

بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم‌های فرا ابتکاری

دکتر سید علی اکبر صفوی (استاد دانشگاه شیراز)
مهندس نرگس پورجعفریان (کارشناسی ارشد از دانشگاه شیراز)
مهندس سید علی صفوی (کارشناسی از دانشگاه شیراز)

سرشناسه	: صفوی، سیدعلی اکبر، ۱۳۴۳-
عنوان و نام پدیدآور	: بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم‌های فرا ابتکاری / سیدعلی اکبر صفوی، نرگس پورجعفریان، سیدعلی صفوی.
مشخصات نشر	: تهران: پژوهشگران نشر دانشگاهی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۴ص: مصور، جدول.
شابک	: ۷-۷۸-۸۷۷۱-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: بهینه‌سازی ریاضی
موضوع ۲	: الگوریتم‌های ژنتیک
موضوع ۳	: الگوریتم‌ها
شماره انورده	: پورجعفریان، نرگس، ۱۳۶۱.
شناسه خزوده	: صفوی، سیدعلی، ۱۳۶۹.
رده‌بندی انگیر	: ۱۳۹۳ ب ۹ ص ۷/۵۱-۵۱۹/۶ QA۴۰۲
رده‌بندی دیوید	: ۵۱۹/۶
شماره کتابشناسی	: ۳۵۰۶۲۰۱

مؤسسه انتشاراتی پژوهشگران نشر دانشگاهی

نام کتاب	: بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم‌های فرا ابتکاری
مؤلفین	: دکتر سیدعلی اکبر صفوی، مهندس نرگس پورجعفریان - مهندس سیدعلی صفوی
ناشر	: موسسه انتشاراتی پژوهشگران نشر دانشگاهی
چاپ	: منصور
نوبت چاپ	: اول ۱۳۹۳
تیراژ	: ۱۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۳۵۰۰۰ ریال (همراه با CD)
لیتوگرافی	: فرانقش
شابک	: ۷-۷۸-۸۷۷۱-۹۶۴-۹۷۸

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۱۲ ش. است، و کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر، پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

مراکز فروش:

پخش کتاب علوم پویا: میدان انقلاب - خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، بین خیابان ژاندارک و خیابان وحید نظری، بن بست بهار، پلاک ۱
 تلفن: ۶۶۹۶۰۷۷۲ و ۶۶۴۱۹۵۶۷ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲
 پخش کتاب کوشا: میدان انقلاب- ابتدای خیابان جمالزاده جنوبی- کوچه دانشور- پلاک ۵
 تلفن: ۶۶۹۴۱۱۶۷-۶۶۹۴۱۰۳۴
 پخش کتاب دانشیران: خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) - نبش خیابان وحید نظری - پلاک ۱۴۲
 تلفن: ۶۶۴۱۶۶۷۶
 علم گستر سپاهان: ۹-۲۲۱۹۹۷۸-۰۳۱۱
 تلفن انتشارات: ۶۶۹۷۰۳۳۷ - ۶۶۴۸۷۰۵۲ - ۰۹۳۶۱۴۵۹۵۰۵

دست‌یابی به حالت بهینه یکی از اساسی‌ترین مسایل موجود در جهان از زمان پیدایش هستی است. گستره کاربرد مباحث مرتبط به بهینه‌سازی بسیار وسیع می‌باشد. ریاضیات، علوم پیوتر، مهندسی، فیزیک و اقتصاد تنها بخشی از این مباحث را تشکیل می‌دهند. در این نوع مایل هدف دست آوردن بهترین حالت تصمیم‌گیری از بین چندین حالت مختلف می‌باشد. الگوریتم‌های فراابتکاری را می‌توان یکی از مهمترین روشهای حل مسایل بهینه‌سازی به شمار آورد. این الگوریتم‌ها دارای تنوع بسیار زیادی می‌باشند. تنوع زیاد این الگوریتم‌ها در حل مسایل مختلف و همچنین ارایه الگوریتم‌های جدید و با عناوین مختلف، باعث گردیده انتخاب یک الگوریتم مناسب برای کاربرد که قصد استفاده از آنها را دارد، کاری سخت و پیچیده گردد. از جهت دیگر هر یک از این الگوریتم‌ها با دقت و سرعت خاصی جواب بهینه را بدست می‌آورند. بنابراین وجود ساختاری که بتواند به بررسی تفاوت‌های این الگوریتم‌ها را مشخص کند و مقایسه آنها را راحت‌تر گرداند، ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی بطور معمول پیاده‌سازی هر یک از الگوریتم‌ها نیاز به دانش کامل از آن الگوریتم، دانش برنامه‌نویسی حرفه‌ای دارد.

