

Spis treści

Przedmowa	9
1 Notacja	13
2 Wprowadzenie	15
2.1 Przeszukiwanie a optymalizacja	15
2.2 Zadanie spełnialności ograniczeń	17
2.3 Zadania optymalizacji	17
2.3.1 Klasyfikacja zadań optymalizacji	18
2.3.2 Klasyfikacja ekstremów funkcji celu	19
2.3.3 Warunki istnienia ekstremum	20
2.4 Metody rozwiązywania zadań optymalizacyjnych	23
2.4.1 Metody analityczne	24
2.4.1.1 Metody gradientowe	25
2.4.1.2 Metody quasi-newtonowskie	27
2.4.2 Metody bezpośrednie	28
2.4.2.1 Metody poszukiwania według wzorca	29
2.4.2.2 Metoda simpleks	30
2.4.2.3 Metody z adaptacyjnym zbiorem kierunków przeszukiwania	32
2.4.3 Algorytmy randomizowane	33
2.4.3.1 Proste algorytmy randomizowane z pamięcią	34
2.4.3.2 Proste algorytmy randomizowane bez pamięci	34
2.5 Pejzaż dostosowań	34
2.6 Własności pejzażu dostosowań	39
2.6.1 Korelacja dostosowanie-odległość	40
2.6.2 Funkcja autokorelacji	45
2.7 Algorytmy przeszukiwania lokalnego	47
2.7.1 Intensyfikacja i dywersyfikacja	50
2.8 Heurystyki, metaheurystyki, hiperheurystyki	51
2.8.1 Metaheurystyki - dlaczego działają	54
2.8.2 Klasyfikacja metaheurystyk	58
2.8.2.1 Algorytmy przyrostowe	58
2.8.2.2 Stochastyczne algorytmy iteracyjne	60
2.8.3 Przykłady algorytmów przeszukiwania lokalnego	65
2.8.3.1 Podstawowy algorytm: iteracyjne poprawianie	65

2.8.3.2	Algorytm GSAT	69
2.8.3.3	Przeszukiwanie ze zmiennym sąsiedztwem	75
2.8.3.4	Kierowane przeszukiwanie lokalne	81
2.8.4	Ocena metaheurystyk	81
2.8.4.1	Metody analityczne	82
2.8.4.2	Wnioskowanie statystyczne	83
3	Symulowane wyżarzanie	85
3.1	Metody Monte Carlo	86
3.1.1	Łańcuchy Markowa i dynamiczne metody Monte Carlo	86
3.1.2	Algorytm Metropolisa	87
3.1.3	Optymalizacja a fizyka statystyczna	91
3.2	Konkretyzacja algorytmu...	94
3.3	Konkretyzacja algorytmu...	97
3.3.1	Prawdopodobieństwo akceptacji	97
3.3.2	Wybór sąsiada i scenariusz schładzania	99
3.3.2.1	Proste strategie	99
3.3.2.2	Adaptacyjny wybór długości kroku	101
3.3.2.3	Maszyna Boltzmannna	103
3.3.2.4	Maszyna Cauchy'ego	104
3.3.2.5	Adaptacyjne symulowane wyżarzanie (ASA)	106
3.3.2.6	Maszyna Tsallisa	110
3.3.3	Warunek zatrzymania	114
3.3.4	Uwagi dodatkowe	115
3.4	Przykłady zastosowań	116
3.4.1	Analiza skupień	116
3.4.2	Problem k -spełnialności	119
4	Optymalizacja ekstremalna	123
4.1	Samoorganizujący się stan krytyczny (SOSK)	123
4.2	Model ewolucji B-S	126
4.2.1	Interpretacje	126
4.2.2	Własności	127
4.2.3	Odniesienia do teorii ewolucyjnych	128
4.2.4	Implikacje	129
4.3	Algorytm optymalizacji ekstremalnej EO	131
4.4	Uogólnienia algorytmu ekstremalnej optymalizacji	133
5	Algorytmy entropii krzyżowej	135
5.1	Zarys metody	136
5.1.1	Symulacja rzadkich zdarzeń	136
5.1.2	Proste zadanie optymalizacji kombinatorycznej	139
5.2	Formalne uzasadnienie metody	140
5.2.1	Bazowy algorytm symulacji rzadkich zdarzeń	142
5.2.2	Bazowy algorytm optymalizacji kombinatorycznej	144
5.3	Modyfikacje bazowego algorytmu	146

