



تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتابخانه با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری

هوشمند مرادویسی^{*}، محمد سعدی مسگری[†]

- ۱- کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده:

می‌دانیم که کتابخانه‌ها یک منبع مهم برای جوامع علمی به شمار می‌آیند. نحوه‌ی دسترسی به کتاب‌ها در داخل کتابخانه مهم است. چیدمان کتاب‌ها تأثیر زیادی در دسترسی به کتاب‌ها دارد. درواقع با تغییر در چیدمان کتاب‌ها، نحوه‌ی دسترسی نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین مسئله چیدمان، یک مسئله مکانی است. موقعیت قفسه‌ها، حجم قفسه‌ها، شbahت موضوعی کتاب‌ها، اهمیت کتاب‌ها برای مراجعین، در نحوه‌ی دسترسی تأثیرگذار هستند. برای دسترسی بهتر، روش‌هایی ارائه شده‌اند که هر کدام از آن‌ها نواصی دارند و ممکن است چیدمان را بهینه نکنند. با توجه به تعداد حالات زیاد چیدمان و محدودیت‌های ذکر شده، امکان حل مسئله توسط روش‌های قطعی و ریاضی وجود ندارد. هدف اصلی این است که با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری، کتاب‌ها را طوری در قفسه‌های کتابخانه بچینیم، که حرکت کلیه‌ها در مجموعه‌ی کتابخانه کمینه شود. الگوریتم بر روی یک کتابخانه‌فرضی و یک کتابخانه واقعی پیاده‌سازی شده است. چیدمان به دست آمده از الگوریتم با چیدمان موجود در کتابخانه واقعی و همچنین با چیدمان به دست آمده از سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری مقایسه شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که نحوه‌ی دسترسی در چیدمان به دست آمده نسبت به چیدمان فعلی موجود در کتابخانه راحت‌تر است. همچنین الگوریتم دارای دقت، سرعت همگرایی و تکرارپذیری بالایی است و برای مسئله تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتاب، مناسب است. برای واقعی‌تر شدن مسئله می‌توان، چیدمان قفسه‌ها را نیز بهینه کرد و قیود یا پارامترهای دیگر را نیز در نظر گرفت و چیدمان بهتری را ارائه نمود.

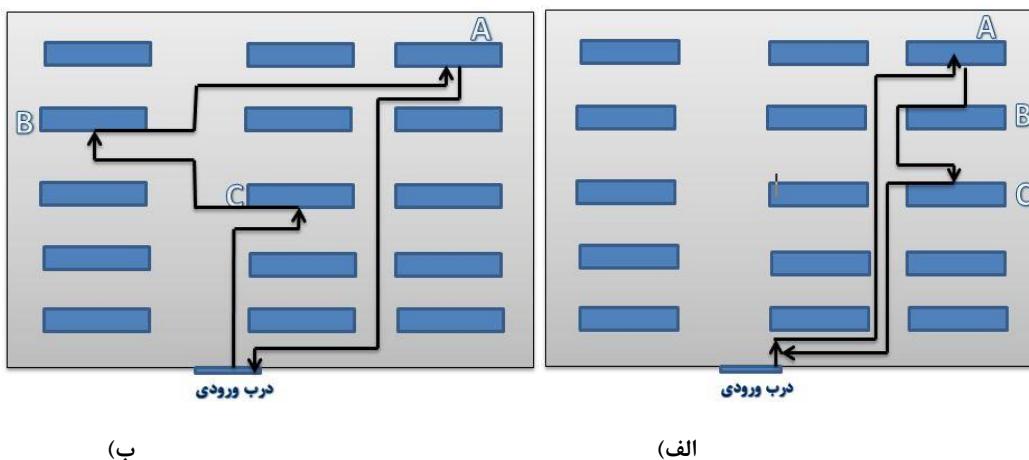
واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، فرا ابتکاری، تخصیص فضای کتابخانه، الگوریتم استعماری

۱- مقدمه

همان طور که می‌دانیم، کتابخانه‌ها یک منبع مهم برای جوامع علمی به شمار می‌آیند. نحوه‌ی دسترسی به کتاب‌ها در داخل یک کتابخانه بزرگ مهم است که ارتباط مستقیمی با نحوه‌ی چیدن کتاب‌ها دارد. درواقع با تغیر در چیدمان کتاب‌ها، نحوه‌ی دسترسی به کتاب‌ها نیز تغیر خواهد کرد. بنابراین مسئله چیدمان، یک مسئله مکانی است. فواصل قفسه‌ها از همدیگر، بعد کتابخانه و حجم قفسه‌ها در نحوه‌ی دسترسی تأثیرگذار هستند [۱]. برای دسترسی بهتر به کتاب‌ها روش‌هایی ارائه شده‌اند که هر کدام از آن‌ها نواقصی دارند. بنابراین ممکن است نحوه‌ی دسترسی به کتاب‌ها بهینه نشود. در این تحقیق سعی بر این است که با استفاده از یک الگوریتم جدید فرا ابتکاری نحوه‌ی دسترسی، بهینه‌ی نزدیک به بهینه شود. همچنین مشکلات روش‌هایی قبلی بهبود پیدا کنند.