در این کتاب که بر اساس سال‌ها تجربه نویسندگان حاصل شده است تعدادی از مشهورترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی شامل الگوریتم تپه‌رود (Hill Climbing)، جستجوی ممنوع (TS)، سیستم ایمنی مصنوعی (AIS)، کلونی گرمایش تدریجی (SA)، جستجوی ممنوع (TS)، سیستم ایمنی مصنوعی (AIS)، کلونی مورچه‌ها (ACO)، گروه ذرات یا پرندگان (PSO)، تکامل تفاضلی (DE)، جهش قورباغه (SFLA) و رقابت استعماری (ICA)، انتخاب و مورد تشریح قرار گرفته است. با توجه به ساختار اصلی هر یک از الگوریتم‌ها، نقاط مشترک آنها تعیین گردید و سپس یک ساختار منسجم برای یکپارچه‌سازی آنها ارایه گردیده است. بدین‌صورت علاوه بر تسهیل مسأله انتخاب روش، امکان تنظیم پارامترهای جدید مبتنی بر ترکیب ایده‌های موجود از روش‌های قبلی موجب کارآمدی روش یکپارچه‌سازی پیشنهادی شده است.

از طرف دیگر به منظور استفاده ساده‌تر همگان از چارچوب یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فراابتکاری و بهینه‌سازی‌های معرفی شده، یک جعبه افزار گرافیکی بنام UMHF-ACL بر مبنای کدنویسی در محیط MATLAB توسط نویسندگان طراحی و در CD قرار داده شده است. با استفاده از این جعبه افزار، می‌توان الگوریتم‌های معرفی شده را به سادگی و بدون نیاز به

کدنویسی به مسائل مختلف بهینه‌سازی اعمال کرده و بین قابلیت‌های روش‌های مختلف نیز مقایسه صورت پذیرد.

از این‌رو، این کتاب به دانشجویان، متخصصین و محققین زمینه‌های علوم پایه، مهندسی، کامپیوتر، کشاورزی، اقتصاد و مدیریت پیشنهاد می‌گردد.

در پیشبرد اهداف این تحقیق مشاوره‌های ارزشمند جناب آقایان دکتر کورش زیارتی و دکتر ستار هاشمی، اساتید محترم بخش مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه شیراز بارها مورد استفاده قرار گرفته است، که در اینجا مراتب قدردانی فراوان از این عزیزان را اعلام می‌داریم. همچنین لازم است از جناب آقای سعید ناطقی که کار چاپ و انتشار این کتاب و سرکار خانم سمیه مسلمی که کار صفحه‌بندی این مجموعه را عهده‌دار بودند، نیز تشکر و قدردانی کنیم.

در پایان، خداوند تعالی را تسبیح و تحمید می‌کنیم که در این راه ما را یاری داد. اگرچه دقت زیادی در تألیف و ویرایش کتاب صرف شده است، لیکن از همه صاحب‌نظران، اساتید گرامی، دانشجویان و متخصصان عزیز صنایع خواهشمندیم که ما در رفع نقایص احتمالی یاری نمایند.

دکتر سید علی اکبر صفوی استاد مهندسی سیستم‌ها و کنترل دانشگاه شیراز

مهندس نرگس پورجعفریان (دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل از دانشگاه شیراز)

مهندس سید علی صفوی (دانش آموخته کارشناسی مهندسی برق - کنترل از دانشگاه شیراز)

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز

۱۳۹۳/۳/۱۷

Email: safavi@sirazu.ac.ir

http://home.sirazu.ac.ir/~safavi/

به نام هستی بخش

مقدمه

ای دو جهان از قلمت یک رقم
بی قلمت لوح دو عالم عدم
هر که ما به حل توفیق نه
ره به نهان خانه تحقیق ده
شمع را از زرخش افروز ساز
شام جهان را زسخن روز ساز

سپاس از ایزد منان و درود بر مخاطبین گرامی
سالها تجربه در حوزه نشر و ترجمه بر آن داشته که با توجه و دقت بیشتری در چاپ آثار گردآوری
شده عزیزان مؤلف و مترجم قدم برداریم. این سن و سالها را همیشه و در همه ادوار، گذشته، حال و آینده
چشم امید به یاری تمامی مخاطبین گرامی داشته و داریم تا ضمن بررسی آثار منتشره، نظرات و
رهنمون‌های سازنده خود را از ما دریغ ندارند، باشد که از بذل توجه شما بهره‌مند گردیم.
ما همیشه آمادگی داریم تا دست شما عزیزان پژوهشگر صاحب نظر را، در جهت تهیه آثاری
برتر و بهتر به گرمی بفشاریم.

