بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوترگرایش هوش مصنوعی

عنوان

بهبود الگوریتم‌های بهینه سازی چند هدفه مبتنی بر جمعیت

استاد راهنما

دکتر محمدرضا فیضی درخشی

استاد مشاور

دکتر رضا اکبری

پژوهشگر

سید علیرضا محمدی

خرداد ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیز

و

برادران دوست داشتنی‌ام

تشکر و قدردانی

اکنون که این پایان‌نامه به پایان رسیده است، جا دارد که از زحمات استاد راهنما جناب آقای دکتر فیضی درخشی تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از تلاش‌ها و کمک‌های بی دریغ استاد مشاور جناب آقای دکتر اکبری کمال تشکر و قدردانی را دارم. انجام این پایان‌نامه بدون کمک‌ها و حمایت‌های ایشان امکان‌پذیر نبود. همچنین از تمامی اعضای خانواده‌ام که در تمامی لحظات مرا همراهی و مورد حمایت خود قرار دادند، تشکر می‌کنم.

نام خانوادگی دانشجو: محمدی **نام:** سید علیرضا

عنوان پایان‌نامه: بهبود الگوریتم های بهینه سازی چند هدفه مبتنی بر جمعیت

استاد راهنما: دکتر محمدرضا فیضی درخشی
استاد مشاور: دکتر رضا اکبری

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی کامپیوتر **گرایش:** هوش مصنوعی **دانشگاه:** تبریز
دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۰ خرداد ۱۳۹۱ **تعداد صفحات:** ۱۰۰

کلید واژه‌ها: بهینه‌سازی چندهدفه، الگوریتم تکاملی، الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی، فاصله ازدحام، پنجره‌گذاری، تابع کوه

چکیده:

در این پایان‌نامه الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه و روش‌های مورد استفاده برای ایجاد همگرایی و گوناگونی در مجموعه جواب‌های یافت شده مورد بررسی قرار گرفته است. پیدا کردن این روش‌ها یکی از چالش‌های موجود در حوزه بهینه‌سازی چندهدفه می‌باشد. هدف اصلی در این کار طراحی روش‌هایی برای کاستن از نقایص روش‌های معمول و تولید جواب‌هایی با همگرایی و گوناگونی بیشتر است.

بزرگترین چالش‌هایی که در طراحی این الگوریتم‌ها با آن مواجه می‌شویم کم کردن فاصله جواب پیدا شده با مجموعه بهینه پَرِتو و بیشتر کردن گوناگونی و تنوع جواب‌های یافت شده می‌باشد. هر کدام از الگوریتم‌ها سعی دارند با روش خاص خود بر این چالش‌ها غلبگی یابند. در این پایان‌نامه سعی شده است با استفاده از تخمین چگالی در بایگانی و استفاده از چگالی محاسبه شده در انتخاب قربانی و رهبر توده زنبورها جواب‌های مناسبی به دست آید.

در این پایان‌نامه دو الگوریتم جدید A-MOABC و MOABC-MF ارائه شده است. الگوریتم A-MOABC سعی دارد با استفاده از ادغام دو روش فاصله ازدحام و روش پنجره‌گذاری چالش‌های مورد اشاره را برطرف نماید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که این الگوریتم نتایج بسیار خوبی را ارائه داده است. الگوریتم MOABC-MF نیز با ارائه یک روش جدید مبتنی بر تابع کوه سعی در محاسبه چگالی در اطراف عناصر بایگانی دارد. این روش با توجه به خصوصیاتی که دارد، قابلیت استفاده در الگوریتم‌ها دیگر را دارد. این الگوریتم‌ها به دلیل استفاده از تکنیک‌های جدید توانستند گوناگونی و همگرایی بسیار خوبی را در مجموعه جواب‌های به دست آمده ایجاد کنند.