۱-۱- بیان مشکل

مسئله اصلی این است که چگونه کتاب‌ها را در قفسه‌ها بچینیم، تا مراجعین مختلف با علایق متفاوت، در کمترین زمان به آن‌ها دسترسی پیدا کنند. حل این مسئله، مستلزم داشتن اطلاعات موردنیاز، از قبیل اهمیت کتاب برای مشتری و رابطه‌ی بین کتاب‌ها است [۲]. بهتر است کتاب‌های که مراجعین بیشتری دارند، نزدیک‌تر به درب ورودی کتابخانه باشند. تا دسترسی به آن‌ها آسان باشد و از ازدحام مشتری و هدر رفتن زمان جلوگیری کند. همچنین بهتر است که رابطه‌ی بین کتاب‌ها باهم، در چیدمان لحاظ شود. مثلاً کسی که به کتاب فیزیک علاقه دارد، با احتمال بیشتری میزان علاقه‌اش به کتاب ریاضی، بیشتر از میزان علاقه‌اش به کتاب تاریخ است. بنابراین بهتر است که کتاب ریاضی و فیزیک در قفسه‌های نزدیک‌تر به هم، چیده شوند. این دو موضوع در شکل (۱) نشان داده شده است. با فرض اینکه کتاب A دارای اهمیت بیشتری نسب به سایر کتاب‌ها برای مراجعین باشد. همچنین کتاب‌های B و C نیز تا حدودی به آن وابسته باشند. به این معنی که مثلاً ۷۰ درصد از مراجعین کتاب A خواهان کتاب B و C نیز باشند با توجه به شکل (۱-الف)، می‌توان نتیجه گرفت که اگر این سه نوع کتاب در فاصله‌های دور از هم قرار داشته باشند مراجعه‌کننده باید مسیر بیشتری را برای دسترسی به کتاب طی کند. ولی اگر نزدیک به هم‌دیگر قرار داشته باشند مراجعه‌کننده مسیر کمتری را طی خواهد کرد (شکل (۱-ب)). همچنین اگر علاوه بر اینکه کتاب‌ها نزدیک به هم‌دیگر باشند، نزدیک درب ورودی نیز باشند. در این حالت نیز مراجعه‌کننده مسیر کمتری را طی خواهد کرد. درنتیجه مسئله چیدمان یک مسئله مکانی است که با تغییر موقعیت کتاب‌ها نحوه‌ی دسترسی تغییر خواهد کرد.



شکل ۱: نحوه‌ی دسترسی به کتاب در چیدمان‌های متفاوت (الف) چیدمان بد (ب) چیدمان خوب

اگر یک کتابخانه شامل ۲۰ قفسه و ۱۰ نوع کتاب باشد، با تعداد حالات بسیار زیاد می‌توان کتاب‌ها را در قفسه‌ها چید. علاوه بر تعداد حالات بسیار زیاد، اهمیت کتاب برای مشتری و رابطه‌ی بین کتاب‌ها، عوامل دیگری از قبیل فضای

قفسه‌ها، فاصله‌ی بین قفسه‌ها، ابعاد کتابخانه، حجم قفسه‌ها و... مهم هستند و بهتر است که لحاظ شوند. بنابراین مسئله‌ی چیدمان یک مسئله‌ی پیچیده است و روش‌های ریاضی نمی‌توانند جواب بهینه‌ای برای مسئله در زمان قابل قبول پیدا کنند. همچنین در روش‌های تحلیلی چیدمان برای تمام کتابخانه‌ها به یک صورت است و لزوماً چیدمان بهینه نیستند. همچنین محدودیت‌های ذکر شده، در نظر گرفته نشده است^[۳]. عموماً برای حل مسائل بهینه‌سازی با فضای جستجوی وسیع و شروط پیچیده، از الگوریتم‌های فرا ابتکاری استفاده می‌شود، که می‌توانند جواب‌های نزدیک به جواب بهینه را، در زمان قابل قبول به دست بیاورند^[۴].

۱-۲- اهداف تحقیق

هدف اصلی این است که با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری^۱ با در نظر گرفتن شباهت موضوعی کتاب‌ها، اهمیت کتاب‌ها برای مراجعین، موقعیت قفسه‌ها، کتاب‌ها را طوری در قفسه‌های کتابخانه بچینیم، که حرکت کلیه‌ی مشتری‌ها در مجموعه‌ی کتابخانه کمینه شود. همچنین علاوه بر موقعیت قفسه‌ها، ارتفاع و تعداد طبقات آن نیز مهم است که نشان‌دهنده‌ی سه‌بعدی بودن مسئله است^[۵]. اما در این تحقیق، برای ساده‌سازی مسئله، فرض می‌کنیم که ارتفاع همه‌ی قفسه‌ها و تعداد طبقات آن‌ها برابر است. درواقع، صورت مسئله را دو بعدی فرض می‌کنیم. حل این مسئله مستلزم طراحی و مدل‌سازی در قالب الگوریتم، تنظیم پارامترهای الگوریتم و پیاده‌سازی است.

۱-۳- مروری بر تحقیقات انجام شده

چیدن کتاب‌ها در اکثر کتابخانه‌های دنیا از یک استاندارد مشخصی تبعیت می‌کند. در این زمینه رده‌بندی‌هایی وجود دارد که هر کتابخانه با توجه به علاقه‌مندی و تخصص خود از آن‌ها استفاده می‌کند. در کتابخانه‌های ایران اکثر کتابخانه‌ها از دو رده‌بندی مشهور به نام رده‌بندی کنگره^۲ آمریکا^[۶] و رده‌بندی دیوبی^[۷] استفاده می‌کنند. این روش‌ها شامل محدودیت‌های است که در بخش ۱-۱ به آن‌ها اشاره شده است. همچنین مسئله چیدمان با الگوریتم بهینه‌سازی فاخته حل شده است^[۱]، که این الگوریتم نیز دارای محدودیت است که این محدودیت در الگوریتم استعماری وجود ندارد.