خود به انتشاراتی
پژوهشگران را در دانشگاهی

فصل اول: مروری بر مطالب کتاب

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- اهمیت موضوع	۲
۳-۱- زمینه تحقیق	۲
۴-۱- ضوابط این کتاب	۵

فصل دوم: بهینه‌سازی

۱-۲- مقدمه	۷
۲-۲- تئوری بهینه‌سازی	۸
۳-۲- مسایل بهینه‌سازی	۹
۴-۲- تقسیم‌بندی روش‌های بهینه‌سازی	۱۳
۱-۴-۲- تقسیم‌بندی براساس روش‌های جستجو	۱۳
۲-۴-۲- تقسیم‌بندی براساس مشخصات مسئله	۱۶
۵-۲- ساختار الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی	۱۷
۱-۵-۲- انتخاب متغیرها و تابع هزینه	۱۸
۲-۵-۲- جمعیت اولیه	۱۹
۳-۵-۲- انتخاب طبیعی	۲۱
۴-۵-۲- تکامل	۲۱
۵-۵-۲- همسایه	۲۲
۶-۵-۲- بهبود اعضا	۲۳
۷-۵-۲- تاریخچه اعضا	۲۳
۸-۵-۲- نسل بعد	۲۴
۹-۵-۲- شرط همگرایی	۲۵

فصل سوم: الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری

۱-۳- مقدمه	۲۷
۲-۳- روش مونت کارلو	۲۷
۳-۳- محاسبات تکاملی	۳۰
۱-۳-۳- الگوریتم‌های تکاملی	۳۰

۳۳	۳-۳-۲- هوش دسته جمعی
۳۴	۳-۴- انتخاب دسته‌ای از الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۳۷	۳-۵- الگوریتم تپه‌نوردی
۳۷	۳-۵-۱- مقدمه
۳۷	۳-۵-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۳۹	۳-۵-۳- شبه کد
۴۰	۳-۵-۴- فلوچارت
۴۰	۳-۵-۵- کاربردها
۴۰	۳-۵-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۴۱	۳-۵-۷- مثال
۴۴	۳-۶- الگوریتم شش‌گانه
۴۴	۳-۶-۱- مقدمه
۴۵	۳-۶-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۴۸	۳-۶-۳- شبه کد
۴۹	۳-۶-۴- فلوچارت
۴۹	۳-۶-۵- کاربردها
۵۰	۳-۶-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۵۱	۳-۶-۷- مثال
۵۳	۳-۷- الگوریتم شبیه‌ساز تبرید یا سرمایش و گرمایش تدریجی
۵۳	۳-۷-۱- مقدمه
۵۴	۳-۷-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۵۶	۳-۷-۳- شبه کد
۵۶	۳-۷-۴- فلوچارت
۵۷	۳-۷-۵- کاربردها
۵۸	۳-۷-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۵۸	۳-۷-۷- مثال
۶۱	۳-۸- الگوریتم جستجوی ممنوع
۶۱	۳-۸-۱- مقدمه
۶۱	۳-۸-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۶۲	۳-۸-۳- شبه کد
۶۳	۳-۸-۴- فلوچارت
۶۴	۳-۸-۵- کاربردها

۶۴	۳-۸-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۶۵	۳-۸-۷- مثال
۶۷	۳-۹-۹- الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی
۶۷	۳-۹-۱- مقدمه
۶۸	۳-۹-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۷۰	۳-۹-۳- شبه کد
۷۰	۳-۹-۴- فلوچارت
۷۱	۳-۹-۵- کاربردها
۷۱	۳-۹-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۷۱	۳-۹-۷- مثال
۷۴	۳-۱۰-۱- الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی
۷۴	۳-۱۰-۱- مقدمه
۷۶	۳-۱۰-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۷۸	۳-۱۰-۳- شبه کد
۷۸	۳-۱۰-۴- فلوچارت
۷۹	۳-۱۰-۵- کاربردها
۷۹	۳-۱۰-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۸۰	۳-۱۰-۷- مثال
۸۲	۳-۱۱-۱۱- الگوریتم گروه ذرات یا پرندگان
۸۲	۳-۱۱-۱- مقدمه
۸۳	۳-۱۱-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۸۴	۳-۱۱-۳- شبه کد
۸۵	۳-۱۱-۴- فلوچارت
۸۶	۳-۱۱-۵- کاربردها
۸۶	۳-۱۱-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۸۷	۱۱-۷- مثال
۸۹	۳-۱۲-۱۲- الگوریتم تکامل تفاضلی
۸۹	۳-۱۲-۱- مقدمه
۸۹	۳-۱۲-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۹۲	۳-۱۲-۳- شبه کد
۹۲	۳-۱۲-۴- فلوچارت
۹۲	۳-۱۲-۵- کاربردها

