



الگوریتم ژنتیک

و

کاربردهای آن در مهندسی صنایع

با مقدمه‌ای از

پروفسور رضا توکلی مقدم

تألیف:

دکتر ناصر شهسواری پور

(عضو هیئت علمی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان)

رضا فتاحی

بهروز قاسمی شبانکاره

سرشناسه : شهسواری پور، ناصر، ۱۳۵۴ -
 عنوان و نام پدیدآور : الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن در مهندسی صنایع / تالیف ناصر
 شهسواری پور، رضا فتاحی، بهروز قاسمی شبانکاره؛ با مقدمه‌ای از پروفسور رضا توکلی مقدم.
 مشخصات نشر : رفسنجان: دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، ۱۳۹۵.
 مشخصات ظاهری : ۲۹۶ص: مصور، جدول، نمودار.
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۶۸۶-۶-۹
 وضعیت فهرستنویسی : فیبا
 یادداشت : ص.ع. به انگلیسی.
Genetic Algorithm and Its Applications in Industrial Engineering
 موضوع : الگوریتم ژنتیک
 شناسه افزوده : فتاحی، رضا، ۱۳۶۶ -
 شناسه روده : قاسمی شبانکاره، بهروز، ۱۳۶۶ -
 شناسه افزوده : توکلی مقدم، رضا، ۱۳۴۱ - ، مقدمه‌نویس
 شناسه افزوده : دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
 رده‌بندی کنگره : ۷۱۷ الف ۹ش / ۵ / ۴۰۲ QA۴۰۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۴۹۳



عنوان کتاب: الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن در مهندسی صنایع
 مولف: ناصر شهسواری پور، رضا فتاحی، بهروز قاسمی شبانکاره؛ با مقدمه‌ای از پروفسور رضا توکلی مقدم
 نام انتشارات: دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
 طراح جلد: رضا فتاحی
 لیتوگرافی، چاپ و صحافی: فرهنگ کرمان ۳۳۳۸۶۲۴۹-۳۴
 سال نشر: ۱۳۹۵
 تیراژ: ۱۰۰۰
 قیمت: ۱۵۰۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸۶۰۰۹۴۶۸۶۶۹

مقدمه‌ی پروفورماتوکل‌ی مقدم

به نام خدا

آقای دکتر شهسوار از من خواست که مقدمه‌ای بر این کتاب بنویسم. حدود ده سال پیش که ایشان بعنوان دانشجوی دکتری در کلاس درس اینجانب حضور داشت، با علاقه و پشتکار و توانایی‌های خاص خود نشان داد که می‌تواند در زمینه‌ی مباحث بهینه‌سازی در مهندسی صنایع و الگوریتم‌های فرایندکاری حاسبات نرم موفق باشد. مقالات متعدد در این زمینه و کتاب برنامه‌ریزی تولید با رویکرد الگوریتم‌های فرایندکاری که توسط انتشارات دانشگاهی کیان چاپ شده است و همچنین کتاب حاضر در زمینه‌ی علاقه و پشتکار ایشان در ده سال گذشته می‌باشد.

کتاب حاضر توسط دکتر شهسوار و در کنار دانشجویان ایشان تألیف شده است که این دانشجویان در حال حاضر هر دو دانشجوی دکتری مهندسی صنایع در ایران و استرالیا می‌باشند. این کتاب سعی بر آن دارد که ابتدا الگوریتم زیست به زبانی ساده آموزش دهد و سپس کاربردهایی از الگوریتم ژنتیک را در مهندسی صنایع با مثال‌های کاربردی بصورت کامل تشریح نماید.

این کتاب با عنوان الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن در مهندسی صنایع شامل فصل می‌باشد. در فصل اول مبانی الگوریتم ژنتیک به زبانی ساده مطرح می‌شود. فصل دوم به بررسی مسایل بهینه‌سازی ترکیبی می‌پردازد و در فصل سوم مسایل بهینه‌سازی چندهدفه با رویکرد الگوریتم ژنتیک چندهدفه مطرح و رویکردهای رتبه‌بندی پارتو و نخبه‌گرایی تشریح می‌شوند.

از آنجا که مسایل مهندسی صنایع در دنیای واقعی با عدم قطعیت روبرو هستند لذا فصل چهارم به آشنایی با اعداد فازی و رتبه‌بندی اعداد فازی می‌پردازد زیرا در فصل‌های بعدی در حل مسایل، نیاز به روش‌های رتبه‌بندی اعداد فازی می‌باشد.