۱-۳-۱- دسته‌بندی مسائل بهینه‌سازی

بهینه‌سازی بر هر چه بهتر کردن راه حل مربوط به یک مسئله تأکید دارد که سعی دارد تا با تغییر دادن یک یا چند جواب ابتدایی بهسوی جواب بهینه حرکت کند. این مسیر حرکت ممکن است به جواب بهینه یا نزدیک به بهینه برسد^[۸]. تأکید بر وجود "بهترین" جواب مؤید وجود بیش از یک جواب برای مسائل است، که از ارزش یکسانی برخوردار نیستند. تعریف جواب بهینه به نوع مسئله، و روش حل آن بستگی دارد. بعضی از مسائل دارای جواب‌های بهینه کاملاً مشخص و یکتا هستند که تنها نیاز به شناسایی دارند. اما بعضی از مسائل علاوه بر این که ممکن است بیش از یک جواب بهینه داشته باشند، ممکن است جواب‌های بهینه محلی نیز داشته باشند^[۹]. جهت انتخاب استراتژی مناسب برای حل مسائل بهینه‌سازی باید شناخت مناسبی از آن داشته باشیم. در این بخش می‌خواهیم انواع مسائل بهینه‌سازی را از دیدگاه‌های مختلف تقسیم‌بندی کنیم. مسائل بهینه‌سازی را از دیدگاه‌های مختلف به چندین نوع می‌توان تقسیم‌بندی نمود.

۱- بهینه‌سازی پیوسته و بهینه‌سازی گسسته: در یک مسئله گسسته مقادیر متغیرهای مسئله از یک مجموعه معین گسسته هستند. به عبارت دیگر در صورتی که متغیرهای مسئله مقادیر متناهی و شمارا اختیار کنند، بهینه‌سازی را

^۱ Imperialist Competitive algorithm (ICA)
^۲ Congress Classification System

گسته گویند. در حالی که، در یک مسئله پیوسته، مقادیر متغیرها از یک مجموعه پیوسته هستند. یعنی متغیرهای مسئله مقادیر نامتناهی و پیوسته را اختیار می‌کنند.^[۱۰]

۲- بهینه‌سازی مقید و نا مقید: اگر متغیرهای مسئله به مجموعه یا قید خاصی محدود شده باشد، با مسئله بهینه‌سازی مقید Constrained Optimization سرو کار داریم و در غیر این صورت نا مقید است.^[۱۱]

۳- بهینه‌سازی یک بعدی و چند بعدی: اگر تنها یک متغیر در مسئله بهینه‌سازی وجود داشته باشد، مسئله بهینه‌سازی تک بعدی و در غیر این صورت مسئله بهینه‌سازی چند بعدی خوانده می‌شود.^[۱۲]

۴- پویا و ایستا: اگر مقدار بهینگی تابعی از زمان نباشد، ایستا و در غیر این صورت پویا است.^[۱۳]

۵- بهینه‌سازی تک هدفه و چند هدفه: اگر مسئله، تنها شامل یک تابع هدف باشد، مسئله بهینه‌سازی تک هدفه^۱ نامیده می‌شود. از آنجاکه بهینه‌سازی چند هدفه شامل چندین هدف است، بدیهی است که بهینه‌سازی تک هدفه حالت خاصی از بهینه‌سازی چند هدفه است.^[۱۴]

۱-۳-۲- دسته‌بندی و انتخاب روش‌های بهینه‌سازی

توسعه علم بهینه‌سازی بر خواسته از آرزوی انسان برای رسیدن به کمال است. انسان می‌خواهد بهترین را تجسم کرده و به آن دست یابد. اما از آنجایی که می‌داند قادر نیست تمام شرایط حاکم بر بهترین را، به خوبی بشناسد، در بیشتر موارد به جای بهترین جواب یا بهینه مطلق، به یک جواب رضایت‌بخش بسته می‌نماید. به همین علت، چندین رویکرد برای طراحی جواب‌های باکیفیت قابل قبول، تحت محدودیت زمانی قابل قبول پیشنهاد شده است.^[۱۵] الگوریتم‌های بهینه‌سازی عبارت‌اند از ترکیب و مجموعه‌ای معمیارها، روش‌ها یا اصولی برای تصمیم‌گیری بین چند گزینه و انتخاب اثربخش‌ترین جواب برای دستیابی به اهداف موردنظر. در حالت کلی روش‌های بهینه‌سازی را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود.^[۱۶]

۱- روش‌های قطعی و ریاضی: این روش‌ها بر ترکیب و تعریف یک چارچوب قطعی برای مسئله و برنامه‌ریزی ریاضی (معمولًاً روش‌های دقیق) برای حل آن مرکز می‌شوند.

۲- الگوریتم‌های ابتکاری: این الگوریتم‌ها همیشه برای هر مشکل خاصی جداگانه و به شکل کاملاً ابتکاری و خاص آن مشکل طراحی و پیاده‌سازی می‌شوند. این روش‌ها معمولاً بر ویژگی‌های ساختاری مسئله، ساختار جواب و جستجوی محلی مرکز می‌شوند.

