

Indice

Prefazione *xi*

Presentazione dell'edizione italiana *xvii*

I **Fondamenti**

Introduzione **3**

1 **Ruolo degli algoritmi nell'elaborazione dei dati** **5**

1.1 Algoritmi 5

1.2 Algoritmi come tecnologia 10

2 **Per incominciare** **14**

2.1 Insertion sort 14

2.2 Analisi degli algoritmi 20

2.3 Progettare gli algoritmi 25

3 **Crescita delle funzioni** **37**

3.1 Notazione asintotica 37

3.2 Notazioni standard e funzioni comuni 46

4 **Divide et impera** **55**

4.1 Il problema del massimo sottoarray 57

4.2 Algoritmo di Strassen per il prodotto di matrici 63

4.3 Il metodo di sostituzione per risolvere le ricorrenze 70

4.4 Il metodo dell'albero di ricorsione per risolvere le ricorrenze 74

4.5 Il metodo dell'esperto per risolvere le ricorrenze 79

★ 4.6 Dimostrazione del teorema dell'esperto 82

5 **Analisi probabilistica e algoritmi randomizzati** **95**

5.1 Il problema delle assunzioni 95

5.2 Variabili casuali indicatrici 98

5.3 Algoritmi randomizzati 101

★ 5.4 Approfondimento dell'analisi probabilistica 108

II **Ordinamento e statistiche d'ordine**

Introduzione **123**

6 **Heapsort** **127**

6.1 Heap 127

6.2 Conservare la proprietà dell'heap 129

6.3 Costruire un heap 131

6.4 L'algoritmo heapsort 134

6.5 Code di priorità 135

- 7 Quicksort 141**
 - 7.1 Descrizione di quicksort 141
 - 7.2 Prestazioni di quicksort 144
 - 7.3 Una versione randomizzata di quicksort 148
 - 7.4 Analisi di quicksort 148
- 8 Ordinamento in tempo lineare 157**
 - 8.1 Limiti inferiori per l'ordinamento 157
 - 8.2 Counting sort 159
 - 8.3 Radix sort 162
 - 8.4 Bucket sort 164
- 9 Mediane e statistiche d'ordine 175**
 - 9.1 Minimo e massimo 175
 - 9.2 Selezione in tempo atteso lineare 177
 - 9.3 Selezione in tempo lineare nel caso peggiore 180

III Strutture dati

- Introduzione 189**
- 10 Strutture dati elementari 192**
 - 10.1 Stack e code 192
 - 10.2 Liste concatenate 195
 - 10.3 Implementare puntatori e oggetti 199
 - 10.4 Rappresentazione di alberi radicati 203
- 11 Hashing 209**
 - 11.1 Tavole a indirizzamento diretto 209
 - 11.2 Tavole hash 211
 - 11.3 Funzioni hash 216
 - 11.4 Indirizzamento aperto 223
 - ★ 11.5 Hashing perfetto 230
- 12 Alberi binari di ricerca 237**
 - 12.1 Che cos'è un albero binario di ricerca? 237
 - 12.2 Interrogazione di un albero binario di ricerca 239
 - 12.3 Inserimento e cancellazione 243
 - ★ 12.4 Alberi binari di ricerca costruiti in modo casuale 248
- 13 Alberi rosso-neri 255**
 - 13.1 Proprietà degli alberi rosso-neri 255
 - 13.2 Rotazioni 258
 - 13.3 Inserimento 260
 - 13.4 Cancellazione 267
- 14 Aumentare le strutture dati 280**
 - 14.1 Statistiche d'ordine dinamiche 280
 - 14.2 Come aumentare una struttura dati 285
 - 14.3 Alberi di intervalli 288

IV Tecniche avanzate di progettazione e di analisi

Introduzione 295**15 Programmazione dinamica 297**

- 15.1 Taglio delle aste 298
- 15.2 Moltiplicare una sequenza di matrici 306
- 15.3 Elementi della programmazione dinamica 313
- 15.4 La più lunga sottosequenza comune (LCS) 324
- 15.5 Alberi binari di ricerca ottimi 329

16 Algoritmi golosi 344

- 16.1 Problema della selezione di attività 345
- 16.2 Elementi della strategia golosa 351
- 16.3 I codici di Huffman 356
- ★ 16.4 Matroidi e metodi golosi 364
- ★ 16.5 Un problema di programmazione dei lavori 369

17 Analisi ammortizzata 376

- 17.1 Il metodo dell'aggregazione 377
- 17.2 Il metodo degli accantonamenti 380
- 17.3 Il metodo del potenziale 382
- 17.4 Tavole dinamiche 386

V Strutture dati avanzate

Introduzione 401**18 B-alberi 404**

- 18.1 Introduzione 404
- 18.2 Definizione dei B-alberi 407
- 18.3 Operazioni fondamentali con i B-alberi 410
- 18.4 Cancellare una chiave da un B-albero 416

19 Haep di Fibonacci 422

- 19.1 Struttura degli heap di Fibonacci 424
- 19.2 Operazioni con heap riunibili 426
- 19.3 Diminuire il valore di una chiave e cancellare un nodo 433
- 19.4 Limitare il grado massimo 436

20 Alberi di van Emde Boas 443

- 20.1 Metodi preliminari 444
- 20.2 Una struttura ricorsiva 447
- 20.3 L'albero di van Emde Boas 455

