بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی برق

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

یک رهیافت گرانشی برای جایگاه‌یابی توابع چندمدی

مؤلف :

پوریا حق‌بیان

استاد راهنما :

دکتر حسین نظام‌آبادی‌پور

استاد مشاور :

دکتر ملیحه مغفوری فرسنگی

بهمن ماه ۱۳۹۰

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق به

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: پوریا حق بیان

استاد راهنما: دکتر حسین نظام آبادی پور

استاد مشاور: دکتر ملیحه مغفوری فرسنگی

داور ۱: دکتر مهدی افتخاری

داور ۲: دکتر سید محمدعلی محمدی

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: دکتر مریم پور محی آبادی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

مادرم، که دعای خیر او همیشه مشکل گشای کارهایم بود.

و

پدرم، که برای تحصیل من از هیچ کوششی دریغ نکرد.

و

خواهر و برادرم.

و

آنان که دوستشان داشتم و دیگر در بین ما نیستند.

تشکر و قدردانی :

با سپاس فراوان از رحمت بیکران آفریدگار یکتا.

هر انسانی دو آموزنده دارد: یکی روزگار و دیگری آموزگار. اولی به بهای جانت و دومی به بهای جانش.

با سپاس و تشکر از زحمات اساتید گرامی جناب آقای دکتر نظام آبادی پور و سرکار خانم دکتر مغفوری فرسنگی که در این مدت با رویی گشاده پذیرای اینجانب بوده و با راهنمایی‌های ارزشمند خود مرا در تدوین این پایان نامه یاری کردند.

با تشکر از اساتید گرامی آقایان دکتر مهدی افتخاری و دکتر سید محمدعلی محمدی که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند.

و با سپاس از تمام کسانی که به هرگونه مرا یار شدند.

چکیده

در حل مسایل دنیای واقعی، اغلب با مسائلی روبرو می‌شویم که چندمدی هستند. به عبارتی دیگر، در این مسائل چندین بهینه (محلی و فرامحلی) وجود دارد. یافتن مکان تمام بهینه‌ها در یک مسئله بهینه‌سازی چندمدی با استفاده از الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری یکی از موضوعات چالش آور در این زمینه است. الگوریتم جستجوی گرانشی یکی از الگوریتم‌های ابتکاری است که به تازگی با الهام از مفاهیم قانون جاذبه و نیروی گرانشی بین اجسام در طبیعت معرفی شده است. این الگوریتم در یافتن جواب بهینه فرامحلی به خوبی عمل می‌کند، اما در شکل استاندارد خود، قادر به یافتن بیش از یک بهینه نیست. هدف این پایان نامه بهبود الگوریتم برای حل مسائل چندمدی و نشان دادن توانایی این الگوریتم در یافتن بهینه‌های مختلف است. در این پایان‌نامه سه روش برای حل مسائل چندمدی ارائه شده است که هیچ‌کدام وابسته به پارامترهای جایگاه‌یابی نیستند و پارامتر شعاع جایگاه حذف شده است. در روش اول از تابع قله – دره استاندارد و در روش دوم و سوم از بهبود یافته این تابع برای گونه‌سازی استفاده می‌شود. روش اول با تصحیح جرم برای هر یک از اجسام و استفاده از جرم فعال، قادر به یافتن بهینه‌ها است. در روش دوم تابع قله – دره برای تعمیم به ابعاد بالاتر و کاهش تعداد محاسبات، بهبود می‌یابد. سپس راهکارهایی برای حفظ بهینه‌های به دست آمده طی تکرارهای الگوریتم و همچنین بهبود گونه‌سازی ارائه می‌شود. در این روش با معرفی یک مجموعه از اجسام به عنوان جرم‌های آزاد، کارایی الگوریتم در گونه‌سازی افزایش و قدرت بهره‌وری و کاوش الگوریتم ارتقا می‌یابد. در روش سوم برای محلی کردن جستجو از مفهوم نزدیک‌ترین جسم استفاده می‌شود. الگوریتم‌های پیشنهادی با روش‌های مطرح در این زمینه مقایسه می‌شوند و نتایج آزمایش‌ها روی توابع آزمون استاندارد، توانایی الگوریتم‌های پیشنهادی را تایید می‌کنند. روش دوم نتایجی بسیار بهتر از دو روش دیگر و همچنین روش‌های پیشین مطرح شده در این زمینه ارائه می‌کند. دو الگوریتم دیگر نیز از نظر همگرایی نتایجی در حد الگوریتم‌های مطرح پیشین یا حتی در بعضی موارد، بهتر از آن‌ها به دست می‌دهند. در انتها توانایی الگوریتم‌های پیشنهادی با حل دو مسئله مهندسی آزموده می‌شود.