۳- الگوریتم‌های فرا ابتکاری: در واقع الگوریتم‌های فرا ابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی (که قادر به یافتن جواب‌های خوب یا نزدیک به بهینه در زمان حل، کوتاه برای مسائل) هستند که دارای راهکارهای برون‌رفت از بهینه محلی می‌باشند و قابل کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل هستند.

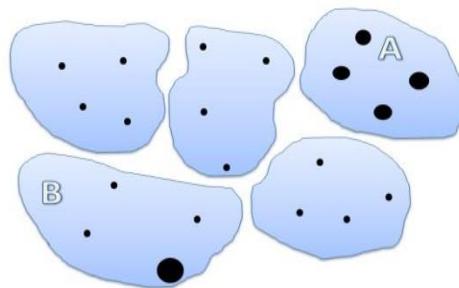
روش‌های ریاضی در مسائل با ابعاد وسیع و پیچیده، زمان بسیار زیادی را برای حل مسئله نیاز دارند. از سوی دیگر، الگوریتم‌های ابتکاری ممکن است در جواب‌هایی باکیفیت متوسط (بهینه محلی) گیر کنند. همچنین یکی از مشکلات این روش‌ها، نیاز به طراحی و تست تمامی یک روش (الگوریتم) اختصاصی برای یک مشکل خاص است. این مشکلات در الگوریتم‌های فرا ابتکاری حل شده‌اند. از بین این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم‌های ژنتیک، زنبور، تجمع ذرات، مورچه، رقابت استعماری، کرم شب‌تاب، فاخته، گربه‌سانان و... اشاره نمود.

^۱ Single objective optimization

۱-۳-۱- محدودیت الگوریتم فاخته

در الگوریتم فاخته برای اعمال مهاجرت جواب‌ها با روش k-means به ۳ الی ۵ گروه تقسیم‌بندی خواهد شد (شکل ۲).

سپس میانگین بهینگی در هر گروه محاسبه خواهد شد. گروهی که دارای بیشترین میانگین سود است به عنوان گروه هدف مشخص خواهد شد و سایر گروه‌ها به سمت گروه هدف خواهند رفت [۱].



شکل ۲: خوشبندی با استفاده از روش k-means

در شکل (۲) گروه A دارای بیشترین مقدار میانگین سود است. از طرفی بهینگی یکی از جواب‌های گروه B از بهینگی تک تک جواب‌های گروه A بیشتر است. بنابراین بعد از مهاجرت گروه B به سمت گروه A، ممکن است این جواب حذف شود، یا جایجا شود و مقدار بهینگی کمتری را اختیار کند. در این صورت یک جواب بسیار خوب از الگوریتم حذف می‌شود. که ممکن است جواب بهینه مسئله باشد.

دلیل انتخاب الگوریتم استعماری این است که در هر امپراتوری جواب‌های بد به سمت جواب‌های خوب هدایت داده می‌شوند نه به سمت گروهی از جواب‌ها با بیشترین میانگین سود. بنابراین جواب‌های خوب در الگوریتم باقی می‌مانند. همچنین این الگوریتم دارای سرعت همگرایی و دقیق بالایی است و در مسائل مختلف مکانی استفاده شده و نتایج مطلوبی از آن به دست آمده است. نمونه‌های از بهکارگیری این الگوریتم در حمل و نقل [۱۶]، خوشبندی داده‌ها [۱۷]، مسئله فروشنده دوره‌گرد [۱۸]... است.

همچنین این الگوریتم در مقایسه با الگوریتم‌هایی از قبیل ^۱GA [۱۹] و ^۲PSO [۲۰] دارای برتری است. برای مثال این سه الگوریتم در مسئله‌ی فروشنده‌ی دوره‌گرد استفاده شده‌اند که در جدول ۱ عملکرد آن‌ها نشان داده شده است. با توجه به جدول، جواب به دست آمده از الگوریتم استعماری بهتر از الگوریتم ژنتیک و توده‌ی ذرات است. همچنین میزان انحراف از بهترین جواب ممکن (gap)، در الگوریتم استعماری کمتر از دو الگوریتم دیگر است.

مسئله چیدمان یک مسئله مکانی است (بخش ۱-۱)، و الحاظ ساختاری، به مسئله فروشنده‌ی دوره‌گرد شباهت دارد، پس می‌توان از الگوریتم استعماری برای این مسئله استفاده نمود.

^۱ Genetic Algorithm (GA)

^۲ Particle Swarm Optimization (PSO)

