

الگوریتم‌های فراابتکاری

مبانی نظری و پیاده‌سازی در متلب

تألیف

مهندس نرگس نوروزی
مهندس علیرضا سلامت‌بخش

دکتر رضا توکلی مقدم
دکتر سیدمصطفی کلاهی



دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۹۲

عنوان و نام پدیدآور	: الگوریتم‌های فراابتکاری: مبانی نظری و پیاده‌سازی در متلب / تألیف رضا توکلی مقدم... و دیگران.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۳۲۸ ص.: مصور، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۴۹۳-۴
قیمت	: ۱۶۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: تألیف رضا توکلی مقدم، نرگس نوروزی، سیدمصطفی کلامی، علیرضا سلامت‌بخش.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: متلب (برنامه کامپیوتر)
موضوع	: الگوریتم‌ها
موضوع	: الگوریتم‌های کامپیوتری -- راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	: توکلی مقدم، رضا، ۱۳۴۱-
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
رده‌بندی کنگره	: QA۹۷۵N۷۶۱۲۹۴
رده‌بندی دیویی	: ۰۵/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۲۸۲۵/۲



الگوریتم‌های فراابتکاری: مبانی نظری و پیاده‌سازی در متلب

تألیف: دکتر رضا توکلی مقدم (استاد دانشگاه تهران)، مهندس نرگس نوروزی، دکتر سیدمصطفی کلامی، مهندس علیرضا سلامت‌بخش

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

رئیس انتشارات: فرشته حاجی‌زاده

ویراستاران: میترا طوسی، فریبا خاتعلی

طراح جلد: محمد زمانی

چاپ اول: ۱۳۹۲

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ دانشگاه آزاد اسلامی

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۴۹۳-۴ ISBN: 978-964-10-2493-4

قیمت: ۱۶۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

بسم الله الرحمن الرحيم
"ن والقلم و ما یسطرون"

سخن ناشر

بی تردید تعالی علمی و فرهنگی کشور، بازتاب میزان تفکری است که فرهیختگان در مقام عمل به منصه ظهور می‌رسانند. در این بین، مهم‌تر و حساس‌تر از همه، رسالت عالمان و علم‌جویان است. این رسالت، همان‌گونه که در جهت پرورش استعدادهای فردی، با قرائت و مطالعه انجام می‌گیرد، برای پیشبرد اهداف اجتماعی و تعالی فرهنگی، با کتابت و مباحثه نیز محقق می‌شود.

از این رو، یکی از مسئولیت‌های مهم مراکز فرهنگی در کنار تعلیم و تربیت، نشر آثار علمی است. معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، برای ارتقای سطح علمی دانشجویان و تنویر افکار دانش‌پژوهان، به چاپ کتاب الگوریتم‌های فراابتکاری: مبانی نظری و پیاده‌سازی در متلب اقدام کرده است؛ با این امید که با استمرار فعالیت‌های انتشاراتی، بتواند گامی در راه رشد و بالندگی فرهنگی بردارد.

کتاب حاضر تلاشی است در ارائه مفاهیم الگوریتم‌های فراابتکاری، پیاده‌سازی و کاربردهای آنها که مشتمل بر ۹ فصل اصلی، یک ضمیمه جامع شامل آموزش گام‌به‌گام نرم‌افزار متلب و برنامه‌نویسی مربوط به الگوریتم‌های ارائه شده است.

پیش از هر چیز، شایسته است از عنایات ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، استادان ارجمند و نیز از دست‌اندرکاران ویرایش، حروفچینی و چاپ کتاب، تقدیر و تشکر به عمل آید. از صاحب‌نظران گرامی خواهشمند است با ارائه پیشنهادها و خود، در جهت اصلاح نواقص احتمالی این کتاب و تهیه مطالب مناسب متون درسی دانشگاهی، انتشارات این واحد را یاری کنند. امید است این اثر علمی مورد استفاده استادان و دانش‌پژوهان قرار گیرد.