واژگان کلیدی: الگوریتم جستجوی گرانشی، بهینه‌سازی چندمدی، جایگاه‌یابی، گونه-سازی، تابع قله – دره، نزدیک‌ترین همسایه.

فهرست مطالب:

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری ۲

۱-۳- هوشمندی جمعی و خود سازماندهی ۳

۱-٤- انواع عملگرها ٤

۱-٥- کاوش و بهره‌وری ٥

۱-٦- بهینه سازی به کمک الگوریتم‌های ابتکاری ٦

۱-۷- مفهوم مسائل چندمدی ٦

۱-۸- مبنای طبیعی گونه‌سازی و جایگاه‌یابی ۸

۱-۹- اهداف پایان‌نامه ۹

۱-۱۰- ساختار پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم: روش‌های جایگاه‌یابی برای بهینه سازی چندمدی ۱۱

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- پیش انتخاب ۱۲

۲-۳- روش ازدحامی ۱۲

۲-٤- روش ازدحامی قطعی ۱۳

۲-٥- تسهیم شایستگی ۱٤

۲-٦- جایگاه‌یابی ترتیبی ۱٥

۲-۷- محدودیت ازدواج ۱٥

۲-۸- روش‌های مبتنی بر الگوریتم جمعیت ذرات ۱٦

۲-۸-۱- جایگاه‌یابی پویا ۱٦

۲-۸-۲- روش جایگاه‌یابی ترتیبی وفقی ۱۶
۲-۸-۳- الگوریتم جایگاه‌یابی جمعیت ذرات ۱۷
۲-۸-٤- الگوریتم جمعیت ذرات چندمدی بر اساس نیرو ۱۹
۲-۸-٥- الگوریتم جمعیت ذرات چندمدی بر اساس ساختار حلقه‌ای ۲۳
۲-۹- روش‌های بر اساس الگوریتم جستجوی گرانشی ۲٦
۲-۹-۱- روش محدودیت نیرو ۲٦
۲-۹-۲- روش کنترل نیرو ۲۷
۲-۹-۳- روش K جسم نزدیک ۲۷
۲-۱۰- سایر روش‌های مطرح شده ۲۷
۲-۱۱- جمع بندی ۲۸
فصل سوم: الگوریتم جستجوی گرانشی ۲۹
۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- نیروی گرانش در طبیعت ۳۰
۳-۳- الگوریتم جستجوی گرانشی ۳۳
۳-۳-۱- تشکیل سیستم، وضع قوانین و تنظیم پارامترها ۳۳
۳-۳-۲- گذر زمان، حرکت اجرام و به روز رسانی پارامترها ۳۷
۳-٤- الگوریتم جستجوی گرانشی باینری ۳۸
۳-٥- بررسی الگوریتم جستجوی گرانشی ٤۰
۳-٦- روش‌های جایگاه‌یابی بر اساس الگوریتم جستجوی گرانشی ٤۰
۳-٦-۱- روش محدودیت نیرو ٤۱
۳-٦-۲- روش کنترل نیرو ٤۱
۳-٦-۳- روش K جسم نزدیک ٤۳
۳-۷- جمع بندی ٤٥