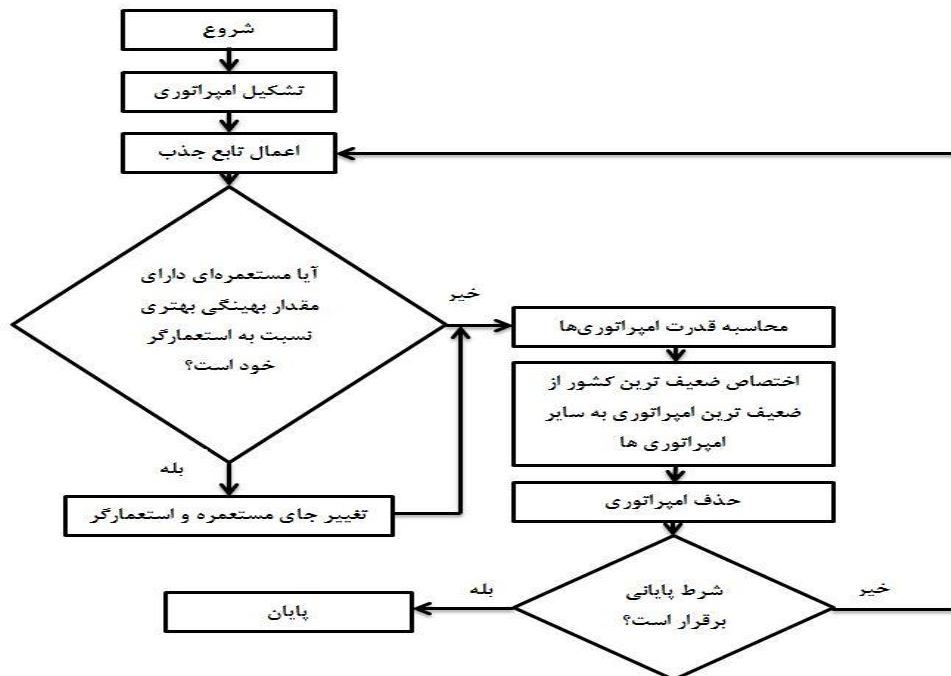
جدول ۱: مقایسه سه الگوریتم استعماری، زنگنه و توده‌ی ذرات در مسئله فروشنده‌ی دوره‌گرد [۲۱].

| Best | ICA | ICA | PSO | PSO | GA | GA | |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | gap | S | gap | S | gap | S | متال |
| ۵۶۷۸ | ۰/۰۰ | ۵۶۷۸ | - | - | ۰/۰۲ | ۵۶۷۷ | ۱ |
| ۲۹۵۶۵ | ۰/۰۰ | ۲۹۵۶۵ | ۰/۰۱ | ۲۹۵۶۲ | - | - | ۲ |
| ۲۲۱۴۱ | ۰/۰۰ | ۲۲۱۴۱ | ۰/۰۰ | ۲۲۱۴۱ | - | - | ۳ |
| ۵۰۴۶ | ۰/۰۰ | ۵۰۴۶ | - | - | ۰/۰۰ | ۵۰۴۶ | ۴ |
| ۲۱۲۸۹ | ۰/۰۰ | ۲۱۲۸۹ | ۰/۰۱ | ۲۱۲۸۶ | ۰/۰۱ | ۲۱۲۸۶ | ۵ |
| ۵۵۸۶ | ۰/۰۰ | ۵۵۸۶ | ۰/۰۲ | ۵۵۸۵ | ۰/۰۲ | ۵۵۸۵ | ۶ |

۲- بیان روش‌های به کار رفته

۲-۱- الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم رقابت استعماری یکی از الگوریتم‌های جدید فرا ابتكاری است که توسط آتش پز و لوکاس^۱ ابداع گردید [۲۲]. این الگوریتم به دلیل کارایی مناسب و سرعت همگرایی بالا در مسائل زیادی مورداستفاده قرار گرفته است. در این بخش جزئیات و مفاهیم این الگوریتم تشریح می‌گردد. شکل (۳) شماتیکی کلی رقابت استعماری را نشان می‌دهد.



شکل ۳: روند الگوریتم استعماری [۲۲]

۲-۲- جمعیت اولیه و تشکیل امپراتوری

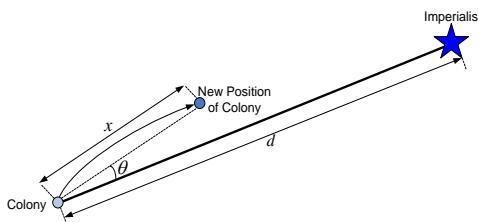
این الگوریتم همانند سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی، با تعدادی جمعیت اولیه شروع می‌شود. در این الگوریتم، هر جواب، یک کشور نامیده می‌شود. کشورها به دو دسته مستعمره و استعمارگر تقسیم می‌شوند. هر استعمارگر، بسته به قدرت خود، تعدادی از کشورهای مستعمره را به سلطه خود درآورده و آن‌ها را کنترل می‌کند. که به

^۱ Atashpaz and Lucas

مجموعه‌ی کشورهای مستعمره و یک کشور استعمارگر یک امپراتوری گفته می‌شود. برای تشکیل امپراتوری چند تا از بهترین جواب‌ها به عنوان استعمارگر انتخاب می‌شوند و سایر جواب‌ها به صورت تصادفی به آن‌ها تعلق می‌گیرند.

۲-۲-۲- سیاست جذب

مطابق سیاست جذب، در علوم سیاسی، کشورهای استعمارگر همواره سعی در جذب کردن کشورهای مستعمره به سمت خود داشته‌اند. در تقلید از این سیاست، در الگوریتم رقابت استعماری، این روند با حرکت دادن مستعمرات یک امپراتوری به سمت استعمارگر مطابق با اصول و روابطی مشخص انجام می‌گیرد [۲۳]. شکل (۴) این حرکت را نشان می‌دهد.



شکل ۴: سیاست جذب [۲۲]

هر یک از جواب‌ها (موقعیت‌ها) با طول x و زاویه θ به سمت بهترین جواب حرکت می‌کند و موقعیت جدیدی به دست می‌آورند. درواقع با نزدیک کردن کشورهای مستعمره به سمت کشور استعمارگر، به موقعیت جدیدی می‌رسند. به این ترتیب تابع جذب روی کشورهای مستعمره اعمال می‌شود.

