

Spis treści

Przedmowa.....	XIII
 Część I Podstawy	
Wprowadzenie.....	2
1. Rola algorytmów w obliczeniach	4
1.1. Algorytmy.....	4
1.2. Algorytmy jako technologia.....	10
2. Zaczynamy	15
2.1. Sortowanie przez wstawianie	15
2.2. Analiza algorytmów	22
2.3. Projektowanie algorytmów	29
2.3.1. Metoda „dziel i zwyciężaj”	29
2.3.2. Analiza algorytmów typu „dziel i zwyciężaj”	34
3. Rzędy wielkości funkcji.....	43
3.1. Notacja asymptotyczna	44
3.2. Standardowe notacje i typowe funkcje.....	53
4. Metoda „dziel i zwyciężaj”.....	65
4.1. Problem maksymalnej podtablicy	68
4.2. Algorytm Strassena mnożenia macierzy	75
4.3. Metoda podstawiania	83
4.4. Metoda drzewa rekursji	87
4.5. Metoda rekurencji uniwersalnej	93
* 4.6. Dowód twierdzenia o rekurencji uniwersalnej.....	96
4.6.1. Dowód dla dokładnych potęg	97
4.6.2. Podłogi i sufity	102
5. Analiza probabilistyczna i algorytmy randomizowane.....	112
5.1. Problem zatrudnienia sekretarki.....	112
5.2. Zmienne losowe wskaźnikowe	116
5.3. Algorytmy randomizowane.....	120
* 5.4. Analiza probabilistyczna i dalsze zastosowania zmiennych losowych wskaźnikowych	128
5.4.1. Paradoks dnia urodzin	129
5.4.2. Kule i urny	132
5.4.3. Ciągi „dobrej passy”, czyli sukcesów	133
5.4.4. Problem on-line zatrudnienia sekretarki	138
 Część II Sortowanie i statystyki pozycyjne	
Wprowadzenie	146

6.	Heapsort - sortowanie przez kopcowanie.....	151
6.1.	Kopce	151
6.2.	Przywracanie własności kopca.....	154
6.3.	Budowanie kopca	156
6.4.	Algorytm sortowania przez kopcowanie (heapsort)	159
6.5.	Kolejki priorytetowe	161
7.	Quicksort - sortowanie szybkie.....	168
7.1.	Opis algorytmu	168
7.2.	Czas działania algorytmu quicksort	172
7.3.	Randomizowana wersja algorytmu quicksort	177
7.4.	Analiza algorytmu quicksort.....	178
7.4.1.	Analiza przypadku pesymistycznego	178
7.4.2.	Analiza oczekiwanego czasu działania	179
8.	Sortowanie w czasie liniowym.....	188
8.1.	Dolne ograniczenia dla problemu sortowania	189
8.2.	Sortowanie przez zliczanie	191
8.3.	Sortowanie pozycyjne.....	194
8.4.	Sortowanie kubełkowe.....	198
9.	Mediany i statystyki pozycyjne	210
9.1.	Minimum i maksimum.....	211
9.2.	Wybór w oczekiwanym czasie liniowym	212
9.3.	Wybór w pesymistycznym czasie liniowym	217
Część III Struktury danych		
	Wprowadzenie	226
10.	Elementarne struktury danych	230
10.1.	Stosy i kolejki	230
10.2.	Listy (z dowiązaniem)	234
10.3.	Reprezentowanie struktur wskaźnikowych za pomocą tablic	239
10.4.	Reprezentowanie drzew (ukorzenionych)	244
11.	Tablice z haszowaniem.....	251
11.1.	Tablice z adresowaniem bezpośrednim.....	252
11.2.	Tablice z haszowaniem	254
11.3.	Funkcje haszujące	260
11.3.1.	Haszowanie modularne	262
11.3.2.	Haszowanie przez mnożenie	263
*	11.3.3. Haszowanie uniwersalne.....	264
	11.4. Adresowanie otwarte	269
*	11.5. Haszowanie doskonałe.....	278
12.	Drzewa wyszukiwań binarnych	287
12.1.	Co to jest drzewo wyszukiwań binarnych?	288
12.2.	Wyszukiwanie w drzewie wyszukiwań binarnych	290
12.3.	Wstawianie i usuwanie	295
*	12.4. Losowo skonstruowane drzewa wyszukiwań binarnych	300
13.	Drzewa czerwono-czarne.....	309
13.1.	Własności drzew czerwono-czarnych	309
13.2.	Operacje rotacji	313
13.3.	Operacja wstawiania	316
13.4.	Operacja usuwania	324
14.	Wzbogacanie struktur danych	341
14.1.	Dynamiczne statystyki pozycyjne	342
14.2.	Jak wzbogacać strukturę danych.....	347
14.3.	Drzewa przedziałowe	351

