

هوش محاسباتی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی

(مرجع کامل رایانش نرم و الگوریتم‌های تکاملی)

(جلد اول)

مؤلفین:

دکتر عطاالله ابراهیم‌زاده

(دانشیار دانشگاه صنعتی نوشهری)

مهندس ملیحه احمدی

(دانشجوی دکترای مخابرات دانشگاه صنعتی شیراز)

مهندس مهدی یوسفی



سرشناسه	ابراهیم زاده، عطاءالله، ۱۳۵۱ -
عنوان و نام پدیدآور	هوش محاسباتی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی: (مرجع کامل رایانش نرم و الگوریتم‌های تکاملی) / مولفین عطاءالله ابراهیم زاده، ملیحه احمدی، مهدی یوسفی.
مشخصات نشر	بابل: علوم رایانه، ۱۳۹۴ -
مشخصات ظاهری	ج۳: : مصور، جدول، نمودار.
شابک	دوره ۹-۱۰۵-۲۰۵-۶۰۰-۹۷۸: ج ۱-۵-۱۰۳-۲۰۵-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
عنوان دیگر	: (مرجع کامل رایانش نرم و الگوریتم‌های تکاملی).
موضوع	: متلب
موضوع	: الگوریتم‌ها
موضوع	: بهینه‌سازی برنامه‌های کامپیوتری
موضوع	: بهینه‌سازی ترکیبی
موضوع	: بهینه‌سازی ریاضی
موضوع	: هوش کامپیوتری
شناسه افزوده	: عمادی، ملیحه، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	: یوسفی، مهدی، ۱۳۶۴ -
رده‌بندی کنگره	۹۴/۲۵ الف ۹/۵۸/ QA
رده‌بندی دیوینی	: ۰۰۵/۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۱۴۸/۹۶

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و نشرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

www.olomrayaneh.net



تلفن: ۰۱۱-۳۲۳۶۰۷۷۲

علوم رایانه بابل، صندوق پستی ۸۹۱-۴۷۱۳۵

جلد اول

هوش محاسباتی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی (مرجع کامل رایانش نرم و الگوریتم‌های تکاملی)
 مولفین: دکتر عطاءالله ابراهیم زاده (دانشیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی)
 مهندس ملیحه احمدی (دانشجوی دکترای مخابرات دانشگاه صنعتی شیراز)
 مهندس مهدی یوسفی

چاپ اول

زمستان ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۲۷۰۰۰ تومان

چاپ دیجیتال میلاد بابل

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۱۰۳-۵

نشانی ناشر: بابل، خیابان شریعتی، مجتمع میلاد، واحد ۱۷

حروفچینی و صفحه‌آرایی: علوم رایانه

تهران، خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت، نبش وحید نظری، شماره ۱۴۲ - تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴

فهرست مطالب

فصل اول : الگوریتم ژنتیک

۱-۱. مقدمه.....	۱۱
۲-۱. مفاهیم و عملگرهای الگوریتم ژنتیک.....	۱۲
۳-۱. راهبردهای جستجو.....	۱۵
۴-۱. نحوه‌ی نمایش کروموزوم (سرشار).....	۱۶
۵-۱. اصلاح نژاد.....	۱۷
۶-۱. پایان جستجو (معیار همگرایی).....	۳۰
۷-۱. نمونه‌ی کد MATLAB برای مینیمم‌سازی تابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک.....	۳۱
۸-۱. مثال‌هایی از کاربرد الگوریتم ژنتیک، در مسائل مختلف.....	۳۵
۹-۱. مراجع.....	۵۱

فصل دوم : الگوریتم اجتماع ذرات

۱-۲. مقدمه.....	۵۳
۲-۲. هوش جمعی.....	۵۳
۳-۲. بهینه‌سازی اجتماع ذرات.....	۵۴
۴-۲. نحوه‌ی تنظیم پارامترهای الگوریتم اجتماع ذرات.....	۵۷
۵-۲. جامعه‌سنجی پویا (ارتباط ذرات) در الگوریتم اجتماع ذرات.....	۵۸
۶-۲. نمونه‌ای از شبه کد برای PSO پایه.....	۵۹
۷-۲. نمونه‌ی کد نرم‌افزار MATLAB برای مینیمم‌سازی توابع با استفاده از الگوریتم PSO.....	۶۰
۸-۲. مثال‌هایی از کاربرد الگوریتم PSO در مسائل مختلف.....	۶۲
۹-۲. مراجع.....	۸۲