فصل‌های پنجم و ششم در واقع بخش دوم کتاب را تشکیل می‌دهند. این دو فصل شامل مثال‌های کاربردی مهندسی صنایع می‌باشند که با روش‌های الگوریتم ژنتیک حل می‌شوند. در فصل پنجم مساله‌ی توالی عملیات جریان کارگاهی و در فصل ششم مساله‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی به صورت کامل تشریح و حل می‌شوند.

این کتاب می‌تواند برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی صنایع، ریاضیات کاربردی، مدیریت صنعتی و کلیه‌ی کارشناسان و متخصصین مهندسی صنایع مفید باشد.

رضا توکلی مقدم

www.ketab.ir

پیشینه

تاکنون اغلب برای حل مسایل بهینه‌سازی در مهندسی صنایع از روش‌های دقیق استفاده شده است. از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان به برنامه‌ریزی پویا، برنامه‌ریزی عدد صحیح، انواع الگوریتم‌های ابتکاری و غیره اشاره نمود. از آنجا که حل مدل‌های ریاضی غیرخطی، گسسته و یا ترکیبی با استفاده از روش‌های دقیق به ویژه زمانی که مساله به دلیل وجود تعداد متغیرهای زیاد و یا مطرح بودن عدم قطعیت، تبدیل به یک مساله‌ی پیچیده‌ی NP-hard می‌گردد، بسیار دشوار است، بنابراین، در مدل‌سازی، مفروضات غیرواقعی مانند فرض خطی بودن مدل‌ها مطرح می‌شود، تا بتوان آن مدل‌ها را حل کرد. نمونه‌هایی از این مسایل که در مهندسی صنایع مطرح می‌شوند عبارتند از: مساله‌ی کوله‌پشتی، مساله‌ی فزاینده‌ی دوره‌گرد (TSP)، مسایل زمان‌بندی و برنامه‌ریزی تولید (مسایل زمان‌بندی جریان کارگامی و کارگاه‌ها)، مسایل قابلیت اطمینان و حتی مسایلی در زمینه‌ی طرح‌ریزی واحدهای صنعتی و غیره.

برای حل این مسایل، سعی می‌شود هنگام مدل‌سازی، مدلی ساخته شود که امکان حل آن با استفاده از روش‌های دقیق میسر باشد. این امر باعث می‌شود که مساله‌ی واقعی با اعمال مفروضات غیرواقعی مانند خطی بودن مدل، تبدیل به یک مساله‌ی غیرواقعی گردد. سپس، با استفاده از روش‌های دقیق به حل مدل غیرواقعی پرداخته می‌شود. هرچه مدل جواب‌های محاسبه شده دقیق هستند، ولی با جواب‌های مساله‌ی واقعی متفاوت خواهند بود. این امر در ردن مفروضات غیرواقعی و مدل‌سازی غیرواقعی و حل این مدل‌ها، جواب‌گوی نیازهای دنیای واقعی نیست و این امر موجب دلسردی مدیران از بکارگیری روش‌های دقیق در حل مسایل بهینه‌سازی می‌گردد.

از سال ۱۹۶۰ تقلید از پدیده‌های طبیعی برای استفاده در الگوریتم‌های قوی جهت حل مسایل سخت بهینه‌سازی مورد توجه قرار گرفته است که این تکنیک‌ها به تکنیک‌های محاسبه‌ی تکاملی یا همان استراتژی تکاملی معروف شده‌اند. استراتژی تکاملی در سال ۱۹۷۳ توسط ریچنبرگ مطرح شد. این استراتژی معمولاً به حل مسایل بهینه‌سازی با پارامترهای دارای مقادیر حقیقی می‌پردازد. روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت با روش‌های متعارف بهینه‌سازی تفاوت مهمی دارند. در روش‌های متعارف، هر کاندیدی جواب جدید در صورتی به عنوان جواب جدید انتخاب می‌شود که مقدار تابع هدف را بهبود بخشد، ولی در الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت، به تمام کاندیداهای جواب‌های جدید، شانس انتخاب داده می‌شود.

