



الگوریتم‌های بهینه‌سازی

الهام گرفته از طبیعت

مؤلف

فرشاد مریخ

عضو هیئت علمی دانش

ناشر: کتاب مهندسی، کامپیوتر، دانشگاهی، مدیریت

نص

سرشناسه	مریخ بیات، فرشاد، ۱۳۵۹.
عنوان و پدیدآور	الگوریتم‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت / مؤلف: فرشاد
مشخصات نشر	مریخ بیات.
مشخصات ظاهری	تهران: نص، ۱۳۹۱.
شابک	۲۱۶ ص. مصور، جدول، نمودار+ یک لوح فشرده.
وضعیت فهرست‌نویسی	۶۰۰۰۰ ریال با CD
یادداشت	ISBN: 978-964-410-301-8
یادداشت	فیبا.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	الگوریتم‌ها
موضوع	به‌گز. ترکیبی
موضوع	الگوریتم‌های ژنتیک
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۰ : ۴۶۵ QA۹۵۸
رده‌بندی دیویی	۶۳۱ .۰
شماره کتابخانه ملی	۲۶۸۸۰۴۵



موسسه علمی فرهنگی

الگوریتم‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت

فرشاد مریخ بیات

ناپ: بهار ۹۱

براز: ۱۰۰۰

شر: «نص»

براحی، چاپ، صحافی: موسسه علمی فرهنگی «نص»

قیمت با CD: ۶۰۰۰ تومان

فروشگاه: تهران - ضلع جنوب‌شرقی میدان انقلاب، شماره ۲۵

تلفن: ۶۶۴۰۵۳۷۲

WWW.FARDAB.COM

خرید اینترنتی از سایت فردا

تقو: تهران، میدان انقلاب، خ شهید منیري جاوید، بن پست مبین، شماره ۶

ن: ۶۶۴۱۲۳۸۵ - ۶۶۴۶۵۶۷۴ - ۶۶۹۵۳۸۸۳ فاکس: ۶۶۹۵۷۶۹۰

ایمیل: info@nasspub.com

وب سایت: www.nass.ir

پ. ۸۶۳-۱۳۱۴۵

ISBN: 978-964-410-301-8

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۱۰-۳۰۱-۸

مقدمهٔ مولف

در طی چند دههٔ گذشته طبیعت الهام‌بخش ابداع به نسبتاً زیادی از الگوریتم‌های توانمند و زیبای بهینه‌سازی بوده است. ویژگی مشترک همهٔ این الگوریتم‌ها، الهام گرفتن از سیستم‌های بیولوژیکی و مولکولی برای حل مسائل پیچیدهٔ بهینه‌سازی است. از جمله قابلیت‌های این الگوریتم‌ها می‌توان به توانایی جستجوی موثر فضاهای بسیار بزرگ در زمان کم، عدم نیاز به مشتق تابع هدف، توانایی کار در فضای نامنظم، هزینهٔ محاسباتی کم و ریاضیات آسان اشاره کرد که ترکیب این ویژگی‌ها باعث شده تا این الگوریتم‌ها امروزه از جذابیت زیادی برای دانشجویان و پژوهشگران برخوردار باشند.

نگارندهٔ این کتاب در طول چندین سال تدریس و تحقیق و ارتباط مستمر با دانشجویان و مهندسان مرتباً با افرادی مواجه شده که برای حل مسائل مهندسی یا انجام پروژه‌های درسی به دنبال منابعی می‌گردند که بتوانند با استفاده از آنها به سرعت و به آسانی اصول اولیهٔ یک روش بهینه‌سازی را آموخته و در کوتاهترین زمان ممکن به حل مسألهٔ دلخواهشان بپردازند. ناگفته پیداست که اغلب دانشجویان و مهندسان به خاطر پیچیدگی و ناکارآمدی روشهای کلاسیک بهینه‌سازی اغلب تمایل چندانی به استفاده از این گونه روشها از خود نشان نمی‌دهند. واقعیت غیر قابل انکار دیگر نیز این است که چنین افرادی عموماً رغبتی به مطالعهٔ منابع دست اول و جامع در ارتباط با الگوریتم بهینه‌سازی غیرکلاسیک مورد نظرشان ندارند. البته این رفتار تا حدی موجه و قابل درک است چرا که اصولاً هدف نهایی از حل هر مسألهٔ بهینه‌سازی مهندسی رسیدن به یک جواب قابل قبول است، نه تحلیل و درک عمیق جزئیات مربوط به نحوهٔ حل آن. این کتاب در راستای پاسخگویی به این نیاز انباشته شدهٔ دانشجویان و پژوهشگران نگاشته شده است. به جرات می‌توان ادعا کرد که مخاطب این کتاب با مطالعهٔ هر یک از فصول آن در یک زمان نسبتاً کوتاه خواهد توانست مهارتهای لازم برای حل یک مسألهٔ مهندسی را با استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی معین به دست آورد.

