

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت

تألیف:

دکتر علیرضا ناصر صدرآبادی (استادیار دانشگاه یزد)

زهرا نعمتی (دانشجوی دکتری دانشگاه تهران)

سرشناسه	: ناصر صدرآبادی، علیرضا، ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت/تالیف علیرضا ناصر صدرآبادی، زهرا نعمتی.
مشخصات نشر	: اصفهان: علیرضا ناصر صدرآبادی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۵۳ ص.: جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-04-5964-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: الگوریتم‌های فراابتکاری
موضوع	: Metaheuristic algorithms*
موضوع	: الگوریتم‌های کامپیوتری
موضوع	: Computer algorithms
شناسه افزوده	: نعمتی، زهرا، ۱۳۶۹ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ن۲ ۷ الف ۷۶/۹ QA
رده بندی دیویی	: ۰۰۱ ۱۲۰۰۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۳۸ ۹۷۳

نام کتاب:	الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت
ناشر:	مؤلف
تالیف	علیرضا ناصر صدرآبادی، زهرا نعمتی
چاپ و صحافی:	مجمع چاپ هوای تازه
تاریخ چاپ:	پاییز ۹۵
نوبت چاپ:	اول
شمارگان:	۱۰۰۰
قیمت	۱۵۰.۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۵۹۶۴-۲
	ISBN 978-600-04-5964-2

کلیه حقوق برای مولفین محفوظ است.

پیشگفتار

دنیای تحقیق در عملیات با مسائل بهینه‌سازی متنوعی مواجه است، این مسائل می‌تواند از بهینه‌سازی خطی بسیار ساده تا برنامه‌سازی پیچیده‌ی غیر قطعی را شامل شود. تنوع مسائل دنیای تحقیق در عملیات به تنوع ابزارهای حل منجر شده است. روش‌های فراابتکاری یک گروه از الگوریتم‌های حل مسائل بهینه‌سازی است که در سرهای اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. این الگوریتم‌ها ایده‌های اساسی خود را از زندگی جانداران، پدیده‌های طبیعی و فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به امانت گرفته‌اند و در عین سادگی اجزاء، کارایی قابل توجهی برخوردارند. بیش از هفتاد نوع الگوریتم فراابتکاری در ادبیات این حوزه قابل تشخیص است، که مقالات و کتاب‌های متعددی به فراخور حال خود به معرفی آن‌ها پرداخته‌اند. انگیزه تدوین این کتاب معرفی جامع تعدادی از این الگوریتم‌هاست که در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند و منابع فارسی کمی برای آن‌ها وجود دارد. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات، علف‌های هرز، کلونی زنبور مصنوعی، بهینه‌سازی کرم شب‌تاب و الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس موضوع بحث کتاب حاضر است که در گروه الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت قرار می‌گیرند.

در هر فصل پس از توصیف مفاهیم الهام بخش الگوریتم، ابتدا گام‌های اجرای نسخه‌ی اولیه الگوریتم و سپس در صورت لزوم سیر تکامل و تغییرات آن مورد اشاره قرار گرفته است. معمولاً این الگوریتم‌ها برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته ارائه شده‌اند اما با اندکی دخل و تصرف می‌تواند در حل مسائل بهینه‌سازی گسسته یا ترکیباتی نیز مورد استفاده قرار بگیرند. این نکته مدنظر نویسندگان در فصل‌های مختلف این کتاب بوده و به کاربرد الگوریتم‌ها در حل مسائل پیوسته و گسسته اشاره شده است. ابتدا به چگونگی به‌کارگیری الگوریتم برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته اشاره شده و در پایان

نیز شیوهی به کارگیری الگوریتم در حل مسائل بهینه سازی گسسته با استفاده از مثال مورد بررسی قرار گرفته است. هرچند استفاده عملی از الگوریتم های فراابتکاری به واسطه حجم زیاد محاسبات مورد نیاز، مستلزم اجرای گام های الگوریتم توسط کامپیوتر است اما از آنجایی که حل مثال عددی می تواند به درک کامل شیوهی عملکرد الگوریتم کمک نماید در این کتاب نیز در هر فصل حل مثال عددی پیوسته و گسسته انجام شده است.

بدون شک هیچ اثری خالی از اشکال و بی نیاز از اصلاح و بهبود نیست، از کلیه خوانندگان کتاب تقاضا می شود تا با ذکر نقطه نظرات خود ما را در بهبود این اثر و اصلاح نقاط ضعف آن یاری نمایند. در پایان بر خود لازم می دانیم از جناب آقای دکتر حبیب زارع به واسطه ایده اولیه انتشار این کتاب تشکر کنیم. همچنین، بابت سانس و قدردانی خود را نسبت به خانم آرزو لطیفیان بخاطر زحماتی که در فرایند چاپ و صفحه آرایی تقبل شده اند ابراز می نمایم.