Część IV Zaawansowane metody konstruowania i analizowania algorytmów

Wprowadzenie	360
15. Programowanie dynamiczne	362
15.1. Rozcinanie pręta	363
15.2. Mnożenie ciągu macierzy	374
15.3. Podstawy programowania dynamicznego	382
15.4. Najdłuższy wspólny podciąg	394
15.5. Optymalne drzewa wyszukiwań binarnych.....	401
16. Algorytmy zachłanne	419
16.1. Problem wyboru zajęć	420
16.2. Podstawy strategii zachłannej	428
16.3. Kody Huffmana	434
* 16.4. Matroidy a strategię zachłanne.....	442
* 16.5. Problem szeregowania zadań	449
17. Analiza kosztu zamortyzowanego.....	457
17.1. Metoda kosztu sumarycznego	458
17.2. Metoda księgowania	462
17.3. Metoda potencjału	465
17.4. Tablice dynamiczne	469
17.4.1. Powiększanie tablicy	470
17.4.2. Powiększanie i zmniejszanie tablicy	474

Część V Złożone struktury danych

Wprowadzenie	488
18. B-drzewa.....	491
18.1. Definicja B-drzewa	496
18.2. Podstawowe operacje na B-drzewach	498
18.3. Usuwanie klucza z B-drzewa	506
19. Kopce Fibonacciego	513
19.1. Struktura kopców Fibonacciego	516
19.2. Operacje kopca złączalnego	518
19.3. Zmniejszanie wartości klucza i usuwanie węzła	527
19.4. Oszacowanie maksymalnego stopnia	531
20. Drzewa van Emde Boasa	540
20.1. Wstępne koncepcje	541
20.2. Struktura rekurencyjna	545
20.2.1. Prototypowe struktury van Emde Boasa	547
20.2.2. Operacje na prototypowej strukturze van Emde Boasa	549
20.3. Drzewo van Emde Boasa	555
20.3.1. Drzewa van Emde Boasa	555
20.3.2. Operacje na drzewie van Emde Boasa	559
21. Struktury danych dla zbiorów rozłącznych	571
21.1. Operacje na zbiorach rozłącznych	571
21.2. Listowa reprezentacja zbiorów rozłącznych	574
21.3. Lasy zbiorów rozłącznych	579
* 21.4. Analiza metody łączenia według rangi z kompresją ścieżki	583

Część VI Algorytmy grafowe

Wprowadzenie	598
22. Podstawowe algorytmy grafowe	600
22.1. Reprezentacja grafów	600
22.2. Przeszukiwanie wszerek	604
22.3. Przeszukiwanie w głąb	614
22.4. Sortowanie topologiczne	624
22.5. Silnie spójne składowe	627
23. Minimalne drzewa rozpinające	636
23.1. Rozrastanie się minimalnego drzewa rozpinającego	637
23.2. Algorytmy Kruskala i Prima	643
24. Najkrótsze ścieżki z jednym źródłem	656
24.1. Algorytm Bellmana-Forda	664
24.2. Najkrótsze ścieżki z jednym źródłem w acyklicznych grafach	668
24.3. Algorytm Dijkstry	671
24.4. Ograniczenia różnicowe i najkrótsze ścieżki	678
24.5. Dowody własności najkrótszych ścieżek	684
25. Najkrótsze ścieżki między wszystkimi parami wierzchołków	698
25.1. Najkrótsze ścieżki i mnożenie macierzy	700
25.2. Algorytm Floyd-Warshalla	707
25.3. Algorytm Johnsona dla grafów rzadkich	714
26. Maksymalny przepływ	723
26.1. Sieci przepływowe	724
26.2. Metoda Forda-Fulkersona	729
26.3. Najliczniejsze skojarzenia w grafach dwudzielnych	747
* 26.4. Algorytmy typu „prześlij-przemianuj”	752
* 26.5. Algorytm „przemianuj i przesun na początek”	766