و من الله التوفیق و علیه التکالین

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

فهرست

پیشگفتار

فصل اول: روش‌های بهینه‌سازی

۱۹	۱-۱. مقدمه
۲۱	۲-۱. اجزای اولیه مسائل بهینه‌سازی
۲۱	۳-۱. طبقه‌بندی مسائل بهینه‌سازی
۲۲	۴-۱. انواع جواب‌های بهینه
۲۳	۵-۱. طبقه‌بندی روش بهینه‌سازی
۲۴	۱-۵-۱. بهینه‌سازی بدون محدودیت
۲۵	۲-۵-۱. بهینه‌سازی مقید
۲۵	۱-۲-۵-۱. تعریف ریاضی مسائل بهینه‌سازی مقید
۲۶	۲-۲-۵-۱. بررسی انواع قیود (محدودیت‌ها)
۲۶	۳-۵-۱. مسائل چندجوابی
۲۸	۴-۵-۱. بهینه‌سازی چندهدفه
۲۹	۱-۴-۵-۱. مسئله چندهدفه
۳۰	۲-۴-۵-۱. روش‌های تجمع وزنی
۳۱	۳-۴-۵-۱. بهینه پارتو
۳۲	۵-۵-۱. مسائل بهینه‌سازی پویا
۳۶	۱-۵-۵-۱. مسئله بهینه‌سازی پویا
۳۷	۲-۵-۵-۱. انواع محیط‌های پویا
۳۷	۶-۱. کتابنامه

فصل دوم: الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA)

۴۳	۱-۲. مقدمه
۴۴	۲-۲. الگوریتم شبیه‌سازی تبرید یا بازپخت
۴۶	۳-۲. نقاط بهینه موضعی
۴۷	۴-۲. نگاشت مفاهیم فرایند سرمایش به صورت یک مسئله بهینه‌سازی

- ۴۸ ۵-۲. مفهوم ریاضی شبیه‌سازی تبرید
- ۵۱ ۶-۲. فرایند اجرای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
- ۵۱ ۲-۶-۱. انتخاب دمای اولیه
- ۵۲ ۲-۶-۲. تعیین کاهش نرخ دما (زمان‌بندی سرمایه‌گذاری)
- ۵۳ ۲-۶-۳. زنجیره مارکوف
- ۵۴ ۲-۶-۴. معیارهای توقف الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
- ۵۴ ۲-۷. نسخه‌های تغییر یافته الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
- ۵۶ ۲-۸. مزایا و معایب الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
- ۵۶ ۲-۹. مقایسه الگوریتم شبیه‌سازی تبرید با الگوریتم ژنتیک
- ۵۷ ۲-۱۰. کاربردهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
- ۵۸ ۲-۱۱. کتابخانه
- فصل سوم: الگوریتم جست‌وجوی ممنوع (TS)**
- ۵۹ ۳-۱. مقدمه
- ۶۰ ۳-۲. مفهوم استفاده از حافظه در جست‌وجوی ممنوع
- ۶۲ ۳-۳. پارامترهای اساسی در روش جست‌وجوی ممنوع
- ۶۲ ۳-۳-۱. جواب اولیه
- ۶۳ ۳-۳-۲. جست‌وجوی همسایگی
- ۶۳ ۳-۳-۳. لیست ممنوع
- ۶۴ ۳-۳-۴. تعداد دفعات استفاده از خصوصیت ممنوع
- ۶۴ ۳-۳-۵. طول لیست ممنوع
- ۶۴ ۳-۳-۶. انتخاب نوع جابه‌جایی‌ها
- ۶۵ ۳-۳-۷. معیار خروج
- ۶۵ ۳-۳-۸. معیار توقف
- ۶۵ ۳-۳-۹. متنوع‌سازی و تشدید
- ۶۶ ۳-۳-۱۰. حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت
- ۶۷ ۳-۴. مبانی رویکرد جست‌وجوی ممنوع
- ۶۷ ۳-۴-۱. ساختار کلی الگوریتم جست‌وجوی ممنوع
- ۶۷ ۳-۴-۲. الگوریتم جست‌وجوی همسایگی
- ۶۸ ۳-۴-۳. الگوریتم کاهشی
- ۶۸ ۳-۴-۴. انتخاب حل همسایه
- ۶۹ ۳-۴-۵. الگوریتم روش حل
- ۷۰ ۳-۵. کاربردها
- ۷۱ ۳-۶. کتابخانه

فصل چهارم: الگوریتم ژنتیک (GA)

