

Prefazione

Questo libro è un'introduzione completa allo studio moderno degli algoritmi per calcolatori. Presenta numerosi algoritmi e li tratta molto approfonditamente, pur rendendone accessibili la progettazione e l'analisi ai lettori di qualsiasi livello. Abbiamo cercato di mantenere una semplicità espositiva, senza sacrificare l'approfondimento delle tematiche e il rigore matematico.

Ogni capitolo presenta una classe di algoritmi, le tecniche di progettazione, un'area di applicazioni e gli argomenti correlati. La descrizione degli algoritmi, sempre molto particolareggiata, si avvale di speciali "pseudocodici" appositamente progettati per essere leggibili da chiunque abbia un minimo di esperienza di programmazione. Il libro contiene oltre 230 figure che illustrano il funzionamento degli algoritmi. Poiché l'*efficienza* è un criterio fondamentale della progettazione, abbiamo incluso l'analisi dei tempi di esecuzione di tutti i nostri algoritmi.

Il testo è stato ideato principalmente per essere utilizzato in corsi universitari o di specializzazione in algoritmi e strutture dati. Poiché si occupa di tecniche ingegneristiche di progettazione degli algoritmi, come pure di aspetti matematici, è adatto anche a professionisti ed esperti informatici.

Ai docenti

Questo libro è stato progettato per essere uno strumento versatile e completo. Potrà essere utilizzato in vari corsi, da quelli sulle strutture dati a quelli più avanzati sugli algoritmi. Poiché abbiamo incluso molto più materiale di quello che si trova in un tipico corso semestrale, non dovrete incontrare difficoltà a organizzare i vostri corsi utilizzando soltanto i capitoli che vi servono. Abbiamo cercato di rendere i capitoli relativamente autonomi, in modo che non dobbiate preoccuparvi per una imprevista e inutile dipendenza di un capitolo dall'altro. Ogni capitolo tratta prima gli argomenti più semplici e poi quelli più difficili, con la struttura dei paragrafi che marca i punti naturali di separazione. In un corso per studenti universitari, potreste utilizzare soltanto i primi paragrafi di un capitolo; in un corso di specializzazione, potreste trattare l'intero capitolo.

Abbiamo incluso oltre 920 esercizi e oltre 140 problemi. Ogni paragrafo termina con gli esercizi e ogni capitolo termina con i problemi. Generalmente, gli esercizi sono domande concise che verificano la padronanza degli argomenti trattati. Alcuni sono semplici esercizi di autoverifica, mentre altri sono più complessi e sono adatti per essere assegnati come compiti per casa. I problemi sono casi di studio più elaborati che spesso introducono nuovi argomenti; tipicamente, sono formati da più domande che guidano lo studente fino alla soluzione finale.

I paragrafi e gli esercizi contraddistinti con una stella (★) sono più adatti agli studenti che frequentano corsi di specializzazione postlaurea. Un paragrafo con una stella non è necessariamente più difficile di uno senza stella, ma potrebbe richiedere conoscenze matematiche di livello elevato. Analogamente, gli esercizi con le stelle potrebbero richiedere un bagaglio di conoscenze più avanzate o una creatività superiore alla media.

Agli studenti

Ci auguriamo che questo libro possa essere una piacevole introduzione allo studio degli algoritmi. Abbiamo cercato di rendere chiare e interessanti le descrizioni degli algoritmi. Per aiutarvi a capire gli algoritmi difficili o nuovi, abbiamo descritto i singoli passi di ogni algoritmo; abbiamo anche fornito spiegazioni accurate dei concetti matematici che sono richiesti per capire l'analisi degli algoritmi. Abbiamo organizzato i capitoli in modo che, se conoscete già qualche argomento, possiate sorvolare sui paragrafi introduttivi e passare rapidamente agli argomenti più avanzati. Il libro tratta numerosi argomenti. Abbiamo cercato di creare un libro che possa servirvi adesso come testo di riferimento di un corso e in futuro come manuale di consultazione nella vostra carriera professionale.