در این کتاب مجموعاً هشت الگوریتم مختلف بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت مورد بحث قرار گرفته است که این هشت الگوریتم عبارتند از: الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی تراکم ذرات (PSO)، بهینه‌سازی کلونی مورچه، الگوریتم ترید، بهینه‌سازی کلونی زنبور، الگوریتم غذاییابی باکتری، الگوریتم الکترومغناطیس-مانند و الگوریتم کرم شب‌تاب. علیرغم اطلاع نگارنده از وجود الگوریتم‌های دیگری نظیر جستجوی کوکو (Cuckoo Search) و قطرات هوشمند آب (Intelligent Water Drops) ترجیح داده شد که در چاپ فعلی کتاب فقط از الگوریتم‌هایی که به شهرت و پختگی لازم رسیده‌اند استفاده شود. ترتیب ارائه فصول نیز تا حد زیادی متأثر از سابقه و شهرت الگوریتم‌ها است. لازم به ذکر است که در مورد الگوریتم‌های بالغی نظیر بهینه‌سازی کلونی مورچه علاوه بر نسخه اولیه الگوریتم تعدادی از نسخه‌های نسبتاً جدیدتر آن نیز معرفی شده‌اند، در حالی که در مورد الگوریتم‌های کمتر توسعه یافته از انجام این کار صرف‌نظر شده و به ذکر نسخه استاندارد الگوریتم اکتفا شده است.

یکی از مهم‌ترین نکات مورد توجه در موقع نگارش این کتاب رعایت اختصار در ارائه مطالب بوده است. با اینکه در مورد برخی از الگوریتم‌ها (نظیر الگوریتم ژنتیک یا PSO) نگارنده به دهها کتاب و مرجع ارزشمند دسترسی داشته اما در کتاب سعی کرده که مفاهیم پایه‌ای هر الگوریتم بدون درگیر شدن با جزئیات غیر ضروری آن ارائه شوند. در این کتاب همچنین سعی زیادی شده که فصول مختلف حتی‌الامکان از یکدیگر مستقل باشند. این نکته این امکان را به خوانندگان آن می‌دهد که پس از مطالعه فصل اول کتاب مستقیماً به مطالعه فصل مورد علاقه خود بپردازند و اگر آنکه خلل جدی در پیوستگی مطالب به وجود آید. با توجه به اینکه خوانندگان این کتاب احتمالاً آشنایی با مسائل معروف بهینه‌سازی ترکیبی و پیوسته ندارند لذا در فصل اول مرور کوتاهی بر این گونه مسائل ارائه شده است. مطالعه این فصل از کتاب پیش از مطالعه سایر فصول آن قویاً به خوانندگان توصیه می‌شود.