۷۲	۱-۴. مقدمه
۷۳	۲-۴. مفهوم تکامل
۷۳	۱-۲-۴. انتخاب طبیعی
۷۴	۲-۲-۴. تولید مثل
۷۴	۳-۲-۴. جهش
۷۴	۴-۲-۴. همزیستی
۷۵	۳-۴. مروری بر ژنتیک طبیعی
۷۸	۴-۴. الگوریتم ژنتیک
۷۹	۱-۴-۴. تعاریف الگوریتم ژنتیک
۸۰	۲-۴-۴. ساختار کلی الگوریتم ژنتیک
۸۱	۵-۴. انواع الگوریتم ژنتیک
۸۱	۱-۵-۴. الگوریتم ژنتیک باینری
۸۴	۲-۵-۴. الگوریتم ژنتیک پیوسته
۸۵	۳-۵-۴. ایجاد جواب اولیه
۸۵	۴-۵-۴. ارزیابی، مرتب‌سازی و حذف اعضای جمعیت
۸۶	۵-۵-۴. تعریف عملگر تقاطع
۸۷	۱-۵-۵-۴. عملگر تقاطع برای الگوهای باینری (گسسته)
۹۰	۲-۵-۵-۴. عملگر تقاطع برای الگوهای پیوسته
۹۴	۶-۵-۴. عملگر جهش
۹۴	۱-۶-۵-۴. عملگر جهش باینری (گسسته)
۹۶	۲-۶-۵-۴. عملگر جهش پیوسته
۹۶	۷-۵-۴. پارامترهای کنترلی عملگر تقاطع و جهش
۹۸	۸-۵-۴. مکانیزم انتخاب اعضای جمعیت
۹۹	۱-۸-۵-۴. چرخ رولت
۱۰۰	۲-۸-۵-۴. روش انتخاب تصادفی
۱۰۰	۳-۸-۵-۴. روش انتخاب تصادفی جامع
۱۰۱	۴-۸-۵-۴. روش انتخاب نخبه‌گرا
۱۰۱	۵-۸-۵-۴. روش انتخاب رقابتی
۱۰۱	۶-۸-۵-۴. روش رتبه‌بندی
۱۰۱	۹-۵-۴. تابع برازش
۱۰۲	۱۰-۵-۴. بررسی شرایط خاتمه

۱۰۲	۴-۵-۱۰-۱. سپری شدن تعداد معینی از تکرارها
۱۰۲	۴-۵-۱۰-۲. رسیدن به حد مطلوبی از جواب
۱۰۲	۴-۵-۱۰-۳. سپری شدن تعداد معینی از تکرارها (بدون مشاهده بهبود خاصی در نتیجه)
۱۰۲	۴-۶ انواع الگوریتم ژنتیک
۱۰۳	۴-۶-۱. روش‌های شکاف نسل
۱۰۵	۴-۶-۲. الگوریتم ژنتیک جزیره‌ای
۱۰۸	۴-۷. قابلیت‌های الگوریتم ژنتیک
۱۱۰	۴-۸. معایب الگوریتم ژنتیک
۱۱۰	۴-۹. کاربردها
۱۱۴	۴-۱۰. کتابخانه
	فصل پنجم: الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO)
۱۱۶	۵-۱. مقدمه
۱۱۹	۵-۲. الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها
۱۱۹	۵-۲-۱. الگوریتم ساده‌شده مورچه‌ها
۱۲۳	۵-۲-۲. الگوریتم مورچه‌ها
۱۲۷	۵-۳. الگوریتم مورچه‌ها برای مسئله فروشنده دوره‌گرد
۱۳۰	۵-۴. برخی از نسخه‌های تغییر یافته الگوریتم مورچه‌ها
۱۳۱	۵-۴-۱. الگوریتم مورچه‌ها و نخبه‌گرایی
۱۳۱	۵-۴-۲. الگوریتم مورچه‌ها و یادگیری تقویتی
۱۳۲	۵-۴-۳. سیستم کلونی مورچه‌ها
۱۳۴	۵-۴-۴. الگوریتم مورچه‌ها - کمینه - بیشینه
۱۳۴	۵-۴-۵. سیستم مورچه سریع
۱۳۵	۵-۴-۶. تلفیق الگوریتم سیستم مورچه‌ای با الگوریتم جست‌وجوی ممنوع
۱۳۶	۵-۴-۷. الگوریتم جست‌وجوی درختی نامعین تقریبی
۱۳۶	۵-۵. پارامترهای کلی الگوریتم ACO
۱۳۷	۵-۶ تفاوت‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها با دیگر الگوریتم‌های هوش جمعی
۱۳۸	۵-۷. کاربردها
۱۴۱	۵-۸. کتابخانه
	فصل ششم: الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO)
۱۴۳	۶-۱. مقدمه
۱۴۶	۶-۲. هوش جمعی
۱۴۸	۶-۳. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات

- ۱۵۱ ۶-۳-۱. اجرای الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات استاندارد
- ۱۵۳ ۶-۳-۲. الگوی بهینه سراسری
- ۱۵۳ ۶-۳-۳. الگوی بهینه محلی
- ۱۵۵ ۶-۳-۴. مؤلفه‌های سرعت
- ۱۵۶ ۶-۳-۵. جوانب مختلف الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات
- ۱۵۷ ۴-۴. ساختارهای شبکه اجتماعی
- ۱۶۱ ۵-۶. پارامترهای بهینه‌سازی انبوه ذرات
- ۱۶۲ ۶-۶. تأثیر مقداردهی در پارامترهای بهینه‌سازی انبوه ذرات
- ۱۶۵ ۶-۷. الگوریتم‌های ترکیبی
- ۱۶۵ ۶-۷-۱. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات مبتنی بر انتخاب - محور
- ۱۶۶ ۶-۷-۲. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات مبتنی بر جهش گاوسی
- ۱۶۶ ۶-۷-۳. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات مبتنی بر تکامل تفاضلی
- ۱۶۷ ۶-۷-۴. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات باینری
- ۱۶۹ ۶-۷-۵. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات فازی (FPSO)
- ۱۷۲ ۶-۷-۶. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات با اطلاعات کامل (FIPS)
- ۱۷۳ ۶-۷-۷. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات شارژ شده
- ۱۷۴ ۸-۶. بهینه‌سازی مسائل همراه با محدودیت
- ۱۷۴ ۹-۶. معایب الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات
- ۱۷۶ ۱۰-۶. کاربردها
- ۱۷۹ ۱۱-۶. کتابنامه
- فصل هفتم: الگوریتم تکامل تفاضلی (DE)**
- ۱۸۲ ۷-۱. مقدمه
- ۱۸۲ ۷-۲. الگوریتم تکامل تفاضلی پایه
- ۱۸۳ ۷-۲-۱. بردارهای تفاضل
- ۱۸۵ ۷-۲-۲. عملگر جهش
- ۱۸۶ ۷-۲-۳. عملگر تقاطع
- ۱۸۶ ۷-۲-۳-۱. عملگر تقاطع دوجمله‌ای
- ۱۸۷ ۷-۲-۳-۲. عملگر تقاطع نمایی
- ۱۸۸ ۷-۲-۴. انتخاب
- ۱۸۸ ۷-۲-۵. الگوریتم تکامل تفاضلی عمومی
- ۱۸۸ ۷-۲-۶. پارامترهای کنترلی
- ۱۸۹ ۷-۲-۶-۱. اندازه جمعیت

