

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آشنایی با الگوریتم‌ها

با رویکرد خلاقانه

(جلد اول)

دکتر رضا مرتضوی

(عضو هیئت علمی دانشگاه دامغان)

مهدی محمدی

(برنز کشوری المپیاد ریاضی ۱۳۷۹)

سرشناسه	منیر، یودی Manber, Udi
عنوان و نام پدیدآور	آشنایی با الگوریتم‌ها با رویکردی خلاقانه / [تالیف یودی منیر]؛ ترجمه رضا مرتضوی، مهدی محمدی.
مشخصات نشر	تهران: دانش‌پژوهان جوان، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	ج ۲: مصور، جدول، نمودار.
شابک	دوره: ۶-۷۹-۰۷۹-۰۲۸۸-۰۶۰۰-۹۷۸؛ ج ۱: ۰-۳۹-۰۲۸۸-۰۶۰۰-۹۷۸؛ ج ۲: ۰-۷۷-۰۲۸۸-۰۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا	
یادداشت	عنوان اصلی: Introduction to algorithms : a creative approach, c1989.
یادداشت	چاپ قبلی: احمد صادقی‌صفت، ۱۳۸۷.
موضوع	ساختمان داده‌ها
موضوع	Data structures (Computer science)
موضوع	الگوریتم‌های کامپیوتری
موضوع	Computer algorithms
شناسه افزوده	مرتضوی، رضا، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	محمدی، مهدی، ۱۳۶۱ - مترجم
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۶/Q۸۷۶ ۷۵م/س/۹
رده‌بندی دیویی	۵/۷۳: ۰۰
شماره کتابشناسی ملی	۲۱۵۴۱۹۹

آشنایی با الگوریتم‌ها با رویکرد خلاقانه (جلد اول)

مترجمان: رضا مرتضوی - مهدی محمدی

صفحه‌آرایی: فاطمه قلی‌نژاد

جلد اول ۱۳۹۶

تألیف: یودی منیر

تیراژ: ۲۱۰۰ نسخه

شابک جلد اول: ۰-۳۹-۰۷۹-۰۲۸۸-۰۶۰۰-۹۷۸

شابک دوره: ۶-۷۹-۰۷۹-۰۲۸۸-۰۶۰۰-۹۷۸

قیمت: ۲۱۰۰۰ تومان



ناشر کتابهای المپیاد

آدرس: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، خیابان شهید نظری، بین خیابان منیری جاوید و ۱۲ فروردین،

پلاک ۱۰۵، طبقه ۳، واحد ۱۱ تلفن: ۶۶۴۹۶۳۶۳-۶۶۴۹۸۹۹۸-۶۶۴۸۵۲۳۴ دورنگار: ۶۶۴۱۰۷۸۴

کدپستی: ۱۳۱۴۶۷۵۹۳۴ کانال ما در تلگرام: @dpjpub

www.irolympiad.com

زمانی که به دنبال راهی برای تشریح واضح عملکرد الگوریتم‌ها برای دانش‌جویان بودم، اندیشه‌ی نگارش این کتاب به ذهنم خطور کرد. همانند بسیاری مدرسان دیگر من به این موضوع پی برده بودم که برای دانش‌جویان نه تنها حل مسائلی که به نظر من ساده است، مشکل می‌نماید، بلکه حتی برای آنان فهم راه‌حل ارائه شده برای آن مسئله هم مشکل است! من معتقدم که این دو بخش یعنی خلاقیت و تشریح به هم مربوطند و نباید از هم جدا در نظر گرفته شوند. دنبال کردن مراحل حل که به یک راه‌حل ختم می‌شوند برای فهم کامل آن، یک اصل به نظر می‌رسد و نباید تنها به نتیجه‌ی نهایی نگریست.

