

الحمد لله رب العالمين

الکوریتم های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت

مؤلف:

ژین شی یانگ

ترجمه:

دکتر احسان جهانی

(عضو هیئت علمی دانشگاه مازندران)

افشین طاهری نیا

(کارشناس ارشد مهندسی سازه)

دانشگاه مازندران

انتشارات دانشگاه مازندران

۴۱۹

سرشناسه	یانگ شین، شی
عنوان و نام پدیدآور	Xin-Shi Yang
مشخصات نشر	الگوریتم‌های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت / مؤلف ژین شی یانگ؛ ترجمه احسان جهانی، افشین طاهری نیا
مشخصات ظاهری	بابلسر: دانشگاه مازندران، ۱۳۹۸.
فروست	۴۳۷ ص.
شابک	انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۱۹
وضعیت فهرست نویسی	978-622-6506-04-5
موضوع	فیبا
موضوع	الگوریتم
موضوع	Algorithm
موضوع	بهینه سازی
موضوع	optimization
موضوع	الگوریتم‌های فراکاوشی
موضوع	Metahuristic Algorithms
شناسه افزوده	طاهری نیا، افشین، ۱۳۷۱ - مترجم
شناسه افزوده	Taheriniya, Afshin
شناسه افزوده	جهانی، احسان، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه مازندران
رده بندی کنگره	۵۹۷/۵۹
رده بندی دیویی	۵۹۷/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	۵۹۷۴۵۲۳

عنوان	الگوریتم‌های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت
نویسنده	ژین شی یانگ
مترجمین	احسان جهانی، افشین طاهری نیا
ویراستار ادبی	دکتر احمد غنی‌پور ملک‌شاه
ناشر	دانشگاه مازندران
تاریخ انتشار	۱۳۹۸
نوبت چاپ	اول
محل انتشار	بابلسر
تعداد صفحات	۴۳۷
شمارگان	۲۵۰ نسخه
قیمت	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال
حروفچینی و صفحه آرایی	اشرف غفوری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات: چاپ کتیبه
«کلیه حقوق برای دانشگاه مازندران محفوظ است»	

بابلسر: خیابان پاسداران، دانشگاه مازندران، مجرای معاونت پژوهشی

ISBN: 978-622-6506-04-5

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۵۰۶-۰۴-۵

پیش‌گفتار

در سال‌های اخیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی الهام‌گرفته از طبیعت بسیار محبوب گشته‌اند و اکثر این الگوریتم‌های فراکاوشی، نظیر بهینه‌سازی توده ذرات^۱ و الگوریتم‌های کرم شب‌تاب^۲، بر اساس هوش توده‌ای^۳ هستند. الگوریتم‌های هوش توده‌ای نظیر کرم شب‌تاب و جستجوی فاخته^۴ بسیار کارآمد به حساب می‌آیند.

ادبیات فنی در این زمینه به طور چشم‌گیری در طول ۱۰ سال گذشته، گسترش یافته است و نیاز به بررسی و مرور و خلاصه‌سازی این الگوریتم‌های بهینه‌سازی را تشدید کرده است. بنابراین این کتاب تلاش بر این دارد تا آخرین توسعه‌ها و پیشرفت‌های مرتبط با الگوریتم‌های بهینه‌سازی برجسته برگرفته از طبیعت را معرفی کند که شامل الگوریتم‌های زنبور^۵ و مورچه^۶، الگوریتم‌های خفاش^۷، جستجوی فاخته، الگوریتم‌های کرم شب‌تاب، الگوریتم‌های گل^۸، الگوریتم‌های ژنتیک^۹، تکامل تفاضلی^{۱۰}، جستجوی هارمونی^{۱۱}، تبرید شبیه‌سازی شده^{۱۲}، بهینه‌سازی توده‌ذرات و دیگر الگوریتم‌ها می‌شود.

¹ Particle Swarm Optimization

² Firefly Algorithm

³ Swarm intelligence

⁴ Cuckoo Search

⁵ Bee Algorithm

⁶ Ant Algorithm

⁷ Bat Algorithm

⁸ Flower Algorithm

⁹ Genetic Algorithm

¹⁰ Differential Evolution

¹¹ Harmony Search

¹² Simulated Annealing

همچنین در مورد روش‌های ترکیبی^۱ (مرکب)، بهینه‌سازی چندهدفه^۲ و راهکارهای سازگاری با قیود نیز بحث خواهیم کرد.

