

Spis treści

Przedmowa	7
1. Modele obliczania	11
1.1 Algorytmy i ich złożoność	11
1.2 Maszyny o dostępie swobodnym	14
1.3 Złożoność obliczeniowa programów RAM	20
1.4 Model z zapamiętanym programem	23
1.5 Abstrakcje RAM	28
1.6 Pierwotny model obliczania: maszyna Turinga	34
1.7 Związek pomiędzy maszyną Turinga i modelem RAM	39
1.8 Pidgin ALGOL — język wysokiego poziomu	41
2. Projektowanie efektywnych algorytmów	51
2.1 Struktury danych: listy, kolejki i stosy	52
2.2 Reprezentacje zbioru	56
2.3 Grafy	57
2.4 Drzewa	60
2.5 Rekurencja	63
2.6 Dziel i zwyciężaj	67
2.7 Zrównoważenie	73
2.8 Programowanie dynamiczne	74
2.9 Zakończenie	77
3. Sortowanie i statystyka pozycyjna	85
3.1 Problem sortowania	86
3.2 Sortowanie pozycyjne	87
3.3 Sortowanie przez porównania	95
3.4 Heapsort — algorytm sortowania przez $O(n \log n)$ porównań	96
3.5 Quicksort — algorytm sortowania w czasie oczekiwanym $O(n \log n)$	101
3.6 Statystyka pozycyjna	106
3.7 Czas oczekiwany dla statystyki pozycyjnej	108
4. Struktury danych dla zadań operujących na zbiorach	117
4.1 Operacje pierwotne na zbiorach	117
4.2 Haszowanie	120
4.3 Poszukiwanie binarne	122
4.4 Drzewa poszukiwań binarnych	124
4.5 Optymalne drzewa poszukiwań binarnych	128

4.6	Prosty algorytm sumy zbiorów rozłącznych	132
4.7	Struktury drzew dla problemu UNION-FIND	136
4.8	Zastosowania i rozszerzenia algorytmu UNION-FIND	146
4.9	Schematy z drzewami zrównoważonymi	152
4.10	Słowniki i kolejki priorytetowe	155
4.11	Kopce złączane	159
4.12	Kolejki konkatenowane	162
4.13	Podział	164
4.14	Podsumowanie rozdziału	169
5.	Algorytmy na grafach	179
5.1	Drzewa rozpinające o minimalnym koszcie	179
5.2	Przeszukiwanie w głąb	183
5.3	Dwuspójność	187
5.4	Przeszukiwanie w głąb grafu skierowanego	195
5.5	Spójność silna	197
5.6	Problemy znajdowania ścieżek	203
5.7	Algorytm przechodniego domknięcia	207
5.8	Algorytm najkrótszych ścieżek	208
5.9	Problemy ścieżek i mnożenie macierzy	210
5.10	Problemy jednego źródła	215
5.11	Dominatory w acyklicznym grafie skierowanym	218
6.	Mnożenie macierzy i pokrewne operacje	235
6.1	Podstawy	235
6.2	Algorytm Strassena mnożenia macierzy	239
6.3	Odwracanie macierzy	241
6.4	Rozkład LUP	242
6.5	Zastosowania rozkładu LUP	250
6.6	Mnożenie macierzy zero-jedynkowych	252
7.	Szybkie przekształcenie Fouriera z zastosowaniami	263
7.1	Dyskretna transformata Fouriera i transformata odwrotna	264
7.2	Algorytm szybkiego przekształcenia Fouriera	268
7.3	FFT z operacjami na bitach	276
7.4	Iloczyny wielomianów	281
7.5	Mnożenie liczb całkowitych według algorytmu Schönhagego–Strassena	282
8.	Arytmetyka na liczbach całkowitych i wielomianach	289
8.1	Podobieństwo między liczbami całkowitymi i wielomianami	290
8.2	Mnożenie i dzielenie liczb całkowitych	291
8.3	Mnożenie i dzielenie wielomianów	298
8.4	Arytmetyka modularna	300
8.5	Arytmetyka modularna na wielomianach i wartości wielomianów	304
8.6	Chińskie zliczanie reszt	306
8.7	Chińskie zliczanie reszt i interpolacja wielomianów	310
8.8	Największy wspólny dzielnik i algorytm Euklidesa	312

8.9	Asymptotycznie szybki algorytm GCD dla wielomianów	315
8.10	Największy wspólny dzielnik liczb całkowitych	320
8.11	Chińskie zliczanie reszt — raz jeszcze	322
8.12	Wielomiany rzadkie	323
9.	Algorytmy dopasowania wzorców	329
9.1	Automaty skończone i wyrażenia regularne	329
9.2	Rozpoznawanie wzorców przez wyrażenia regularne	338
9.3	Rozpoznawanie podnapisów	341
9.4	Dwukierunkowe deterministyczne automaty ze stosem	347
9.5	Drzewa pozycji i indentyfikatory podnapisowe	358
10.	Problemy NP-zupełne	375
10.1	Niedeterministyczne maszyny Turinga	376
10.2	Klasy $\mathcal{P}$ i $\mathcal{NP}$	383
10.3	Języki i problemy	385
10.4	NP-zupełność problemu spełnialności	388
10.5	Inne problemy NP-zupełne	395
10.6	Problemy o wielomianowej złożoności pamięciowej	406
11.	Problemy niełatwe na podstawie dowodu	417
11.1	Hierarchie złożoności	417
11.2	Hierarchia pamięciowa dla deterministycznych maszyn Turinga	418
11.3	Problem wymagający wykładniczego czasu i pamięci	421
11.4	Problem nieelementarny	430
12.	Ograniczenia dolne liczby operacji arytmetycznych	439
12.1	Ciała	439
12.2	Kod liniowy — raz jeszcze	440
12.3	Macierzowe formułowanie problemów	443
12.4	Ograniczenie dolne liczby mnożeń zależne od liczby wierszy	443
12.5	Ograniczenie dolne liczby mnożeń zależne od liczby kolumn	445
12.6	Ograniczenie dolne liczby mnożeń zależne od liczby wierszy i kolumn	450
12.7	Nastawianie	452
Bibliografia		463
Indeks		477