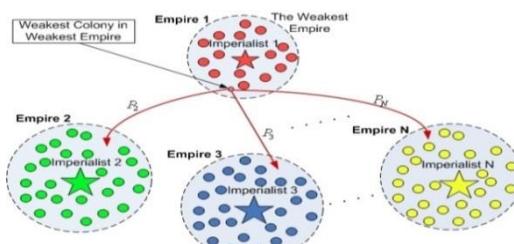
۲-۲-۳- قدرت کلی امپراتوری و رقابت استعماری

موقعیت جدید کشورهای مستعمره، یک بهینگی جدید را برای آن کشور به همراه دارد. اگر بهینگی جدید یکی از کشورهای مستعمره، از کشور استعمارگر بیشتر باشد، جای دو کشور باهم عوض می‌شود. قدرت کل یک امپراتوری از مجموع قدرت کشور استعمارگر بهاضافه درصدی از قدرت میانگین مستعمرات آن به دست می‌آید. یعنی

$$G_i = \alpha \times \frac{\left(\sum_{j=1}^n F_j \right)}{n} + F_i \quad (1)$$

که در آن G_i قدرت کل امپراتوری شماره i و F_i قدرت استعمارگر i (کشور مرکزی امپراتوری i) است. همچنین α ضریبی بین صفر و یک، n تعداد مستعمرات و F_j قدرت مستعمره j است [۲۲].

در طی رقابت استعماری، امپراتوری‌های ضعیف، به تدریج قدرت خود را ازدست داده و به مرور زمان با تضعیف شدن، از بین می‌روند. این امر با انتقال مستعمرات ضعیف از امپراتوری‌های ضعیف به سایر امپراتوری‌ها انجام می‌گیرد (شکل (۵)).



شکل ۵: جذب ضعیف‌ترین کشور توسط یکی از امپراتوری‌های دیگر در الگوریتم رقابت استعماری [۲۲]

درواقع در هر مرحله از اجرای الگوریتم، بدترین جواب از بدترین امپراتوری حذف می‌شود و به طور تصادفی به سایر امپراتوری‌ها تعلق می‌گیرد. امپراتوری‌ای که تمام مستعمرات خود را از دست بدهد حذف خواهد شد.

۴-۲-۲- همگرایی الگوریتم

رقابت استعماری باعث می‌شود که به مرور زمان، به حالتی برسیم که در آن تنها یک امپراتوری در دنیا وجود دارد که آن را اداره می‌کند. این حالت زمانی است که الگوریتم رقابت استعماری با رسیدن به نقطه بهینه تابع هدف، متوقف می‌شود[۲۳].

۳- مدل‌سازی مسئله در دنیای الگوریتم

یک نمونه از چیدن تمام کتاب‌ها در قفسه‌های موجود در کتابخانه، یک جواب محسوب می‌شود(جدول (۲)).

جدول ۲: یک جواب مسئله چیدمان کتابخانه

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|---|---|
| قفسه ۱ | قفسه ۲ | قفسه ۳ | قفسه ۴ | . | . |
| کلیات | فلسفه | دین | اجتماع | . | . |

۳-۱- تشکیل جمعیت اولیه

برای شروع حل مسئله نیاز به جمعیت اولیه داریم. برای تشکیل جمعیت اولیه، کتاب‌ها به صورت تصادفی در قفسه‌ها چیده شده است. برای شروع ۱۰۰۵ جواب در نظر گرفته شده است.

۳-۲- به دست آوردن بهینگی

برای هر یک از جواب‌ها، یک مقدار بهینگی به دست آمده است، که تابع بهینگی آن به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$F = \left(\sum_{k=1}^m \frac{Q_k}{d_k^2} \right) \times \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \frac{w_{ij}}{r_{ij}^2} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

F بهینگی هر یک از جواب‌ها را نشان می‌دهد. که در آن j_i میزان تشابه یا ارتباط کتاب i را با کتاب j نشان می‌دهد. r_{ij} فاصله‌ی شبکه‌ای بین دو قفسه است که کتاب i و کتاب j در آنها قرار دارند. m تعداد موضوع کتاب‌ها است. Q_k اهمیت کتاب k برای مشتری است و d فاصله‌ی شبکه‌ی قفسه‌ی حاوی کتاب k از در ورودی است.

اولین مسئله‌ای که در رابطه با تعریف تابع بهینگی بایستی لحاظ شود این است که کتاب‌های مهم‌تر و دارای مراجعه‌کننده‌ی بیشتر بایستی به درب ورودی کتابخانه نزدیک‌تر باشند. که این موضوع در رابطه بهینگی به صورت

$$\left(\sum_{k=1}^m \frac{Q_k}{d_k^2} \right)$$

نمایش داده شده است. درواقع کتابی که دارای اهمیت بیشتری باشد مقدار Q_k زیادی دارد و مقدار $\frac{Q_k}{d_k^2}$ بسیار بزرگ گردد. این بدین معنی است که این بخش از رابطه ۲، مقدار بزرگی است که به معنای تابع بهینگی بالاتر است. در یک چیدمان این پارامتر بایستی برای تمام انواع کتاب‌ها جمع بسته شود.

