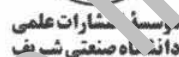


تحلیل الگوریتم‌ها و طراحی روش‌های فراابتکاری

دکتر کورش عشقی
اساتذ دانشگاه صنعتی شریف
دکتر مهدی کریمی نسب



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



تأليف كورش عدتس، دملی کریمی نسب

ویراسته نسیم افشاری

طراحی، جلد: الهه احمدی میرنائد

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چاپ اول: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰

رہا: ۳۶۰۰۰ تومان

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-182-0

شایک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۱۸۲-۰

تلفن: ۶۶۱۳۱۲۹-۶۶۱۶۴۰۷۲-۶۶۱۳۴۰۷۰

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - ساختمان بهمن - پلاک ۱۸ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفون: ۶۶۴.۵۱۳۲-۶۶۹۶۷۸۹۶

وبگاه: <http://sina.sharif.ir/~publishing>

publishing@sharif.edu

بست الکترونیکی:

www.fardabook.com

فروش اینترنتی:

موضوع: الگوریتم‌ها - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

Algorithms -- Problems, exercises, etc (Higher) : موضوع:

موضوع: الگوریتم‌های کامپیوتری - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

Computer Algorithms – Problems, exercises, etc (Higher): موضوع

شناسه افزوده: کریمی نسب، مهدی، ۱۳۶۳، پدیدآور.

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی

شتماسه افزوده:

Sharif University of Technology, Institute of Scientific Publications

ده‌بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۳ت۵ع/۵۸/۹۷

ده بندی دیوبند: ۰۰۵/۱۰۷۶

شماره کتابشناسی: ۴۵۰۴۲۴۹

عنوان و نام پدیدآور: عشقی، کورش، ۱۳۴۲.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهری: ۴۵۲ ص.

شابک: 978-964-208-182-0

وضعیت فروش است نويسم : قيس.

یادداشت: واژه نامه.

موضوع: الكيمياء - اهتمام، أموزش، (عالر).

موضوع: الگوریتم‌ها - راه‌های آموزشی (عالی)

موضوع: الگو، بندهای کامیوتری - راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع: الگوریتم‌های کامپیوتری - راهنمای آموزشی (فارسی)
Computer Algorithms – Study and teaching : موضوع

Computer Algorithms – Study and teaching (Higher) موضوع

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

۷

پیشگفتار

۱

۱ تعریف‌های مقدماتی و رفتار بنابر توابع

۱

۱.۱ تعریف‌های مقدماتی

۵

۲.۱ الگوریتم چیست؟

۸

۳.۱ تابع پیچیدگی زمانی الگوریتم

۹

۴.۱ رفتارهای مجانبی توابع: نمادهای O ، Θ ، Ω

۲۰

۵.۱ قانون‌های رفتار مجانبی توابع

۲۵

۶.۱ مقایسه و رتبه‌بندی توابع مجانبی

۲۸

تمرین‌ها

۳۱

۲ محاسبه تابع پیچیدگی زمانی الگوریتم‌ها

۳۱

۱.۲ عملیات مقدماتی و عبارت غالب

۳۵

۲.۲ مثال‌هایی از تعیین تابع پیچیدگی زمانی الگوریتم‌ها

۴۰

۳.۲ الگوریتم‌های مرتب‌سازی و پیچیدگی آنها

۵۴

۴.۲ الگوریتم یافتن پوسته محدب و پیچیدگی آن

۶۰

۵.۲ پیچیدگی الگوریتم سیمپلکس

۷۷

تمرین‌ها

۸۳	۳ ماشین‌های حالت متناهی و ماشین تورینگ
۸۳	۱.۳ ماشین حالت متناهی با خروجی
۹۱	۲.۳ ماشین حالت متناهی بدون خروجی
۹۵	۳.۳ ماشین تورینگ
۱۰۵	۴.۳ طبقه‌بندی مسئله‌ها از نظر قابل حل بودن
۱۰۸	تمرین‌ها

۱۱۱	۴ نظریه پیچیدگی
۱۱۱	۱.۴ مقدمه تاریخچه
۱۱۳	۱.۴.۱ مفاهیم پایه‌ای
۱۲۰	۲.۴ مسئله‌های P
۱۲۲	۴.۴ مسئله‌های NP
۱۲۵	۵.۴ ارتباط مسئله‌های P و NP
۱۲۶	۶.۴ مسئله‌های NP -complete
۱۲۹	۷.۴ هسته اصلی مسئله‌های NP -complete
۱۴۶	۸.۴ مسئله‌های NP -hard
۱۴۹	۹.۴ مسئله‌های NP -easy
۱۵۰	۱۰.۴ مسئله‌های NP -equivalent
۱۵۰	۱۱.۴ مسئله‌های NP -intermediate
۱۵۱	۱۲.۴ مسئله‌های $co - NP$
۱۵۲	تمرین‌ها