21 Strutture dati per insiemi disgiunti 468

- 21.1 Operazioni con gli insiemi disgiunti 468
- 21.2 Rappresentazione di insiemi disgiunti tramite liste concatenate 471
- 21.3 Foreste di insiemi disgiunti 474
- ★ 21.4 Unione per rango con compressione del cammino 477

VI Algoritmi per grafi

Introduzione 491

- 22 Algoritmi elementari per grafi 493**
 - 22.1 Rappresentazione dei grafi 493
 - 22.2 Visita in ampiezza 497
 - 22.3 Visita in profondità 504
 - 22.4 Ordinamento topologico 512
 - 22.5 Componenti fortemente connesse 515
- 23 Alberi di connessione minimi 523**
 - 23.1 Creare un albero di connessione minimo 524
 - 23.2 Gli algoritmi di Kruskal e Prim 528
- 24 Cammini minimi da sorgente unica 539**
 - 24.1 Definizioni e proprietà dei cammini minimi 539
 - 24.2 L'algoritmo di Bellman-Ford 546
 - 24.3 Cammini minimi da sorgente unica nei grafi orientati aciclici 549
 - 24.4 Algoritmo di Dijkstra 552
 - 24.5 Vincoli sulle differenze e cammini minimi 557
 - 24.6 Dimostrazione delle proprietà dei cammini minimi 562
- 25 Cammini minimi fra tutte le coppie 573**
 - 25.1 Introduzione 573
 - 25.2 Cammini minimi e moltiplicazione di matrici 575
 - 25.3 Algoritmo di Floyd-Warshall 580
 - 25.4 Algoritmo di Johnson per i grafi sparsi 586
- 26 Flusso massimo 593**
 - 26.1 Reti di flusso 594
 - 26.2 Il metodo di Ford-Fulkerson 598
 - 26.3 Abbinamento massimo nei grafi bipartiti 612
 - ★ 26.4 Algoritmi push-relabel 616
 - ★ 26.5 Algoritmo relabel-to-front 626

VII Argomenti scelti

Introduzione 643

- 27 Algoritmi multithread 645**
 - 27.1 Fondamenti del multithreading dinamico 647
 - 27.2 Moltiplicazione multithread delle matrici 661
 - 27.3 Algoritmi multithread per merge sort 665
- 28 Operazioni con le matrici 679**
 - 28.1 Risoluzione dei sistemi di equazioni lineari 679
 - 28.2 Inversione di matrici 691
 - 28.3 Matrici simmetriche e definite positive e minimi quadrati 695

-
- 29 Programmazione lineare 704**
29.1 Introduzione 704
29.2 Le forme canoniche e standard 710
29.3 Formulare i problemi come programmi lineari 717
29.4 L'algoritmo del simplesso 722
29.5 Dualità 735
29.6 La soluzione di base iniziale ammissibile 740
- 30 Polinomi e FFT 750**
30.1 Rappresentazione dei polinomi 752
30.2 DFT e FFT 757
30.3 Implementazioni efficienti della FFT 764
- 31 Algoritmi di teoria dei numeri 773**
31.1 Concetti elementari di teoria dei numeri 774
31.2 Massimo comun divisore 779
31.3 Aritmetica modulare 784
31.4 Risolvere le equazioni lineari modulari 790
31.5 Il teorema cinese del resto 793
31.6 Potenze di un elemento 796
31.7 Crittografia a chiave pubblica RSA 800
★ 31.8 Test di primalità 805
★ 31.9 Scomposizione di un numero intero in fattori primi 814
- 32 String matching 822**
32.1 Introduzione 822
32.2 L'algoritmo ingenuo di string matching 824
32.3 Algoritmo di Rabin-Karp 826
32.4 String matching con automi a stati finiti 830
★ 32.5 Algoritmo di Knuth-Morris-Pratt 836
- 33 Geometria computazionale 845**
33.1 Proprietà dei segmenti di retta 845
33.2 Verificare se qualche coppia di segmenti si interseca 851
33.3 Trovare l'involucro convesso 857
33.4 Trovare la coppia di punti più vicini 865
- 34 NP-Completezza 873**
34.1 Introduzione 873
34.2 Tempo polinomiale 878
34.3 Verifica in tempo polinomiale 884
34.4 NP-completezza e riducibilità 888
34.5 Dimostrazioni della NP-completezza 897
34.6 Problemi NP-completi 904
- 35 Algoritmi di approssimazione 921**
35.1 Il problema della copertura di vertici 923
35.2 Il problema del commesso viaggiatore 925
35.3 Il problema della copertura di insiemi 931
35.4 Randomizzazione e programmazione lineare 935
35.5 Il problema della somma di sottoinsieme 939

VIII *Appendici: prerequisiti matematici*

Introduzione 951

A *Sommatorie* 952

A.1 Formule di sommatoria e loro proprietà 952

A.2 Limitare le sommatorie 955

B *Insiemi e altro* 962

B.1 Insiemi 962

B.2 Relazioni 966

B.3 Funzioni 968

B.4 Grafi 970

B.5 Alberi 974

C *Calcolo combinatorio e delle probabilità* 982

C.1 Calcolo combinatorio 982

C.2 Probabilità 987

C.3 Variabili casuali discrete 992

C.4 Distribuzioni geometriche e binomiali 997

★ C.5 Le code della distribuzione binomiale 1002

D *Matrici* 1009

D.1 Matrici e operazioni sulle matrici 1009

D.2 Proprietà fondamentali delle matrici 1013

Bibliografia

Indice analitico