از سوی دیگر بایستی کتاب‌هایی که دارای تشابه موضوعی هستند نزدیک به همدیگر قرار داشته باشند. این موضوع در

رابطه (۲)، به صورت $\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \frac{w_{ij}}{r_{ij}^2} \right)$ نمایش داده شده است. اگر در یک جواب دو نوع کتاب با ارتباط زیاد (مقدار بالا)

w_{ij} در مجاورت هم قرار گیرند (i,j کوچک)، درنتیجه برای این جواب مقدار $\frac{w_{ij}}{r_{ij}^2}$ زیاد خواهد بود. لذا با داشتن چنین شرایطی برای اکثر کتاب‌ها به هم مرتبط، مقدار تابع بهینگی بالایی را خواهد داشت. در حقیقت این پارامتر ترکیبی باشد که بایستی برای تمام انواع کتاب‌ها و ز جمع بسته شود.

اگرچه دو پارامتر فوق از همدیگر متمایز هستند اما دو پارامتر فوق باید بیشینه شوند. درنتیجه ضرب آن‌ها نیز بیشینه می‌شود. به همین دلیل ضرب دو پارامتر ترکیبی فوق درمجموع میزان بهینگی یک چیدمان یا جواب را تعريف می‌نماید. درواقع رابطه ۲ دو هدف را در قالب یک هدف بیان کرده است.

۳-۱- تشکیل امپراتوری

برای تشکیل امپراتوری ۵ جواب که تابع بهینگی بهتری دارند به عنوان جواب‌های برتر انتخاب شده‌اند، که به این سری جواب کشورهای استعمارگر گفته می‌شود. ۱۰۰۰ جواب باقی‌مانده را به عنوان مستعمرات به صورت تصادفی به این ۵ جواب اختصاص می‌دهیم، به طوری که به هر کدام از آن‌ها ۲۰۰ جواب اختصاص می‌یابد. مجموع هر کشور استعمارگر با کشورهای مستعمره، یک امپراتوری نامیده می‌شود.

۴-۱- تابع جذب

در هر امپراتوری جواب‌های با بهینگی کمتر (کشورهای مستعمره)، از جواب با بهینگی بهتر (کشور استعمارگر)، به صورت تدریجی پیروی می‌کنند. درواقع چینش کتاب‌ها در جواب‌های با بهینگی کم، از چینش کتاب‌ها، با بهینگی بیشتر پیروی می‌کنند. مثلاً در جواب بهینه‌ی امپراتوری A (کشور استعمارگر)، کتاب ریاضی نزدیک به در ورودی قرار دارد، پس در کشورهای مستعمره امپراتوری A نیز کتاب ریاضی در نزدیکی در ورودی کتابخانه قرار می‌گیرد. این امر برای تمام امپراتوری‌ها صادق است.

۵-۱- جابجایی موقعیت مستعمره و استعمارگر

بعد از اعمال تابع جذب، چینش کتاب‌ها تغییر کرده است. بهینگی جواب‌ها (کشورهای مستعمره) دوباره محاسبه می‌شود. درصورتی که بهینگی یکی از جواب‌ها از بهینگی بهترین جواب (کشور استعمارگر) آن بیشتر باشد جای دو کشور عوض می‌شود.

۶-۱- قدرت کل یک امپراتوری و رقابت استعماری

با توجه به مقدار بهینگی هر یک از جواب‌ها (کشورهای مستعمره و استعمارگر) قدرت کلی امپراتوری با استفاده از رابطه (۲) بدستآمده است.

قدرت هر امپراتوری بستگی به بهینگی جواب‌های موجود در امپراتوری دارد. جواب‌های با چینش بد (بهینگی کم) باعث می‌شود قدرت کل امپراتوری کاهش یابد. بدترین جواب در ضعیفترین امپراتوری حذف می‌شود و به صورت تصادفی به سایر امپراتوری‌ها اختصاص می‌یابد، به طوری که به احتمال بیشتری به امپراتوری تعلق می‌گیرد که دارای قدرت بیشتری است (رابطه (۳)).

$$P_i = \frac{G_i}{\sum_{j=1}^m G_j}$$

رابطه (۳)

در این رابطه m تعداد امپراتوری‌ها و G_i قدرت کلی امپراتوری i است. ضعیف‌ترین کشور (جواب با کمترین بهینگی) بداحتمال p_i به امپراتوری i تعلق می‌گیرد.

در این صورت امپراتوری ضعیف به تدریج ضعیفتر خواهد شد و امپراتوری قوی‌تر به تدریج قوی‌تر خواهد شد اگر یک امپراتوری نتواند بر قدرت خود بیفزاید و قدرت رقابت خود را از دست بدهد، در جریان رقابت‌های استعماری، حذف خواهد شد.