علیرضا ناصر صدرآبادی

زهرا نعمتی

alireza_naser@yazd.ac.ir

nemati.zahra@ut.ac.ir

۱	فصل اول: مقدمه و کلیات
۳	مقدمه
۳	تعریف و اهمیت مسائل بهینه‌سازی
۴	مسائل بهینه‌سازی پیوسته
۶	مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی
۱۲	روش ای حل مسائل بهینه‌سازی
۱۲	روش های قدیمی ریاضی شکست خوردند؟
۱۵	الگوریتم‌های فازی
۱۸	طبقه‌بندی الگوریتم‌های فراابتکاری
۱۸	الگوریتم‌های مبتنی بر هوش توده‌ای
۲۱	الگوریتم‌های زیست-الهام بدون روش توپولوژی
۲۲	الگوریتم‌های مبتنی بر فیزیک و سیمایی
۲۳	سایر الگوریتم‌ها
۲۴	سوال‌های باز
۲۵	ساختار کتاب
۲۷	منابع
۲۹	فصل دوم: تولید اعداد تصادفی
۳۱	مقدمه
۳۱	روش‌های مختلف تولید اعداد شبه تصادفی
۳۲	روش میان مربعی
۳۳	روش میان ضربی
۳۴	روش مضرب ثابت

۳۴	روش همبستگی خطی
۳۵	تولید اعداد تصادفی از متغیرهای تصادفی گسسته
۳۶	روش تبدیل معکوس
۴۰	تولید اعداد تصادفی از توزیع پواسن
۴۲	تولید اعداد تصادفی از توزیع دوجمله‌ای
۴۳	تولید اعداد تصادفی از متغیرهای تصادفی پیوسته
۴۳	روش تبدیل معکوس
۴۵	تولید اعداد تصادفی از توزیع نمایی
۴۶	تولید اعداد تصادفی از توزیع گاما
۴۶	تولید اعداد تصادفی از توزیع نرمال استاندارد
۴۹	منابع
۵۱	فصل سوم: بهینه‌سازی انبوه ذرات
۵۳	مقدمه
۵۳	الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات
۵۴	معرفی الگوریتم ابتدایی بهینه‌سازی انبوه ذرات
۵۶	تنظیم پارامترها
۵۸	ایجاد جمعیت اولیه و محاسبه تابع هدف
۵۹	مشخص نمودن Pbest و Gbest
۶۰	تعدیل نرخ تغییر مکان هر ذره
۶۲	حرکت ذرات به سمت موقعیت‌های جدید
۶۵	نکات تکمیلی
۶۶	اصلاح الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات

۶۷	الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات با ضریب اینرسی
۶۸	الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات با ضریب انقباض
۶۹	توپولوژی‌های ارتباطی
۷۱	توپولوژی ارتباطی دایره‌ای
۷۲	شیوه استفاده از اطلاعات ذرات در توپولوژی‌های ارتباطی
۷۳	برنامه بزی کارگاهی و PSO
۷۴	اجزای الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات برای حل مسائل برنامه‌ریزی کارگاهی
۸۲	کاربردهای بهینه‌سازی انبوه ذرات
۸۵	منابع
۸۹	فصل چهارم: بهینه‌سازی علف‌های هرز
۹۱	مقدمه
۹۲	الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز
۹۲	بوم‌شناسی علف‌های هرز
۹۳	علف هرز چیست و چرا مهم است؟
۹۳	تولید مثل علف‌های هرز
۹۴	شبیه‌سازی رفتار استعماری علف‌های هرز
۹۶	ایجاد جمعیت اولیه
۹۸	تولید مثل
۱۰۱	پراکندگی فضایی
۱۰۶	حذف رقابتی
۱۰۸	برنامه‌ریزی کارگاهی و IWO

اجرای الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز برای حل مسائل برنامه‌ریزی جریان