روش‌های جدید معرفی شده در این پایان‌نامه نتایج بسیار مناسبی را از خود نشان دادند و جبهه پَرِتو مناسب با گوناگونی خوبی را تولید کردند. این الگوریتم‌ها با تعداد زیادی از الگوریتم‌های جدید تکاملی چندهدفه مقایسه شدند و توانستند در مسائل با محدودیت و همچنین بدون محدودیت رتبه‌های بالایی را از آن خود کنند. با توجه به این نتایج الگوریتم‌های ارائه شده توانستند مشکلات و چالش‌های ذکر شده را تا حدود زیادی بهبود بخشند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهداف پایان‌نامه ۳

۱-۳ روش کلی کار ۴

۱-۴ انگیزه‌ها و کاربرد الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه ۴

۱-۵ ساختار پایان‌نامه ۵

فصل دوم: مفاهیم پایه ۶

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ بهینه‌سازی تک‌هدفه ۷

۲-۳ بهینه‌سازی مسائل چند هدفه ۸

۲-۳-۱ متغیرهای تصمیم‌گیری ۸

۲-۳-۲ محدودیت‌ها ۸

۲-۳-۳ تابع هدف ۹

۲-۴ مسائل بهینه‌سازی چند هدفه ۱۰

۲-۵ مفهوم پَرِتو ۱۰

۲-۶ کمینه سازی سراسری مسائل چندهدفه ۱۳

۲-۷ تصمیم‌گیرنده ۱۳

۲-۸ جمع بندی ۱۴

فصل سوم: روش‌شناسی الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه ۱۵

۳-۱ مقدمه ۱۶

۳-۲ روش‌های نظری ۱۸

۳-۲-۱ ترتیب دهی واژه‌نگاری ۱۸

۳-۲-۲ تابع‌های تجمعی خطی ۱۹

۳-۲-۳ تابع‌های غیرخطی تجمعی ۲۰

۳-۳ روش‌های پیش‌رونده ۲۱

۳-۴ روش استدلالی ۲۱

۳-۴-۱ روش‌های نمونه‌برداری مستقل ۲۱

۳-۴-۲ روش‌های انتخاب ضابطه ۲۲

۳-۴-۳ روش انتخاب تجمع ۲۲

۳-۴-۴ روش محدودیت ε ۲۳

۳-۴-۵ روش‌های نمونه‌برداری پَرِتو ۲۳

۳-۵ اهداف کلی الگوریتم تکاملی چند هدفه و طراحی عملگرها ۲۳

۳-۵-۱ رتبه‌بندی مبتنی بر غلبگی ۲۵

۳-۵-۲ حفظ گوناگونی ۲۶

۳-۵-۲-۱ روش بردار وزن ۲۷

۳-۵-۲-۲ اشتراک برازش/ طاقچه گذاری ۲۷

۳-۵-۲-۳ ازدحام/ خوشه‌بندی ۲۸

۳-۵-۲-۴ شکل‌های تسکین یافته غلبگی ۲۹

۳-۵-۲-۵ جفتگیری محصور شده ۲۹

۳-۶ الگوریتم تکاملی چندهدفه در حالت کلی ۳۰
۳-۷ گذری بر مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر ۳۱
۳-۸ جمع‌بندی ۳۲
فصل چهارم: الگوریتم تطبیقی کلونی زنبورهای مصنوعی چندهدفه با مکانیزم فاصله ازدحام..... ۳۳
۴-۱ مقدمه ۳۴
۴-۲ الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی تک هدفه..... ۳۴
۴-۳ الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه کلونی زنبور مصنوعی با مکانیزم پنجره گذاری تطبیقی و فاصله ازدحام ۳۸
۴-۳-۱ مقداردهی اولیه ۳۸
۴-۳-۲ به روزرسانی زنبورها ۳۹
۴-۳-۳ به روزرسانی بایگانی ۴۳
۴-۳-۴ پایان ۴۵
۴-۴ مطالعات تجربی ۴۵
۴-۴-۱ معیار سنجش کارایی ۴۵
۴-۴-۲ نتایج تجربی ۴۶
۴-۵ نتیجه‌گیری..... ۴۷
فصل پنجم: الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی چندهدفه با استفاده از تابع کوه..... ۴۸
۵-۱ مقدمه ۴۹
۵-۲ الگوریتم MOABC با تابع تطبیقی کوه ۴۹
۵-۲-۱ مقداردهی اولیه ۵۰
۵-۲-۲ فرستادن زنبورهای کارگر..... ۵۰