این کتاب بر مبنای رقرانه‌ی طراحی الگوریتم تأکید می‌کند و مهم‌ترین هدف آن این است که به خواننده، نحوه‌ی طراحی الگوریتم‌ها را نشان دهد. الگوریتم‌ها به شیوه‌ی «مسئله‌ی X ، الگوریتم A ، الگوریتم A' ، مسئله‌ی X' ، برنامه‌ی P' » ارائه نشده‌اند. بلکه سعی شده است روش بیشتر شبیه به «مسئله X ، یک الگوریتم ساده، موانع آن و سختی‌های غلبه بر این موانع، تلاش اولیه برای ارائه یک الگوریتم بهتر (که گاهی شامل بررسی ابهامات نیز می‌باشد)، بهینه‌سازی‌ها، تجزیه و تحلیل، ارتباط با سایر شیوه‌ها و الگوریتم‌ها» «سیره» باشد. هدف آن نیست که الگوریتمی را ارائه دهیم که ترجمه‌ی آن برای برنامه‌نویس به یک برنامه، حتی باشد، بلکه سعی شده الگوریتم‌ها به نحوی باشند که اصول پایه‌ای آن‌ها بهتر درک شوند. در این الگوریتم‌ها طی یک روند کاملاً پویا مورد بررسی و توسعه قرار گرفته‌اند.

هدف ما فقط تدریس حل مسائلی خاص نیست، بلکه علاوه بر آن چگونگی حل مسائل جدیدی که احتمالاً در آینده بروز می‌کنند نیز مورد توجه است. تدریس چگونه فکر کردن هنگام طراحی یک الگوریتم به اندازه‌ی تدریس جزئیات عملکرد یک راه‌حل اهمیت دارد.

برای کمک بیشتر به فرآیند تفکر که هنگام خلق یک الگوریتم لازم است، شیوه‌ی «قدیم-جدید» در طراحی الگوریتم‌های این کتاب به کار گرفته شده است. این شیوه علاوه بر اینکه بسیاری از روش‌های شناخته شده برای طراحی الگوریتم‌ها را در بر می‌گیرد، یک چارچوب فکری دقیق برای تشریح چگونگی طراحی الگوریتم را فراهم می‌آورد. به هر حال همه روش‌های ممکن برای

طراحی الگوریتم را پوشش نمی‌دهد و ما هم تنها این روش را به کار نخواهیم برد. اساس این شیوه بر پایه‌ی مقایسه‌ی بین فرآیند عقلانی اثبات یک قضیه‌ی ریاضی با استقرا، با طراحی الگوریتم‌های ترکیبیاتی^۱ است. گرچه این دو فرآیند مقاصد متفاوتی را دنبال می‌کنند و نتایج متفاوتی را به دنبال دارند، اما آن‌ها بیشتر از آنکه در نگاه اول به نظر می‌رسد، به هم شبیه هستند و بسیاری از مردم به این تشابه پی برده‌اند. تازگی این کتاب به میزان بهره‌گیری از این تشابه بستگی دارد. نشان می‌دهیم که این تشابه بسیاری از شیوه‌های شناخته شده را در بر گرفته و به فرآیند پویای طراحی الگوریتم کمک می‌کند. این شیوه به اختصار در فصل ۱ مورد بحث قرار گرفته است و به صورت مفصل‌تری در فصل ۵ مطرح می‌شود.

مثال زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید که وارد یک شهر غریب می‌شوید، یک ماشین کرایه می‌کنید و مسیرهای سنتی^۲ و ملتان را می‌خواهید. مطمئناً مطالبی در مورد تاریخچه‌ی شهر، شکل کلی شهر، الگوی ترافیکی و غیره، مورد توجه شما نیست. شما ترجیح می‌دهید راهنمایی‌هایی به صورت «مستقیماً به انداز ۲ ساختن جلو بروید، به راست بپیچید، سه کیلومتر مستقیماً به جلو بروید و مانند آن»، به شما ارائه شوند. اگر تصمیم گرفته باشید که مدتی طولانی در آن شهر زندگی کنید، قضیه فرق خواهد کرد. درچه‌ی تازگی مدتی کوتاه با آگاهی از مسیرها به فرم دوم، دوری بزنید، اما نهایتاً به اطلاعات بیشتری در مورد شهر نیاز خواهید داشت. به طور مشابه این کتاب نیز به صورت مجموعه‌ای از راهنمایی‌های ابتدایی است. این کتاب شامل توضیحاتی در مورد چگونگی حل بسیاری از مسائل مخصوص است، اصول و شیوه‌های کلی است. در نتیجه کتاب حالت مباحثه‌ای دارد و نیاز به درگیر شدن نیست و فکر دارد. من معتقدم که این کار کاملاً با ارزش است.