فصل چهارم: الگوریتم‌های جستجوی گرانشی چندمدی پیشنهادی ٤٨

٤-١- مقدمه ٤٩

٤-٢- تابع قله - دره ٤٩

٤-٣- الگوریتم جستجوی گرانشی چندمدی با تابع قله - دره ٥٢

٤-٤- تابع قله - دره بهبود یافته ٥٥

٤-٥- الگوریتم جستجوی گرانشی چندمدی با تابع قله – دره بهبود یافته ٥٧

٤-٦- الگوریتم جستجوی گرانشی چندمدی بر اساس نزدیک‌ترین همسایه ٦٣

٤-٧- جمع بندی ٦٧

فصل پنجم: نتایج و مقایسه با سایر روش‌ها ٦٨

٥-١- مقدمه ٦٩

٥-٢- معیارهای آزمون ٦٩

٥-٣- نتایج آزمایش‌ها برای توابع آزمون تک بعدی ٧٠

٥-٣-١- بررسی همگرایی HGSA ٧٢

٥-٣-٢- بررسی همگرایی IHGSA ٧٥

٥-٣-٣- بررسی همگرایی NNGSA ٧٧

٥-٣-٤- بررسی سرعت همگرایی ٧٩

٥-٣-٥- مقایسه با سایر روش‌ها ٨٠

٥-٣-٦- بررسی تصویری همگرایی ٨١

٥-٤- نتایج آزمایش‌ها برای توابع آزمون دو بعدی ٨٥

٥-٤-١- بررسی همگرایی HGSA ٨٧

٥-٤-٢- بررسی همگرایی IHGSA ٩٠

٥-٤-٣- بررسی همگرایی NNGSA ٩٢

٥-٤-٤- بررسی سرعت همگرایی ٩٤

۵-٤-۵- مقایسه با سایر روش‌ها ۹۵
۵-٤-٦- بررسی تصویری همگرایی ۹٦
۵-۵- جمع بندی ۱۰۱
فصل ششم: بهینه سازی مسائل دنیای واقعی ۱۰۲
٦-۱- مقدمه ۱۰۳
٦-۲- طراحی فیلترهای دیجیتال با IHGSA ۱۰۳
٦-۲-۱- تخمین یک سیستم با تابع تبدیل درجه دوم توسط یک سیستم درجه اول .. ۱۰٦
٦-۲-۲- تخمین یک سیستم با تابع تبدیل درجه سوم توسط یک سیستم درجه دوم . ۱۰۸
٦-۳- تقریب سیستمهای خطی با IHGSA ۱۰۹
٦-۳-۱- تقریب یک سیستم پایدار خطی ۱۱۰
٦-۳-۲- تقریب یک سیستم ناپایدار خطی ۱۱۲
٦-٤- جمع بندی ۱۱۳
فصل هفتم: جمع بندی و پیشنهادها ۱۱٤
۷-۱- جمع بندی ۱۱۵
۷-۲- پیشنهادها ۱۱٦
منابع ۱۱۸

فهرست شکل‌ها:

شکل ۱-۱. عملگرهای تکاملی ۵

شکل ۱-۲. مصالحه بین کاوش و بهره‌وری ٦

شکل ۱-۳. یک مسئله چندمدی یک بعدی ۷

شکل ۱-٤. یک مسئله چندمدی دو بعدی ۷

شکل ۲-۱. دیاگرام بلوکی الگوریتم جایگاه‌یابی جمعیت ذرات ۲۰

شکل ۲-۲. نحوه به‌روزرسانی موقعیت ذره در NN-FPSO ۲۱

شکل ۲-۳. ساختار حلقه‌ای ۲٤

شکل ۲-٤. شبه کد الگوریتم PSO با ساختار حلقه‌ای ۲٤

شکل ۲-۵. ساختار حلقه‌ای با دو ذره و دارای همپوشانی ۲۵

شکل ۲-٦. ساختار حلقه‌ای با دو ذره و بدون همپوشانی ۲٦

شکل ۳-۱. نیروهای وارد بر یک جسم از سوی بقیه اجسام ۳۱

شکل ۳-۲. نمودار بلوکی الگوریتم جستجوی گرانشی ۳۷

شکل۳-۳. تابع $S(v_i^d)$ ۳۹

شکل ۳-۴. تابع شوبرت دو بعدی ٤٦

شکل ٤-۱. شبه کد تابع قله – دره ۵۱

شکل ٤-۲. ایده تقسیم بندی اجرام با تابع قله – دره ۵۲

شکل ٤-۳. نمودار بلوکی روش HGSA ۵۵

شکل ٤-٤. شبه کد گونه‌سازی با تابع قله – دره بهبود یافته ۵۸

شکل ٤-۵. شبه کد برای به‌روزرسانی موقعیت جسم ٦۱

شکل ٤-٦. نمودار بلوکی روش IHGSA ٦۲

شکل ۴-۷. همسایگی دارای همپوشانی ٦٤

شکل ۴-۸. همسایگی بدون همپوشانی ٦٤
شکل ٤-۹. نمودار بلوکی روش NNGSA ٦٦
شکل ۵-۱. توابع آزمون استاندارد تک بعدی ۷۱
شکل ۵-۲. مکان اجسام در تابع F_4 ..... ۸٤
شکل ۵-۳. توابع آزمون استاندارد دو بعدی ۸٦
شکل ۵-٤. مکان اجسام در تابع F_8 ..... ۱۰۰
شکل ٦-۱. تخمین یک سیستم نامعین با الگوریتم‌های ابتکاری ۱۰۵
شکل ٦-۲. فضای MSE برای رابطه (۶-۶) ۱۰۷

فهرست جدول‌ها:

جدول ۲-۱: معایب تعدادی از روش‌های جایگاه‌یابی ۲۸

جدول ۵-۱: توابع آزمون استاندارد تک بعدی ۷۰

جدول ۵-۲: درصد همگرایی روش HGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۲

جدول ۵-۳: مقدار خطای روش HGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۳

جدول ۵-۴: تعداد ارزیابی‌های شایستگی روش HGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷٤

جدول ۵-۵: درصد همگرایی روش IHGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۵

جدول ۵-۶: مقدار خطای روش IHGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۵

جدول ۵-۷: تعداد ارزیابی‌های شایستگی روش IHGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷٦

جدول ۵-۸: درصد همگرایی روش NNGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۷

جدول ۵-۹: مقدار خطای روش NNGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۸