۵-۲-۲- ۱ مفهوم تابع کوه ۵۱
۵-۲-۳ فرستادن زنبور ناظر ۵۳
۵-۲-۴ فرستادن زنبور پیشاهنگ ۵۴
۵-۲-۵ به روز رسانی بایگانی خارجی ۵۴
۵-۳ مطالعات تجربی ۵۵
۵-۳-۱ معیار کارایی ۵۵
۵-۳-۲ نتایج آزمایش ۵۵
۵-۳-۲-۱ بررسی مسائل بدون محدودیت ۵۵
۵-۳-۲-۲ بررسی مسائل با محدودیت ۵۸
۵-۳-۲-۳ ارزیابی کلی کارایی ۶۰
۵-۳-۲-۴ تحلیل همگرایی ۶۱
۵-۳-۲-۵ کارایی بایگانی تطبیقی ۶۴
۵-۳-۳ نتیجه گیری ۶۴
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۷
۶-۱ نتیجه‌گیری ۶۸
۶-۲ پیشنهادها ۶۹
پیوست الف: توابع آزمون ۷۱
مراجع ۷۵

فهرست اشکال

شکل ۲-۱. مثالی از یک مسئله با دو تابع هدف هزینه و کارایی، جبهه پَرِتو به شکل منحنی ۱۲

شکل ۲-۲. نگاشت در مسائل بهینه‌سازی چندهدفه ۱۲

شکل ۳-۱. تکنیک تجمعی خطی برای یک مثال دوهدفه انتخاب نظری وزن‌ها، $w_1x_1 + w_2x_2$ ۲۰

شکل ۳-۲. تکنیک چپیشف برای یک مثال دوهدفه انتخاب نظری وزن‌ها ۲۰

شکل ۳-۳. رتبه غلبگی با گروه‌بندی رتبه‌های برابر برای مرتب‌سازی ۲۵

شکل ۳-۴. شمارش غلبگی با گروه‌بندی رتبه‌های برابر برای مرتب‌سازی ۲۶

شکل ۳-۵. تصویری از اشتراک برازش ۲۷

شکل ۳-۶. تصویری از الگوی طاقچه‌گذاری بر اساس استفاده از شبکه‌بندی ۲۸

شکل ۳-۷. تصویری از روش ازدحام ۲۹

شکل ۳-۸. مثالی از استفاده از در بایگانی خارجی. جواب ۱ بر جواب ۲ غیر مغلوب است. جواب ۳ و ۴ غیرقابل مقایسه‌اند ولی جواب ۳ ارجحیت دارد. جواب ۵ نیز جواب ۶ را مغلوب می‌کند. جواب ۷ نیز قابل قبول نسیت زیرا جعبه آن توسط جعبه دیگری مغلوب شده است. ۳۰

شکل ۳-۹. شبه کد الگوریتم تکاملی چندهدفه در حالت کلی ۳۱

شکل ۴-۱. شبه کد الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی ۳۶

شکل ۴-۲. شبه کد الگوریتم تطبیقی MOABC ۴۱

شکل ۴-۳. محاسبه فاصله ازدحام به صورت تصویری ۴۴

شکل ۵-۱. طرح کلی الگوریتم MOABC-MF ۵۱

شکل ۵-۲. مثالی از تابع کوه با هفت نقطه‌ی غیرمغلوب ۵۳

شکل ۵-۳. جبهه پَرِتو به‌دست آمده بر روی مسائل محک بدون محدودیت توسط الگوریتم MOABC-MF ۵۷