در آغاز هر یک از فصلهای کتاب اهداف مورد نظر از فصل به اختصار بیان شده است. انتظار بر این است که خوانندگان کتاب پس از مطالعه هر فصل به مهارتهای مورد اشاره در اهداف آن فصل دست یابند. توجه داشته باشید که چون الگوریتم‌های مورد بحث در این کتاب توسط افراد مختلف با سبک‌های نگارش متفاوت ابداع شده‌اند لذا سازگاری چندانی بین فصول مختلف این کتاب از نظر نحوه استفاده از علائم و نمادها وجود ندارد. در ابتدا قصد نگارنده این بود که از هر نماد خاص برای اشاره به یک مفهوم واحد، در تمام فصول کتاب استفاده کند. در صورت تحقق این ایده مثلاً نماد x می‌توانست در کل کتاب برای بیان بردار متغیرها در مسائل بهینه‌سازی پیوسته به کار رود. اشکال اصلی این ایده در این است که افراد بعد از مطالعه این کتاب در صورت استفاده از مراجع اصلی الگوریتم‌ها به خاطر ناسازگاریهای موجود بین نمادها دچار مشکل خواهند شد. به همین دلیل در نهایت ترجیح داده شد که در هر فصل از نمادها و علائم مصطلح برای الگوریتم مورد بحث در همان فصل استفاده شود. برای راحتی خوانندگان فهرستی از علائم و نمادهای مورد استفاده در هر فصل در ابتدای آن فصل آورده شده است.

در موقع نگارش این کتاب فرض بر این بوده که مخاطبان آن با اصول اولیه برنامه‌نویسی و طراحی الگوریتم و نیز با مفاهیم اساسی احتمالات و بهینه‌سازی آشنایی دارند. به همین دلیل در این کتاب از پرداختن به مفاهیم پایه‌ای نظیر «بهینه محلی»، «نقطه کمینه سراسری»، «تابع احتمال تجمعی» و امثال آن صرف‌نظر شده است. این فرض این امکان را به نگارنده داده تا مستقیماً وارد موضوع اصلی کتاب شود. به طور کلی افرادی با معلوماتی در حد یک دانشجوی مهندسی در اواسط دوره کارشناسی می‌توانند بدون نیاز به اطلاعات اضافی خاصی به مطالعه این کتاب بپردازند.

به منظور معرفی مراجع کلیدی مرتبط با هر یک از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، در پایان هر فصل از کتاب یک کتابنامه مستقل گنجانده شده است. این کتابنامه‌ها شامل فهرستی از مهمترین کارهای انجام شده در ارتباط با مطالب مورد بحث در همان فصل هستند که می‌توانند به عنوان نقطه شروعی برای انجام تحقیقات بیشتر در آن زمینه مورد استفاده قرار گیرند. همچنین، برای سهولت دسترسی خوانندگان فایل PDF تعداد قابل توجهی از مراجع معرفی شده در انتهای فصول در CD ضمیمه کتاب گنجانده شده است. برنامه MATLAB مورد استفاده در شبیه‌سازی تمام مثالهای کتاب را نیز می‌توان در CD ضمیمه کتاب یافت. خوانندگان کتاب با اعمال تغییرات جزئی در این برنامه‌ها می‌توانند از آنها برای حل مسائل بهینه‌سازی مورد نظرشان استفاده نمایند.

امیدوارم که خوانندگان این کتاب بخشی از لذتی را که در موقع نگارش آن نصیب من شد از خواندن آن ببرند. از خوانندگان کتاب تقاضا دارم که پیشنهادها و نقدهای خود را از طریق پست الکترونیکی f.bayat@znu.ac.ir به نگارنده ارائه دهند. بدون شک آگاهی نگارنده از نظرات خوانندگان می‌تواند تاثیر چشمگیری در بهبود کیفیت کتاب در چاپهای احتمالی بعدی داشته باشد.

تولید این اثر تا حد زیادی بابت حمایت‌ها و تشویق‌های دو نفر است: همسر و آقای مهندس زارع. در طول یک سالی که به طور فشرده مشغول کار بر روی این کتاب بودم همسر تمام وقتی را که در واقع متعلق به خود او بود به من بخشید تا بتوانم این کار را به اتمام برسانم. همچنین، در طول ده سال گذشته حمایت‌های مدیر محترم انتشارات نص، جناب آقای مهندس زارع، همواره باعث دلگرمی اینجانب به انجام کارهای جدید بوده است. در پایان بر خود لازم می‌دانم که از کار خانم رفیعی نیز به خاطر زحماتی که برای صفحه‌آرایی این کتاب متقبل شدند سپاسگزاری نمایم.