۱۰۸	کارگاهی
۱۱۴	کاربردهای الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز
۱۱۵	پیوست فصل: الگوریتم NEH
۱۲۱	منابع
۱۲۵	فصل ۴: الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی
۱۲۷	مقدمه
۱۲۷	رفتار زنبورها
۱۲۹	الگوریتم بهینه‌سازی کلونی زنبور مصنوعی
۱۲۹	رفتار توده زنبور عسل
۱۳۲	شبیه‌سازی کلونی زنبور عسل
۱۳۵	تنظیمات اولیه
۱۳۶	ایجاد جمعیت اولیه
۱۳۷	استقرار زنبورهای شاغل
۱۴۰	بهبود جواب‌ها توسط زنبورهای ردیاب
۱۴۴	جستجوی یک جواب جدید توسط زنبورهای پرسه‌زن
۱۴۴	نکات تکمیلی
۱۴۷	الگوریتم اصلاح شده کلونی زنبور مصنوعی
۱۴۷	فراوانی تغییرات
۱۴۸	شدت تغییرات
۱۴۹	تولید مثل بهترین جواب‌ها
۱۵۰	برنامه‌ریزی کارگاهی و ABC

۱۵۰	اجرای الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی برای حل مسائل برنامه‌ریزی کارگاهی ..
۱۵۰	ساز و کار تعریف جواب جدید
۱۵۴	مدل‌های الگوریتم کلونی زنبور
۱۵۵	مدل رفتار جستجوگرانه
۱۵۷	مدل رفتار جفت‌گیری
۱۵۹	مطالعات انجام شده بر روی بهینه‌سازی ABC
۱۶۲	بیع
۱۶۷	فصل ششم: الگوریتم کرش تاب
۱۶۹	مقدمه
۱۶۹	الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب‌تاب
۱۷۰	رفتار کرم‌های شب‌تاب
۱۷۰	الگوریتم کرم شب‌تاب
۱۷۳	تنظیمات اولیه
۱۷۴	ایجاد جمعیت اولیه
۱۷۵	ارزیابی شب‌تاب‌ها
۱۷۵	فاصله
۱۷۶	جذابیّت
۱۷۷	حرکت
۱۸۴	برنامه‌ریزی کارگاهی و FA
۱۸۴	اجرای الگوریتم کرم شب‌تاب برای حل مسائل برنامه‌ریزی کارگاهی
۱۸۸	کاربردهای الگوریتم کرم شب‌تاب
۱۸۹	بهینه‌سازی

۱۸۹	 طبقه‌بندی کردن
۱۹۰	 کاربردهای مهندسی
۱۹۱	 منابع
۱۹۵	 فصل هفتم: الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس
۱۹۷	 مقدمه
۱۹۷	 الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس
۱۹۷	 کلیات الگوریتم الکترومغناطیس
۱۹۹	 جزئیات الگوریتم الکترومغناطیس
۲۰۰	 ایجاد جستجو
۲۰۲	 انجام جستجوی محلی
۲۰۶	 محاسبه بردار نیروی کل
۲۰۹	 حرکت بر اساس نیروی کل
۲۱۳	 معیار توقف
۲۱۴	 بهبود و توسعه الگوریتم الکترومغناطیس
۲۱۴	 پیش‌گیری از همگرایی زود رس
۲۱۸	 بهبود در بردار حرکت
۲۲۱	 برنامه‌ریزی کارگاهی و EM
	اجرای الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس برای حل مسائل برنامه‌ریزی
۲۲۱	 کارگاهی
۲۲۸	 کاربردهای الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس
۲۲۹	 منابع

فهرست جداول

فصل اول: مقدمه و کلیات

جدول ۱-۱: تعداد سفارش‌ها و زمان پردازش آن‌ها	۸
جدول ۲-۱: شیوه انجام محاسبات برای مثال ۱-۱	۹
جدول ۳-۱: زمان پردازش مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۱۰
جدول ۴-۱: ترتیب عبور سفارش از ماشین‌ها در مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۱۰
جدول ۵-۱: شیوه انجام محاسبات برای مثال ۲-۱	۱۱
جدول ۶-۱: الگوریتم‌های مبتنی بر هوش توده‌ای	۱۹
جدول ۷-۱: الگوریتم‌های مبتنی بر هوش بدون توده‌ای	۲۲
جدول ۸-۱: الگوریتم‌های مبتنی بر فیزیک شیمی	۲۳
جدول ۹-۱: سایر الگوریتم‌ها	۲۴

فصل سوم: بهینه‌سازی انبوه ذرات

جدول ۱-۳: تعدیلات انجام شده روی نرخ تغییر مکان ذرات	۶۱
جدول ۲-۳: کاربردهای الگوریتم PSO در برنامه‌ریزی	۷۱
جدول ۳-۳: نمایش ذره برای مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۷۵
جدول ۴-۳: زمان پردازش برنامه‌ریزی کارگاهی	۷۵
جدول ۵-۳: ترتیب عبور سفارش از ماشین‌ها در مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۷۶
جدول ۶-۳: نمایش ذره نام	۷۶