شکل ۵-۴. جبهه پَرِتو به‌دست آمده بر روی مسائل محک با محدودیت توسط الگوریتم MOABC-MF ۵۹
شکل ۵-۵. همگرایی الگوریتم MOABC-MF بر روی مسائل بدون محدودیت ۶۲
شکل ۵-۶. همگرایی الگوریتم MOABC-MF بر روی مسائل با محدودیت ۶۳
شکل ۵-۷. تاثیر مکانیزم بایگانی تطبیقی بر روی مسائل بدون محدودیت ۶۵
شکل ۵-۸. تاثیر مکانیزم بایگانی تطبیقی بر روی مسائل با محدودیت ۶۶

فهرست جداول

جدول ۴-۱. آمارهای IDG بر روی مسائل محک UF1-UF7 ..... ۴۶

جدول ۴-۲. آمارهای IDG بر روی مسائل محک CF1-CF7..... ۴۶

جدول ۵-۱. آمارهای IDG بر روی مسائل محک UF1-UF7..... ۵۶

جدول ۵-۲. آمارهای IDG بر روی مسائل محک CF1-CF7..... ۵۸

جدول ۵-۳. ترتیب‌دهی واژه‌نگاری برای مسائل بدون محدودیت و با محدودیت..... ۶۱

جدول ۷-۱. معادله مسائل آزمون بدون محدودیت UF1 تا UF7..... ۷۲

جدول ۷-۲. معادله مسائل آزمون با محدودیت CF1 تا CF7..... ۷۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

الگوریتم‌های تکاملی[1] الگوریتم‌هایی مکاشفه‌ای هستند که از انتخاب طبیعی به عنوان موتور جستجو برای حل مسائل استفاده می کند. در سال‌های اخیر استفاده از این اگوریتم‌ها برای جستجو و بهینه‌سازی کارها بسیار محبوب شده‌اند به‌طوری که این افزایش محبوبیت خود را به شکل تولید مداوم الگوریتم‌ها و دستآوردهای نظری جدید و کاربردهای بدیع نشان داده است[3,2,1]. یکی از حوزه‌های تحقیقات در حال توسعه که الگوریتم‌های تکاملی در آن بسیار محبوب شده‌اند بهینه‌سازی چند هدفه[2] می‌باشد. مزایای قابل توجه الگوریتم‌های تکاملی و به خصوص الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه نسبت به روش‌های جستجوی مسائل چند هدفه سنتی این است که این الگوریتم ها می توانند پاسخ‌ها را به صورت‌های مختلفی (مثل ساختار کروموزمی) نشان دهند و همچنین مقادیر اهداف را به صورت مستقیم محاسبه نماید. الگوریتم‌های سنتی بر خلاف الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه که مدل فضای مسئله را تغییر نمی دهند، ممکن است محدودیت‌ها یا نگاشت‌های پیچیده‌ای را بر روی دامنه مساله برای حل مساله تحمیل نمایند.

در مسائل بهینه سازی چند هدفه، ما به جای یک تابع هدف، دو یا بیشتر تابع هدف به صورت همزمان برای بهینه سازی در اختیار داریم که این توابع می تواند در ضدیت با هم نیز باشند بدین معنی که همگرایی یک تابع به هدف باعث دور شدن تابع و یا توابع دیگر از هدف خود بشود. در نتیجه جواب یکتایی برای مسائل بهینه سازی چند هدفه وجود ندارد، ولی به جای آن ما تلاش می کنیم تا راه حل‌هایی با توازن خوب را بیابیم که به این مجموعه راه حل، مجموعه بهینه پَرِتو[3] نامیده می شود. برای مثال، یک مسئله کلاسیک کوله پشتی چند هدفه (سود و وزن) و ساخت دارو (هزینه در برابر تاثیر) برداری از دو هدف را نشان می‌دهند. بیشینه کردن یک هدف مانند سود در بیشتر موارد اهدف دیگر را بهینه نمی کند.