۱۸۹	۷-۲-۲. ضریب مقیاس
۱۹۱	۷-۲-۳. احتمال تلفیق
۱۹۱	۷-۲-۷. تصویرسازی هندسی از عملگرهای جهش و تقاطع
۱۹۲	۷-۳. استراتژی‌های مختلف الگوریتم تکامل تفاضلی
۱۹۵	۷-۴. استراتژی تکامل تفاضلی برای مسائل گسسته
۱۹۵	۷-۴-۱. تکامل تفاضلی با مودولاسیون زاویه‌ای
۱۹۷	۷-۴-۲. تکامل تفاضل دو - دویی
۱۹۹	۷-۵. کاربردها
۲۰۱	۷-۶. کتابنامه
	فصل هشتم: الگوریتم رقابت استعماری (ICA)
۲۰۴	۸-۱. مقدمه
۲۰۵	۸-۲. تعریف رقابت استعماری
۲۰۶	۸-۳. مروری تاریخی بر پیاده‌سازی استعمار
۲۰۸	۸-۴. الگوریتم رقابت استعماری
۲۰۹	۸-۴-۱. ایجاد جواب‌های اولیه (اسکل‌دهی امپراتوری‌های اولیه)
۲۱۲	۸-۴-۲. مدل‌سازی سیاست جذب: حرکت مستعمره‌ها به سمت امپریالیست
۲۱۴	۸-۴-۳. جابه‌جایی موقعیت مستعمره و امپریالیست
۲۱۵	۸-۴-۴. قدرت کل یک امپراتوری
۲۱۶	۸-۴-۵. رقابت استعماری
۲۱۹	۸-۴-۶. سقوط امپراتوری‌های ضعیف
۲۲۰	۸-۴-۷. هم‌گرایی
۲۲۰	۸-۵. کاربردها
۲۲۳	۸-۶. کتابنامه
	فصل نهم: استراتژی تکامل (ES)
۲۲۵	۹-۱. مقدمه
۲۲۶	۹-۲. الگوریتم ES-(1+1)
۲۲۸	۹-۳. استراتژی تکامل تدریجی عمومی
۲۳۹	۹-۴. پارامترهای استراتژی و خودترتیبی
۲۳۹	۹-۴-۱. انواع پارامترهای استراتژی
۲۳۱	۹-۴-۲. انواع تغییرات پارامترهای استراتژی
۲۳۴	۹-۴-۳. انواع استراتژی‌های خودترتیبی
۲۳۶	۹-۵. عملگرهای استراتژی تکامل

۲۳۶	۹-۵-۱. عملگرهای انتخاب در استراتژی تکامل
۲۳۷	۹-۵-۲. عملگرهای تقاطع در استراتژی تکامل
۲۳۸	۹-۵-۳. عملگرهای چپش در استراتژی تکامل
۲۳۹	۹-۶ انواع استراتژی‌های تکامل
۲۴۰	۹-۶-۱. استراتژی‌های تکامل قطبی
۲۴۱	۹-۶-۲. استراتژی تکامل با تغییر هدایت‌شده
۲۴۴	۹-۶-۲. استراتژی تکامل افزایشی
۲۴۴	۹-۶-۴. استراتژی تکامل جایگزین
۲۴۴	۹-۷. کاربردها
۲۴۶	۹-۸. کتابنامه
	پیوست الف: آشنایی با نرم‌افزار مطلب
۲۴۹	الف-۱. مقدمه
۲۴۹	الف-۲. آشنایی با محیط نرم‌افزار مطلب
۲۵۰	الف-۳. پنجره‌های مطلب
۲۵۱	الف-۴. تعریف متغیر و ماتریس
۲۵۲	الف-۵. روش ایجاد ماتریس یک‌بعدی و دوبعدی
۲۵۲	الف-۶. روش ایجاد ماتریس بیشتر از دو بعد
۲۵۳	الف-۷. عملگرها در برنامه‌نویسی مطلب
۲۵۳	الف-۷-۱. براکت‌ها []
۲۵۳	الف-۷-۲. کولون (:)
۲۵۴	الف-۷-۳. سمیکولون (;)
۲۵۴	الف-۷-۴. جمع و تفریق
۲۵۴	الف-۷-۵. ضرب ماتریسی
۲۵۴	الف-۷-۶. تقسیم از چپ به راست (/)
۲۵۴	الف-۷-۷. تقسیم از راست به چپ (\)
۲۵۵	الف-۷-۸. توان (^)
۲۵۵	الف-۷-۹. کوتیشن ('')
۲۵۵	الف-۷-۱۰. ضرب درایه در درایه (*).
۲۵۵	الف-۷-۱۱. تقسیم درایه به درایه (/).
۲۵۵	الف-۷-۱۲. توان درایه به درایه (^).
۲۵۶	الف-۷-۱۳. عملگرهای شرطی و منطقی
۲۵۶	الف-۸. پارامترهای اولیه