۱۵۷	۵ طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها
۱۵۷	۱.۵ مقدمه
۱۵۸	۲.۵ شاخص‌های تحلیل رفتاری الگوریتم
۱۸۴	۳.۵ انواع استراتژی‌های طراحی الگوریتم
۱۸۹	۴.۵ فازهای طراحی الگوریتم
۱۹۲	۵.۵ انواع الگوریتم‌ها از نظر دقت
۲۰۹	۶.۵ انواع الگوریتم‌ها از لحاظ تعداد جواب‌ها در هر تکرار
۲۱۰	۷.۵ انواع الگوریتم‌های هیبریدی
۲۱۵	۸.۵ تنظیم پارامترهای الگوریتم
۲۲۱	تمرین‌ها

۲۲۳	۶ الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
۲۲۳	۱.۶ مقدمه و تاریخچه
۲۲۵	۲.۶ مفاهیم پایه‌ای
۲۲۸	۳.۶ چارچوب کلی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
۲۳۳	۴.۶ نکات مهم الگوریتم SA
۲۳۶	۵.۶ حل مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم با الگوریتم SA
۲۳۹	۶.۶ حل مسئله فروشنده دوره گرد با الگوریتم SA
۲۵۳	تمرین‌ها

۲۵۷	۷ الگوریتم ژنتیک
۲۵۷	۷ مقدمه و تاریخچه
۲۵۹	۲.۷ مفاهیم پایه‌ای
۲۸۲	۳.۷ چارچوب کلی الگوریتم ژنتیک
۲۸۵	۴.۷ نکات اساسی در الگوریتم GA
۲۸۶	۵.۷ حل مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم با الگوریتم GA
۲۹۴	۶.۷ حل مسئله فروشنده دوره گرد با الگوریتم GA
۳۱۴	تمرین‌ها

۳۱۹	۸ الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان
۳۱۹	۱.۸ مقدمه و تاریخچه
۳۲۱	۲.۸ مفاهیم پایه‌ای
۳۴۹	۳.۸ انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچگان
۳۵۶	۴.۸ چارچوب کلی الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان
۳۵۸	۵.۸ نکات اصلی در الگوریتم ACO
۳۶۰	۶.۸ حل مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم با الگوریتم ACO
۳۷۱	۷.۸ حل مسئله فروشنده دوره گرد با الگوریتم ACO
۳۷۶	تمرین‌ها

۳۸۱	۹ الگوریتم جستجوی ممنوع
۳۸۱	۱.۹ مقدمه و تاریخچه
۳۸۵	۲.۹ مفاهیم پایه‌ای
۳۹۸	۳.۹ چارچوب کلی الگوریتم جستجوی ممنوع
	پنج

- ۴۰۰ ۴.۹ نکات اساسی الگوریتم TS
- ۴۰۱ ۵.۹ حل مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم با الگوریتم TS
- ۴۰۷ ۶.۹ حل مسئله فروشنده دوره‌گرد با الگوریتم TS
- ۴۱۴ تمرین‌ها

- ۴۱۷ منابع
- ۴۲۳ واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
- ۴۳۱ واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
- ۴۳۹ فهرست راهنما

پیشگفتار

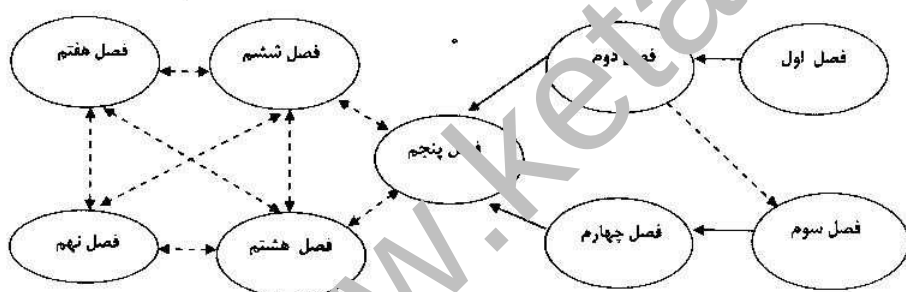
هنگامی که یکی از نویسندگان این کتاب در سال ۱۳۷۸ برای نخستین بار در ایران درسی را با عنوان بهینه‌سازی ترکیبی و روش‌های فراابتکاری در دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف تدریس نمود، بسیاری از مفاهیم و مطالب درسی آن برای دانشجویان آشنا نبود و به دلیل نبودن هیچ مرجع مناسبی در این زمینه، منابع محدود خارجی، دانشجویان با مشکلاتی در فهم مطالب روبه‌رو بودند. خوشبختانه به گذشت کمتر از دو دهه توجه به این شاخه از رشته تحقیق در عملیات هم در ایران و هم در دنیا رشد بسیار سریعی و چشمگیری یافته است به نحوی که امروزه علاوه بر مقالات بی‌شماری که به‌منظور ارائه آگهی‌های حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی در نشریات معتبر بین‌المللی چاپ می‌شود، متون درسی ارزشمندی نیز چاپ و منتشر شده است که در سال‌های اخیر به رشد و توسعه این علم در داخل و خارج کشور کمک شایانی کرده است.