فصل سوم : الگوریتم رقابت استعماری

۱-۳. مقدمه.....	۸۵
۲-۳. مروری بر پدیده‌ی استعمار.....	۸۵
۳-۳. الگوریتم رقابت استعماری.....	۸۶
۴-۳. شبه کد مربوط به الگوریتم رقابت استعماری.....	۹۵

۹۵	۳-۵. نمونه‌ی کاربردهای عملی الگوریتم رقابت استعماری
۱۱۳	۳-۶. مراجع
فصل چهارم: الگوریتم زنبور مصنوعی	
۱۱۴	۴-۱. مقدمه
۱۱۴	۴-۲. زنبورها در طبیعت
۱۱۷	۴-۳. الگوریتم زنبور مصنوعی
۱۲۰	۴-۴. الگوریتم زنبور
۱۲۱	۴-۵. مرور مطالعات مرتبط
۱۲۴	۴-۶. نمونه کد الگوریتم زنبور مصنوعی در نرم‌افزار MATLAB
۱۲۷	۴-۷. کاربردهای الگوریتم
۱۶۶	۴-۸. مراجع
فصل پنجم: الگوریتم بهینه‌سازی جمعیت مورچگان	
۱۷۱	۵-۱. مقدمه
۱۷۲	۵-۲. همگرایی الگوریتم ACO
۱۷۳	۵-۳. بهینه‌سازی به روش کلونی مورچگان
۱۸۳	۵-۴. همگرایی الگوریتم ACO
۱۸۶	۵-۵. نمونه کد MATLAB برای الگوریتم ACO
۱۸۶	۵-۶. مسیربایی و بهبود قابلیت کسب‌دهی در شبکه‌های موردی با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان و PSO
۱۹۳	بر پایه‌ی موقعیت گره‌ها
۲۰۶	۵-۷. مراجع
فصل ششم: الگوریتم گرانشی	
۲۰۸	۶-۱. مقدمه
۲۰۸	۶-۲. قانون گرانش
۲۱۰	۶-۳. الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)
۲۱۴	۶-۴. بهبود الگوریتم GSA
۲۲۰	۶-۵. مطالعه‌ی تطبیقی
۲۲۶	۶-۶. آنالیز همگرایی الگوریتم GSA
۲۳۹	۶-۷. طراحی با استفاده از الگوریتم GSA
۲۳۵	۶-۸. توصیف کد Matlab الگوریتم
۲۴۱	۶-۹. مراجع
فصل هفتم: الگوریتم آتش‌بازی	
۲۴۳	۷-۱. مقدمه
۲۴۸	۷-۲. شبیه‌سازی و توصیف کدها
۲۵۷	۷-۳. مقایسه‌ی عملکرد FWA با CPSO و SPSO
۲۶۰	۷-۴. الگوریتم آتش‌بازی بهبود یافته (EFWA)
۲۶۷	۷-۵. FWA چندهدفه

۲۶۹	۶-۷. کاربردهای الگوریتم آتش‌بازی
۲۷۶	۷-۷. مراجع

فصل هشتم: ماشین بردار پشتیبان

۲۷۷	۸-۱. مقدمه
۲۷۸	۸-۲. بررسی ماشین‌های بردار پشتیبان
۳۰۶	۸-۳. کاربردهای SVM
۳۳۲	۸-۴. پیاده‌سازی سخت‌افزاری SVM
۳۳۳	۸-۵. نتیجه‌گیری و زمینه‌های توسعه
۳۳۵	۸-۶. مراجع

www.ketab.ir

پیش‌گفتار

آرزوی انسان برای رسیدن به کمال، مبین تئوری بهینه‌سازی است. او می‌خواهد بهترین را تجسم و توصیف کرده و به آن دست یابد؛ اما چون نمی‌تواند تمام شرایط حاکم بر بهترین را به خوبی شناسایی و تعریف نماید، در بیشتر موارد به جای جواب بهترین یا بهینه مطلق، به یک جواب رضایت‌بخش، بسنده می‌کند و موارد را به صورت نسبی مورد ارزیابی قرار می‌دهد و دائم به بهبود، می‌اندیشد.