۲۵۶	الف-۸-۱. عدد پی
۲۵۶	الف-۸-۲. عدد اسیلون
۲۵۶	الف-۸-۳. بی‌نهایت
۲۵۷	الف-۸-۴. مبهم
۲۵۷	الف-۸-۵. کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین عدد صحیح مثبت
۲۵۷	الف-۹. دستورات ابتدایی نرم‌افزار متلب
۲۵۷	الف-۹-۱. دستور (disp)
۲۵۷	الف-۹-۲. دستور (input)
۲۵۸	الف-۹-۳. دستور (clc)
۲۵۸	الف-۹-۴. دستور (home)
۲۵۸	الف-۹-۵. دستور (clear)
۲۵۸	الف-۹-۶. دستور (nargin)
۲۵۹	الف-۹-۷. دستور (nargout)
۲۵۹	الف-۹-۸. دستور (beep)
۲۵۹	الف-۱۰. کنترل‌ها در برنامه‌نویسی
۲۵۹	الف-۱۰-۱. تابع (if...end)
۲۶۰	الف-۱۰-۲. تابع else-در غیر این صورت
۲۶۰	الف-۱۰-۳. تابع (else if)
۲۶۰	الف-۱۰-۴. تابع switch.....case.....end
۲۶۱	الف-۱۰-۵. تابع for....end
۲۶۱	الف-۱۰-۶. تابع while.....end تکرار صادق بودن شرط
۲۶۱	الف-۱۰-۷. تابع (continue)
۲۶۱	الف-۱۰-۸. تابع (break)
۲۶۲	الف-۱۰-۹. منطق در شرط
۲۶۲	الف-۱۰-۱۰. گرد کردن
۲۶۲	الف-۱۱. توابع عددی
۲۶۲	الف-۱۱-۱. اعداد اول (primes)
۲۶۳	الف-۱۱-۲. تجزیه اعداد اول (factor)
۲۶۳	الف-۱۱-۳. فاکتوریل (factorial)
۲۶۳	الف-۱۱-۴. بزرگ‌ترین مقسوم‌علیه مشترک (gcd)
۲۶۳	الف-۱۱-۵. کوچک‌ترین مضرب مشترک (lcm)
۲۶۳	الف-۱۲. توابع مختلط
۲۶۳	الف-۱۲-۱. قدر مطلق (abs)

- الف-۱۲-۲. ساخت عدد مختلط (complex) ۲۶۳
- الف-۱۲-۳. قسمت موهومی عدد مختلط (imag) ۲۶۴
- الف-۱۲-۴. قسمت حقیقی عدد مختلط (real) ۲۶۴
- الف-۱۲-۵. مقدار زاویه قطبی مختلط (angle) ۲۶۴
- الف-۱۲-۶. مزدوج مختلط (conj) ۲۶۴
- الف-۱۳. توابع قتمایی ۲۶۴
- الف-۱۳-۱. ریشه دوم (sqrt) ۲۶۴
- الف-۱۳-۲. ریشه دوم ماتریس (sqrtm) ۲۶۴
- الف-۱۳-۳. ریشه $\ln$ عدد (nthroot) ۲۶۵
- الف-۱۳-۴. توان (power) ۲۶۵
- الف-۱۲-۵. توان بر مبنای دو (pow2) ۲۶۵
- الف-۱۳-۶. تابع نمایی (exp2) ۲۶۵
- الف-۱۴. توابع آرایه‌ای ۲۶۵
- الف-۱۴-۱. تعداد اعضای آرایه (numel) ۲۶۵
- الف-۱۴-۲. طول بردار (length) ۲۶۶
- الف-۱۴-۳. پیدا کردن درایه (find) ۲۶۶
- الف-۱۴-۴. اندازه‌گیری مرتبه ماتریس (size) ۲۶۷
- الف-۱۴-۵. بررسی اسکالربودن مقادیر (isscalar) ۲۶۸
- الف-۱۴-۶. بررسی برداربودن ماتریس (isvector) ۲۶۸
- الف-۱۴-۷. دسترسی به درایه‌های بردار ۲۶۸
- الف-۱۴-۸. انتخاب بازه و در نظر گرفتن بازه برای ماتریس‌ها ۲۶۹
- الف-۱۵. پایان برنامه (end) ۲۷۱
- الف-۱۶. ماتریس‌های خاص ۲۷۲
- الف-۱۶-۱. ماتریس جادویی (magic) ۲۷۲
- الف-۱۶-۲. ماتریس ایجاد اعداد تصادفی ۲۷۲
- الف-۱۶-۳. ماتریس rand ۲۷۲
- الف-۱۶-۴. ماتریس randint ۲۷۲
- الف-۱۶-۵. ماتریس randi ۲۷۳
- الف-۱۶-۶. ماتریس همانی (eye) ۲۷۳
- الف-۱۶-۷. ماتریس واحد (ones) ۲۷۴
- الف-۱۶-۸. ماتریس صفر (zeros) ۲۷۴
- الف-۱۷. توابع ماتریسی ۲۷۴
- الف-۱۷-۱. بزرگ‌ترین درایه ماتریس (max) ۲۷۴