الگوریتم ژنتیک در سال ۱۹۷۵ توسط جان هالند معرفی گردید. این الگوریتم نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی است که از تکنیک‌های زیست‌شناسی فرگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. این کتاب از میان الگوریتم‌های تکاملی به الگوریتم ژنتیک می‌پردازد. امروزه الگوریتم ژنتیک در بسیاری از زمینه‌های علمی که نیاز به حل مسائل NP-hard دارند، استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این مسائل در مهندسی صنایع عبارتند از: زمان‌بندی و تناوب کارها (برنامه‌ریزی تولید)، قابلیت اطمینان، جابه‌جایی و حمل و نقل، کنترل پروژه، جانمایی تجهیزات، مسائل شبکه‌ی هاب و غیره. همچنین الگوریتم ژنتیک، در رشته‌های دیگر مانند برق، کامپیوتر، مکانیک و غیره نیز کاربردهای فراوانی دارد.

از آنجایی که الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسائل پیچیده سبب شد که محققان هنگام مدل‌سازی ریاضی، نگران مدل‌نباشند و از مفروضات غیرواقعی پرهیز کنند. بدین ترتیب، مدل‌سازی‌های ریاضی، واقعی‌تر و مفروضات غیرواقعی کمتری وارد این مدل‌ها شدند. الگوریتم ژنتیک به جواب تقریبی در همسایگی غلط، بهینه دست می‌یابد، هر چند نمی‌توان ادعا کرد که جواب بدست آمده، بهینه است، با این حال همسایگی بهینه خواهد بود و می‌توان اعتبار و کارایی الگوریتم را نیز مورد سنجش قرار داد. یافتن جواب‌های به همسایگی جواب بهینه برای مدل‌های ریاضی واقعی خیلی بهتر از دستیابی به جواب‌های دقیق برای مدل‌های ریاضی غیرواقعی است.

یکی از ویژگی‌های دنیای امروز، سرعت تغییرات و عدم قطعیت است که تصمیم‌گیری به موقع را برای مدیران دشوار کرده است. برای لحاظ کردن عدم قطعیت در مدل‌سازی‌های ریاضی می‌توان از تئوری فازی استفاده کرد. مسائل بهینه‌سازی مهندسی واقع در دنیای واقعی کنونی، تبدیل به یک مدل ریاضی چندهدفه‌ی فازی با محدودیت‌های واقعی شده‌اند که می‌توان این گونه مدل‌ها را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل نمود.

نیاز مدیران صنایع و خدمات امروزی به مدل‌سازی واقعی برای حل مسائل بهینه‌سازی و همچنین نیاز دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی صنایع برای حل مسائل پیچیده و از سویی کمبود کتاب آموزشی مناسب و کاربردی در این زمینه، از ضرورت‌های اساسی نگارش این کتاب بود.

این کتاب در ۶ فصل تدوین شده است. در فصل اول به مبانی الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود که شامل مقدمه، تشریح مراحل مختلف الگوریتم ژنتیک و گام‌های الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در این فصل، برای درک بهتر گام‌های الگوریتم ژنتیک، یک مثال عددی ساده مطرح و بصورت دستی تمامی گام‌های حل با الگوریتم ژنتیک نشان داده می‌شود. فصل دوم کتاب به مسایل بهینه‌سازی

ترکیبی و طبقه‌بندی روش‌های حل آن‌ها می‌پردازد. در فصل سوم، بهینه‌سازی چندهدفه و روش‌های حل مسایل چندهدفه مورد بحث قرار می‌گیرند و الگوریتم ژنتیک چندهدفه به صورت کامل تشریح و رویکردهای رتبه‌بندی پارتو، تنوع‌گرایی و نخبه‌گرایی نیز شرح داده می‌شوند. از آنجا که مسایل مهندسی صنایع در دنیای واقعی همواره با عدم قطعیت روبرو هستند، لذا فصل چهارم به آشنایی با اعداد فازی می‌پردازد. همچنین در این فصل، یک روش ابتکاری رتبه‌بندی اعداد فازی مطرح می‌شود زیرا در حل مسایل بهینه‌سازی فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، به روش‌های رتبه‌بندی اعداد فازی نیاز می‌باشد.

برای نشان دادن کاربرد الگوریتم ژنتیک و مباحث چهار فصل اول کتاب، فصل‌های پنجم و ششم به تشریح مسایل از مهندسی صنایع از جمله مساله‌ی توالی عملیات جریان کارگاهی و مساله‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی می‌پردازد که با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه حل می‌شوند.

در اینجا بر خود واجب می‌دانم از هیئتی که در تهیه‌ی این کتاب همکاری بسیار صمیمانه‌ای داشته‌اند به خصوص آقای مجتبی کالمی، خانم نجمه بهرامپور و خانم الهام احمدی گوهری نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

مطالعه‌ی این کتاب به دانشجویان کارشناسی ارشد و کتبی مهندسی صنایع، مدیریت صنعتی و ریاضی کاربردی توصیه می‌شود. ارسال پیشنهادها و انتقادات برای اصلاح کتاب به آدرس ایمیل ذیل، موجب امتنان نویسندگان خواهد بود.