Quali sono i prerequisiti per leggere questo libro?

- Dovreste avere qualche esperienza di programmazione. In particolare, dovrete conoscere le procedure ricorsive e le strutture dati fondamentali, come gli array e le liste concatenate.
- Dovreste avere una certa dimestichezza con le dimostrazioni per induzione matematica. Poche porzioni del libro richiedono la conoscenza del calcolo infinitesimale. Al di là di questo, le Parti I e VIII del libro descrivono tutte le tecniche matematiche di cui avrete bisogno.

Ai professionisti

La vasta gamma di argomenti trattati fa di questo libro un'eccellente guida agli algoritmi. Poiché ogni capitolo è relativamente autonomo, potrete focalizzare l'attenzione sugli argomenti che maggiormente vi interessano.

Quasi tutti gli algoritmi trattati sono di grande utilità pratica; di conseguenza abbiamo analizzato anche i problemi implementativi e altri aspetti della progettazione. Per quei pochi algoritmi che hanno soltanto un interesse squisitamente teorico abbiamo indicato le alternative pratiche.

Se vorrete implementare qualche algoritmo, sarà semplice tradurre il nostro pseudocodice nel vostro linguaggio di programmazione preferito. La struttura della pseudocodifica è stata studiata per presentare gli algoritmi in modo chiaro e conciso; di conseguenza, non considereremo la gestione degli errori e altri argomenti di ingegneria del software che richiedono ipotesi specifiche sul vostro particolare ambiente di programmazione. Abbiamo cercato di presentare ogni algoritmo in maniera semplice e diretta, evitando che le idiosincrasie di qualche particolare linguaggio di programmazione ne offuschino l'essenza.

Ai nostri colleghi

Il libro include una ricca bibliografia e numerosi riferimenti alla letteratura corrente. Ogni capitolo termina con uno speciale paragrafo – Note – che fornisce alcuni dettagli storici e riferimenti bibliografici. Questo paragrafo non è una guida bibliografica completa per tutta la materia degli algoritmi. Sebbene possa sembrare difficile da credere per un libro di questa mole, non abbiamo potuto includere molti algoritmi interessanti per mancanza di spazio. Malgrado numerosissimi studenti abbiano richiesto le soluzioni degli esercizi e dei problemi, abbiamo preferito non fornire alcun tipo di riferimento per risolverli, onde evitare che gli studenti siano tentati di leggere le soluzioni, anziché trovarle da soli.

Ringraziamenti

Quando chiedemmo a Julie Sussman, P.P.A., di svolgere la funzione di editing tecnico per questa seconda edizione, non sapevamo che grande affare stavamo facendo. Oltre a correggere il contenuto tecnico, Julie ha corretto con entusiasmo anche la nostra prosa. Ha anche sacrificato i suoi piani per favorire i nostri – ha perfino portato alcuni capitoli con sé in un viaggio alle Isole Vergini! Julie, non potremo ringraziarti abbastanza per il fantastico lavoro che hai svolto.

Il lavoro per la seconda edizione è stato svolto nel periodo in cui eravamo membri del Department of Computer Science al Dartmouth College e del Laboratory for Computer Science presso l'MIT; ringraziamo i colleghi per il loro prezioso supporto. Amici e colleghi in tutto il mondo hanno fornito suggerimenti e opinioni che ci hanno guidato nella realizzazione del libro. Ringraziamo Sanjeev Arora, Javed Aslam, Guy Blelloch, Avrim Blum, Scot Drysdale, Hany Farid, Hal Gabow, Andrew Goldberg, David Johnson, Yanlin Liu, Nicolas Schabanel, Alexander Schrijver, Sasha Shen, David Shmoys, Dan Spielman, Gerald Jay Sussman, Bob Tarjan, Mikkel Thorup e Vijay Vazirani.

