Zastosowanie nieprobabilistycznych opisów niepewności 158

- 8.1. Zmienne niepewne 158
- 8.2. Zastosowanie zmiennych niepewnych do analizy i podejmowania decyzji (sterowania) dla obiektu statycznego 163
 - 8.2.1. Niepewność parametryczna 164
 - 8.2.2. Niepewność nieparametryczna 166
 - 8.2.3. Obiekt relacyjny z niepewnym parametrem 168
- 8.3. Sterowanie dla obiektów dynamicznych. Regulator niepewny 173
- 8.4. Zbiory i liczby rozmyte 177
- 8.5. Zastosowanie opisu rozmytego do podejmowania decyzji (sterowania) dla obiektu statycznego 181
- 8.6. Sterowanie dla obiektów dynamicznych. Regulator rozmyty 184
- 8.7. Zestawienie i porównanie różnych opisów niepewności 187

9. Sterowanie w systemie zamkniętym. Stabilność 192

- 9.1. Charakterystyka ogólna 192
- 9.2. Warunki stabilności dla systemu liniowego stacjonarnego 196
 - 9.2.1. System ciągły 196
 - 9.2.2. System dyskretny 198
- 9.3. Stabilność nieliniowych i niestacjonarnych systemów dyskretnych 201
- 9.4. Stabilność nieliniowych i niestacjonarnych systemów ciągłych 206
- 9.5. Szczególny przypadek. Metoda funkcji opisującej 207
- 9.6. Stabilność systemów niepewnych. Odporność 210
- 9.7. Zbieżność procesu szukania ekstremum 215

10. Adaptacyjne i uczące się systemy sterowania 217

- 10.1. Podstawowe koncepcje adaptacji 217
- 10.2. Adaptacja poprzez identyfikację dla obiektu statycznego 221
- 10.3. Adaptacja poprzez identyfikację dla obiektu dynamicznego 225
- 10.4. Adaptacja poprzez strojenie 227
- 10.5. Uczący się system sterowania z reprezentacją wiedzy o obiekcie 229
- 10.6. Uczący się system sterowania z reprezentacją wiedzy o sterowaniu 233

11. Inteligentne i złożone systemy sterowania 238

- 11.1. Wstępna charakterystyka sztucznej inteligencji 238
- 11.2. Logiczna reprezentacja wiedzy 239
- 11.3. Problem analizy z logiczną reprezentacją wiedzy 242
- 11.4. Problem podejmowania decyzji z logiczną reprezentacją wiedzy 245
- 11.5. Sieci neuronalne 248
- 11.6. Zastosowanie sieci neuronalnych w systemach sterowania 252
 - 11.6.1. Sieć neuronalna jako urządzenie sterujące 253
 - 11.6.2. Sieć neuronalna w systemie adaptacyjnym 254
- 11.7. Dekompozycja i sterowanie dwupoziomowe 255
- 11.8. Sterowanie obiektem złożonym w strukturze szeregowej 259
- 11.9. Sterowanie obiektem z dwupoziomową reprezentacją wiedzy 262

12. Sterowanie kompleksami operacji 265

- 12.1. Charakterystyka ogólna 265
- 12.2. Sterowanie rozdziałem zadań 267
- 12.3. Sterowanie rozdziałem zasobów 271
- 12.4. Sterowanie przydziałem i szeregowaniem zadań 274
- 12.5. Sterowanie alokacją z uwzględnieniem transportu 280
- 12.6. Sterowanie procesem montażu 284
- 12.7. Zastosowanie zmiennych niepewnych i sieci neuronalnej 287

Zakończenie 290

Dodatek. Transformacje operatorowe 293

Literatura 297

Skorowidz 300