الگوریتم‌های فراابتکاری: طراحی و کاربردها

نویسنده

الغزال طلبی

مترجمان:
پروفسور محمدحسین فاضل زرندی
(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)
مهندس شیما سلطانزاده
مهندس بهشاد لاهیجانیان

نیاز دانش

فهرست مطالب

مقدمه ۶
فصل ۱: مفاهیم رایج در روش‌های فرا ابتکاری ۹
۱-۱- مدل‌های بهینه‌سازی ۱۰
۱-۱-۱- مدل‌های بهینه‌سازی کلاسیک ۱۱
۱-۱-۲- تئوری پیچیدگی ۱۷
۱-۲- مدل‌های دیگر برای بهینه‌سازی ۲۲
۱-۲-۱- بهینه‌سازی تحت عدم قطعیت ۲۲
۱-۲-۲- بهینه‌سازی پویا ۲۳
۱-۲-۳- بهینه‌سازی پایدار ۲۴
۱-۳- روش‌های بهینه‌سازی ۲۵
۱-۳-۱- روش‌های دقیق ۲۶
۱-۳-۲- الگوریتم‌های تقریبی ۲۸
۱-۳-۳- فرا ابتکاری‌ها ۳۰
۱-۳-۴- الگوریتم‌های حریصانه ۳۳
۱-۳-۵- چه موقع از الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده میکنیم؟ ۳۶
۱-۴- مفاهیم رایج عمده برای الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۴۲
۱-۴-۱- نمایش ۴۲
۱-۴-۲- تابع هدف ۵۱
۱-۵- به‌کارگیری محدودیت ۵۶
۱-۵-۱- استراتژی‌های رد کردن ۵۶
۱-۵-۲- استراتژی‌های جریمه کردن ۵۶
۱-۵-۳- استراتژی‌های جبران ۵۸
۱-۵-۴- استراتژی‌های رمزگشایی ۵۹
۱-۵-۵- استراتژی‌های حفاظت ۶۰
۱-۶- تنظیم پارامتر ۶۰
۱-۶-۱- مقداردهی اولیه به پارامتر به صورت غیر برخط ۶۰
۱-۶-۲- مقداردهی اولیه به پارامتر به صورت برخط ۶۲
۱-۷- تجزیه تحلیل عملکرد فرا ابتکاری ۶۳
۱-۷-۱- طراحی تجربی ۶۳
۱-۷-۲- اندازه‌گیری ۶۶
۱-۷-۳- گزارش‌دهی ۷۱
۱-۸- چارچوب‌های نرم‌افزاری برای فرا ابتکاری‌ها ..۷۳
۱-۸-۱- چرا از چارچوب نرم‌افزاری برای فرا ابتکاری‌ها استفاده می‌شود؟ ۷۳
۱-۸-۲- معیارهای عمده‌ی چارچوب‌های نرم‌افزاری۷۵
۱-۸-۳- چارچوب ParadisEO ۷۷
۱-۹- نتیجه‌گیری ۸۲
۱-۱۰- تمرین‌ها ۸۵
فصل ۲ فرا ابتکاری های مبتنی بر یک جواب منفرد..۹۳
۲-۱- مفاهیم مشترک برای فرا ابتکاری های مبتنی بر یک جواب ۹۳
۲-۱-۱- همسایگی ۹۴
۲-۱-۲- همسایگی‌های خیلی بزرگ ۹۹
۲-۱-۳- جواب اولیه ۱۰۶
۲-۱-۴- ارزیابی افزایشی همسایگی ۱۰۷
۲-۲- تحلیل نمای برازش ۱۰۸
۲-۲-۱- فاصله‌ها در فضای جستجو ۱۱۱
۲-۲-۲- ویژگی‌های نما ۱۱۲
۲-۲-۳- شکستن فلات ها در یک نمای مسطح ۱۲۲
۲-۳- جستجوی محلی ۱۲۴
۲-۳-۱- انتخاب همسایه ۱۲۵
۲-۳-۲- فرار از بهینه محلی ۱۲۷
۲-۴- شبیه‌سازی تبریدی(SA) ۱۲۸
۲-۴-۱- پذیرش جابجایی ۱۳۲
۲-۴-۲- برنامه خنک کننده ۱۳۲
۲-۴-۳- متدهای مشابه دیگر ۱۳۵
۲-۵- جستجوی ممنوعه (TS) ۱۴۱
۲-۵-۱- حافظه کوتاه مدت ۱۴۲
۲-۵-۲- حافظه میان مدت ۱۴۴
۲-۵-۳- حافظه بلند مدت ۱۴۵
۲-۶- جستجوی محلی تکراری ۱۴۶
۲-۶-۱- متد جایگشت ۱۴۸
۲-۶-۲- معیارهای پذیرش ۱۴۹
۲-۷- جستجوی همسایگی متغیر ۱۴۹
۲-۷-۱- نسل همسایگی متغیر ۱۵۰
۲-۷-۲- جستجوی همسایگی متغیر کلی ۱۵۱
۲-۸- جستجوی محلی هدایت شده(GLS) ۱۵۳
۲-۹- سایر فرا ابتکاری‌های تک جوابی ۱۵۶