سازماندهی محتوی این کتاب به گونه‌ای منطقی می‌باشد که بتوان الگوریتم‌های بهینه‌سازی را به طور طبیعی، معرفی کنیم. بنابراین ترتیب آن‌ها بر اساس تاریخ توسعه و پیدایش هر الگوریتم نخواهد بود. الگوریتم‌ها را بر اساس معیارهای معمول و شباهت‌های آن‌ها گروه‌بندی و تحلیل کرده‌ایم تا خواننده بتواند بینش بهتری نسبت به این الگوریتم‌ها داشته باشد.

تاکید این کتاب بر معرفی الگوریتم‌های پایه، تحلیل مولفه‌های کلیدی این الگوریتم‌ها و برخی گام‌های کلیدی در اجرای آن‌هاست. البته بیش از حد بر روی اجرای دقیق با استفاده از زبان‌های برنامه نویسی تمرکز نمی‌کنیم هرچند برخی نمونه‌های نمایشی از کدها را در پیوست آورده‌ایم.

تنوع و محبوبیت الگوریتم‌های برگرفته از طبیعت به معنای این نیست که هیچ مسئله قابل توجه‌ای نسبت به آن‌ها وجود ندارد. در حقیقت، نسبت به این الگوریتم‌ها همچنان سوالات مهمی وجود دارد. برای مثال اختلاف‌های چشم‌گیری بین تئوری و عمل وجود دارد. از یک طرف الگوریتم‌های برگرفته از طبیعت برای بهینه‌سازی، بسیار موفق عمل کرده‌اند و توانسته‌اند پاسخ‌های بهینه را در یک زمان منطقی و کاربردی، کسب کنند. از طرف دیگر تحلیل ریاضی ابعاد کلیدی این الگوریتم‌ها مانند همگرایی، تعادل بین دقت پاسخ‌ها و تلاش‌های محاسباتی همانند تنظیم و کنترل پارامترها، دارای نواقص و کمبودهایی است.

طبیعت بیش از میلیارد‌ها سال است که رشد و نمو کرده است و یک منبع غنی الهام‌گیری را فراهم ساخته است. پژوهشگران با الهام‌گیری‌های گوناگون از طبیعت، محدوده متنوعی از الگوریتم‌ها با درجات موفقیت مختلف را توسعه و بسط داده‌اند. چنین تنوع و موفقیتی به معنای آن نیست که ما باید بر ایجاد الگوریتم‌های بیشتر به منظور توسعه و یا بدتر از آن به منظور نشر مقالات بیشتر، تمرکز کنیم. ما خوانندگان را تشویق

¹ Hybrid Method

² Multi-Objective Optimization

نمی‌کنیم تا الگوریتم‌های جدید با نام‌های مختلف مثلاً الگوریتم علف، درخت، ببر، پنگوئن، برف، آسمان، اقیانوس یا هابیت^{۱*} ایجاد کنیم. این الگوریتم‌های جدید ممکن است فقط انحرافات از پاسخ‌های مسائل مهم و چالش‌برانگیز در بهینه‌سازی، ارائه کنند. الگوریتم‌های جدید زمانی ایجاد می‌شوند که بتوانند ایده‌های نوین و تکنیک‌های کارآمد برای مسائل چالش‌برانگیز ایجاد کنند و البته الگوریتم‌های موجود هم نتوانسته باشند به این مهم دست پیدا کرده باشند.

بهتر است که خوانندگان با کسب بینش خوب نسبت به ذات الگوریتم‌های برگرفته از طبیعت مختلف بتوانند چالش‌هایی را برای حل مسائل کلیدی که نیاز به حل دارند را بپذیرند. این چالش‌ها شامل اثبات ریاضی همگرایی برخی الگوریتم‌های برگرفته از زیست، چارچوب نظری کنترل و تنظیم پارامتر، سنجش‌های آماری از مقایسه عملکردها، پاسخ مسائل بزرگ مقیاس، کاربردها در دنیای واقعی و پیشروی‌های حقیقی در کنترل مسائل سخت چندجمله‌ای نامعین^۲، می‌شود. اهمیت حل این چالش‌ها از قبل هم بیشتر شده است.