فرشاد مریخ بیات

زمستان ۹۰

فهرست مطالب

فصل ۱ مروری بر بهینه‌سازی ترکیبی و پیوسته ۱۳

۱-۱	مقدمه	۱۴
۲-۱	برخی از مسائل معروف در حوزه بهینه‌سازی ترکیبی	۱۷
۱-۲-۱	مسئله فروشنده دوره‌گرد	۱۷
۲-۲-۱	مسئله کوله پشتی	۲۱
۳-۲-۱	پازل N-وزیر	۲۲
۳-۱	مسائل معروف در حوزه بهینه‌سازی پیوسته	۲۳
۱-۳-۱	تابع راس‌تریگین	۲۴
۲-۳-۱	تابع گریوانک	۲۵
۳-۳-۱	تابع روزن بروک	۲۵
۴-۳-۱	تابع هیمل بلانو	۲۷
۵-۳-۱	تابع میچالوویکز	۲۹
۶-۳-۱	تابع یانگ	۳۰
۷-۳-۱	تابع اشوفل	۳۱
۴-۱	خلاصه فصل	۳۳
	کتابنامه	۳۳

فصل ۲ الگوریتم ژنتیک ۳۵

۱-۲	مقدمه	۳۶
۲-۲	نظریه تکامل (فرگشت)	۳۷
۳-۲	حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته با استفاده از الگوریتم ژنتیک	۳۸
۱-۳-۲	نحوه بیان تابع هزینه و قیود مساله در الگوریتم ژنتیک	۳۹

۲-۳-۲	نحوه کدگذاری متغیرهای مساله در الگوریتم ژنتیک	۴۱
۳-۳-۲	عملگرهای ژنتیک	۴۳
۴-۳-۲	معیارهای پایان اجرای الگوریتم ژنتیک	۴۹
۵-۳-۲	الگوریتم ژنتیک	۵۰
۶-۳-۲	مثالهای عددی	۵۱
۴-۲	خلاصه فصل	۵۷
	کتابنامه	۵۷
	تمرین‌ها	۵۹

فصل ۳ بهینه‌سازی تراکم ذرات (الگوریتم پرندگان)

۱-۳	مقدمه	۶۲
۲-۳	قوانین حاکم بر تراکم ذرات از ذرات در طبیعت	۶۳
۳-۳	الگوریتم PSO	۶۴
۱-۳-۳	حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته بدون محدودیت با استفاده از الگوریتم PSO استاندارد	۶۵
۲-۳-۳	نسخه بهبود یافته الگوریتم (PSO)	۶۷
۳-۳-۳	حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته تحت محدودیت با استفاده از الگوریتم PSO	۶۸
۴-۳-۳	مثالهای عددی	۶۹
۴-۳	خلاصه فصل	۷۲
	کتابنامه	۷۳
	تمرین‌ها	۷۵

فصل ۴ بهینه‌سازی کلونی مورچه

۱-۴	مقدمه	۷۹
۲-۴	نحوه یافتن موقعیت منابع غذایی توسط مورچه‌ها در طبیعت	۷۹
۳-۴	حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی با استفاده از الگوریتم‌های کلونی مورچه	۸۲
۴-۴	سیستم مورچه و مشتقات آن	۸۴
۱-۴-۴	سیستم مورچه	۸۵
۲-۴-۴	سیستم نخبه‌ترین مورچه	۸۷
۳-۴-۴	سیستم مورچه رتبه محور	۸۸
۴-۴-۴	سیستم مورچه MAX-MIN	۸۸
۵-۴	توسعه سیستم مورچه	۹۱
۱-۵-۴	سیستم کلونی مورچه	۹۱
۲-۵-۴	چند نکته اضافی	۹۳
۶-۴	حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته با استفاده از بهینه‌سازی کلونی مورچه	۹۴
۱-۶-۴	مثالهای عددی	۹۸
۷-۴	خلاصه فصل	۱۰۳
	کتابنامه	۱۰۳
	تمرین‌ها	۱۰۵