جدول ۵-۱۰: تعداد ارزیابی‌های شایستگی روش NNGSA برای توابع F_1 تا F_7 ..... ۷۸

جدول ۵-۱۱: مقایسه زمانی الگوریتم‌های پیشنهادی برای توابع یک بعدی ۷۹

جدول ۵-۱۲: مقایسه درصد موفقیت روش‌های جایگاه‌یابی ۸۰

جدول ۵-۱۳: پارامترهای مورد استفاده برای حل مسائل ۸۱

جدول ۵-۱۴: مقایسه درصد موفقیت روش‌های جایگاه یابی ۸۱

جدول ۵-۱۵: توابع آزمون استاندارد دو بعدی ۸۵

جدول ۵-۱۶: نتایج روش HGSA برای تابع F_8 ..... ۸۸

جدول ۵-۱۷: نتایج روش HGSA برای تابع F_9 ..... ۸۸

جدول ۵-۱۷: نتایج روش HGSA برای تابع F_{10} ۸۹

جدول ۵-۱۸: نتایج روش HGSA برای تابع F_{11} ۸۹

جدول ۵-۱۹: نتایج روش HGSA برای تابع F_{12} ۸۹

جدول ۵-۲۰: نتایج روش IHGSA برای تابع F_8 ..... ۹۰

جدول ۵-۲۱: نتایج روش IHGSA برای تابع F_9 ..... ۹۰
جدول ۵-۲۲: نتایج روش IHGSA برای تابع F_{10} ۹۱
جدول ۵-۲۳: نتایج روش IHGSA برای تابع F_{11} ۹۱
جدول ۵-۲۴: نتایج روش IHGSA برای تابع F_{12} ۹۱
جدول ۵-۲۵: نتایج روش NNGSA برای تابع F_8 ..... ۹۲
جدول ۵-۲۶: نتایج روش NNGSA برای تابع F_9 ..... ۹۲
جدول ۵-۲۵: نتایج روش NNGSA برای تابع F_{10} ۹۳
جدول ۵-۲۶: نتایج روش NNGSA برای تابع F_{11} ۹۳
جدول ۵-۲۷: نتایج روش NNGSA برای تابع F_{12} ۹٤
جدول ۵-۲۸: مقایسه زمانی الگوریتم‌های پیشنهادی برای توابع دو بعدی ۹٤
جدول ۵-۲۹: مقایسه درصد موفقیت روش‌های جایگاه یابی برای توابع دوبعدی ۹۵
جدول ۵-۳۰: مقایسه تعداد بهینه‌های یافته شده برای تابع F_{12} ۹٦
جدول ٦-۱: نتایج به دست آمده برای تخمین فیلتر درجه دوم ۱۰۸
جدول ٦-۲: نتایج به دست آمده برای تخمین فیلتر درجه سوم ۱۰۹
جدول ٦-۳: جوابهای به دست آمده یک بار اجرای IHGSA برای سیستم رابطه (٦-۱۳) .. ۱۱۱
جدول ٦-٤: نتایج به دست آمده برای سیستم رابطه (٦-۱۳) ۱۱۲
جدول ٦-۵: جوابهای به دست آمده یک بار اجرای IHGSA برای سیستم رابطه (٦-۱٦) .. ۱۱۳
جدول ٦-٦: نتایج به دست آمده برای سیستم رابطه (٦-۱٦) ۱۱۳

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

بهینه سازی[1] در حال حاضر پایه تجزیه و تحلیل بسیاری از سیستم‌های پیچیده و مسائل مهندسی است. بهینه سازی شامل انتخاب مقادیری برای متغیرهای درگیر در مسئله با تمرکز بر روی یک هدف[2] است. این هدف، تحت تأثیر مجموعه‌ای از قیدها[3] که ممکن است انتخاب مقادیر برای متغیرهای تصمیم‌گیری را محدود سازند، بنا به ماهیت مسئله بیشینه[4] یا کمینه[5] می‌شود. محدوده مسائلی که توسط بهینه سازی قابل حل هستند بسیار وسیع است. هنگامی که تابع هدف در یک مسئله مشخص گردید، بهینه سازی می‌تواند چارچوب مناسبی برای تجزیه و تحلیل آن فراهم نماید.

۱-۲- الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری

امروزه با بزرگ شدن مسائل و اهمیت یافتن سرعت رسیدن به پاسخ، عدم توانایی روش‌های کلاسیک بیشتر نمود پیدا می‌کند. همچنین عدم توانایی رسیدن به پاسخ در مسائل عملی به دلیل عدم برخورداری از گرادیان توابع می‌تواند یکی از عیب‌های اصلی روش‌های کلاسیک باشد. این روش‌ها برای یافتن بهینه‌ها، فضای مسئله را به صورت همه جانبه جستجو می‌کنند. الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری[6] جایگزین مناسبی برای روش‌های کلاسیک هستند و در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته‌اند. چرا که فضای جستجو با افزایش بعد مسئله به صورت نمایی بزرگ می‌شود و روش‌های کلاسیک به خاطر محدودیت‌های هزینه‌ای مقرون به صرفه نیستند. الگوریتم‌های ابتکاری بر خلاف الگوریتم‌های کلاسیک بر مبنای تصادف عمل کرده و جستجوی فضا را به صورت موازی انجام می‌دهند. این روش‌ها تنها از تابع شایستگی[7] برای هدایت جستجو استفاده می‌کنند، اما به خاطر دارا بودن یک هوشمندی جمعی[8] قادر به کشف جواب می‌باشند.