- ۲۷۵ الف-۱۷-۲. کوچک‌ترین درایه ماتریس (min)
- ۲۷۵ الف-۱۷-۳. ماتریس sort
- ۲۷۶ الف-۱۷-۴. مجموع درایه‌ها (sum)
- ۲۷۷ الف-۱۷-۵. حاصل ضرب درایه‌ها (prod)
- ۲۷۷ الف-۱۷-۶. میانگین درایه‌ها (mean)
- ۲۷۷ الف-۱۷-۷. قطر اصلی (diag)
- ۲۷۸ الف-۱۷-۸. دترمینان ماتریس (det)
- ۲۷۸ الف-۱۷-۹. ماتریس trace
- ۲۷۸ الف-۱۷-۱۰. مرتبه ماتریس (rank)
- ۲۷۸ الف-۱۷-۱۱. چرخش ماتریس در بُعد (flipdim)
- ۲۷۹ الف-۱۷-۱۲. تبدیل ماتریس به بردار
- ۲۷۹ الف-۱۷-۱۳. تبدیل ماتریس
- ۲۸۱ الف-۱۷-۱۴. حذف سطر و ستون ماتریس
- ۲۸۲ الف-۱۷-۱۵. جابه‌جایی سطرها و ستون‌ها
- ۲۸۲ الف-۱۷-۱۶. اضافه کردن سطر و ستون در ماتریس
- ۲۸۵ الف-۱۸. آرایه‌های ماتریسی
- ۲۸۶ الف-۱۹. آرایه‌های سلولی
- ۲۸۹ الف-۲۰. توابع زمانی
- ۲۸۹ الف-۲۰-۱. زمان (clock)
- ۲۸۹ الف-۲۰-۲. تاریخ (date)
- ۲۹۰ الف-۲۰-۳. گرفتن زمان در بازه زمانی مشخص (tic-toc)
- ۲۹۰ الف-۲۰-۴. مکث بر ثانیه (pause)
- ۲۹۰ الف-۲۱. ورود به محیط برنامه‌نویسی در محیط متلب
- ۲۹۰ الف-۲۱-۱. دستور (m.file)
- ۲۹۰ الف-۲۱-۲. دستور (function)
- ۲۹۱ الف-۲۲. برنامه‌نویسی در محیط متلب
- ۲۹۲ الف-۲۳. ترسیم نمودارها در نرم‌افزار متلب
- ۲۹۲ الف-۲۳-۱. رسم دوبعدی (plot)
- ۲۹۳ الف-۲۳-۲. ترسیم چند تابع در یک نمودار
- ۲۹۳ الف-۲۳-۳. تنظیمات ترسیم نمودار
- ۲۹۵ الف-۲۳-۴. تنظیمات صفحه رسم
- ۲۹۶ الف-۲۳-۵. چند ترسیم در یک صفحه

پیوست ب: کدنویسی الگوریتم‌ها در محیط متلب

۳۹۹	تعریف مسئله
۳۰۲	کد الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA)
۳۰۵	کد الگوریتم جستجوی ممنوع (TS)
۳۰۸	کد الگوریتم ژنتیک (GA)
۳۱۱	کد الگوریتم کلونی مورچگان (ACO)
۳۱۳	کد الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO)
۳۱۷	کد الگوریتم رقابت استعماری (ICA)