۲-۹-۱- متدهای هموار کردن ۱۵۶
۲-۹-۲- متد نویزی(NM) ۱۵۹
۲-۹-۳- رویه جستجوی انطباقی حریصانه احتمالی(GRASP) ۱۶۲
۲-۱۰- پیاده‌سازی S- فرا ابتکاری تحت هدف های جابه‌جا شونده (ParadisEo) ۱۶۶
۲-۱۰-۱- الگوهای معمول برای فرا ابتکاری‌ها ۱۶۷
۲-۱۰-۲- الگوهای معمول برای -Sفرا ابتکاری ۱۶۷
۲-۱۰-۳- الگوی جستجوی محلی ۱۶۸
۲-۱۰-۴- الگوی شبیه سازی تبریدی ۱۷۰
۲-۱۰-۵- الگوی جستجوی ممنوعه ۱۷۱
۲-۱۰-۶- الگوی جستجوی محلی تکرار شده ۱۷۲
۲-۱۱- جمع‌بندی ۱۷۴
۲-۱۲- تمرین‌ها ۱۷۶
فصل ۳ فرا ابتکاری‌های مبتنی بر جمعیت ۱۸۷
۳-۱- مفاهیم مشترک برای فراابتکاری های مبتنی بر جمعیت ۱۸۸
۳-۱-۱- جمعیت اولیه ۱۹۰
۳-۱-۲- معیار توقف ۱۹۴
۳-۲- الگوریتم‌های تکاملی ۱۹۵
۳-۲-۱-الگوریتم‌های ژنتیک ۱۹۷
۳-۲-۲- استراتژی‌های تکاملی ۱۹۹
۳-۲-۳- برنامه‌ریزی تکاملی (EP) ۱۹۹
۳-۲-۴- برنامه‌ریزی ژنتیک (GP) ۲۰۰
۳-۳- مفاهیم رایج در الگوریتم‌های تکاملی ۲۰۱
۳-۳-۱- روش‌های انتخاب ۲۰۲
۳-۳-۲- تولید مثل ۲۰۴
۳-۳-۳ استراتژی‌های جایگزینی ۲۱۵
۳-۴- الگوریتم‌های تکاملی دیگر ۲۱۶
۳-۴-۱- الگوریتم‌های تخمین توزیع ۲۱۶
۳-۴-۲- تکامل تفاضلی ۲۲۰
۳-۴-۳- الگوریتم‌های هم تکاملی ۲۲۳
۳-۴-۴- الگوریتم‌های فرهنگی ۲۲۵
۳-۵- جستجو پراکنده ۲۲۷
۳-۵-۱- پیوند مجدد مسیر (PR) ۲۳۱
۳-۶- هوش جمعی ۲۳۳
۳-۶-۱- الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها. ۲۳۴
۳-۶-۲- بهینه‌سازی ازدحامی ذرات (PSO) ۲۴۰
۳-۷- دیگر روش‌های جمعیت محور ۲۴۷
۳-۷-۱- کلونی زنبور عسل ۲۴۸
۳-۷-۲- سیستم ایمنی مصنوعی (AIS) ۲۵۶
۳-۸- اجرای الگوهای فرا ابتکاری تحت ParadisEO ۲۶۲
۳-۸-۱- نکته های مربوط به اجزاء و برنامه نویسی مشترک ۲۶۲
۳-۸-۲- تابع تناسب ۲۶۵
۳-۸-۳- الگوریتم های تکاملی تحت ParadisEO ۲۷۰
۳-۸-۴- بهینه سازی دسته ذرات تحت ParadisEO ۲۷۸
۳-۸-۵- برآورد توزیع الگوریتم زیر ParadisEO ۲۸۵
۳-۹- جمع‌بندی ۲۸۶
۲-۱۰-تمرین‌ها ۲۸۸
فصل ۴ روش‌های فرا ابتکاری برای بهینه‌سازی اهداف چندگانه ۳۰۱
۴-۱- مفاهیم بهینه‌سازی با اهداف چندگانه ۳۰۲
۴-۲- مسایل بهینه‌سازی چندهدفه ۳۰۷
۴-۲-۱- کاربردهای آکادمیک ۳۰۸
۴-۲-۲- کاربرد در زندگی واقعی ۳۱۰
۴-۲-۳- تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه ۳۱۱
۴-۳- مسایل اساسی طراحی روش‌های فرا ابتکاری با اهداف چندگانه ۳۱۳
۴-۴- استراتژی‌های تخصیص متناسب ۳۱۴
۴-۴-۱- رویکردهای عددی ۳۱۵
۴-۴-۲- روش‌های مبتنی بر معیار ۳۲۴
۴-۴-۳- رویکردهای مبتنی بر چیرگی ۳۲۷
۴-۴-۴- رویکردهای مبتنی بر شاخص ۳۳۱
۴-۵- حفظ تنوع ۳۳۳
۴-۵-۱- روش‌های کرنل ۳۳۳
۴-۵-۲- روش‌های نزدیک‌ترین همسایگی ۳۳۵
۴-۵-۳- هیستوگرام ۳۳۶
۴-۶- نخبه گرایی ۳۳۶
۴-۷- ارزیابی عملکرد و ساختار مرز پارتو ۳۳۹
۴-۷-۱- شاخص‌های عملکرد ۳۳۹
۴-۸- روش های فرا ابتکاری با اهداف چندگانه تحت ParadisEO ۳۴۹
۴-۸-۱- چارچوب های نرم افزار برای روش های فرا