طراحی الگوریتم‌های کارای غیر جبری به صورت یک امر مهم در بسیاری از شاخه‌ها از جمله ریاضیات، آمار، زیست‌شناسی ملکولی و مهندسی در آمده است. این کتاب به طور کلی الگوریتم‌ها و محاسبات غیر عددی را معرفی می‌کند. بسیاری از حرفه‌ای‌ها و حتی دانشمندانی که خیلی دقیق با کامپیوتر سر و کار ندارند، معتقدند که برنامه‌نویسی چیزی جز یک کار خسته کننده و غیر عقلانی نیست. گرچه گاهی این طور است، اما پیامد چنین عقیده‌ای راه‌حلی ابتدایی، پیش پا افتاده، غیر کارآمد و در عین وجود راه‌حلی‌هایی کارا تر و دقیق‌تر برای حل مسائل خواهد بود.

^۱ combinatorial

یکی از اهداف این کتاب این است که خواننده‌ی خود را متقاعد کند که طراحی الگوریتم‌ها یک رشته‌ی ظریف و دقیق و در عین حال مهم است.

این کتاب به صورت خودآموز می‌باشد. مطالب ارائه شده عموماً به صورت شهودی بوده و نکات تکنیکی، یا در سطح کمی قرار گرفته‌اند یا جدا از بحث اصلی مطرح شده‌اند. به ویژه جزئیات پیاده‌سازی‌ها تا حد امکان از ایده‌های طراحی الگوریتم جدا نگاه داشته شده‌اند. الگوریتم‌های زیادی برای مثال آورده شده‌اند که هدف از طراحی آن‌ها تأکید بر مطالب طرح شده بوده است. موضوع این کتاب ارائه مطالبی برای یادگیری و حفظ نیست، بلکه به صورت یک سری از ایده‌ها، مثال‌های متنوع، مثال نقض‌ها، اصلاحات و بهینه‌سازی‌ها در الگوریتم‌هاست. شبه‌کده‌ی مربوط به بیشتر الگوریتم‌ها همراه با توضیحات ارائه شده‌اند. تمرین‌های شماره‌دار و مباحثه‌ای برای مطالبی بیشتر در انتهای هر فصل آورده شده است. تمرین‌های بیشتر فصل‌ها به دو دسته‌ی تقسیم شده‌اند: تمرین‌های مروری و تمرین‌های خلاقانه. تمرین‌های مروری به منظور سنجش میزان درک خواننده از مثال‌ها و الگوریتم‌های مشخصی که در آن فصل ارائه شده‌اند، می‌باشد. تمرین‌های خلاقانه به منظور آزمودن توانایی استفاده خواننده از روش‌های شکل گرفته در ذهن وی، به علاوه‌ی الگوریتم‌ها، خاصاً برای حل مسائل جدید، می‌باشد. خلاصه‌ای از حل تمرین‌های منتخب (که زیر شماره‌ی ۳-۱۰۰ مشخص شده است)، در انتهای کتاب آورده شده است. به علاوه هر فصل شامل خلاصه‌ای از ایده‌ها و اساسی مطرح شده در آن نیز می‌باشد. سازماندهی مطالب کتاب به صورت زیر است. فصل‌های ۱ تا ۴ موضوعات مقدماتی را ارائه می‌دهند. فصل ۲ به معرفی استقرای ریاضی می‌پردازد. استقرای ریاضی همان‌طور که خواهیم دید، در طراحی الگوریتم‌ها بسیار مهم می‌باشد. بنابراین تجربه‌ی کار با اثبات‌های استقرایی می‌تواند بسیار مفید باشد. متأسفانه تعداد کمی از دانش‌جویان علوم کامپیوتری با اثبات‌های استقرایی آشنایی کافی دارند. فصل ۲ برای برخی دانش‌جویان نسبتاً مشکل‌ناک است. پیشنهاد می‌کنیم که در صورت لزوم، در مرتبه‌ی اول مطالعه، از مثال‌های مشکل‌تر می‌توانید صرف‌نظر کرده و بعداً به آن‌ها مراجعه کنید. فصل ۳ به معرفی تجزیه و تحلیل الگوریتم‌ها می‌پردازد. این فصل روند کلی تحلیل الگوریتم‌ها را تشریح کرده و ابزارهایی ابتدایی، که یک فرد برای تحلیل ساده‌ی الگوریتم ارائه شده در این کتاب نیاز دارد، در اختیار وی می‌گذارد. فصل ۴ شامل معرفی