ما در روزگارهای بسیاری انجام می‌دهیم، چیزهایی می‌خوریم، چیزهایی یاد می‌گیریم، به‌جاهای مختلفی می‌رویم. از مایل مختلفی استفاده می‌کنیم و ... و البته سعی ما این است که تمامی این کارها را به «بهترین» نحو ممکن انجام دهیم. مثلاً اگر می‌خواهیم یک فهرست را خرید کنیم، انتخاب‌های زیادی برای خرید وجود دارد، این که اولاً چه کالاهایی خریداری شوند و بعد این که هر کالا را از کدام مغازه بخریم. اما مسئله‌ای که وجود دارد این است که، چگونه خرید-کنیم که هم «کمترین» پول را بپردازیم و هم خرید «کمترین» زمان ممکن طور یک‌ساز باشد و هم کالای با «کیفیت بالا» بخریم. به عبارت دیگر خرید ما «بهترین» یا «بهینه» باشد. به چنین مسئله‌ای، یک «مسئله بهینه‌سازی» می‌گوییم. در یک مسئله بهینه‌سازی با یک یا چند تابع هدف (هزینه یا شاخص) و کمینه کردن یا بیشینه کردن سروکار داریم. این توابع با یک سری «متغیر» سروکار دارند. به عنوان مثال، در مسئله خرید کردن، ترتیب خرید کالاها و همین‌طور مغازه‌هایی که کالاها را می‌فروشند، متغیر هستند. منی می‌توانیم از بین حالت‌های مختلف، انتخاب کنیم که به ترتیب چه کالایی را از کدام مغازه بخریم. «حالت بهینه» در واقع دسته متغیرهایی است که «هدف» را تأمین می‌کند.

یکی از مسائل مشهور تاریخی به نام مرد فروشنده‌ی دوره‌گرد TSP بیش از ۵۰ سال است که مورد علاقه دانشمندان علوم کامپیوتر و مهندسی قرار گرفته و مقالات زیادی در طول سالیان متمادی سعی در حل بهینه آن نموده‌اند. دلیل علاقه مهندسين به این مسئله، این است که مسئله مرد فروشنده‌ی دوره‌گرد در واقع نماد ساده بسیاری از مسائل بهینه‌سازی است. راه‌حل دقیق و تحلیلی برای تعداد شهر (N) ‌های پایین جوابگو هستند اما با افزایش N ، حل مسئله از طریق روش‌های تحلیلی غیرممکن می‌شود. مسئله مرد فروشنده‌ی دوره‌گرد متعلق به خانواده‌ای از مسائل با نام NP-hard می‌باشد. هیچ راه‌حل دقیقی وجود ندارد که تعداد محاسبات لازم برای حل این مسائل را با توانی از N محدود کند. به عبارت دیگر تعداد محاسبات لازم برای حل دقیق این سری مسائل همواره با افزایش N ، به صورت نمایی رشد می‌کند و هیچ کدام از روش‌های دقیق نمی‌توانند تعداد محاسبات لازم برای حل آن‌ها را به صورت یک چندجمله‌ای از N محدود کنند.

کاربردهای روزافزون مسائلی از قبیل مرد فروشنده‌ی دوره‌گرد سبب شد تا مسائل NP-hard به یکی از دغدغه‌های اصلی تحقیق در زمینه‌ی علوم کامپیوتری و مهندسی طی دهه‌های هفتاد و هشتاد تبدیل شود. نکته‌ی قابل توجهی که در رابطه با این مسائل وجود دارد این است که اگر راه‌حل دقیقی بتوان برای یکی از این مسائل یافت که تعداد محاسباتش محدود به توانی از N باشد، می‌توان این راه‌حل را به

تمامی مسائل این خانواده تسری داد. چنین حل دقیقی حداقل تا این لحظه وجود نداشته است. لذا دانشمندان به فکر استفاده از روش‌های ابتکاری افتادند که شکل منظم آن‌ها *الگوریتم نامیده شد*. الگوریتم‌های ابتکاری به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند: الگوریتم‌های ابتکاری همه منظوره و الگوریتم‌های ابتکاری درخور (تک منظوره). الگوریتم‌های ابتکاری درخور الگوریتم‌هایی هستند که برای یک مسئله خاص تعبیه و طراحی شده‌اند. مانند الگوریتم‌های ابتکاری درخور TSP، که مخصوص حل مسئله‌ی مرد فروشنده‌ی دوره گرد می‌باشند. این الگوریتم‌ها نوعاً در حل مسئله‌ی خاصی که برای آن طراحی شده‌اند، موفق هستند اما در حل مسائل دیگر کاملاً منفعلند. اما دسته‌ی بسیار بزرگ‌تر یعنی الگوریتم‌های ابتکاری همه منظوره، محدوده‌ی بسیار وسیع‌تری از مسائل بهینه‌سازی را پوشش می‌دهند.