ابتکاری با اهداف چندگانه ۳۵۰
۴-۸-۲- مولفه‌های رایج ۳۵۱
۴-۸-۳- مولفه های مرتبط الگوریتم های تکاملی اهداف چندگانه ۳۵۶
۴-۹- جمع‌بندی ۳۶۰
۴-۱۰- تمرین‌ها ۳۶۲
فصل ۵ الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی (هیبریدی) ۳۷۱
۵-۱- الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی ۳۷۲
۵-۱-۱- نتایج طراحی ۳۷۲
۵-۱-۲- موضوع‌های پیاده‌سازی ۳۸۵
۵-۱-۳- یک دستور برای طرح‌های هیبریداسیون (پیوند زنی) توسعه‌یافته ۳۸۶
۵-۲- ترکیب الگوی فرا ابتکاری با برنامه‌ریزی ریاضیاتی ۳۸۸
۵-۲-۱- روش های برنامه‌ریزی ریاضیاتی ۳۸۸
۵-۲-۲- روش های ترکیبی یا هیبریدی کلاسیک .. ۳۹۴
۵-۳- ترکیب الگوهای فرا ابتکاری با برنامه نویسی قیدی ۴۰۴
۵-۳-۱- برنامه‌نویسی قیدی ۴۰۴
۵-۳-۲- روش‌های هیبریدی کلاسیک ۴۰۶
۵-۴- ابتکاری‌های هیبریدی با یادگیری ماشینی و داده کاوی ۴۰۹
۵-۴-۱- تکنیک‌های داده کاوی ۴۰۹
۵-۴-۲- طرح های اصلی هیبریداسیون ۴۱۱
۵-۵- الگوهای فرا ابتکاری هیبریدی برای بهینه‌سازی چندمنظوره ۴۱۸
۵-۵-۱- ترکیب الگوهای فرا ابتکاری برای MOP ها ۴۱۸
۵-۵-۲- ترکیب الگوهای فرا ابتکاری با روش‌های دقیق مخصوص MOP ۴۲۴
۵-۵-۳- ترکیب الگوهای فرا ابتکاری با داده کاوی MOP ۴۲۹
۵-۶- الگو فرا ابتکاری پیوندی تحت ParadisEO ۴۳۳
۵-۶-۱- پیوندهای سطح پایین تحت ParadisEO ۴۳۴
۵-۶-۲- هیبرید های سطح-بالا تحت ParadisEO ۴۳۶
۵-۶-۳- اتصال با الگوریتم‌های کامل ۴۳۶
۵-۷- جمع‌بندی ۴۳۷
۵-۸- تمرین‌ها ۴۳۹
فصل ۶ الگوریتم‌های فرا ابتکاری موازی ۴۴۵
۶-۱- طراحی الگوریتم های فرا ابتکاری موازی ۴۴۷
۶-۱-۱- الگوریتم سطح‌بندی مدل موازی ۴۴۸
۶-۱-۲- سطح تکرار مدل موازی ۴۵۶
۶-۱-۳- راه‌حل سطح مدل موازی ۴۶۱
۶-۱-۴- ترکیبی سلسله مراتبی از مدل‌های موازی. ۴۶۲
۶-۲- اجرای موازی الگوریتم های فرا ابتکاری..... ۴۶۲
۶-۲-۱- معماری موازی و توزیع شده ۴۶۳
۶-۲-۲- معماری‌های اختصاصی ۴۷۰
۶-۲-۳- محیط‌های برنامه‌نویسی موازی ۴۷۱
۶-۲-۴- ارزیابی عملکرد ۴۷۶
۶-۲-۵- ویژگی های اصلی الگوریتم‌های فرا ابتکاری موازی ۴۷۸
۶-۲-۷- مدل موازی سطح تکرار ۴۸۳
۶-۲-۸- مدل موازی سطح راه‌حل ۴۸۵
۶-۳- فرا ابتکاری‌های موازی برای بهینه‌سازی چندگانه ۴۸۷
۶-۳-۱- مدل موازی سطح الگوریتمی برای MOP ۴۸۸
۶-۳-۲- مدل موازی سطح تکرار ۴۸۹
۶-۳-۳- مدل موازی سطح جواب برای MOP ۴۹۰
۶-۳-۴- مدل موازی سلسله مراتبی برای MOP .. ۴۹۲
۶-۴- فراابتکاری‌های موازی تحت ParadisEO. ۴۹۵
۶-۴-۱- چارچوب‌های موازی برای فرا ابتکاری‌ها ۴۹۵
۶-۴-۲- طراحی مدل‌های موازی سطح الگوریتمیک۴۹۶
۶-۴-۳-طراحی مدل‌های موازی سطح تکرار..... ۵۰۳
۶-۴-۴- طراحی مدل‌های موازی سطح راه‌حل..... ۵۰۶
۶-۴-۵- اجرای فرا ابتکاری‌های متوالی ۵۰۶
۶-۴-۶- اجرای الگوریتم‌های موازی و توزیع شده ۵۰۷
۶-۴-۷- استقرار ParadisEO-PEO ۵۱۰
۶-۵- جمع‌بندی ۵۱۱
۶-۶- تمرین‌ها ۵۱۲
ضمیمه ۵۱۷
منابع ۵۲۱