Molti docenti e colleghi ci hanno insegnato diverse cose sugli algoritmi. Un particolare ringraziamento va ai nostri docenti Jon L. Bentley, Bob Floyd, Don Knuth, Harold Kuhn, H. T. Kung, Richard Lipton, Arnold Ross, Larry Snyder, Michael I. Shamos, David Shmoys, Ken Steiglitz, Tom Szymanski, Éva Tardos, Bob Tarjan e Jeffrey Ullman. Esprimiamo la nostra gratitudine ai numerosi assistenti dei corsi sugli algoritmi dell'MIT e di Dartmouth, in particolare a Joseph Adler, Craig Barrack, Bobby Blumofe, Roberto De Prisco, Matteo Frigo, Igal Galperin, David Gupta, Raj D. Iyer, Nabil Kahale, Sarfraz Khurshid, Stavros Kolliopoulos, Alain Leblanc, Yuan Ma, Maria Minkoff, Dimitris Mitsouras, Alin Popescu, Harald Prokop, Sudipta Sengupta, Donna Slonim, Joshua A. Tauber, Sivan Toledo, Elisheva Werner-Reiss, Lea Wittie, Qiang Wu e Michael Zhang. Il supporto informatico è stato fornito da William Ang, Scott Blomquist e Greg Shomo dell'MIT e da Wayne Cripps, John Konkle e Tim Tregubov di Dartmouth. Ringraziamo inoltre Be Blackburn, Don Dailey, Leigh Deacon, Irene Sebeda e Cheryl Patton Wu dell'MIT e Phyllis Bellmore, Kelly Clark, Delia Mauceli, Sammie Travis, Deb Whiting e Beth Young di Dartmouth per il supporto amministrativo. Un particolare ringraziamento per l'eccellente lavoro svolto a Dartmouth va anche a Michael Fromberger, Brian Campbell, Amanda Eubanks, Sung Hoon Kim e Neha Narula.

Molte persone sono state così gentili da segnalarci gli errori nella prima edizione. Ringraziamo le seguenti persone, ciascuna delle quali è stata la prima a segnalare un errore nella prima edizione: Len Adleman, Selim Akl, Richard Anderson, Juan Andrade-Cetto, Gregory Bachelis, David Barrington, Paul Beame, Richard Beigel, Margrit Betke, Alex Blakemore, Bobby Blumofe, Alexander Brown, Xavier Cazin, Jack Chan, Richard Chang, Chienhua Chen, Ien Cheng, Hoon Choi, Drue Coles, Christian Collberg, George Collins, Eric Conrad, Peter Csaszar, Paul Dietz, Martin Dietzfelbinger, Scot Drysdale, Patricia Ealy, Yaakov Eisenberg, Michael Ernst, Michael Formann, Nedim Fresko, Hal Gabow, Marek Galecki, Igal Galperin, Luisa Gargano, John Gately, Rosario Genario, Mihaly Geréb, Ronald Greenberg, Jerry Grossman, Stephen Guattery, Alexander Hartemik, Anthony Hill, Thomas Hofmeister, Mathew Hostetter, Yih-Chun Hu, Dick Johnsonbaugh, Marcin Jurdzinski, Nabil Kahale, Fumiaki Kamiya, Anand Kanagala, Mark Kantrowitz, Scott Karlin, Dean Kelley, Sanjay Khanna, Haluk Konuk, Dina Kravets, Jon Kroger, Bradley Kuszmaul, Tim Lambert, Hang Lau, Thomas