اولین پیاده سازی یک الگوریتم تکاملی چندهدفه[4] به اواسط دهه ۸۰ برمی‌گردد [5,4]. از آن زمان به بعد تحقیقات قابل ملاحظه‌ای در این حوزه انجام شده است که اکنون به بهینه‌سازی تکاملی چندهدفه[5] معروف شده است. افزایش اهمیت این حوزه به وسیله رشد قابل توجه مقالات در کنفرانس‌های بین المللی، مجلات، کتاب‌ها و نشست‌های تخصصی در کنفرانس‌های بین المللی انعکاس یافته است[6].

چهار هدف اصلی این نوع الگوریتم‌ها برای حل مسائل چند هدفه ۱) حفظ کردن نقاط غیر مغلوب (نخبه‌کِشی[6] در برابر حالت بدون نخبه‌کِشی) ۲) هدایت و پیشرفت جبهه پَرِتو[1] جاری به جبهه

---

[1] Evolutionary Algorithm
[2] Multiobjective Optimization
[3] Pareto Optimal Set
[4] Multiobjective Evolutionary Algorithm (MOEA)
[5] Evolutionary Multiobjective Optimization (EMO)
[6] Elitism

پَرِتو بهینه ۳) تولید و حفظ تنوع نقاط جبهه پَرِتو و یا جواب‌های بهینه پَرِتو ۴) ارائه یک تصمیم گیرنده با تعداد محدودی نقاط جبهه پَرِتو می باشد.

دلیل و انگیزه اصلی برای استفاده از الگوریتم‌های تکاملی برای حل مسائل بهینه سازی چندهدفه این است که این الگوریتم‌ها به جای آنکه مانند تکنیک های سنتی برنامه نویسی ریاضیاتی از دنباله‌ای از اجراهای مستقل از هم استفاده کنند؛ به صورت همزمان با یک مجموعه جواب محتمل (جمعیت) که به ما اجازه می‌دهند اعضای مختلف مجموعه بهینه پَرِتو را در یک اجرای الگوریتم بیابیم، سر و کار دارند[7]. علاوه بر این این الگوریتم‌ها کمتر نسبت به شکل یا پیوستگی جبهه پَرِتو حساس هستند. برای مثال این الگوریتم‌ها به سادگی می‌توانند با فضاهای گسسته و مقعر[2] سروکار داشته باشند. این دو موضوع برای تکنیک‌های برنامه نویسی ریاضیاتی موضوعاتی مهم به شمار می‌روند [6،8،9].

۱-۲ اهداف پایان‌نامه

در این پایان‌نامه، رفع مشکلات در محاسبات چگالی بایگانی برای انتخاب قربانی و همچنین رهبر توده‌ی زنبورها مورد بررسی قرار می‌گیرد. یافتن روش‌هایی که همگرایی و پراکندگی را در مجموعه جوابهای یافته شده به خوبی مورد توجه قرار دهد یکی از چالش‌های موجود در حوزه بهینه‌سازی چند هدفه میتنی بر جمعیت می‌باشد. بهبود این مشکلات به بهتر شدن همگرایی و گوناگونی در مجموعه جواب به دست آمده منجر می‌شود.

در این پایان‌نامه الگوریتم‌هایی ارائه می‌شوند که بتوانند چالش‌های موجود را تا حدود زیادی برطرف نمایند. به طور خلاصه اهداف این پایان‌نامه عبارتند از: ۱) ارائه روش‌هایی برای محاسبه چگالی در بایگانی خارجی ۲) استفاده از نتایج چگالی‌های به دست آمده جهت انتخاب قربانی به منظور حفظ گوناگونی ۳) انتخاب رهبر برای توده‌های زنبور و تغییراتی در به‌روزرسانی رفتار پروازی توده‌ها به منظور بهتر شدن همگرایی و افزایش هرچه بیشتر گوناگونی در مجموعه جواب‌ها با استفاده از چگالی محاسبه شده‌ی داده‌ها در بایگانی خارجی. ایده‌ی اصلی، استفاده از بایگانی خارجی به منظور نگهداری مجموعه جواب‌های غیرمغلوب مناسب تاکنون یافت شده می‌باشد که با محاسبه چگالی داده‌های موجود در آن، قربانی و رهبر توده‌ی زنبورها طوری انتخاب می‌شوند تا گوناگونی در مجموعه جواب‌های موجود در بایگانی و همگرایی جواب‌های به دست آمده‌ی تاکنون را به سمت مجموعه جواب‌های بهینه افزایش دهند.