۹۴	۳-۱۲-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۹۴	۳-۱۲-۷- مثال
۹۶	۳-۱۳- الگوریتم جهش قورباغه
۹۶	۳-۱۳-۱- مقدمه
۹۷	۳-۱۳-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۹۹	۳-۱۳-۳- شبه کد
۱۰۰	۳-۱۳-۴- فلوچارت
۱۰۱	۳-۱۳-۵- کاربردها
۱۰۱	۳-۱۳-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۱۰۱	۳-۱۳-۷- مثال
۱۰۴	۳-۱۴- الگوریتم رقابت استعماری
۱۰۴	۳-۱۴-۱- مقدمه
۱۰۴	۳-۱۴-۲- پیاده‌سازی الگوریتم
۱۰۸	۳-۱۴-۳- شبه کد
۱۰۹	۳-۱۴-۴- فلوچارت
۱۱۰	۳-۱۴-۵- کاربردها
۱۱۰	۳-۱۴-۶- مزایا و محدودیت‌های الگوریتم
۱۱۱	۳-۱۴-۷- مثال

فصل چهارم: یکپارچه‌سازی دسته‌ای از الگوریتم‌های فراابتکاری

۱۱۳	۴-۱- مقدمه
۱۱۴	۴-۲- دسته‌بندی الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۱۱۵	۴-۲-۱- روش جستجو براساس ایجاد یک عضو
۱۱۷	۴-۲-۲- روش جستجو براساس تشکیل جمعیت
۱۱۹	۴-۳- یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فراابتکاری
۱۲۱	۴-۳-۱- دسته اول: الگوریتم‌های با جستجوی مبتنی بر اعضا
۱۳۵	۴-۳-۲- دسته دوم: الگوریتم‌های با جستجوی گروهی

فصل پنجم: کاربردهای یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فراابتکاری

۱۴۳	۵-۱- مقدمه
۱۴۴	۵-۲- بهبود اعضای جمعیت
۱۴۴	۵-۳- برنامه‌نویسی
۱۴۵	۵-۴- تابع هزینه

۱۴۶	۵-۵- جلویی از آرایه الگوریتم‌های یکسان با نام‌های مختلف
۱۴۷	۵-۶- استفاده از جستجوی محلی
۱۴۷	۵-۷- ایجاد الگوریتم‌های ترکیبی
۱۵۰	۵-۸- عملگر جهش
۱۵۲	۵-۹- عملگر قطع
۱۵۴	۵-۱۰- نظریه آشوب
۱۵۹	۵-۱۱- شبکه عصبی
۱۵۹	۵-۱- مقدمه
۱۶۱	۵-۱۱- اجزای شبکه عصبی مصنوعی
۱۶۳	۵-۱۱-۳- آموختن شبکه‌های عصبی به کمک الگوریتم‌های بهینه‌سازی

فصل ششم: بررسی الگوریتم‌های بهینه‌سازی

۱۶۵	۶-۱- مقدمه
۱۶۵	۶-۲- انواع مسائل بهینه‌سازی
۱۶۵	۶-۲-۱- بهینه‌سازی با استفاده از تابع ریاضی، بهینه‌سازی براساس سعی و خطا
۱۶۶	۶-۲-۲- بهینه‌سازی تک بعدی و بهینه‌سازی چند بعدی
۱۶۶	۶-۲-۳- بهینه‌سازی پویا و بهینه‌سازی ایستا
۱۶۶	۶-۲-۴- بهینه‌سازی مقید و نامقید
۱۶۷	۶-۲-۵- بهینه‌سازی پیوسته و یا گسسته
۱۶۷	۶-۲-۶- بهینه‌سازی تک معیاره و چند معیاره
۱۶۷	۶-۲-۷- بهینه‌سازی خطی و غیر خطی
۱۶۸	۶-۳- مروری بر توابع محک
۱۶۸	۶-۳-۱- تابع Sphere
۱۶۹	۶-۳-۲- تابع RosenBrock
۱۷۱	۶-۳-۳- تابع Rastrigin
۱۷۱	۶-۴- نتایج شبیه‌سازی
۱۸۴	۶-۵- بهبود الگوریتم‌های فراابتکاری
۱۸۹	پیوست‌ها
۲۰۰	فهرست منابع