Shahsavari_m@sharif.edu

ناصر شهسوار

بهار ۱۳۹۵

فهرست مطالب

۱- فصل اول: مبانی الگوریتم ژنتیک	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱- ساختار کلی الگوریتم ژنتیک	۹
۱-۱-۲- مراحل و شیوه‌های جستجو	۱۴
۱-۲-۱- تشخیص مراحل مختلف الگوریتم ژنتیک	۱۵
۱-۲-۱-۱- کدگذاری مساله	۱۶
۱-۲-۱-۲- ایجاد جمعیت اولیه	۲۳
۱-۲-۱-۳- زیایی	۲۴
۱-۲-۱-۴- عمل‌های (انتخاب، جهش و جهش در الگوریتم ژنتیک)	۲۴
۱-۲-۱-۴-۱- عملگر (۱)	۲۷
۱-۲-۱-۴-۲- عملگر (۲)	۳۰
۱-۲-۱-۵- فرایند انتخاب	۳۱
۱-۲-۱-۵-۱- فضای نمونه‌گیری	۳۲
۱-۲-۱-۵-۲- مکانیزم نمونه‌گیری	۳۵
۱-۲-۱-۵-۳- نمونه‌گیری احتمالی	۳۵
۱-۲-۱-۵-۴- نمونه‌گیری قطعی	۳۸
۱-۲-۱-۵-۵- نمونه‌گیری مختلط	۳۹
۱-۲-۱-۵-۶- احتمال انتخاب	۴۰
۱-۲-۱-۵-۷- فشار انتخابی	۴۶
۱-۲-۱-۶- شرط توقف	۴۸
۱-۳-۱- گام‌های الگوریتم ژنتیک	۴۹
۲- فصل دوم: مسایل بهینه‌سازی ترکیبی	۶۹
۲-۱- مقدمه	۷۰
۲-۱-۱- طبقه‌بندی الگوریتم‌های حل مسایل بهینه‌سازی ترکیبی	۷۱
۲-۱-۲- مساله‌ی کوله‌پشتی	۷۴
۲-۱-۳- رویکرد نمایش باینری (دودویی)	۷۵
۲-۱-۴- رویکرد نمایش ترتیبی	۷۸

۸۲	۲-۲-۲- رویکرد نمایش با طول متغیر
۸۴	۳-۲- مساله‌ی تخصیص درجه‌ی دوم
۸۶	۱-۳-۲- کدگذاری
۸۷	۲-۳-۲- عملگرهای ژنتیک
۸۹	۴-۲- مساله‌ی فروشنده‌ی دوره‌گرد (TSP)
۹۰	۱-۴-۲- نمایش
۹۲	۲-۴-۲- عملگرهای برش
۱۰۵	۳-۴-۲- عملگرهای جهش
۱۱۱	۳- فصل دوم: مسایل بهینه‌سازی چندهدفه
۱۱۲	۱- مقدمه
۱۱۵	۳-۱- فرایند تبدیل بهینه‌سازی چندهدفه
۱۱۷	۳-۳- ارزیابی رتبه‌بندی در حالت چندهدفه
۱۲۲	۱-۳-۳- روش ژنتیک مبتنی بر وزن (WBGA)
۱۲۳	۲-۳-۳- روش سورتیت رتیک با وزن دهی تصادفی (RWGA)
۱۲۴	۳-۳-۳- روش الگوریتم ژنتیک با زیایی برداری (VEGA)
۱۲۶	۴-۳- رویکرد رتبه‌بندی پارتو
۱۳۱	۵-۳- رویکرد تنوع‌گرایی
۱۳۲	۳-۵-۳- به اشتراک گذاشتن برازش
۱۳۹	۳-۵-۲- تراکم براساس سلول‌ها
۱۴۰	۶-۳- نخبه‌گرایی
۱۴۱	۴- فصل چهارم: آشنایی با اعداد فازی
۱۴۲	۱-۴- مقدمه
۱۴۲	۲-۴- مجموعه‌ی فازی
۱۵۴	۳-۴- رتبه‌بندی اعداد فازی
۱۵۵	۴-۳-۱- روش شعاع زیراسیون اصلاح شده (MROG)
۱۵۸	۴-۳-۱-۱- مقایسه‌ی عملکرد روش شعاع زیراسیون اصلاح شده با سایر روش‌ها
۱۶۵	۵- فصل پنجم: مسایل توالی عملیات جریان کارگاهی
۱۶۶	۱-۵- مقدمه
۱۶۹	۲-۵- مساله‌ی جریان کارگاهی دو ماشینیه
۱۷۱	۳-۵- روش‌های ابتکاری برای مسایل m ماشینیه کلی