فصل ۵ شبیه‌سازی حرارتی (الگوریتم تبرید) ۱۰۷

۱-۵	مقدمه	۱۰۸
۲-۵	رفتار فلزات در فرایند گداختن و سرد کردن تدریجی	۱۰۹
۳-۵	الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی	۱۱۰
۱-۳-۵	شبیه‌سازی الگوریتم SA	۱۱۲
۲-۳-۵	همگرایی الگوریتم SA	۱۱۴
۴-۵	الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته	۱۱۵
۱-۴-۵	مثالهای عددی	۱۱۸
۵-۵	تبرید کوئومی	۱۲۱
۶-۵	خلاصه فصل	۱۲۲
	کتابنامه	۱۲۳
	تمرین‌ها	۱۲۴

فصل ۶ بهینه‌سازی کلونی زنبور ۱۲۵

۱-۶	مقدمه	۱۲۶
۲-۶	نحوه جمع‌آوری گرده توسط زنبورها، عوامل دگرگونی طبیعت	۱۲۷
۳-۶	الگوریتم بهینه‌سازی کلونی زنبور برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی	۱۲۸
۱-۳-۶	الگوریتم BCO	۱۲۸
۲-۳-۶	مثالهای عددی	۱۳۲
۴-۶	الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته	۱۳۵
۱-۴-۶	الگوریتم ABC	۱۳۵
۲-۴-۶	مثالهای عددی	۱۳۹
۵-۶	خلاصه فصل	۱۴۳
	کتابنامه	۱۴۴
	تمرین‌ها	۱۴۵

فصل ۷ بهینه‌سازی غذایابی باکتری ۱۴۷

۱-۷	مقدمه	۱۴۸
۲-۷	نحوه غذایابی باکتریهای تازکدار در طبیعت	۱۴۸
۳-۷	الگوریتم بهینه‌سازی غذایابی باکتری	۱۴۹
۱-۳-۷	مقادیر مناسب پارامترها در الگوریتم BFO	۱۵۲
۲-۳-۷	مثالهای عددی	۱۵۴
۴-۷	خلاصه فصل	۱۵۹
	کتابنامه	۱۵۹
	تمرین‌ها	۱۶۰

فصل ۸ الگوریتم الکترومغناطیس - مانند

۱-۸	مقدمه	۱۶۲
۲-۸	الگوریتم الکترومغناطیس - مانند	۱۶۲
۱-۲-۸	الگوریتم EM استاندارد	۱۶۳
۲-۲-۸	تولید بردارهای تصادفی اولیه	۱۶۴
۳-۲-۸	جستجوی محلی	۱۶۴
۴-۲-۸	محاسبه بردار نیروی کلی	۱۶۶
۵-۲-۸	جابجایی ربات با استفاده از بردار نیروی کلی	۱۶۸
۶-۲-۸	شرط پارا اجرا الگوریتم EM	۱۶۹
۷-۲-۸	مقادیر مناسب پارامترها	۱۷۰
۸-۲-۸	مثالهای عددی	۱۷۰
۳-۸	خلاصه فصل	۱۷۵
	کتابنامه	۱۷۵
	تمرین‌ها	۱۷۶

فصل ۹ الگوریتم کرم شب تاب

۱-۹	مقدمه	۱۸۰
۲-۹	الگوریتم کرم شب تاب	۱۸۱
۱-۲-۹	رفتار کرمهای شب تاب در طبیعت	۱۸۱
۲-۲-۹	حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته بدون قید با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب	۱۸۱
۳-۲-۹	انتخاب مقادیر مناسب پارامترها در الگوریتم FA	۱۸۵
۴-۲-۹	ارتباط بین الگوریتم‌های FA و BFO	۱۸۶
۵-۲-۹	مثالهای عددی	۱۸۶
۳-۹	خلاصه فصل	۱۹۰
	کتابنامه	۱۹۱
	تمرین‌ها	۱۹۲
۱۹۳	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	
۲۰۱	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	
۲۰۹	نمایه	