امروزه کاربرد این الگوریتم‌ها در علوم مختلف بسیار زیاد شده است. این الگوریتم‌ها در مهندسی برق (مخابرات، مهندسی پزشکی، الکترونیک، قدرت و کنترل)، مهندسی کامپیوتر، مهندسی مکانیک (طراحی، امداد، سیالات، مواد)، مهندسی عمران (سازه، راه، مدیریت ساخت، زلزله، دریا)، در علوم مهندسی شایع و شیمی، در علوم پایه، در نقشه‌برداری، ژئوفیزیک، در علم آمار و ریاضی، در علوم مدیریت و اقتصاد، آموزش، به‌گونه‌ای کاربرد پیدا کرده است که بیش از صدها عنوان مجله‌ی معتبر و صدها جلد کتاب در این حوزه تحت کلمات کلیدی "*Evolutionary Algorithms*" (الگوریتم‌های تکاملی)، "*Soft Computing*" (محاسبات نرم)، "*Computational Intelligence*" (هوش محاسباتی)، "*Expert System*" (سیستم خبره)، "*Artificial Intelligence*" (هوش مصنوعی) و عناوین دیگر معرفی شده است. هر ساله تعداد قابل توجهی از الگوریتم ابداع می‌شود که خوشبختانه دانشمندان کشور ما در این زمینه مقام خوبی دارند. با توجه به گستردگی کاربرد این حوزه در ایران چند سالی است که در چارت درس‌های دانشگاهی در مقطع تحصیلات تکمیلی تحت عناوین مختلف فوق گنجانده شده است و هر یک از مدرسین محترم کتاب‌هایی را در این زمینه به عنوان مرجع معرفی کرده‌اند. البته تعدادی کتاب فارسی هم در این زمینه منتشر شده است.

مؤلفین این کتاب سال‌ها در این زمینه تدریس و تحقیق کرده‌اند و سعی کردند کتابی را تدارک ببینند که یک منبع فارسی غنی برای تعدادی از روش‌های محاسباتی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی باشد و مطالب مرتبط (محاسبات نرم) را با زبان ساده بیان کند. با توجه به متنوع به زبان MATLAB و مثال‌های کاربردی که اکثر آن‌ها حاصل تحقیقات مؤلفین در مجلات معتبر و پروژه‌های درسی دانشجویان است به‌گونه‌ای است که خوانندگان وسیعی در حوزه‌ی علوم پایه و مهندسی و علوم انسانی می‌توانند از آن بهره ببرند. این کتاب (و جلد‌های بعد که ان‌الله بزودی تهیه می‌شود) به‌گونه‌ای نوشته می‌شود که بخش قابل توجهی از مطالب مورد نیاز دانشجویان تحصیلات تکمیلی و نیز محققین این حوزه را برطرف نماید.

در این کتاب سعی شده تا چهره‌های شاخص الگوریتم‌های بهینه‌ساز و برخی از ابزارهای محاسبات نرم را به طور جامع و با زبان ساده بیان کنیم. این کتاب در فصول زیر سازمان‌دهی شده است:

- فصل اول به بررسی شاخص‌ترین چهره‌ی الگوریتم‌های بهینه‌سازی یعنی الگوریتم ژنتیک (GA) می‌پردازد.
- فصل دوم بررسی و مطالعه‌ی الگوریتم زیبای الهام یافته از اجتماع حیواناتی نظیر پرندگان به نام PSO می‌پردازد.
- فصل سوم به الگوریتم رقابت استعماری می‌پردازد.

- در فصل چهارم الگوریتم زنبور عسل که یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی است شرح داده می‌شود.
- فصل پنجم به بررسی الگوریتم مورچگان می‌پردازد.
- در فصل ششم روش بهینه‌سازی نوینی بر مبنای قانون گرانش و فعل و انفعالات اجرام معرفی می‌گردد.
- در فصل هفتم الگوریتم آتش‌بازی به عنوان یک الگوریتم بهینه‌سازی هوش جمعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- فصل هشتم به مبحث بسیار مهمی از محاسبات نرم به نام ماشین‌های بردار پشتیبان اختصاص داده می‌شود.
- به جاست از نشریاتی که در تهیه‌ی این کتاب همکاری داشته‌اند: خانم‌ها مریم نجیمی و سپیده ولی‌الهی و آقایان جواد رحیمی، حسین روزگار و محمدرضا بهبهانی تقدیر و تشکر کنیم.
- در پایان با وجود تمام تلاش‌های شبانه‌روزی که در تدوین و تألیف این کتاب انجام شده، محققا این کتاب خالی از عیب نیست و اضطرار محققى ارجمند جهت برطرف شدن عیوب استقبال می‌نماییم.
- آدرس مکاتبه‌ی ما:

E_zadeh@nlt.ac.ir

باید به یاد داشته باشیم که «افقم کاشف و مقلد طبیعتیم: نه واضع قوانین آن».

مؤلفین

زمستان ۱۳۹۴