پیشگفتار

در سال‌های اخیر استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری گسترش چشمگیری در حل مسائل پیچیده محاسباتی یافته و امروزه نیز کاربردهای بسیار زیادی در شاخه‌های مختلف علوم دارد. این رویکردها برخلاف روش‌های دقیق بهینه‌سازی، به دنبال نقاطی هستند که تا حد ممکن به بهینه سراسری نزدیک باشند؛ طوری که نظر تصمیم‌گیرنده را تا سطح قابل قبولی برآورده سازند. توجه به این نکته از این جهت حائز اهمیت است که در بیشتر مدل‌سازی‌ها، نمی‌توان تمامی پارامترهای مؤثر بر شرایط مسئله را وارد مدل کرد؛ بنابراین تضمینی وجود ندارد که بهترین حل به‌دست‌آمده توسط مدل، همان حل مطلوب برای شرایط واقعی باشد. حال این سؤال پیش می‌آید که یک حل دقیق از یک مدل تقریبی بهتر است یا یک حل تقریبی از یک مدل دقیق؟ در پاسخ به این پرسش، رویکردهای فراابتکاری این امکان را فراهم می‌سازند که بتوانیم یک حل تقریباً خوب را از یک مدل کاملاً دقیق به‌دست آوریم؛ چرا که افزایش پیچیدگی مسئله تأثیر چندانی در عملکرد روش‌های فراابتکاری نخواهد داشت. به عبارت دیگر، روش‌های فراابتکاری روش‌هایی هستند که حل‌های نزدیک به بهینه را با هزینه محاسباتی قابل قبولی جست‌وجو می‌کنند، ولی تضمینی برای رسیدن به حل بهینه ارائه نمی‌دهند.

به روش‌های فراابتکاری، در اصطلاح روش‌های «غیردقیق» نیز گفته می‌شود، زیرا مکانیزم‌های تصادفی در ایجاد ساختار آنها نقش مهمی ایفا می‌کنند. به‌طور کلی مبنای این رویکردها براساس نظم یا قواعد موجود در ارگانیسم‌های طبیعی است. از این رو، و با توجه به اهمیت و کارایی این روش‌ها در حل مسائل پیچیده محاسباتی، در این کتاب به بررسی جامعی از رایج‌ترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های فراابتکاری پرداخته‌ایم. از طرفی به‌منظور آموزش عملی و کاربردی مفاهیم ارائه‌شده در انجام پروژه‌های اجرایی، به آموزش گام‌به‌گام برنامه‌نویسی متلب و پیاده‌سازی این الگوریتم‌ها در محیط متلب نیز پرداخته شده است. ذکر این نکته ضروری است که نحوه تلفیق مباحث تئوری و عملی در این کتاب، رویکردی بسیار مثبت برای دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و دکتری به‌منظور اجرای پروژه‌هایشان است.

کتاب حاضر تلاشی است برای ارائه مفاهیم الگوریتم‌های فراابتکاری، پیاده‌سازی و کاربردهای آنها، مشتمل بر ۹ فصل اصلی و دو پیوست جامع. فصل نخست کتاب دربردارنده مروری بر روش‌های بهینه‌سازی و آشنایی با اجزا و طبقه‌بندی انواع مختلف مسائل بهینه‌سازی است. فصل‌های دوم تا نهم

شامل ارائه الگوریتم‌های شبیه‌سازی تبرید، جست‌وجوی ممنوع، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها، بهینه‌سازی انبوه ذرات، الگوریتم تکامل تفاضلی، الگوریتم رقابت استعماری و استراتژی تکامل است. همچنین پیوست (الف) شامل آموزش گام‌به‌گام نرم‌افزار متلب است که دانشجویان با خواندن و تمرین این فصل تسلط لازم را در نرم‌افزار متلب پیدا خواهند کرد و در پیوست (ب) نیز برنامه‌نویسی مربوط به الگوریتم‌های پرکاربرد ارائه شده است.

در پایان نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس آتش‌پز که در تدوین فصل هشتم کتاب، یاری علمی خود را درج نمودند، و نیز از مسئولان شورای انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، برای رحمتشان در چاپ کتاب، صمیمانه سپاسگزاری کنند. امید است این تلاش ناچیز مورد استفاده دانش‌پژوهان محترم قرار گیرد و موجب ارتقای سطح علمی ایشان شود. از تمامی خوانندگان محترم تقاضا داریم با ارسال پیشنهادهای و انتقادهای سازنده خود، نویسندگان کتاب را در رفع کاستی‌ها و بهبود مطالب ارائه شده یاری دهند.

گروه مؤلفان

تهران - پاییز ۱۳۹۲