---

[1] Pareto Front
[2] Concave

۱-۳ روش کلی کار

برای رسیدن به مجموعه جواب بهینه پَرِتو از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود که با ایجاد مشارکت بین اعضا سعی در پیدا کردن بهترین مجموعه جواب دارد. این الگوریتم‌ها با استفاده از روش‌ها و اطلاعات مختلف به دست آمده از فضای جستجو موقعیت اعضای خود را به‌روز می‌کنند. علیرغم اینکه الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه کارایی نسبتا خوبی از خود نشان می‌دهند ولی از مشکلاتی مانند نداشتن پراکندگی یا گوناگونی و عدم همگرایی مناسب در مجموعه جواب رنج می‌برند.

در این پژوهش، الگوریتم تکاملی، الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی فرض شده است. با تغییراتی که در نحوه‌ی رفتار زنبورها ایجاد شد، الگوریتم برای حل مسائل چندهدفه انطباق پیدا کرد. به منظور حفظ مجموعه جواب‌هایی که در هر مرحله یافت میشد، یک بایگانی خارجی نیز در نظر گرفته شد. پس از مدتی این بایگانی پر می‌شود و باید قربانی برای جایگزینی جواب جدید یافت شده انتخاب شود که این خود یکی از چالش‌های موجود است. این عمل باید طوری انجام شود که بتوان گوناگونی در مجموعه جواب‌های یافت شده را افزایش و از تجمع جواب‌ها در یک منطقه جلوگیری کرد. به این منظور در این پایان‌نامه روش‌هایی به منظور محاسبه دقیق‌تر چگالی ارائه شد. همچنین به منظور ایجاد همگرایی مجوعه جواب‌های یافت شده تاکنون به مجموعه جواب بهینه و ایجاد گوناگونی بیشتر، انتخاب رهبرها نیز با توجه به چگالی موجود در بایگانی انجام می‌شود. ترکیب این کارها باهم می‌تواند کیفیت جواب‌های به دست آمده را افزایش دهد.

۱-۴ انگیزه‌ها و کاربرد الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه

اگرچه کاربرد تکنیک‌های سنتی بهینه‌سازی چندهدفه برای حل مسائل در زمینه‌های مختلف مانند مهندسی، علوم و مدیریت در سال ۱۹۵۱ شروع شد، ولی الگوریتم تکاملی چندهدفه برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفت [5،10،11]. از اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی این الگوریتم کاربردهای قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است. این توجه قابل ملاحظه به دلیل موفقیت این نوع الگوریتم در حل مسائل واقعی می‌باشد. الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه نتایج قابل رقابت یا بهتری نسبت به تکنیک‌های دیگر جستجو تولید می‌کنند.

در کاربردهای عملی، می‌توان عملکرد الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه را در چهار حوزه دسته‌بندی کرد که عبارتند از حوزه ۱) مهندسی ۲) علوم ۳) صنعت ۴) متفرقه که هر کدام از آن‌ها به زیر گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. در حوزه مهندسی می‌توان از مهندسی کشتی سازی، مکانیک، سازه، هوافضا، الکترونیک، روبوتیک، ارتباطات مخابراتی و شبکه نام برد. برای کاربردها در زمینه علوم نیز می‌توان به جغرافیا، شیمی، فیزیک، داروسازی، بوم شناسی، علوم کامپیوتر اشاره کرد. بعد از کاربردهای مهندسی، کاربردهای صنعتی محبوب‌ترین کاربرد این نوع الگوریتم‌هاست که شامل طراحی و تولید، برنامه‌ریزی، مدیریت، دسته‌بندی و بسته‌بندی می‌شود.