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲-	یک نمونه جمعیت اولیه با ۸ عضو و میزان تابع هزینه آنها.....	۲۱
جدول ۱-۳-	تعداد مقالات چاپ شده با موضوع الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی.....	۳۵
جدول ۲-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم تپه نوردی.....	۴۲
جدول ۳-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم تپه نوردی.....	۴۲
جدول ۴-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم ژنتیک.....	۵۱
جدول ۵-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم ژنتیک.....	۵۱
جدول ۶-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای شبیه‌سازی تبرید.....	۵۹
جدول ۷-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید.....	۵۹
جدول ۸-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم جستجوی ممنوع.....	۶۵
جدول ۹-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم جستجوی ممنوع.....	۶۶
جدول ۱۰-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی.....	۷۲
جدول ۱۱-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی.....	۷۲
جدول ۱۲-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم کلونی مورچه‌ها.....	۸۰
جدول ۱۳-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم کلونی مورچه‌ها.....	۸۰
جدول ۱۴-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم گروه ذرات.....	۸۷
جدول ۱۵-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم گروه ذرات.....	۸۷
جدول ۱۶-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم تکامل تفاضلی.....	۹۴
جدول ۱۷-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم تکامل تفاضلی.....	۹۵
جدول ۱۸-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم جهش قورباغه.....	۱۰۲
جدول ۱۹-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم جهش قورباغه.....	۱۰۲
جدول ۲۰-۳-	مقدار پارامترهای مورد نیاز برای اجرای الگوریتم رقابت استعماری.....	۱۱۱
جدول ۲۱-۳-	نتایج حاصل از بیست بار اجرای الگوریتم رقابت استعماری.....	۱۱۱
جدول ۱-۴-	مرحله بهبود اعضا در الگوریتم‌های مختلف.....	۱۴۲
جدول ۱-۵-	روابط قابل استفاده در حل مسایل از طریق نظریه آشوب.....	۱۵۸
جدول ۱-۶-	سه نمونه از توابع معیار مورد استفاده برای شبیه‌سازی الگوریتم‌های بهینه‌سازی.....	۱۶۸