انتظار می‌رود که الگوریتم‌های بسیار کارآمد، هوشمند، خودسازگار و خود تکامل دهنده در آینده نه چندان دور پدیدار شوند تا مسائل چالش‌برانگیز که اهمیت حیاتی دارند (مانند مسئله فروشنده دوره‌گرد^۳ و پیش‌بینی ساختار پروتئین) کارآمدتر حل شوند. هر بینش کسب شده یا هر ابزار کارآمد که پدیدار شده است بدون شک تأثیر بسزایی بر نحوه حل مسائل مذکور در بهینه‌سازی، هوش محاسباتی و کاربردهای طراحی مهندسی، دارد.

ژین شی یانگ

لندن، ۲۰۱۳

^۱ Hobbit *

^۲ NP-hardness (non-deterministic polynomial time hardness)

^۳ Traveling Salesman Problem

* هابیت‌ها گونه‌ای از موجودات تخیلی در رمان‌های تالکین هستند که در سرزمین میانه و سایر زندگی می‌کنند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر الگوریتم‌ها

۱.۱ الگوریتم چیست ؟	۲
۲.۱ روش نیوتون	۵
۳.۱ بهینه‌سازی	۸
۱.۳ الگوریتم‌های بر پایه گرادیان	۱۰
۲.۳.۱ روش تپه نوردی با شروع مجدد تصادفی	۱۵
۴.۱ جستجو برای بهینگی	۱۷
۵.۱ قضیه از نهار مجانی خبری نیست	۱۹
۱.۵.۱ قضیه NFL	۲۰
۲.۵.۱ انتخاب الگوریتم‌ها	۲۳
۶.۱ فراکاوشی‌های الهام گرفته از طبیعت	۲۵
۷.۱ تاریخچه مختصری از فراکاوشی‌ها	۲۷
منابع	۳۵

فصل دوم: تحلیل الگوریتم‌ها

۱.۲ مقدمه	۳۸
۲.۲ تحلیل الگوریتم‌های بهینه‌سازی	۳۹
۱.۲.۲ الگوریتم به عنوان یک فرآیند تکرارشونده	۳۹
۲.۲.۲ یک الگوریتم ایده‌آل ؟	۴۱
۳.۲.۲ سامانه خود سازمان دهنده	۴۲
۴.۲.۲ اکتشاف و استخراج	۴۳
۵.۲.۲ عملگرهای تکامل تدریجی	۴۵
۳.۲ الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت	۴۹
۱.۳.۲ تبرید شبیه‌سازی شده	۴۹
۲.۳.۲ الگوریتم‌های ژنتیک	۵۰
۳.۳.۲ تکامل تفاضلی	۵۱
۴.۳.۲ الگوریتم‌های زنبور و مورچه	۵۱

۵۳	 بهینه‌سازی توده ذرات
۵۴	 ۶.۳.۲ الگوریتم کرم شب‌تاب
۵۶	 ۷.۳.۲ جستجوی فاخته
۵۸	 ۸.۳.۲ الگوریتم خفاش
۵۹	 ۹.۳.۲ جستجوی هارمونی
۶۰	 ۱۰.۳.۲ الگوریتم گرده افشانی گل
۶۲	 ۱۱.۳.۲ سایر الگوریتم‌ها
۶۳	 ۴.۲ تنظیم پارامتر و پارامتر کنترل
۶۳	 ۱.۴.۲ تنظیم پارامتر
۶۴	 ۲.۴.۲ فرا بهینه‌سازی
۶۵	 ۳.۴.۲ دیدگاه چندهدفه
۶۶	 ۴.۴.۲ کنترل پارامتر
۶۷	 ۵.۲ مباحث
۶۹	 ۶.۲ خلاصه
۷۱	 منابع