Lengauer, George Madrid, Bruce Maggs, Victor Miller, Joseph Muskat, Tung Nguyen, Michael Orlov, James Park, Seongbin Park, Ioannis Paschalidis, Boaz Patt-Shamir, Leonid Peshkin, Patricio Poblete, Ira Pohl, Stephen Ponzio, Kjell Post, Todd Poynor, Colin Prepscius, Sholom Rosen, Dale Russell, Hershel Saffer, Karen Seidel, Joel Seiferas, Erik Seligman, Stanley Selkow, Jeffrey Shallit, Greg Shannon, Micha Sharir, Sasha Shen, Norman Shulman, Andrew Singer, Daniel Sleator, Bob Sloan, Michael Sofka, Volker Strumpfen, Lon Sunshine, Julie Sussman, Asterio Tanaka, Clark Thomborson, Nils Thommesen, Homer Tilton, Martin Tompa, Andrei Toom, Felzer Torsten, Hirendu Vaishnav, M. Veldhorst, Luca Venuti, Jian Wang, Michael Wellman, Gerry Wiener, Ronald Williams, David Wolfe, Jeff Wong, Richard Woundy, Neal Young, Huaiyuan Yu, Tian Yuxing, Joe Zachary, Steve Zhang, Florian Zschoke e Uri Zwick.

Molti dei nostri colleghi hanno scritto attente recensioni o hanno compilato i moduli di un nostro sondaggio. Ringraziamo i recensori Nancy Amato, Jim Aspnes, Kevin Compton, William Evans, Peter Gacs, Michael Goldwasser, Andrzej Proskurowski, Vijaya Ramachandran e John Reif. Un ringraziamento va anche alle seguenti persone per averci rispedito i moduli del sondaggio: James Abello, Josh Benaloh, Bryan Beresford-Smith, Kenneth Blaha, Hans Bodlaender, Richard Borie, Ted Brown, Domenico Cantone, M. Chen, Robert Cimikowski, William Clocksin, Paul Cull, Rick Decker, Matthew Dickerson, Robert Douglas, Margaret Fleck, Michael Goodrich, Susanne Hambruch, Dean Hendrix, Richard Johnsonbaugh, Kyriakos Kalorkoti, Srinivas Kankanahalli, Hikyoo Koh, Steven Lindell, Errol Lloyd, Andy Lopez, Dian Rae Lopez, George Lucker, David Maier, Charles Martel, Xiannong Meng, David Mount, Alberto Policriti, Andrzej Proskurowski, Kirk Pruhs, Yves Robert, Guna Seetharaman, Stanley Selkow, Robert Sloan, Charles Steele, Gerard Tel, Murali Varanasi, Bernd Walter e Alden Wright. Avremmo voluto mettere in atto tutti i vostri suggerimenti. L'unico problema è che, se lo avessimo fatto, la seconda edizione sarebbe stata lunga 3000 pagine!

La seconda edizione è stata realizzata in $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$. Le figure sono state prodotte dagli autori con MacDraw Pro. Come nella prima edizione, l'indice è stato compilato con Windex, un programma C scritto dagli autori; l'indice bibliografico è stato preparato utilizzando \BIBTeX . Ayorkor Mills-Tettey e Rob Leathern ci hanno aiutato a convertire le figure di MacDraw Pro; Ayorkor ha anche controllato la nostra bibliografia. Come nella prima edizione, è stato piacevole lavorare con The MIT Press e McGraw-Hill. I nostri editor, Bob Prior (The MIT Press) e Betsy Jones (McGraw-Hill), hanno tollerato le nostre stravaganze e ci hanno fatto "marciare" con il bastone e la carota.

Infine, ringraziamo le nostre mogli – Nicole Cormen, Gail Rivest e Rebecca Ivry – i nostri figli – Ricky, William e Debby Leiserson; Alex e Christopher Rivest; Molly, Noah e Benjamin Stein – e i nostri genitori – Renee e Perry Cormen, Jean e Mark Leiserson, Shirley e Lloyd Rivest, Irene e Ira Stein – per l'amore e il supporto che ci hanno dato durante la scrittura di questo libro. La pazienza e l'incoraggiamento dei nostri familiari hanno reso possibile questo progetto. A loro dedichiamo con affetto questo libro.