با توجه به ملاحظات فوق، امروزه بیشتر از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی به جای جستجوی همه جانبه استفاده می‌شود و استفاده از الگوریتم‌های تکاملی[9] و الگوریتم‌های مبتنی بر هوش

---

[1] Optimization
[2] Objective
[3] Constraints
[4] Maximize
[5] Minimize
[6] Heuristic
[7] Fitness function
[8] Swarm intelligence
[9] Evolutionary algorithm

جمعی در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. تفاوت روش‌های بهینه سازی کلاسیک و الگوریتم‌های تکاملی در فرایند جستجو و در اطلاعات استفاده شده در جستجو است که به صورت خلاصه به شرح زیر می‌باشند:

- در روش‌های کلاسیک، از قوانین مشخصی برای حرکت در فضای جستجو استفاده می‌شود ولی الگوریتم‌های ابتکاری از قوانین مبتنی بر احتمال استفاده می‌کنند.
- در روش‌های کلاسیک، جستجو از یک نقطه شروع می‌شود. در حالی که در بیشتر روش‌های ابتکاری جستجو از مجموعه‌ای از نقاط اولیه شروع می‌شود که اجازه جستجوی موازی منطقه وسیعی از فضا را می‌دهد. در واقع در روش‌های جستجوی کلاسیک جستجو به صورت ترتیبی[1] انجام می‌شود اما بیشتر روش‌های ابتکاری از جستجوی موازی استفاده می‌کنند.
- در روش‌های کلاسیک از اطلاعات مشتق استفاده می‌شود ولی در روش‌های ابتکاری تنها از مقادیر شایستگی برای هدایت جستجو استفاده می‌شود.
- در روش‌های کلاسیک لازم است سیستم شناخته شده باشد اما از آنجا که روش‌های ابتکاری از اطلاعات گرادیان فضا استفاده نمی‌کنند می‌توانند مسائل ناشناخته یا به عبارتی سیستم‌های جعبه سیاه را نیز حل کنند.

۱-۳- هوشمندی جمعی و خود سازماندهی

تفاوت‌های هوشمندی اجتماعی انسان با هوشمندی توده‌ای موریانه را می‌توان در رفتار ساخت خانه توسط کارگران یک ساختمان و ساخت لانه توسط موریانه‌ها، مشاهده کرد. کارگران ساختمانی کاملاً بر اساس یک نقشه از پیش معین کار می‌کنند در حالی که رفتار اولیه موریانه‌ها کاملاً تصادفی است. علاوه بر این ارتباط مابین کارگران ساختمانی مستقیم و از طریق کلمات است در حالی که بین موریانه‌ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آن‌ها تنها به صورت غیرمستقیم و از طریق نشانه‌ها با یکدیگر در تماسند. گرس نام این رفتار را Stigmergy گذاشت به معنی رفتاری که هماهنگی مابین موجودات را تنها از طریق تغییرات ایجاد شده در محیط ممکن می‌سازد.

[1] Sequential

یک توده عبارت است از مجموعه‌ای از عامل‌ها[1] (موجودات) که با یکدیگر یا به صورت مستقیم (کلمات، سیگنال‌ها، علائم...) یا به صورت غیر مستقیم (از طریق تأثیرگذاری در محیط) در تماسند و همگی یک مسئله را به صورت گسترده حل می‌کنند. بدین ترتیب این توده می‌تواند گلبول‌های سفید در سیستم ایمنی بدن باشد یا کلونی مورچه‌ها، زنبورها، پرندگان و غیره. در تمام این موارد رفتار هوشمند جمعی، حامل اجتماع عناصری است که تک تک آن‌ها دارای حداقل هوشمندی هستند. تعامل بین عامل‌ها، تجربه افراد در مورد محیط را افزایش می‌دهد و موجب پیشرفت اجتماع می‌شود. ساختار اجتماعی بین عامل‌ها، مجموعه کانال‌های ارتباطی ایجاد می‌کند که طی آن افراد می‌توانند به تجربه‌های شخصی بپردازند.