5.4	Wybrane zastosowania	147
5.4.1	Optymalizacja kombinatoryczna	147
5.4.1.1	Zadanie komiwojażera	147
5.4.1.2	Zliczanie	148
5.4.2	Optymalizacja parametryczna	150
6	Algorytmy ewolucyjne	151
6.1	Podstawy teorii ewolucji Darwina	151
6.2	Rys historyczny	155
6.2.1	Programowanie ewolucyjne	155
6.2.2	Algorytmy genetyczne	156
6.2.3	Strategie ewolucyjne	157
6.3	Programowanie ewolucyjne	158
6.3.1	Algorytm CEP – klasyczne programowanie ewolucyjne	161
6.3.2	Szybkie programowanie ewolucyjne	163
6.4	Strategie ewolucyjne	165
6.4.1	Proste strategie ewolucyjne	166
6.4.1.1	Strategia $(1 + 1)$	166
6.4.1.2	Strategia $(\mu \dagger \lambda)$	171
6.4.2	Operatory genetyczne stosowane w strategiach ewolucyjnych	172
6.4.2.1	Operator mutacji	173
6.4.2.2	Hesjan a macierz kowariancji	175
6.4.2.3	Operator samoadaptacji	176
6.4.2.4	Operator rekombinacji	178
6.4.3	Przykłady strategii ewolucyjnych	179
6.4.3.1	Prosta strategia ewolucyjna dla problemu komiwojażera	179
6.4.3.2	Samo-adaptująca się strategia $(\mu/\rho \dagger \lambda)$	180
6.4.3.3	Strategia z korelowaną mutacją	181
6.4.3.4	Strategia ewolucyjna ze skumulowaną adaptacją długości kroku	181
6.4.3.5	Strategia z adaptacją macierzy kowariancji	183
6.4.4	Zastosowania – dynamiczny podział obiektów na grupy	190
6.5	Wprowadzenie do analizy matematycznej...	191
6.5.1	Prosta strategia ewolucyjna	192
6.5.1.1	Strategia $(1-1)$	192
6.5.1.2	Strategia $(1 + \lambda)$	194
6.5.2	Binarna przestrzeń poszukiwań	194
6.6	Algorytmy genetyczne	196
6.6.1	Strategie selekcji	196
6.6.2	Formalne charakterystyki operatora selekcji	196
6.6.2.1	Selekcja proporcjonalna	198
6.6.2.2	Strategia rankingowa	200
6.6.2.3	Selekcja turniejowa	201
6.6.2.4	CHC selekcja	203
6.6.3	Mutacja punktowa	203
6.6.4	Operatory rekombinacji	204

6.6.5	Miary postępu obliczeń	205
6.6.6	Kryteria zatrzymania	206
6.6.7	Wybrane algorytmy	207
6.6.7.1	Simpleksowy algorytm genetyczny	207
6.6.7.2	Ewolucja różnicowa	209
6.6.7.3	Genetyczna chromodynamika	211
6.7	Ewolucja Mony Lisy	211
6.8	Ewolucja lamarckowska i efekt Baldwina	215
6.9	Algorytmy EDA	217
6.9.1	Algorytm PBIL	218
6.9.1.1	Operatory krzyżowania	219
6.9.1.2	Asymptotyczne własności krzyżowania	220
6.9.1.3	Uczenie konkurencyjne	220
6.9.1.4	Algorytm	221
6.9.2	Algorytm COMIT	223
6.9.3	Kompaktowy algorytm genetyczny	226
7	Algorytmy i ich dalsze losy	227
7.1	Metody obliczeniowe	227
7.1.1	Algorytm roju cząstek PSO	227
7.1.2	Algorytm roju mrówek ACO	230
7.1.3	Porównanie ACO z PSO	231
7.2	Twierdzenie NFL	232
7.2.1	Optymalizacja iteracyjna	234
7.2.2	Wnioski i uwagi dotyczące NFL w kontekście benchmarków	239
7.3	Uwagi na temat rosnącej liczby meataheurystyk	240
8	Zastosowania metaheurystyk	243
8.1	Optymalizacja funkcji multimodalnych	243
8.1.1	Optymalizacja wielomodalna	243
8.1.2	Optymalizacja wielokryterialna	244
8.1.3	Rozważania związane z wykorzystaniem kombinacji metod optymalizacyjnych	246
8.1.4	Hybrydyzacja	247
8.1.5	Operacje wspomagane wiedzą	247
8.1.6	Metody aproksymacyjne	248
8.2	Optymalizacja a uczenie maszynowe	248
8.2.1	Uczenie jako problem przeszukiwania	248
8.2.2	Model zastępczy	250
8.2.3	Uczenie jako adaptacja stanu	251
8.2.3.1	Adaptacja stanu w CMA-ES	251
8.2.3.2	Analiza danych jako optymalizacja	251
8.3	Optymalizacja odporna na niepewność	252
8.4	Optymalizacja odporna versus...	253
8.4.1	Optymalizacja odporna i analiza wrażliwości	255
8.4.2	Historia optymalizacji odpornej	255