- جدول ۶-۲- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم ژنتیک..... ۱۷۲
- جدول ۶-۳- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم ژنتیک..... ۱۷۳
- جدول ۶-۴- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید..... ۱۷۴
- جدول ۶-۵- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم شبیه‌ساز تبرید..... ۱۷۴
- جدول ۶-۶- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جستجوی ممنوع..... ۱۷۵
- جدول ۶-۷- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جستجوی ممنوع..... ۱۷۵
- جدول ۶-۸- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی..... ۱۷۶
- جدول ۶-۹- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم ایمنی مصنوعی..... ۱۷۷
- جدول ۶-۱۰- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم کلونی مورچه‌ها..... ۱۷۸
- جدول ۶-۱۱- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم کلونی مورچه‌ها..... ۱۷۸
- جدول ۶-۱۲- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم مجموع ذرات..... ۱۷۹
- جدول ۶-۱۳- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم مجموع ذرات..... ۱۷۹
- جدول ۶-۱۴- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم تکامل تفاضلی..... ۱۸۰
- جدول ۶-۱۵- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم تکامل تفاضلی..... ۱۸۱
- جدول ۶-۱۶- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جهش قورباغه..... ۱۸۲
- جدول ۶-۱۷- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جهش قورباغه..... ۱۸۲
- جدول ۶-۱۸- نتایج حاصل از اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم رقابت استعماری..... ۱۸۳
- جدول ۶-۱۹- میانگین زمان لازم برای اجرای چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم رقابت استعماری..... ۱۸۳
- جدول ۶-۲۰- نتایج حاصل از تغییر پارامتر θ در الگوریتم رقابت استعماری..... ۱۸۶
- جدول ۶-۲۱- نتایج حاصل از استفاده از جستجوگر محلی در الگوریتم رقابت استعماری..... ۱۸۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲- یک نمونه دسته‌بندی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ۱۰
- شکل ۲-۲- تقسیم‌بندی روش‌های بهینه‌سازی بر اساس نحوه عملکرد ۱۴
- شکل ۳-۲- نمای کانتوری تابع رابطه ۵-۲ ۱۹
- شکل ۴-۲- نمای کانتوری تابع رابطه ۵-۲ به همراه ۸ عضو از جمعیت اولیه ۲۰
- شکل ۵-۲- نمای کانتوری تابع رابطه ۵-۲ و اعضای جمعیت در نسل دوم ۲۴
- شکل ۶-۲- نمای کانتوری تابع رابطه ۵-۲ و اعضای جمعیت در نسل سوم ۲۴
- شکل ۷-۲- نمودار میانگین تابع هزینه و کمترین مقدار آن در نسل‌های مختلف ۲۵
- شکل ۱-۳- زیر مجسمه الگوریتم‌های مونت کارلو ۲۹
- شکل ۲-۳- یک نمونه از کد الگوریتم‌های تکاملی ۳۱
- شکل ۳-۳- دسته‌بندی الگوریتم‌ها تکاملی ۳۲
- شکل ۴-۳- دسته‌بندی الگوریتم‌های روش دسته‌جمعی ۳۴
- شکل ۵-۳- حرکت الگوریتم تپه نوردی به سمت نقطه بهینه محلی ۳۸
- شکل ۶-۳- فلوچارت الگوریتم تپه نوردی ۴۰
- شکل ۷-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تپه نوردی برای تابع F_1 ۴۳
- شکل ۸-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تپه نوردی برای تابع F_2 ۴۳
- شکل ۹-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تپه نوردی برای تابع F_3 ۴۴
- شکل ۱۰-۳- نمایی از روند اجرای الگوریتم ژنتیک ۴۵
- شکل ۱۱-۳- فلوچارت الگوریتم ژنتیک ۴۹
- شکل ۱۲-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم ژنتیک برای تابع F_1 ۵۲
- شکل ۱۳-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم ژنتیک برای تابع F_2 ۵۲
- شکل ۱۴-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم ژنتیک برای تابع F_3 ۵۳
- شکل ۱۵-۳- تصویر مفهومی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۵۴
- شکل ۱۶-۳- فلوچارت الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۵۷
- شکل ۱۷-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید برای تابع F_1 ۵۹
- شکل ۱۸-۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید برای تابع F_2 ۶۰

- شکل ۳-۱۹- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید برای تابع F۳ ۶۰
- شکل ۳-۲۰- فلوجارت الگوریتم جستجوی ممنوع ۶۳
- شکل ۳-۲۱- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جستجوی ممنوع برای تابع F۱ ۶۶
- شکل ۳-۲۲- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جستجوی ممنوع برای تابع F۲ ۶۶
- شکل ۳-۲۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جستجوی ممنوع برای تابع F۳ ۶۷
- شکل ۳-۲۴- انتخاب مناسب‌ترین سلول‌های دفاعی ۶۸
- شکل ۳-۲۵- فلوجارت الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی ۷۰
- شکل ۳-۲۶- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی برای تابع F۱ ۷۲
- شکل ۳-۲۷- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی برای تابع F۲ ۷۳
- شکل ۳-۲۸- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی برای تابع F۳ ۷۳
- شکل ۳-۲۹- حرکت در چرخه‌های تغذیه و لانه ۷۵
- شکل ۳-۳۰- نحوه ذخیره اطلاعات در گنجینه جواب‌ها ۷۶
- شکل ۳-۳۱- فلوجارت الگوریتم سیستم ایمنی ۷۸
- شکل ۳-۳۲- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم کلونی مورچه‌ها برای تابع F۱ ۸۰
- شکل ۳-۳۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم کلونی مورچه‌ها برای تابع F۲ ۸۱
- شکل ۳-۳۴- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم کلونی مورچه‌ها برای تابع F۳ ۸۱
- شکل ۳-۳۵- حرکت هر ذره در الگوریتم گروم ذرات ۸۴
- شکل ۳-۳۶- فلوجارت الگوریتم اجتماع ذرات ۸۵
- شکل ۳-۳۷- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم اجتماع ذرات برای تابع F۱ ۸۷
- شکل ۳-۳۸- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم اجتماع ذرات برای تابع F۲ ۸۸
- شکل ۳-۳۹- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم اجتماع ذرات برای تابع F۳ ۸۸
- شکل ۳-۴۰- نحوه بدست آوردن عضو جدید در الگوریتم تکامل تفاضلی ۹۱
- شکل ۳-۴۱- فلوجارت الگوریتم تکامل تفاضلی ۹۳
- شکل ۳-۴۲- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تکامل تفاضلی برای تابع F۱ ۹۵
- شکل ۳-۴۳- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تکامل تفاضلی برای تابع F۲ ۹۵
- شکل ۳-۴۴- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم تکامل تفاضلی برای تابع F۳ ۹۶
- شکل ۳-۴۵- حرکت قورباغه‌ها بصورت گروهی جهت یافتن غذا ۹۷
- شکل ۳-۴۶- تقسیم قورباغه‌ها در دسته‌های مختلف ۹۸