مختصری از ساختمان داده‌هاست. افرادی که با ساختمان داده‌ها اصلی آشنایی دارند و افرادی که زمینه‌ی ریاضیات خوبی دارند، می‌توانند مستقیماً از فصل ۵ شروع کنند (گرچه خواندن فصول قبلی نیز توصیه می‌شود). فصل ۵ ایده‌ی اصلی مقایسه‌ی شباهت طراحی الگوریتم با اثبات‌های استقرایی را مورد بحث قرار می‌دهد. در این فصل چندین مثال ساده از الگوریتم‌ها آورده شده و نحوه‌ی خلق آن‌ها توضیح داده شده است. اگر قرار است شما فقط یک فصل از این کتاب را بخوانید خواندن فصل ۵ را به شما توصیه می‌کنیم.

دو روش پایه برای سازماندهی یک کتاب در مورد الگوریتم‌ها وجود دارد. یک راه تقسیم کتاب بر اساس موضوع الگوریتم‌ها، مثلاً الگوریتم‌های نظریه گراف، الگوریتم‌های هندسی و غیره می‌باشد. روش دیگر تقسیم کتاب بر اساس روش‌های طراحی می‌باشد. گرچه تأکید این کتاب بر روش‌های طراحی است اما من سازماندهی کتاب را بر اساس روش اول انجام داده‌ام! فصل‌های ۶ تا ۹ در این کتاب، مقایسه‌ی دنباله‌ها، فشرده‌سازی اطلاعات، الگوریتم‌های گراف مجموعه‌ها (مثلاً مرتب‌سازی)، مقایسه‌ی دنباله‌ها، فشرده‌سازی اطلاعات، الگوریتم‌های گراف (مثلاً درخت‌های پوشا، کوتا‌ترین مسیر، تطابق)، الگوریتم‌های هندسی (مثلاً پوشش محدب، مسئله‌ی اشتراک) و الگوریتم‌های عددی و بیزی (مثلاً ضرب ماتریس‌ها، تبدیل سری فوریه). به نظر من این نوع سازماندهی برای دنبال کردن، واضح‌تر و ساده‌تر است.

فصل ۱۰ به موضوع «کاهش»^۲ اختصاص دارد. گاهی مثال‌هایی از کاهش در فصول قبلی مطرح گردیده، اما این موضوع به تنهایی چنان اهمیتی دارد که یک فصل را به خود اختصاص دهد. این فصل همچنین مقدمه‌ای برای فصل ۱۱ که در ارتباط با مسئله NP-کامل^۳ بحث می‌کند، می‌باشد. این جنبه از قضیه‌ی پیچیدگی به صورت یک بخش مهم در تئوری الگوریتم‌ها در آمده است. هر کس که قصد طراحی الگوریتم‌ها را دارد، باید در مورد NP-کامل و شگردهای اثبات این خاصیت اطلاع داشته باشد. فصل ۱۲ مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های مروری ارائه خواهد داد. این فصل شامل چندین الگوریتم جالب، تحت شرایط متفاوتی از محاسبات موازی خواهد بود.