8.4.3	Zakres zastosowań optymalizacji odpornej	256
8.5	Metodyka testowania	259
8.5.1	Obiektywne porównywanie algorytmów	259
8.5.2	Dwuetapowa procedura oceny algorytmu	260
8.6	Metodologia benchmarkingu BBOB	261
8.6.1	Funkcje, przypadki i problemy	261
8.6.2	Czas wykonania i wartości docelowe	262
8.6.3	Ponowne uruchomienia właściwe i symulowane	262
8.6.4	Agregacja	263
8.6.5	Benchmarking uzależniony od kosztu	264
8.7	Metodologia benchmarkingu CEC	265
8.7.1	Cele i kryteria oceny algorytmów	265
8.7.2	Problemy testowe i wyzwania	266
8.7.3	Parametryzacja i tuning algorytmów	268
8.8	Porównanie metodologii testowania BBOB i CEC	269
8.8.1	Analiza statystyczna i raportowanie wyników w BBOB i CEC	271
8.8.2	Statystyczne metody porównywania algorytmów ewolucyjnych i ro- jowych: podejście praktyczne	273
	Podsumowanie	277
	Dodatki	281
A	Przykłady zadań optymalizacji	281
A.1	Optymalizacja ciągła	281
A.2	Optymalizacja dyskretna	282
A.2.1	Problem k-spełnialności	282
A.2.2	Problemy teoriografowe	284
A.2.3	Problemy teoriomnogościowe	286
A.2.4	Problem lokalizacji	287
A.2.5	Problem plecakowy	289
A.2.6	Problem komiwojażera	289
A.2.7	Szeregowanie zadań	291
A.2.8	Problem dostawy	293
A.2.9	Aukcje kombinatoryczne	294
B	Fałdowanie białka	297
B.1	Podstawy biologiczne	297
B.2	Dwuwymiarowy model HP	299
B.3	Reprezentacja konformacji na kracie	300
C	Zmienne losowe i ich generatory	305
C.1	Pojęcia podstawowe	305
C.1.1	Przestrzeń probabilistyczna	305
C.1.2	Zmienne losowe	306

C.1.3	Funkcje zmiennych losowych	307
C.2	Generowanie liczb losowych o dowolnych rozkładach	309
C.2.1	Rozkłady dyskretne	309
C.3	Rozkłady ciągłe	309
C.4	Wybrane rozkłady prawdopodobieństwa	310
C.4.1	Rozkład normalny	310
C.4.1.1	Zastosowanie centralnego twierdzenia granicznego	311
C.4.1.2	Metoda Box-Müller'a	312
C.4.1.3	Metody przybliżone	313
C.4.2	Rozkład Cauchy'ego	313
C.4.3	α -stabilne rozkłady Lévy'ego	314
C.4.3.1	Ogólne własności rozkładów α -stabilnych	315
C.4.3.2	Przypadki szczególne	316
C.4.3.3	Parametryzacja rozkładów α -stabilnych	316
C.4.3.4	Metody generowania zmiennych o rozkładach α -stabilnych	318
C.4.4	Rozkład Tsallisa	319
C.4.4.1	Funkcja q-gaussowska	319
C.4.4.2	Metoda Denga	321
C.4.4.3	Uogólniona metoda Box-Müllera	322
C.4.4.4	Inne rozkłady prawdopodobieństwa	323
C.4.4.4.1	Rozkład gamma	323
C.4.4.4.2	Rozkład t	325
C.4.4.4.3	Rozkład F	325
C.5	Rozkłady wielowymiarowe	325
C.5.1	Wielowymiarowy rozkład jednostajny	326
C.5.2	Wielowymiarowy rozkład normalny	327
C.5.3	Sferyczne rozkłady wielowymiarowe	329
C.5.4	Wielowymiarowy rozkład Cauchy'ego	331
C.6	Globalne i lokalne własności metaheurystyk	335
C.6.1	Własności globalne	335
C.6.1.1	Rodzaje zbieżności	335
C.6.1.2	Tempo zbieżności	337
C.6.2	Własności lokalne	338
	Bibliografia	339
	Skorowidz	383