- شکل ۳-۴۷- فلوجارت الگوریتم جهش قورباغه ۱۰۰
- شکل ۳-۴۸- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جهش قورباغه برای تابع F_1 ۱۰۲
- شکل ۳-۴۹- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جهش قورباغه برای تابع F_2 ۱۰۳
- شکل ۳-۵۰- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم جهش قورباغه برای تابع F_3 ۱۰۳
- شکل ۳-۵۱- نحوه ایجاد امپراطوری‌های اولیه ۱۰۵
- شکل ۳-۵۲- حرکت مستعمره به سمت امپریالیست مربوطه ۱۰۶
- شکل ۳-۵۳- فلوجارت الگوریتم رقابت استعماری ۱۰۹
- شکل ۳-۵۴- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم رقابت استعماری برای تابع F_1 ۱۱۱
- شکل ۳-۵۵- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم رقابت استعماری برای تابع F_2 ۱۱۲
- شکل ۳-۵۶- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم رقابت استعماری برای تابع F_3 ۱۱۲
- شکل ۴-۱- چرخه اصلی الگوریتم تکاملی ۱۲۱
- شکل ۴-۲- فلوجارت الگوریتم تیک ۱۲۲
- شکل ۴-۳- فلوجارت الگوریتم سازش ۱۲۳
- شکل ۴-۴- فلوجارت الگوریتم جستجوی متغیر ۱۲۴
- شکل ۴-۵- فلوجارت الگوریتم سیستم ایمنی ۱۲۵
- شکل ۴-۶- فلوجارت الگوریتم کلونی مورچه‌ها ۱۲۶
- شکل ۴-۷- فلوجارت الگوریتم گروه ذرات یا پرندگان ۱۲۷
- شکل ۴-۸- فلوجارت الگوریتم تکامل تفاضلی ۱۲۸
- شکل ۴-۹- فلوجارت اولین چارچوب ارایه شده برای یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۱۳۰
- شکل ۴-۱۰- فلوجارت الگوریتم جهش قورباغه ۱۳۶
- شکل ۴-۱۱- فلوجارت الگوریتم رقابت استعماری ۱۳۷
- شکل ۴-۱۲- فلوجارت دومین چارچوب یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۱۳۹
- شکل ۵-۱- فلوجارت چارچوب یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری و جستجوگر محلی ۱۴۸
- شکل ۵-۲- انواع روش‌های جهش در یک کروموزوم رشته‌ای ۱۵۱
- شکل ۵-۳- جهش جایگشتی در یک کروموزوم رشته‌ای ۱۵۱
- شکل ۵-۴- انواع روش‌های قطع در دو کروموزوم رشته‌ای ۱۵۳
- شکل ۵-۵- فلوجارت چارچوب یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری و عملگر جهش و قطع ۱۵۵
- شکل ۵-۶- چارچوب یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری و کاربرد نظریه آشوب ۱۶۰