۷۶	جدول ۳-۷: توالی افزایشی موقعیت X_{ij}
۷۷	جدول ۳-۸: توالی عملیات
۷۸	جدول ۳-۹: نمایش ذره اول
۷۹	جدول ۳-۱۰: نمایش ذره دوم
۸۰	جدول ۳-۱۱: نمایش نرخ تغییر مکان اولیه ذرات
۸۱	جدول ۳-۱۲: موقعیت جدید حاصل از ذره اول
۸۳	جدول ۳-۱۳: برخه ر کاربردهای بهینه‌سازی انبوه ذرات

فصل چهارم: بهینه‌سازی حلف ای.م.ز

۱۰۲	جدول ۴-۱: نمایش جواب‌های تصادفی تولید شده از جواب‌های اولیه
۱۰۵	جدول ۴-۲: مقادیر پارامترهای الگوریتم IWO برای آمینه کردن تابع کروی
۱۰۹	جدول ۴-۳: تعداد سفارش‌ها و زمان پردازش آن‌ها
۱۱۲	جدول ۴-۴: نمایش جواب‌های ایجاد شده از جواب اولیه X_1

فصل پنجم: الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی

۱۳۳	جدول ۵-۱: مقایسه زنبورهای طبیعی و مصنوعی
۱۳۹	جدول ۵-۲: خلاصه مراحل انجام شده توسط زنبورهای شاغل روی جمعیت اولیه جواب‌ها
۱۴۱	جدول ۵-۳: محاسبه احتمال انتخاب هر منبع توسط زنبورهای ردیاب

جدول ۵-۴: نحوه عمل قاعده «چرخ رولت»	۱۴۲
جدول ۵-۵: خلاصه مراحل انجام شده توسط زنبورهای ردیاب زوی جمعیت انتخاب شده جواب‌ها	۱۴۳
جدول ۵-۶: سیر تکاملی معرفی گونه‌های مختلف الگوریتم‌های الهام گرفته شده از رفتار جستجوگری منابع غذایی زنبورها	۱۵۵
جدول ۵-۷: سیر تکاملی معرفی گونه‌های مختلف الگوریتم‌های الهام گرفته شده از رفتار جستجوگری مکان کندو توسط زنبورها	۱۵۷
جدول ۵-۸: سیر تکاملی معرفی گونه‌های مختلف الگوریتم‌های الهام گرفته شده از رفتار جستجوگری زنبورها	۱۵۸

فصل ششم: الگوریتم کرم شب تاب

جدول ۶-۱: اعداد تصادفی ۰-۱ برای هر عملیات از روش‌ها	۱۸۵
جدول ۶-۲: اعداد تصادفی مرتب شده همراه با عملیات متغیر با آنها	۱۸۵
جدول ۶-۳: توالی هر سفارش را بررسی و در صورت لزوم اصلاح	۱۸۵
جدول ۶-۴: جواب X_1 برای حل مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۱۸۶
جدول ۶-۵: جواب X_p برای حل مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی	۱۸۶
جدول ۶-۶: کاربردهای بهینه‌سازی	۱۸۹
جدول ۶-۷: کاربردهای مهندسی	۱۹۰

فصل هفتم: الگوریتم بهینه‌سازی الکترومغناطیس

- جدول ۷-۱: خلاصه محاسبات انجام شده بر روی جمعیت جواب‌ها در جهت انجام جستجوی محلی ۲۰۴
- جدول ۷-۲: نتایج محاسبات مربوط به میزان بار هر جواب ۲۰۸
- جدول ۷-۳: محاسبه نیروی کل وارد بر X_1 ۲۰۹
- جدول ۷-۴: محاسبات انجام شده برای به دست آوردن بردار بی‌مقیاس شده $\|F_1\|$ ۲۱۱
- جدول ۷-۵: حرکت جواب X_1 در راستای نیروی کل وارد بر آن ۲۱۲
- جدول ۷-۶: توابع عملیات و زمان‌های پردازش برای یک مثال با ۴ سفارش و ۳ ماشین ۲۲۲
- جدول ۷-۷: نمایش یک جواب از حل مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی (جایگشت X) ۲۲۳
- جدول ۷-۸: نمایش یک جواب جدید ایجاد شده با استفاده از فرایند جستجوی محلی (جایگشت X') ۲۲۵
- جدول ۷-۹: کاربردهای الگوریتم الکترومغناطیس در زمینه‌های مختلف علمی ۲۲۸