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

بعد از مقدمه، پایان‌نامه مشتمل بر فصل‌های زیر است.

در فصل دوم برای درک بهتر کلی مبحث، مفاهیم اولیه و ابتدایی مورد نیاز را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم. بهینه‌سازی تک هدفه به دلیل سادگی و ایجاد درکی بهتر از بهینه‌سازی چندهدفه در ابتدای کار مورد اشاره قرار گرفته است. پس از آن به مسائل چندهدفه و بهینه‌سازی مربوط به آن پرداخته شده است. مفهوم پَرِتو نیز از مفاهیم پایه و مهم در بحث بهینه‌سازی چندهدفه می‌باشد که در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل سوم بر روش‌های معرفی شده تاکنون مروری داریم. این روش‌ها روش‌ها نظری، پیش‌رونده و استدلالی می‌باشند. این روش‌ها به دسته نظری، پیش رونده و استدلالی تقسیم بندی شده اند که هرکدام از آنها نیز به نوبه‌ی خود به زیرگروه‌های کوچکتری دسته‌بندی شده‌اند. در اواخر این قسمت، الگوریتم تکاملی چندهدفه به صورت کلی و عام همراه با اهداف و عملگرهای کلی این نوع الگوریتم‌ها ارائه شده است.

در فصل‌های چهار و پنج به ترتیب به معرفی الگوریتم‌های جدید بهینه‌سازی چندهدفه کلونی زنبور مصنوعی با مکانیزم پنجره‌گذاری تطبیقی و فاصله ازدحام، و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی چندهدفه با استفاده از تابع کوه پرداخته می‌شود. در این الگوریتم‌ها سعی شده با ارائه روش‌هایی در نحوه انتخاب قربانی از بایگانی و همچنین انتخاب رهبر مناسب به منظور هدایت توده‌های زنبور به جواب‌های مناسب دست یابد و بتواند گوناگونی را در جواب‌ها بیشتر نماید.

در فصل ششم نیز به نتیجه‌گیری از نتایج حاصل از اجرای الگوریتم‌های معرفی شده بر روی توابع محک و همچنین ارائه پیشنهادهای به منظور طراحی الگوریتم‌های بعدی پرداخته می‌شود.

فصل دوم

مفاهیم پایه

۲-۱ مقدمه

در فصل پیش رو قبل از پرداختن به بررسی و مرور تحقیقات و مطالعات ارائه شده پیرامون موضوع الگوریتم‌های تکاملی بهینه‌سازی چندهدفه، به مفاهیم ابتدایی مورد نیاز این بحث می پردازیم. این مفاهیم به ما در راستای درک بهتر بهینه‌سازی توسط الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه یاری می‌رساند.

برای درک مسائل چندهدفه، در ابتدا مفهوم بهینه‌سازی تک هدفه[1] را مورد بررسی قرار می دهیم، سپس به بحث مسائل بهینه‌سازی چندهدفه پرداخته می‌شود.

۲-۲ بهینه‌سازی تک‌هدفه

مسائل بهینه‌سازی تک هدفه توسط انواع مختلف روش‌های جستجو که شامل الگوریتم‌های تکاملی نیز می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفته است که در تعریف شماره ۲-۱ نشان داده شده است.

تعریف ۲-۱ مسئله بهینه‌سازی تک هدفه: در این نوع مسائل هدف کمینه (بیشینه) کردن تابع $f(X)$ با توجه به محدودیت‌های $g_i(X) \le 0, i = \{1,...,m\}$ و $h_j(X) = 0, j = \{1,...,p\}$ می‌باشد که X یک بردار n بعدی $X = (x_1,...,x_n)$ در فضای متغییرها می‌باشد.