چند سال پیش، نخستین نسخه این کتاب به صورت چاپی منتشر گردید که در آن سعی شده بود با بهره‌گیری از آخرین مراجع به‌روز در حوزه طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها و همچنین توضیح الگوریتم‌های فراابتکاری معروف، نیاز مشتاقان این حوزه به دست‌آمده در یک مرجع فارسی پاسخ داده شود. با توجه به تحولات و پیشرفت‌های سریع موجود، لزوم بازنگری و تغییرات در نسخه قبلی به‌منظور ارائه جامع‌تر و کامل‌تر مطالب احساس می‌شد. از این رو نویسندگان این کتاب تصمیم گرفتند که نسخه حاضر را تهیه و آماده نمایند. در این نسخه ضمن بازنگری کامل همه فصل‌ها، مخصوصاً فصل‌های ۵ الی ۹، سعی شده است که آخرین دستاوردها و مطالب جدید در آن گنجانده شود. همچنین به حجم تمرین‌ها و مثال‌های کتاب نیز افزوده شده است.

به‌طور خلاصه، چارچوب کلی مطالب این کتاب پیرامون الگوریتم‌ها و طراحی آنها برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی است که در دو بخش اصلی قابل‌پیگیری است: بخش اول که مطالبی از جمله بررسی توابع مجانبی و نحوه محاسبه پیچیدگی الگوریتم‌ها و تئوری ماشین‌های

محاسبه‌گر از جمله ماشین تورینگ و طبقه‌بندی الگوریتم‌ها را دربرمی‌گیرد، سعی می‌کند تا خواننده را با مطالب پایه‌ای موردنیاز در بحث الگوریتم‌ها و ستجش کارایی و طبقه‌بندی آنها آشنا سازد. مطالب بخش دوم به نحوه طراحی یک الگوریتم و آشنایی با چهار الگوریتم فراابتکاری معروف یعنی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان و الگوریتم جستجوی ممنوع می‌پردازد. در این فصول سعی شده است با بهره‌گیری از کتاب‌ها و مقالات موجود و تجربیات و تحقیقات علمی نویسندگان کتاب، این الگوریتم‌ها کاملاً تشریح و توضیح داده شوند تا خواننده قادر باشد در صورت علاقه، با دانش کافی به توسعه چنین الگوریتم‌هایی، در مسائل جدید و موردنظر خود بپردازد.

در شکل زیر انسجام و ارتباط فصول مختلف این کتاب برای استفاده خوانندگانی که نمی‌خواهند تمام مطالب این کتاب را به ترتیب فصول آن مطالعه کنند، آمده است که در آن خطوط پیوسته بدانگه، ارتباط ضروری بر رعایت تقدم و تأخر فصول و خطوط خطچین توصیه بر رعایت آن به منظور دست مطالب است.



این کتاب برای استفادهٔ عموم دانشجویان علاقه‌مند رشته است ولی با توجه به اینکه مطالب این کتاب در مقطع کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی صنایع تدریس می‌شود، ممکن است برای دانشجویان سایر رشته‌ها در قالب دروس مختلفی تدریس شود. برای مثال، برخی مطالب فصول ۲ الی ۵ آن برای دانشجویان مقطع کارشناسی رشته‌های علوم کامپیوتری در چارچوب درس طراحی الگوریتم‌ها مطرح می‌شود.

بدون شک هیچ اثر علمی بدون تلاش و کوشش جمعی امکان‌پذیر نیست. در این راه وظیفه خود می‌دانیم که در وهله اول از استاد گران‌قدر، مرحوم دکتر آریان‌زاد، یاد نماییم که با وجود بیماری، نسخه دست‌نویس اولیه کتاب را مطالعه کردند و ما را با راهنمایی ارزشمند خود یاری نمودند. یاد و خاطره ایشان در دل ما و تمامی دانشجویانی که تربیت نمودند همواره زنده و جاوید خواهد ماند. همچنین از تمام دانشجویان درس بهینه‌سازی ترکیبی دانشگاه صنعتی شریف که نسخه اولیه کتاب را مطالعه نمودند و نکاتی را در جهت بهبود مطالب ارائه دادند، تشکر می‌کنیم.

وظیفه خود می‌دانیم از زحمات مدیریت محترم مؤسسه انتشارات علمی، جناب آقای مهندس روحانی و سرکار خانم مهندس نسیم افشاری که ویراستاری کتاب را با دقت و حوصله انجام دادند و سرکار خانم حمیده رسولی که زحمت حروفچینی و صفحه‌آرایی کتاب را برعهده داشتند، همچنین از تلاش‌های سرکار خانم‌ها مریم طاهریان و نادیا فرهادتوسکی، الهه احمدی میرقاند، و دیگر همکاران مؤسسه انتشارات علمی قدردانی نماییم. از تمام خوانندگان این اثر تقاضا داریم که با تذکرات و توصیه‌ها و راهنمایی‌های خویش ما را در بهبود کتاب در چاپ‌های آینده کمک کنند.

کوروش عشقی

استاد دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی شریف

مهدی کریمی نسب

دانشجوی دوره پسادکتری رشته تحقیق در عملیات - دانشگاه هامبورگ

زمستان ۹۵