فصل سوم: گام‌های تصادفی و بهینه‌سازی

۷۶	 ۱.۳ متغیرهای تصادفی
۷۸	 ۲.۳ گام‌های تصادفی ایزوتروپی
۸۱	 ۳.۳ توزیع لوی و پرش‌های لوی
۸۵	 ۴.۳ بهینه‌سازی به عنوان یک زنجیره مارکوف
۸۵	 ۱.۴.۳ زنجیره مارکوف
۸۸	 ۲.۴.۳ بهینه‌سازی بصورت یک زنجیره مارکوف
۹۱	 ۵.۳ طول گام و کارایی جستجو
۹۱	 ۱.۵.۳ طول گام، معیار توقف، و کارایی
۹۳	 ۲.۵.۳ چرا پرش‌های لوی کارآمدترند
۹۴	 ۶.۳ ابعاد و استراتژی جستجوی متناوب
۹۹	 ۷.۳ اهمیت تصادفی کردن
۹۹	 ۱۰.۷.۳ راه‌های اجرای گام‌های تصادفی
۱۰۲	 ۲.۷.۳ اهمیت مقدار دهی اولیه

۱۰۳	۳.۷.۳ نمونه گیری با اهمیت
۱۰۴	۴.۷.۳ دنباله‌های کم اختلاف
۱۰۶	۸.۳ استراتژی عقاب
۱۰۶	۸.۳ ایده‌های اصلی استراتژی عقاب‌ها
۱۰۸	۸.۳ چرا استراتژی عقاب بسیار کارآمد است
۱۱۰	منابع

فصل چهارم: تبرید شبیه‌سازی شده

۱۱۳	۴.۱ تبرید و توزیع بولتزمن
۱۱۵	۴.۲ پارامترها
۱۱۷	۴.۳ الگوریتم SA
۱۱۹	۴.۴ بهینه‌سازی غیومقید
۱۲۰	۴.۵ خصوصیات اصلی همگرایی
۱۲۳	۴.۶ رفتار SA در عمل
۱۲۵	۴.۷ تونل سازی احتمالی
۱۲۸	منابع

فصل پنجم: الگوریتم ژنتیک

۱۲۹	۵.۱ مقدمه
۱۳۱	۵.۲ الگوریتم‌های ژنتیک
۱۳۴	۵.۳ نقش الگوریتم ژنتیک
۱۳۶	۵.۴ انتخاب پارامترها
۱۳۹	۵.۵ انواع دیگر GA
۱۴۱	۵.۶ تئوری طرح
۱۴۳	۵.۷ تحلیل همگرایی
۱۴۶	منابع

فصل ششم: تکامل تفاضلی

۱۴۹	۶.۱ مقدمه
۱۵۰	۶.۲ تکامل تفاضلی

۱۵۳	۳.۶ انواع دیگر این الگوریتم
۱۵۵	۴.۶ انتخاب پارامترها
۱۵۶	۵.۶ تحلیل همگرایی
۱۵۹	۶.۶ اجرا
۱۶۱	منابع:

فصل هفتم: بهینه‌سازی توده ذرات

۱۶۳	۱.۷ هوش توده‌ای
۱۶۴	۲.۷ الگوریتم PSO
۱۶۷	۳.۷ PSO شتاب یافته
۱۶۸	۴.۷ اجرا
۱۷۲	۵.۷ تحلیل همگرایی
۱۷۲	۱.۵.۷ سیستم دینامیکی
۱۷۴	۲.۵.۷ روش زنجیره مارکوف
۱۷۶	۶.۷ PSO دودویی
۱۷۹	منابع

فصل هشتم: الگوریتم‌های کرم شب‌تاب

۱۸۱	۱.۸ الگوریتم کرم شب‌تاب
۱۸۲	۱.۱.۸ رفتار کرم شب‌تاب
۱۸۳	۲.۱.۸ الگوریتم کرم شب‌تاب استاندارد
۱۸۴	۳.۱.۸ تنوع شدت نور و جذابیت
۱۸۷	۴.۱.۸ تصادفی کردن کنترل کننده
۱۸۸	۲.۸ تحلیل الگوریتم
۱۸۸	۱.۲.۸ مقیاس‌ها و موارد محدود کننده
۱۹۰	۲.۲.۸ جذب و انتشار
۱۹۲	۳.۲.۸ موارد خاص FA
۱۹۳	۳.۸ اجرا
۱۹۵	۴.۸ انواع دیگر الگوریتم کرم شب‌تاب