روش پیدا کردن بهینه سراسری توابع که ممکن است یکتا نیز نباشد، را بهینه‌سازی سراسری[2] می‌گویند. در حالت کلی، بهینه‌سازی مسائل تک هدفه در تعریف ۲-۲ ارائه شده است[12].

تعریف ۲-۲ بهینه‌سازی سراسری مسائل تک هدفه (در حالت کمینه‌سازی): با داشتن تابع $f : \psi \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}, \psi \neq 0$ برای $X \in \psi$ که مقدار f^* کمینه سراسری نامیده می‌شود اگر و تنها اگر

$$\forall X \in \psi : f(X^*) \le f(X) \qquad (۱.۲)$$

که X^* بنا به تعریف جواب کمینه سراسری است و f تابع هدف و ψ مجموعه مناطق ممکن X می‌باشد. تخمین جواب کمینه سراسری، مسئله بهینه‌سازی سراسری برای مسئله تک هدفه نام دارد.

اگرچه مسائل بهینه‌سازی تک هدفه ممکن است یک جواب یکتا داشته باشد، مسائل چندهدفه مجموعه‌ای غیرقابل شمارش از جواب‌ها را ارائه می‌دهند که در هنگام ارزیابی بردارهایی را در فضای

[1] Single-Objective Optimization
[2] Global Optimization

هدف تولید می‌کند که اجزای آن در مواردی در تقابل با هم هستند. در نهایت یک تصمیم‌گیرنده[1] جواب مناسب را با انتخاب یک یا چند بردار اعلام می‌دارد.

۲-۳ بهینه‌سازی مسائل چند هدفه

مسئله بهینه‌سازی چندهدفه را می‌توان بدین شکل تعریف کرد: پیدا کردن یک بردار در فضای جستجو به صورتی که محدودیت‌های مسئله را ارضا نماید و بردار تابع را که در فضای هدف قرار دارد بهینه نماید. این توابع یک تعریف ریاضی از کارایی ضوابط را شکل می‌دهند که عموما در تضاد با یکدیگرند. از این رو، مفهوم بهینه‌سازی به معنی پیدا کردن جوابیست به طوری که ارزش هر تابع هدف آن برای تصمیم گیرنده قابل قبول باشد[13].

۲-۳-۱ متغیرهای تصمیم‌گیری[2]

متغیرهای تصمیم‌گیری، مقادیری عددی می‌باشند که ارزش آن‌ها در طی فرآیند بهینه‌سازی انتخاب می‌شوند. این مقادیر به شکل $x_j, j=1,2,...,n$ مشخص می‌شوند. بردار X با n متغیر تصمیم‌گیری به شکل زیر نشان داده می‌شود.

$$X=\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \qquad (۲.۲)$$

که می‌توان آن را به صورت راحت‌تر به شکل زیر نوشت:

$$X=[x_1,\ \ x_2,\ \ \cdots\ \ ,x_n]^T \qquad (۳.۲)$$

که T مشخص کننده‌ی ترانهاده می‌باشد.

۲-۳-۲ محدودیت‌ها[3]

در بیشتر مسائل بهینه‌سازی محدودیت‌هایی داریم که توسط شرایط محیطی و منابع موجود به مسئله تحمیل می‌شود مانند محدودیت‌های فیزیکی، زمان و غیره. برای اینکه جواب‌های قابل قبولی داشته باشیم، این محدودیت‌ها باید ارضا شوند. این محدودیت‌ها وابستگی بین متغیرهای تصمیم‌گیری و ثوابت دخیل در مسئله را توصیف می‌کنند. توصیف محدودیت‌های نابرابری[4] به شکل ریاضی به شکل زیر می‌باشد:

$$g_i(X)\le 0, i=1,...,m \qquad (۴.۲)$$

---

[1] Decision Maker (DM)
[2] Decision Variables
[3] Constraints
[4] Inequality Constraints