مقدمه

بهینه‌سازی از جمله مباحث پیچیده بوده و ابزارهای بهینه‌سازی متعددی موجود است. هر فرآیندی پتانسیل بهبود مربوط به خود را دارد. به طور کلی بهینه‌سازی در همه جا مطرح است. این امر می‌تواند در قالب کمینه کردن زمان، هزینه، ریسک و یا بیشینه کردن سود، کیفیت و کارایی صورت گیرد. بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در دنیای واقعی اعم از مهندسی، اقتصاد، تجارت دارای پیچیدگی و دشواری خاص خود است. اینگونه مسائل قابل حل شدن به صورت دقیق در یک زمان معقول نیستند. استفاده از الگوریتم‌های تقریبی، یک روش جایگزین برای حل این دسته از مسائل می‌باشد.

الگوریتم‌های تقریبی به دو کلاس تقسیم می‌شوند: ابتکاری‌های خاص و فرا ابتکاری‌ها. ابتکاری‌های خاص وابسته به مسئله بوده و به گونه‌ای طراحی‌شده‌اند که تنها قابل استفاده در مسائل خاص هستند. این کتاب بر کلاس دوم (فرا ابتکاری‌ها) تمرکز دارد و الگوریتم‌های تخمینی کلی ارائه می‌دهد که این الگوریتم‌ها در مسائل بهینه‌سازی مختلف قابل استفاده هستند.

از فرا ابتکاری‌ها برای حل مسائلی استفاده می‌کنیم که عموما جستجوی جواب بهینه آن مسائل از فضای جستجو کاری سخت می‌باشد. فرا ابتکاری‌ها از طریق کاهش فضای جواب و جستجوی جواب در یک فضای کارآمدتر سعی در یافتن جواب مناسب برای اینگونه مسئله‌ها می‌نمایند. فرا ابتکاری‌ها سه هدف اصلی را دنبال می‌کنند:حل سریعتر مسائل، حل مسائل بزرگ و کسب الگوریتم‌های پایدار. همچنین فرا ابتکاری‌ها در طراحی و اجرا ساده و بسیار انعطاف‌پذیراند.