Część VII Wybrane zagadnienia

Wprowadzenie	788
27. Algorytmy wielowatkowe	791
27.1. Podstawy dynamicznej wielowatkowości	794
27.2. Wielowatkowe mnożenie macierzy	812
27.3. Wielowatkowe sortowanie przez scalanie	817
28. Operacje na macierzach	833
28.1. Rozwiązanie układów równań liniowych	833
28.2. Odwracanie macierzy	847
28.3. Symetryczne macierze dodatnio określone i metoda najmniejszych kwadratów	853
29. Programowanie liniowe	863
29.1. Postać standardowa i uzupełnieniowa	871
29.2. Formułowanie problemów w postaci programów liniowych	879
29.3. Algorytm sympleks	885
29.4. Dualność	901
29.5. Początkowe bazowe rozwiązanie dopuszczalne	907
30. Wielomiany i FFT	920
30.1. Reprezentacja wielomianów	922
30.2. DFT i FFT	929
30.3. Efektywne implementacje FFT	937
31. Algorytmy teorii liczb	948
31.1. Podstawowe pojęcia teorii liczb	950
31.2. Największy wspólny dzielnik	956
31.3. Arytmetyka modularna	961

SPIS TREŚCI

31.4.	Rozwiązywanie modularnych równań liniowych	969
31.5.	Chińskie twierdzenie o resztach	973
31.6.	Potęgi elementu	976
31.7.	System kryptograficzny z kluczem publicznym RSA	981
*	31.8. Sprawdzanie, czy dana liczba jest pierwsza.....	988
*	31.9. Rozkład na czynniki pierwsze	999
32.	Wyszukiwanie wzorca	1009
32.1.	Algorytm „naiwny” wyszukiwania wzorca	1012
32.2.	Algorytm Rabina-Karpa	1014
32.3.	Wyszukiwanie wzorca z wykorzystaniem automatów skończonych.....	1019
*	32.4. Algorytm Knutha-Morrisa-Pratta	1026
33.	Geometria obliczeniowa	1038
33.1.	Własności odcinków	1039
33.2.	Sprawdzanie, czy jakakolwiek para odcinków się przecina	1046
33.3.	Znajdowanie otoczki wypukłej	1053
33.4.	Znajdowanie pary najmniej odległych punktów	1064
34.	NP-zupełność	1073
34.1.	Czas wielomianowy	1079
34.2.	Weryfikacja w czasie wielomianowym.....	1087
34.3.	NP-zupełność i redukowalność	1092
34.4.	Dowodzenie NP-zupełności	1103
34.5.	Problemy NP-zupełne	1111
34.5.1.	Problem klikli	1112
34.5.2.	Problem pokrycia wierzchołkowego	1114
34.5.3.	Problem cyklu Hamiltona	1116
34.5.4.	Problem komiwojażera	1121
34.5.5.	Problem sumy podzbioru	1122
35.	Algorytmy aproksymacyjne	1131
35.1.	Problem pokrycia wierzchołkowego	1133
35.2.	Problem komiwojażera	1137
35.2.1.	Problem komiwojażera z nierównościami trójkąta	1138
35.2.2.	Ogólny problem komiwojażera	1140
35.3.	Problem pokrycia zbioru	1143
35.4.	Randomizacja i programowanie liniowe	1148
35.5.	Problem sumy podzbioru	1153
 Część VIII Dodatek: Podstawy matematyczne		
	Wprowadzenie	1168
A.	Sumy	1170
A.1.	Wzory i własności dotyczące sum	1170
A.2.	Szacowanie sum	1174
B.	Zbiory i nie tylko	1183
B.1.	Zbiory	1183
B.2.	Relacje	1188
B.3.	Funkcje	1190
B.4.	Grafy	1193
B.5.	Drzewa	1197
B.5.1.	Drzewa wolne	1198
B.5.2.	Drzewa ukorzenione i uporządkowane	1200
B.5.3.	Drzewa binarne i pozycyjne	1201
C.	Zliczanie i prawdopodobieństwo	1206
C.1.	Zliczanie	1206
C.2.	Prawdopodobieństwo	1212
C.3.	Dyskretne zmienne losowe	1219

SPIS TREŚCI

	C.4. Rozkłady: geometryczny i dwumianowy	1224
*	C.5. Krańce rozkładu dwumianowego	1230
D.	Macierze	1239
	D.1. Macierze i operacje na macierzach	1239
	D.2. Podstawowe własności macierzy	1244
	Bibliografia	1252
	Skorowidz	1269