مطالب این کتاب بیشتر از آن است که بتوان آن را در یک دوره‌ی نیم‌سال ارائه کرد. در نتیجه مدرسين می‌توانند انتخاب‌های مختلفی کنند. یک دوره‌ی مقدماتی طراحی الگوریتم باید شامل

^۲reduction ^۳NP-Complete

بخش‌هایی از فصل‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ باشد. گرچه همه‌ی بخش‌ها ضروری به نظر نمی‌رسند. بخش‌های پیشرفته‌تر این فصل‌ها در طول فصل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ برای یک دوره‌ی مقدماتی، اختیاری به نظر می‌رسند و می‌توانند به عنوان پایه‌ای برای دوره‌های پیشرفته‌تر مطرح شوند.

www.ketab.ir

فهرست اجمالی دو جلد

۱	مفاهیم اولیه	صل ۱
۱۳	استقرای ریاضی	صل ۲
۵۳	تحلیل الگوریتم‌ها	صل ۳
۸۷	مدیریت منطقی از ساختمان داده‌ها	صل ۴
۱۳۱	طراحی الگوریتم با کد استقرا	صل ۵
۱۶۹	الگوریتم‌های مربوط به دنباله‌ها و مجموعه‌ها	صل ۶
۲۶۷	الگوریتم‌های گراف	صل ۷
۳۷۷	الگوریتم‌های هندسی	صل ۸
۴۱۵	الگوریتم‌های جبری و عددی	صل ۹
۴۵۳	کاهش	صل ۱۰
۴۷۹	NP-کامل	صل ۱۱
۵۲۵	الگوریتم‌های موازی	صل ۱۲
۵۸۳	راهنمایی برای حل تمرین‌های برگزیده	صل ۱۳

۱	مفاهیم اولیه	فصل ۱
۱	مقدمه	۱.۱
۵	نشان‌های استفاده‌شده در تشریح الگوریتم‌ها	۲.۱
۶	تمرین	
۶	تمرین ری‌دری	
۱۳	استقرای ریاضی	فصل ۲
۱۳	مقدمه	۱.۲
۱۶	سه مثال ساده	۲.۲
۱۸	نواحی واقع در یک صفحه	۳.۲
۲۰	مسئله‌ی رنگ‌آمیزی ساده	۴.۲
۲۲	یک مسئله‌ی حاصل جمع پیچیده‌تر	۵.۲
۲۳	اثبات صحت یک نامساوی ساده	۶.۲
۲۴	فرمول اوایلر	۷.۲
۲۶	مسئله‌ای از نظریه‌ی گراف	۸.۲
۲۸	کُدهای گِری	۹.۲
۳۳	یافتن مسیرهای مجزای یالی در یک گراف	۱۰.۲
۳۵	قضیه‌ی مقایسه‌ی میانگین حسابی و میانگین هندسی	۱۱.۲
۳۸	ثابت‌های حلقه: تبدیل عدد ده‌دهی به دودویی	۱۲.۲
۴۰	اشتباهات رایج	۱۳.۲
۴۳	خلاصه	۱۴.۲

۴۴	تمرین
----	-------

۵۳

تحلیل الگوریتم‌ها

فصل ۳

۵۳	۱.۳ مقدمه
۵۶	۲.۳ نماد O
۶۱	۳.۳ پیچیدگی زمانی و فضای مصرفی
۶۲	۴.۳ حاصل جمع‌ها
۶۷	۵.۳ روابط بازگشتی
۶۷	۱.۵.۳ حدس هوشمندانه
۷۳	۵.۳ راه‌های تقسیم و حل
۷۵	۳.۵.۳ روابط بازگشتی با پیشینه‌ی کامل
۷۷	۶.۳ دانستی‌های مفید
۷۹	۷.۳ جمع بندی
۷۹	تمرین‌های مروری
۸۲	تمرین‌های خلاقانه

۸۷

معرفی مختصری از ساختمان داده‌ها

فصل ۴

۸۷	۱.۴ مقدمه
۸۸	۲.۴ ساختمان داده‌های اولیه
۸۸	۱.۲.۴ عنصرها
۸۹	۲.۲.۴ آرایه‌ها
۹۰	۳.۲.۴ رکوردها
۹۱	۴.۲.۴ لیست‌های پیوندی
۹۴	۳.۴ درخت‌ها