فرا ابتکاری‌ها شاخه‌ای از بهینه‌سازی در علم کامپیوتر بوده و از ریاضیات مربوط به تئوری پیچیدگی محاسباتی و الگوریتم‌ها استفاده می‌کنند. بیشتر فرا ابتکاری‌ها برای حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده، از طبیعت الهام می‌گیرند. به عنوان مثال در این زمینه می‌توان به تکامل گونه‌ها، فرآیندهای پختن، کلونی مورچگان، دسته ذرات، سیستم ایمنی، کلونی زنبور عسل و ازدحام زنبوران عسل اشاره کرد.

فرا ابتکاری‌ها در صنایع مختلف و در موارد تحقیقاتی مختلف بسیار کاربرد داشته است و در زمینه‌های مختلف همچون لجستیک و زنجیره تامین، بیوانفورماتیک و زیست شناسی محاسبات، طراحی مهندسی، شبکه‌ها، محیط‌زیست، حمل و نقل، داده‌کاوی، مالی، تجارت و ... مسائل بهینه‌سازی پیچیده‌ی دنیای واقعی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این کتاب دیدگاه جامعی از فرا ابتکاری‌ها ارائه می‌دهد. جنبه‌های طراحی فرا ابتکاری‌ها توام با نحوه‌ی پیاده‌سازی و اجرای آنها با کمک یک چارچوب نرم‌افزاری نیز در این کتاب به چشم می‌خورد. از آنجایی که در فصول مختلف این کتاب، توضیحات کاملی ارائه شده است، لذا خواننده قادر به طراحی و پیاده‌سازی فرا ابتکاری‌های قوی در حل مسائل بهینه‌سازی خواهد بود.

کتاب حاضر نه تنها اطلاعاتی در مورد فرا ابتکاری‌ها در اختیار مهندسین، محققین و دانشجویان قرار می‌دهد، بلکه راهنما و ابزار مفید برای حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده به شمار می‌رود. از جمله مخاطبین کتاب رو به رو، دانشجویان کارشناسی ارشد رشته‌های علوم کامپیوتر، تحقیق در عملیات، ریاضیات کاربردی، کنترل، تجارت و مدیریت، مهندسان و سایرین می‌باشند. برای دانشجویان کارشناسی، در صورت علاقه‌مند بودن، بخش‌های ابتدایی کتاب و سایر منابع موجود در اینترنت می‌تواند مفید واقع شود. دروس مربوط به بهینه‌سازی و پیچیدگی دانشجویان تحصیلات تکمیلی، هدف مستقیم این کتاب است. همچنین مخاطبان مورد نظر دیگر این کتاب، محققین رشته‌های

مختلف هستند. محققین علوم کامپیوتر و تحقیق در عملیات الگوریتم‌های بهینه‌سازی جدید ایجاد می‌کنند و یا در رشته‌های دیگر، از فرا ابتکاری‌ها تنها به منظور حل مسئله‌ی خود استفاده می‌نمایند. مهندسین بسیاری نیز در حل مسئله‌شان با بهینه‌سازی سر و کار دارند. هدف این کتاب کمک به مهندسین برای حل مسائل بهینه‌سازی در دنیای واقعی نیز می‌باشد.

دانش پیش‌نیاز برای مطالعه‌ی این کتاب آشنایی مختصر با الگوریتم‌ها است. همچنین برای پیاده‌سازی نیز داشتن پیش زمینه از برنامه‌نویسی C++ می‌تواند مفید واقع شود.

کتاب حاضر از ۶ فصل تشکیل شده است که در زیر به محتوای هر کدام از این فصل‌ها اشاراتی خواهیم داشت:

- **مفاهیم رایج در روش‌های فرا ابتکاری**: این فصل توضیحی بر ضرورت نیاز به کتاب حاضر است. مفاهیم اصلی مدل‌های بهینه‌سازی، پیچیدگی الگوریتم‌ها و روش‌های بهینه‌سازی در این فصل ارائه شده است. در واقع مفاهیم اولیه و رایج برای فرا ابتکاری‌ها همچون نمایش، تابع هدف و محدودیت‌ها در این فصل به تفصیل توضیح داده می‌شود. این مفاهیم در طراحی هر فرا ابتکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمایش یک جواب و تابع هدف مربوطه یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فرا ابتکاری‌ها محسوب می‌شود. به علاوه، ارزیابی عملکرد و تخمین پارامترها از دیگر موضوعات مهم در فرا ابتکاری‌ها محسوب می‌شود. لازم به ذکر است که الگوریتم‌های فرا ابتکاری به دنبال جواب‌های "خوب" هستند. در نهایت جنبه‌ی مهندسی نرم‌افزار با چارچوب‌هایی برای فرا ابتکاری‌ها ارائه شده است.
- **فرا ابتکاری‌های مبتنی بر یک جواب منفرد:** در فصل ۲، تمرکز بر روی طراحی و اجرای فرا ابتکاری‌های مبتنی بر یک جواب منفرد مانند جستجوی محلی، جستجوی ممنوعه، شبیه‌سازی تبریدی، جستجوی همسایگی متغیر، جستجوی محلی تکراری، جستجوی انطباقی حریصانه احتمالی، جستجوی محلی هدایت شده، پذیرش آستانه و ... می‌باشد. مفاهیم رایج از این نوع فرا ابتکاری‌ها نظیر همسایگی، جواب اولیه و ارزیابی افزایشی، مشخص شده است. برای هر فرا ابتکاری، مولفه‌های جستجو نشان داده می‌شود. پارامترهای هر فرا ابتکاری مورد تحلیل قرار می‌گیرد و همچنین ارتباط بین الگوریتم‌های مختلف تعیین می‌شود. علاوه بر این همگرایی فرا ابتکاری‌ها بحث شده و روش‌های پیاده‌سازی آنها ارائه شده است.
- **فرا ابتکاری‌های مبتنی بر جمعیت:** فصل ۳ بر طراحی و پیاده‌سازی فرا ابتکاری‌های مبتنی بر جمعیت، همچون الگوریتم‌های تکاملی (الگوریتم‌های ژنتیک، استراتژی‌های تکامل، برنامه‌نویسی ژنتیک، برنامه‌نویسی تکاملی، تخمین الگوریتم‌های توزیع، تکامل تفاضلی، الگوریتم‌های هم‌تکاملی)، روش‌های بر مبنای هوش جمعی (کلونی مورچگان، بهینه‌سازی ازدحام ذرات)، کلونی زنبور عسل، سیستم ایمنی مصنوعی و ... متمرکز است. مفاهیم جستجوی خاص و رایج این نوع از فرا ابتکاری‌ها در این فصل مشخص شده است. همچنین مثال‌های بسیاری برای طراحی و پیاده‌سازی این نوع از فرا ابتکاری‌ها ارائه می‌گردد.
- **روش‌های فرا ابتکاری برای بهینه‌سازی اهداف چندگانه:** در فصل ۴ مسائل بهینه‌سازی اهداف چندگانه بر اساس مولفه‌های جستجوی خاص (تخصیص تناسب، حفظ تنوع، نخبه‌گرایی) مطرح شده است. در این فصل مثال‌های فراوانی از مسائل بهینه‌سازی چند هدفه و فرا ابتکاری‌های مشهور ارائه شده است. همچنین ارزیابی عملکرد برای این نوع از فرا ابتکاری‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

- **الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی (هیبریدی)**: فصل ۵ به ترکیب فرا ابتکاری‌ها با برنامه‌نویسی ریاضیاتی، برنامه‌نویسی قیدی و رویکردهای یادگیری ماشین می‌پردازد. یک طبقه‌بندی کلی که یک دید جامعی ارائه می‌هد، بدین صورت است: پیوندهای سطح پایین و سطح بالا، ترکیب‌های کار تیمی و رله، ترکیب‌های کلی و جزئی، ترکیب‌های متخصص و عمومی و ترکیب‌های همگن و ناهمگن. هر دو نوع مسائل تک هدفه و چند هدفه در این فصل مورد بررسی قرار گرفته‌اند.
- **الگوریتم‌های فرا ابتکاری موازی**: فرا ابتکاری‌های موازی و توزیع شده برای بهینه‌سازی تک هدفه و چند هدفه در فصل ۶ با جزئیات توضیح داده شده‌اند. مدل‌های موازی یکپارچه برای فرا ابتکاری‌ها (سطح الگوریتمیک، سطح تکرار و سطح جواب)، از لحاظ طراحی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. همچنین مفاهیم اصلی معماری‌های موازی و پارادایم‌های برنامه‌نویسی موازی که در هنگام اجرای فرا ابتکاری‌ها امکان مواجه با آن وجود دارد، مشخص شده است.

به منظور درک تصویری بهتر از فصول ارائه شده، شکل زیر راهنما خواهد بود.