THOMAS H. CORMEN
CHARLES E. LEISERSON
RONALD L. RIVEST
CLIFFORD STEIN

*Hanover, New Hampshire
Cambridge, Massachusetts
Cambridge, Massachusetts
Hanover, New Hampshire*

Maggio 2001

Presentazione dell'edizione italiana

Cosa può aggiungere il curatore della traduzione di un libro di così grande successo che non sia già stato ampiamente detto nella prefazione degli autori? Mi limiterò a esporre le ragioni per cui ritengo importante una traduzione di tale libro in italiano e le ragioni di alcune scelte adottate nella traduzione.

Nella mia lunga esperienza didattica nell'insegnamento di corsi di Algoritmi ho avuto occasione di visionare molti testi, alcuni scritti direttamente in italiano, altri tradotti dall'inglese, altri ancora nella loro versione originale in inglese. La maggior parte di essi appartiene a due categorie.

Una prima categoria è costituita dai cosiddetti "testi sacri". I testi in questa prima categoria sono troppo "difficili" per essere usati come libro di testo in un corso universitario di primo livello. Essi sono più adatti come testi di riferimento per studiosi della materia e per professionisti di alto livello. Una seconda categoria è costituita da testi che trattano gli algoritmi in relazione a uno specifico linguaggio di programmazione prescelto all'interno del corso universitario.

Il libro di Cormen, Leiserson, Rivest e Stein si colloca nel mezzo tra queste due categorie: rispetto ai testi sacri la trattazione della materia è stata semplificata omettendo quegli argomenti e approfondimenti la cui trattazione richiede delle nozioni matematiche di più alto livello, pur mantenendo la stessa rigosità di trattazione degli argomenti non omessi. Questo lo rende accessibile a qualsiasi studente di un corso di laurea scientifico di primo livello interessato alla materia, e certamente a ogni studente di un corso di laurea in Informatica.

Rispetto ai testi appartenenti alla seconda categoria la materia trattata è molto più ampia e questo ha diversi vantaggi. Al docente di un corso di algoritmi permette un'ampia possibilità di scelta degli argomenti da trattare a lezione consentendogli di tener conto sia del tipo di uditorio sia delle sue preferenze personali. Per gli studenti particolarmente interessati alla materia (forse pochi) costituisce un utile strumento per allargare le conoscenze. Per gli studenti che diventeranno informatici professionisti (sperabilmente molti) esso costituirà un utile riferimento per tutti quei problemi algoritmici che inevitabilmente si presenteranno loro nello svolgimento della professione (molti di questi problemi saranno stati tralasciati nel corso di algoritmi oppure studiati e poi dimenticati).

Nel corso del lavoro di traduzione e di curatela una decisione sofferta è stata quella relativa alla traduzione dei programmi scritti in pseudocodice. Nessun dubbio sul fatto che le parole chiave, **while**, **if**, **then** ecc., non dovessero essere tradotte. Nessun dubbio neppure sul fatto che istruzioni astratte e commenti inseriti nello pseudocodice andassero invece tradotti in italiano.

Il problema era se tradurre anche gli identificatori (nomi dei programmi, delle variabili ecc.) usati nello pseudocodice. Da una parte tradurre il nome SORT di un programma che ordina un array con ORDINA avrebbe certamente facilitato la comprensione da parte di studenti completamente digiuni di inglese (sperabilmente una minoranza). Dall'altra qualunque implementazione di tale algoritmo

presente in qualche libreria di programmi si chiamerà certamente SORT e non ORDINA. Tradurre tali identificatori avrebbe quindi soltanto spostato (e non eliminato) la difficoltà di tali studenti al momento successivo in cui cercare una implementazione dell'algoritmo.

Abbiamo quindi deciso di lasciare nella loro forma originale inglese gli identificatori. Naturalmente un bravo docente italiano, all'occorrenza, non mancherà di spiegare il significato dei nomi inglesi usati come identificatori.

*Livio Colussi **
Padova, marzo 2005

* **Livio Colussi** è professore associato di Informatica presso la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università degli Studi di Padova, dove insegna alcuni corsi di Algoritmi a studenti dei corsi di Laurea triennale e specialistica in Informatica.