۱۷۲	۵-۳-۱- الگوریتم ابتکاری پالمیر
۱۷۳	۵-۳-۲- الگوریتم ابتکاری گوپتا
۱۷۳	۵-۳-۳- الگوریتم ابتکاری CDS
۱۷۵	۵-۳-۴- الگوریتم ابتکاری RA
۱۷۵	۵-۳-۵- الگوریتم ابتکاری NEH
۱۷۶	۵-۴- رویکرد گن، تسوجی مورا و کوبوتا
۱۷۶	۵-۴-۱- نحوه‌ی ساخت کروموزوم
۱۷۷	۵-۴-۲- تابع ارزیابی
۱۷۸	۵-۴-۱- عملگرهای برش و جهش
۱۷۹	۵-۴-۴- مثال
۱۸۳	۵-۵- رویکرد ریز
۱۸۳	۵-۵-۱- جمعیت‌ها
۱۸۴	۵-۵-۲- عملگرهای انتخاب
۱۸۶	۵-۵-۳- انتخاب
۱۸۷	۵-۵-۴- مثال عددی
۱۸۸	۵-۶- رویکرد ایشیویچی، یاماموتو، موراتا و تاکاکا
۱۸۹	۵-۶-۱- مسالهی جریان کارگاهی فازی
۱۹۰	۵-۶-۲- الگوریتم ژنتیک ترکیبی
۱۹۳	۵-۶-۳- مثال عددی
۱۹۵	۶- فصل ششم: مسایل زمان بندی کار کارگاهی
۱۹۶	۶-۱- مقدمه
۱۹۸	۶-۲- مدل‌های برنامه‌ریزی کار کارگاهی
۲۰۲	۶-۲-۱- مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح
۲۰۵	۶-۲-۲- مدل برنامه‌ریزی خطی
۲۰۵	۶-۲-۳- مدل نمودار جداساز
۲۰۷	۶-۲-۴- روش‌های ابتکاری متداول
۲۰۸	۶-۲-۴-۱- روش ابتکاری ارسال براساس اولویت
۲۱۲	۶-۲-۴-۲- روش ابتکاری ارسال به صورت تصادفی
۲۱۳	۶-۲-۴-۳- روش ابتکاری تغییر گلوگاه
۲۱۴	۶-۳- الگوریتم ژنتیک برای مسایل زمان بندی کار کارگاهی

۲۱۴	۶-۳-۱- روش‌های نمایش
۲۱۶	۶-۳-۱-۱- نمایش براساس عملیات
۲۱۸	۶-۳-۱-۲- نمایش براساس کار
۲۲۰	۶-۳-۱-۳- نمایش براساس لیست ترجیح
۲۲۴	۶-۳-۱-۴- نمایش براساس کلیدهای تصادفی
۲۲۵	۶-۴- حل یک مسأله‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر فازی توسط الگوریتم فراابتکاری جدید
۲۲۸	۶-۴-۱- تعریف مسأله
۲۳۰	۶-۴-۲- مدل‌سازی مسأله
۲۳۰	۶-۴-۲-۱- مدل‌سازی مسأله در حالت غیرفازی
۲۳۲	۶-۴-۲-۲- مدل‌سازی مسأله در حالت فازی
۲۳۳	۶-۴-۳- الگوریتم فراابتکاری ترکیبی جدید NHGASA
۲۳۷	۶-۴-۴- روش‌های الگوریتم ژنتیک چندهدفه (MOGA)
۲۴۰	۶-۴-۵- روش حل مسأله توسط الگوریتم NHGASA
۲۵۳	۶-۴-۶- حل یک مسأله کار فازی توسط الگوریتم NHGASA
۲۵۳	۶-۴-۱- حل مسأله در حالت علمی
۲۶۵	۶-۴-۱-۱- مقایسه جواب‌های الگوریتم NHGASA با سایر الگوریتم‌ها
۲۷۰	۶-۴-۲- حل مسأله در حالت فازی
۲۷۵	۶-۴-۲-۱- نتایج
۲۷۷	۷- منابع