۹۵	نمایش درخت‌ها	۱.۳.۴
۹۷	هرم‌ها	۲.۳.۴
۱۰۱	درخت‌های جستجوی دودویی	۳.۳.۴
۱۰۷	درخت‌های AVL	۴.۳.۴
۱۱۱	در هم ریختن	۴.۴
۱۱۶	مسئله‌ی تجمیع-یافتن	۵.۴
۱۲۰	گراف‌ها	۶.۴
۱۲۲	حلاصه	۷.۴
۱۲۳	تمرین‌های مروری	
۱۲۴	تمرین‌های خلاصه	

فصل ۵

طراحی الگوریتم با تکنیک استقرا

۱۳۱	مقدمه	۱.۵
۱۳۲	ارزیابی چندجمله‌ای‌ها	۲.۵
۱۳۶	زیرگراف کاهش یافته‌ی بیشینه	۳.۵
۱۳۸	پیدا کردن نگاشت‌های یک به یک	۴.۵
۱۴۲	مسئله‌ی فرد مشهور	۵.۵
۱۴۶	نمونه‌ای از الگوریتم تقسیم و حل: مسئله‌ی نمای دید	۶.۵
۱۵۰	محاسبه‌ی ضرایب توازن درخت‌های دودویی	۷.۵
۱۵۲	یافتن بزرگ‌ترین زیردنباله‌ی متوالی	۸.۵
۱۵۳	قوی کردن فرض استقرا	۹.۵
۱۵۵	برنامه‌نویسی پویا: مسئله‌ی کوله‌پشتی	۱۰.۵
۱۵۹	اشتباه‌های رایج	۱۱.۵
۱۶۱	خلاصه	۱۲.۵

۱۶۲	تمرین‌های مروری
۱۶۴	تمرین‌های خلاقانه

فصل ۶

الگوریتم‌های مربوط به دنباله‌ها و مجموعه‌ها

۱۶۹	مقدمه	۱.۶
۱۶۹	جستجوی دودویی و انواع آن	۲.۶
۱۷۰	جستجوی درونیابی	۳.۶
۱۷۸	مرتب‌سازی	۴.۶
۱۷۹	مرتب‌سازی سطلی و مرتب‌سازی مبنایی	۱.۴.۶
۱۸۱	مرتب‌سازی درجی و مرتب‌سازی انتخابی	۴.۶
۱۸۵	مرتب‌سازی ادغامی	۳.۴.۶
۱۸۶	مرتب‌سازی سریع	۴.۴.۶
۱۹۰	مرتب‌سازی برمی	۵.۴.۶
۱۹۶	کران پایین مرتب‌سازی	۶.۴.۶
۲۰۲	نظم آماری	۵.۶
۲۰۵	بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عناصرها	۱.۵.۶
۲۰۵	یافتن k امین عنصر کوچک‌تر	۲.۵.۶
۲۰۷	فشرده‌سازی اطلاعات	۶.۶
۲۰۹	تطابق رشته	۷.۶
۲۱۴	مقایسه‌ی دنباله‌ها	۸.۶
۲۲۳	الگوریتم‌های احتمالاتی	۹.۶
۲۲۷	اعداد تصادفی	۱.۹.۶
۲۳۱	مسئله‌ی رنگ‌آمیزی	۲.۹.۶
۲۳۲	تبدیل الگوریتم احتمالاتی به قطعی	۳.۹.۶
۲۳۳		

۲۳۷	۱۰.۶ یافتن عنصر اکثریت
۲۴۱	۱۱.۶ سه مسئله‌ی نشان‌دهنده‌ی روش‌های جالب اثبات
۲۴۱	۱.۱۱.۶ طولانی‌ترین زیر دنباله‌ی صعودی
۲۴۵	۲.۱۱.۶ یافتن دو عنصر بزرگ‌تر یک مجموعه
۲۴۸	۳.۱۱.۶ محاسبه‌ی مد در یک مجموعه‌ی چندگانه
۲۵۱	۱۲.۶ خلاصه
۲۵۱	تمرین‌های مروری
۲۵۴	تمس‌های خلاقانه

ضمیمه الف واژه‌نامه

۲۶۷	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی
۲۷۴	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

ضمیمه ب نمایه

۲۸۷