- شکل ۵-۷- نمایی از دو نرون طبیعی ۱۶۱
- شکل ۵-۸- ساختار یک شبکه ANN به همراه مدل یک نرون ۱۶۲
- شکل ۶-۱- نمای رویه تابع Sphere ۱۶۹
- شکل ۶-۲- نمای کانتوری تابع Sphere ۱۶۹
- شکل ۶-۳- نمای رویه تابع Rosenbrock ۱۷۰
- شکل ۶-۴- نمای کانتوری تابع Rosenbrock ۱۷۰
- شکل ۶-۵- نمای رویه تابع Rastrigin ۱۷۱
- شکل ۶-۶- نمای کانتوری تابع Rastrigin ۱۷۱
- شکل ۶-۷- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم ژنتیک ۱۷۳
- شکل ۶-۸- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۱۷۴
- شکل ۶-۹- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جستجوی ممنوع ۱۷۶
- شکل ۶-۱۰- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی ۱۷۷
- شکل ۶-۱۱- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم کلونی مورچه‌ها ۱۷۸
- شکل ۶-۱۲- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم گروه ذرات ۱۸۰
- شکل ۶-۱۳- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم تکامل تفاضلی ۱۸۱
- شکل ۶-۱۴- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم جهش قورباغه ۱۸۲
- شکل ۶-۱۵- نمودار سرعت همگرایی چارچوب یکپارچه‌سازی و الگوریتم رقابت استعماری ۱۸۴
- شکل ۶-۱۶- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم رقابت استعماری با θ پارامتر ۱۸۶
- شکل ۶-۱۷- نمودار سرعت همگرایی الگوریتم رقابت استعماری به همراه الگوریتم تپه نوردی ۱۸۸

فهرست معادل فارسی برخی از اصطلاحات بکار رفته

Differential Evolution algorithm(DE)	الگوریتم تکامل تفاضلی
Hill Climbing algorithm(HC)	الگوریتم تپه نوردی
Hybrid algorithms	الگوریتم ترکیبی، پیوندی، هایبرید
Tabu Search algorithm(TS)	الگوریتم جستجوی تابو(ممنوع)
Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA)	الگوریتم شمش قورباغه
Imperialist Competitive Algorithm (ICA)	الگوریتم رقابت استعماری
Genetic Algorithm (GA)	الگوریتم ژنتیک
Artificial Immune System algorithm (AIS)	الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی
Simulated Annealing (SA)	الگوریتم شبیه انجم یاب
Ant Colony Optimization (ACO)	الگوریتم کلونی مورچه ها، چران، دسته مورچه ها
Particle swarm Optimization (PSO)	الگوریتم گروه ذرات یا پاند
Monte Carlo algorithm	الگوریتم مونت کارلو
Probabilistic algorithms	الگوریتم های احتمالی
Evolutionary Algorithms (EA)	الگوریتم های تکاملی
Deterministic algorithms	الگوریتم های معین
Robustness	استحکام
Empires	امپراطوری
Imperialist	امپریالیست
Natural selection	انتخاب طبیعی
Chaos	آشوب
Population-based	بر پایه جمعیت
Individual improvement	بهبود یا پیشرفت اعضا
Offline optimization	بهینه سازی برون خطی
Combinatorial optimization	بهینه سازی ترکیبی
Multidimensional optimization	بهینه سازی چند بعدی
Online optimization	بهینه سازی درون خطی
Constrained optimization	بهینه سازی مقید
Unconstrained optimization	بهینه سازی نامقید
One-dimensional optimization	بهینه سازی یک بعدی
Objective function	تابع هدف یا هزینه
Evolution	تکامل
Reproduction	تکثیر

Iteration	تکرار
Diversification	تنوع، گستردگی، پراکندگی
Generational replacement	جانشینی تولیدی
Global search	جستجوی سراسری
Local search	جستجوی محلی
Random Search	جستجوی اتفاقی
Recombination	جفت‌گیری، ترکیب
Pairing	جفت‌گیری
Initial population	جمعیت اولیه
Unified Meta-heuristic Framework (UMHF)	چارچوب یکپارچه الگوریتم‌های فرا ابتکاری
Mutation	دگرگونی، جهش، تغییر
Heuristic methods	روش‌های اکتشافی
Metaheuristic methods	روش‌های فرا ابتکاری
Artificial Neural Network	شبکه عصبی مصنوعی
Pseudo code	شبه کد
Convergence condition	شرط همگرایی
Individual	عضو
Trial Individual	عضو آزمایشی
Crossover	عملگر قطع
Offspring	فرزند
Search space	فضای جستجو
Equality and inequality constraints	قیود مساوی و نامساوی
Evolutionary computation	محاسبات تکاملی
Discrete problems	مسایل پیوسته
Continuous problems	مسایل گسسته
Colony	مستعمره
Next generation	نسل بعد
Global optimum	نقطه بهینه سراسری
Local optimum	نقطه بهینه محلی
Parents	والدین
Neighborhood	همسایه
Premature convergence	همگرایی نابهنگام، همگرایی زودرس
Swarm intelligence	هوش دسته جمعی
Artificial intelligence (AI)	هوش مصنوعی