۱-٤- انواع عملگرها

روش‌های جستجوی مبتنی بر جمعیت از روش‌های تکرار شونده‌ای[2] استفاده می‌کنند که اعضا را هدایت می‌کنند.

اکثر روش‌های تکاملی روند زیر را دنبال می‌کنند:

الف- شروع به کار با یک جمعیت تصادفی اولیه.

ب-محاسبه مقدار شایستگی برای هر جزء.

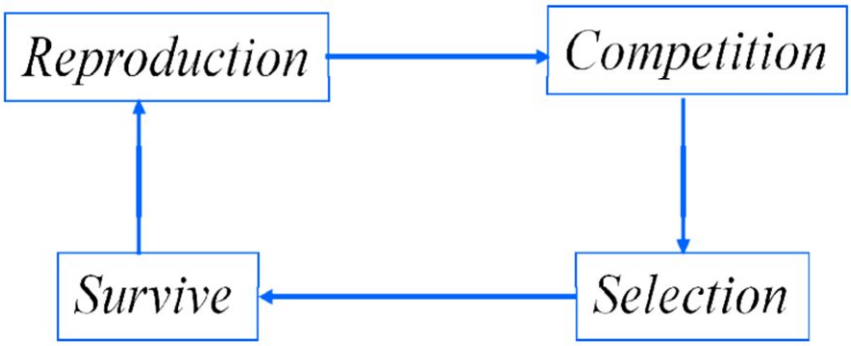
ج- تولید جمعیت جدید بر اساس شایستگی.

د- اگر نیاز برآورده نشده باشد همین روند از مرحله ۲ تکرار می‌شود.

در هر تکرار، عملگرهای[3] متنوعی روی اعضا عمل می‌کند. این عملگرها در سه دسته کلی قرار می‌گیرند: خود سازگاری[4]، همیاری[5] و رقابتی[6]. عملگرهای جهش[7]، همبری[8] و انتخاب[9] در الگوریتم وراثتی به ترتیب در سه دسته ذکر شده قرار می‌گیرند. جمعیت به واسطه عملگرهای فوق، در هر تکرار سه مرحله را به صورت هدفمند طی می‌کند. به این صورت که در یک مرحله تطبیق خود با محیط را دارند (عملگرهای دسته اول). در یک مرحله اعضا به تشریک مساعی و تبادل اطلاعات می‌پردازند (عملگرهای دسته دوم) و در یک مرحله برای بقا در محیط با یکدیگر

[1] Agents
[2] Iterative
[3] Operator
[4] Self-adaption
[5] Cooperative
[6] Competitive
[7] Mutation
[8] Cross over
[9] Selection

به رقابت می‌پردازند (عملگرهای دسته سوم). در هر الگوریتم ابتکاری مجموعه این روندها به گونه‌ای طراحی می‌شود که در نهایت جمعیت را به هدف مورد نظر هدایت کند.



