

Spis treści

Przedmowa	11
1. Wprowadzenie	13
Literatura	16
2. Systemy, modele oraz symulacja systemów	17
2.1. System	17
2.1.1. Klasyfikacja systemów	20
2.1.2. Stan systemu	21
2.1.3. Działanie systemu	22
2.1.4. Optymalizacja	23
2.2. Modele	23
2.2.1. Klasyfikacja modeli	24
2.2.2. Rozwiązywalność a szczegółowość modelu	25
2.2.3. Niebezpieczeństwa występujące w modelowaniu	26
2.3. Symulacja systemów	26
2.3.1. Symulacja tożsamościowa	27
2.3.2. Symulacja prawie tożsamościowa	27
2.3.3. Symulacja laboratoryjna	28
2.3.4. Symulacja komputerowa	29
2.4. Metody Monte Carlo	33
Ćwiczenia	34
Literatura	35
3. Cyfrowa symulacja zdarzeń dyskretnych	36
3.1. Wprowadzenie	36
3.2. Alternatywne techniki modelowania zdarzeń dyskretnych	38
3.3. Modele masowej obsługi	39

3.3.1. Koncepcja planowania zdarzenia	40
3.3.2. Gromadzenie danych	47
3.3.3. Koncepcja metod wyboru działania	52
3.3.4. Koncepcja interakcji procesów	54
3.4. Złożone problemy masowej obsługi	58
3.4.1. Jedno zadanie — wiele kanałów obsługi	59
3.4.2. Dwa zadania — wiele środków	59
3.4.3. Problem sterowania zapasami	67
3.5. Sieci PERT	71
3.6. Problem realizacji wielu zadań za pomocą wielu środków	73
3.7. Modelowanie z dyskretyzacją	75
Ćwiczenia	80
Literatura	82

4. Zagadnienia programowania a języki symulacyjne 84

4.1. Wprowadzenie	84
4.2. Struktury danych	85
4.2.1. Identyfikacja obiektów i atrybutów	86
4.2.2. Powiązania między obiektami	87
4.2.3. Generowanie obiektów oraz operowanie nimi	88
4.3. Programy kontroli symulacji	95
4.4. Zjawisko upływu czasu	99
4.5. Generowanie liczb losowych	101
4.6. Grupowanie, analiza oraz sposób przedstawiania danych	101
4.7. Procedury rozpoczynania i kończenia eksperymentów symulacyjnych	102
4.8. Informacje o błędach. Dokumentacja	104
4.9. Ogólna charakterystyka języków programowania symulacyjnego	105
Ćwiczenia	109
Literatura	111

5. Języki GPSS/360, SIMSCRIPT II oraz SIMULA 113

5.1. Wprowadzenie	113
5.2. Język GPSS/360	113
5.2.1. Tworzenie zadań	118
5.2.2. Przyporządkowywanie adresów	119
5.2.3. Formułowanie kolejki i obsługi	119
5.2.4. Statystyki	120
5.2.5. Testowanie logiczne	122
5.2.6. Operacje na zbiorach	123
5.2.7. Efektywność stosowania języka GPSS	123
5.3. Symulacja jednokanałowego systemu obsługi w języku GPSS	124
5.4. Język SIMSCRIPT II	130

5.5. Program symulacji systemu masowej obsługi z jednym kanałem obsługi w języku SIMSCRIPT II	137
5.6. Język SIMULA	147
5.7. Przykład zastosowania języka SIMULA	148
Ćwiczenia	150
Literatura	152
 6. Statystyka matematyczna. Pojęcia i definicje	 153
6.1. Związek statystyczny	154
6.2. Ciągi losowe	161
6.3. Stacjonarność	166
6.4. Autokorelacja a funkcje gęstości widmowej	167
6.5. Problem masowej obsługi	176
6.6. Procesy autoregresyjne	177
Ćwiczenia	181
Literatura	182
 7. Generowanie liczb losowych	 183
7.1. Rola zmiennej losowej o rozkładzie jednostajnym	183
7.2. Kilka uwag o generowaniu liczb losowych	185
7.3. Tablica liczb losowych	186
7.4. Generowanie liczb pseudolosowych	187
7.4.1. Zgodne generatory mieszane	190
7.4.2. Zgodne generatory multiplikatywne	191
7.4.3. Wadliwy, zgodny generator multiplikatywny	193
7.4.4. Zgodny generator multiplikatywny o prawie pełnym okresie	194
7.5. k -wymiarowe zmienne losowe	196
7.6. Generatory liczb pseudolosowych wyrażone w językach; GPSS/ /360, SIMSCRIPT II oraz SIMULA	198
7.7. Testy niezależności i równomierności	201
7.7.1. Test zgodności — χ^2	201
7.7.2. Test Kołmogorowa-Smirnowa	204
7.7.3. Test szeregowy	205
7.7.4. Test odstępów	206
7.7.5. Test kombinatoryczny	206
7.7.6. Test serii	207
7.7.7. Testy korelacji	207
Ćwiczenia	210
Literatura	213
 8. Generowanie zmiennych losowych	 215
8.1. Wprowadzenie	215
8.2. Rozkłady ciągłe	218

8.2.1. Rozkład jednostajny	218
8.2.2. Rozkład trójkątny	220
8.2.3. Rozkład wykładniczy	220
8.2.4. Rozkład gamma z parametrem całkowitym	221
8.2.5. Rozkład beta	222
8.2.6. Rozkład gamma z niecałkowitym parametrem	226
8.2.7. Rozkład beta z parametrami niecałkowitymi	227
8.2.8. Rozkład Weibulla	228
8.2.9. Rozkład normalny	229
8.2.10. Rozkłady chi-kwadrat, t —Studenta i F	229
8.2.11. Rozkład logarytmiczno-normalny	231
8.3. Rozkłady dwu- i wielowymiarowe	231
8.3.1. Rozkład wykładniczy dwuwymiarowy	231
8.3.2. Rozkład gamma dwuwymiarowy	232
8.3.3. Rozkład normalny wielowymiarowy	232
8.4. Rozkłady dyskretne	233
8.4.1. Dyskretny rozkład jednostajny	235
8.4.2. Rozkład dwumianowy	236
8.4.3. Rozkład beta-dwumianowy	237
8.4.4. Rozkład geometryczny	238
8.4.5. Rozkład Poissona	240
8.4.6. Rozkład dwumianowy ujemny	241
8.4.7. Rozkład hipergeometryczny	243
8.5. Inne rozkłady	244
8.5.1. Rozkłady ucięte	244
8.5.2. Rozkłady empiryczne	248
8.5.3. Rozkłady stabilizowane	249
8.6. Ciągi autokorelacyjne	250
Ćwiczenia	254
Literatura	257
 9. Parametry wejściowe	 258
9.1. Wprowadzenie	258
9.2. Estymacja	260
9.3. Dopasowywanie rozkładów	266
9.4. Estymacja procesów autoregresyjnych	271
Ćwiczenia	276
Literatura	278
 10. Analiza wyników	 280
10.1. Wprowadzenie	280
10.2. Analiza wyników symulacji statycznej	281
10.3. Analiza wyników symulacji dynamicznej	287

10.4. Warunki początkowe	289
10.5. Warunki końcowe	293
10.6. Błędy w gromadzeniu danych	295
10.7. Kilka uwag o wariancji	296
10.8. Szacowanie wariancji	297
10.9. Estymator wariancji oparty na podzielonym szeregu czasowym	299
10.10. O estymatorze opartym na analizie widmowej	300
10.11. Estymacja oparta na parametrach autoregresji z próbki	303
10.12. Przedziały ufności dla $\bar{X}_n$	306
10.13. Nieparametryczne przedziały ufności	310
10.14. Funkcja autokorelacyjna i widmo	312
10.15. Określenie liczebności próbki	315
10.16. Koncepcja chwilowego stanu	317
Ćwiczenia	325
Literatura	327
 11. Projektowanie eksperymentów	 328
11.1. Wprowadzenie	328
11.2. Informacja a priori	330
11.3. Moc losowania	335
11.4. Losowanie przeciwstawne	337
11.5. Losowanie warstwowe	341
11.6. Zmienne kontrolne	342
11.7. Porównywanie eksperymentów	343
11.8. Realność modeli	347
11.9. Operacje wielokrotne	349
11.10. Eksperymenty o 2^k czynnikach	350
11.11. Projektowanie czynnikowe frakcjami	352
11.12. Obszary rozwiązań	354
11.13. Rola przewidywania	360
Ćwiczenia	364
Literatura	365
 12. Dylematy. Procedury postępowania	 367
Dodatek A	370
Dodatek B	381
Indeks	387