شکل ۱-۱. عملگرهای تکاملی

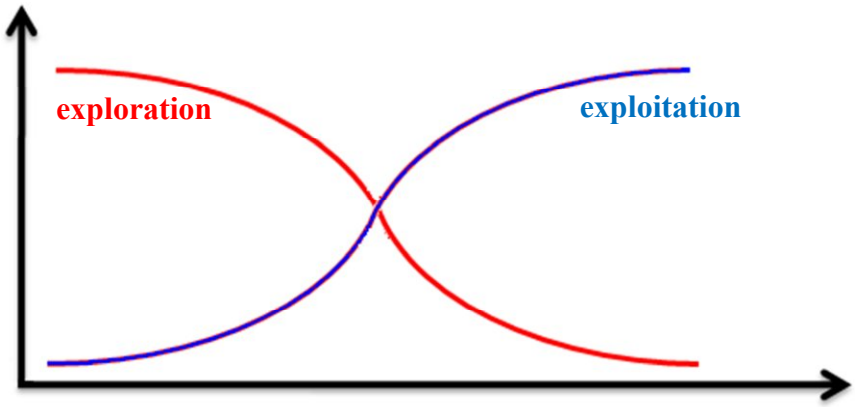
۱-۵- کاوش و بهره‌وری

مهم‌ترین عاملی که کارایی و دقت یک الگوریتم بهینه یابی را کنترل می‌کند، مصالحه بین کاوش[1] و بهره‌وری[2] است. کاوش به معنای توانایی الگوریتم جستجو برای جستجوی مناطق مختلف فضای جستجو است تا بهینه مناسب را موقعیت‌یابی کند. در واقع الگوریتم باید قدرت جستجوی نقاط جدید از فضای مسأله را در حد قابل قبولی داشته باشد و فقط به بعضی مناطق محدود نشود.

از طرف دیگر بهره‌وری قابلیت متمرکز کردن جستجو در محدوده مطلوب است تا جواب مورد نظر موشکافی شود. در واقع در مبحث بهره‌وری، توانایی الگوریتم در یافتن جواب بهینه مطرح است.

یک الگوریتم بهینه‌یابی خوب این دو هدف متناقض را با یکدیگر متعادل می‌کند. در هر الگوریتم یا در نسخه‌های تکمیلی سعی می‌شود با کنترل این دو پارامتر، کارایی روش بهبود یابد. تجربه نشان داده در تکرارهای اولیه باید قدرت کاوش بالا رود و به مرور قدرت بهره‌وری پررنگ‌تر گردد. به این معنی که در تکرارهای اولیه، الگوریتم جستجوی متنوع فضا را انجام داده و در تکرارهای آخر، مناطق یافته شده را با دقت بیشتری جستجو کند. شکل ۱-۲ حالت مناسب برای کاوش و بهره‌وری را نشان می‌دهد. همان‌طور که واضح است ابتدا کاوش زیاد است و به مرور زمان کاهش می‌یابد. اما بهتر است که هیچ‌گاه صفر نشود.

[1] Exploration
[2] Exploitation



شکل ۱-۲. مصالحه بین کاوش و بهره‌وری

۱-٦- بهینه سازی به کمک الگوریتم‌های ابتکاری

امروزه از الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری که مبتنی بر تصادف عمل می‌کنند، در حل مسایل گوناگون بهینه سازی استفاده گسترده‌ای می‌شود. این الگوریتم‌ها به خاطر ویژگی‌های ذکر شده در بخش‌های قبل، در حل مسایل پیچیده بهینه سازی دنیای امروز، کاراتر از روش‌های کلاسیک عمل می‌کنند. با توجه به گرایش محققان به سمت روش‌های مختلف ابتکاری، انواع مختلف الگوریتم‌های فوق رشد روز افزونی داشته‌اند. از میان الگوریتم‌های گوناگون ارائه شده تاکنون، هیچ الگوریتمی برای حل انواع گوناگون مسایل بهینه سازی جامع و کامل نمی‌باشد. هر کدام از الگوریتم‌ها نقاط قوت و ضعفی دارند و هر کدام در حل بعضی مسائل قوی و در حل تعدادی دیگر ضعیف عمل می‌کنند.

۱-۷- مفهوم مسائل چندمدی

شکل استاندارد الگوریتم‌های ابتکاری معمولاً برای پیدا کردن یک بهینه (بهینه فرامحلی[1]) طراحی شده‌اند، یعنی عمدتاً به یک جواب همگرا می‌شوند. در مسائل دنیای واقعی در بسیاری از موارد همیشه یافتن یک بهینه فرامحلی مد نظر نیست و اغلب با مسائلی روبرو می‌شویم که دارای چندین بهینه فرامحلی بوده یا آنکه علاوه بر یافتن بهینه فرامحلی یافتن مکان بهینه‌های محلی[2] مد نظر است. مسئله طراحی رآکتور هسته‌ای [Sac04, Per08, Sac06]، طراحی holographic grating [Qin08]، two beam grillage [Lin02] و three-body problem [Gur02] از نمونه-

[1] Global optimum
[2] Local optimum