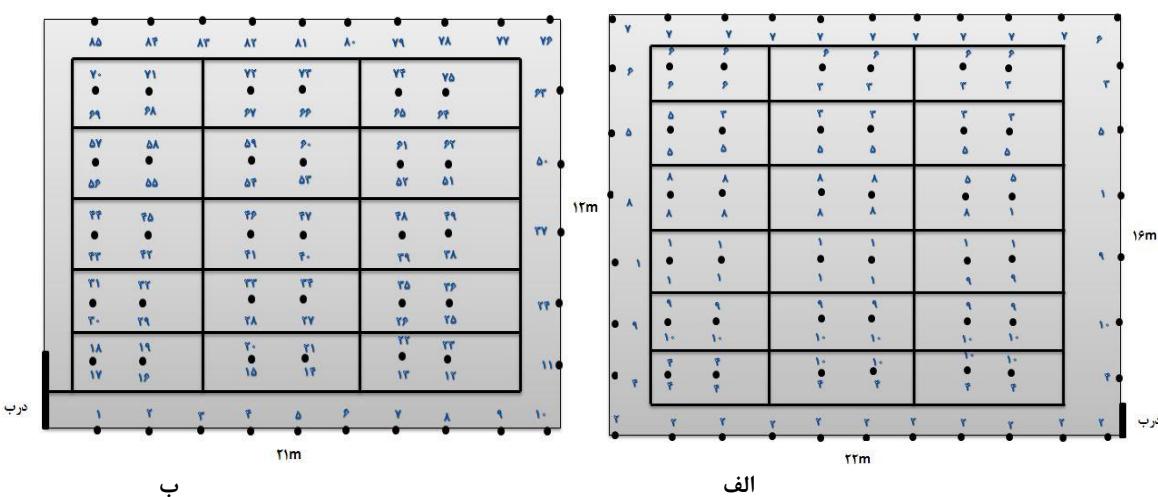
۷-۳- همگرایی

این فرایند آنقدر تکرار خواهد شد تا به حالتی برسیم که تنها یک امپراتوری باقی بماند که بیشترین قدرت را دارد و همه‌ی جواب‌ها از آن پیروی می‌کنند. درواقع، بهترین چینش برای کتاب‌ها در کتابخانه همان کشور استعمارگر است که در آخرین امپراتوری باقی می‌ماند.

۴- پیاده‌سازی

در این بخش روند پیاده‌سازی و نتایج الگوریتم آورده شده است. پیاده‌سازی در محیط Matlab Ver.13 انجام گرفته است. رایانه‌ای که این برنامه بر روی آن اجرا شده است، سیستم دو هسته‌ای اینتل^۱ با ۴ گیگابایت حافظه است.

در این تحقیق از یک کتابخانه فرضی با ابعاد ۱۲×۲۱ متر که شامل ۸۵ قفسه با ابعاد مساوی و ۴۲۵۰۰ کتاب، و یک کتابخانه واقعی با ابعاد ۱۶×۲۲ متر که شامل ۹۶ قفسه با ابعاد مساوی و ۳۸۴۰۰ کتاب، استفاده شده است(شکل (۶)). مختصات قفسه‌ها در یک سیستم محلی اندازه‌گیری شده است. در شکل (۶) فضای داخل کتابخانه نمایش داده شده است، که در آن نقاط، مختصات مرکز قفسه‌ها و خطوط، شبکه راه بین قفسه‌ها را نشان می‌دهد. در شکل (۶-الف) کد کتاب‌ها و نحوه قرارگیری آن‌ها، در داخل قفسه‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۶: فضای داخل کتابخانه (الف) کتابخانه واقعی (ب) کتابخانه فرضی

در این تحقیق اندازه و حجم قفسه‌ها برابر است. همچنین اهمیت کتاب برای مشتری، رابطه‌ی بین کتاب‌ها و فاصله‌ی بین قفسه‌ها لحاظ شده است. این فاکتورها در قالب رابطه ۲ بیان شده است. با توجه به رابطه ۲، نیاز به یک ماتریس وزن (ماتریس W) داریم که شباهت و ارتباط کتاب‌ها را باهم بیان کند(جدول (۳)). با توجه به جدول، ۳۸ درصد از افرادی که کتاب‌های دینی را مطالعه می‌کنند کتاب‌های فلسفه را نیز مطالعه می‌کنند. همچنین نیاز به یک ماتریس

^۱ Intel(R) core™2 Duo CPU T6670 @ 2.2GHz

وزن (ماتریس Q) داریم که اهمیت هر کتاب را برای مشتری بیان کند (جدول ۴). با توجه به جدول ۳۷ درصد از مشتری‌ها به کتاب‌های دینی علاقه‌مند هستند. در این تحقیق با کسب اطلاعات از تعداد مراجعین و علاقه آن‌ها در کتابخانه واقعی مورد آزمایش، ماتریس‌های وزن W و Q محاسبه شده است.

جدول ۳: ماتریس وزن W

| تاریخ و جغرافیا | ادبیات | هنر و سرگرمی | فنون | علوم | زبان | اجتماع | دین | فلسفه و روانشناسی | کلیات | |
|-----------------|--------|--------------|------|------|------|--------|------|-------------------|-------|-------------------|
| ۰/۵۵ | ۰/۲۷ | ۰/۵۳ | ۰/۳۸ | ۰/۱۷ | ۰/۴۳ | ۰/۳۳ | ۰/۳۴ | ۰/۶۸ | ۱ | کلیات |
| ۰/۲۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۴ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۰/۶۰ | ۰/۴۹ | ۰/۳۸ | ۱ | ۰/۶۸ | فلسفه و روانشناسی |
| ۰/۱۲ | ۰/۴۴ | ۰/۰۹ | ۰/۳۱ | ۰/۳۸ | ۰/۴۷ | ۰/۴۳ | ۱ | ۰/۳۸ | ۰/۳۴ | دین |
| ۰/۲۳ | ۰/۴۳ | ۰/۳۳ | ۰/۲۱ | ۰/۳۳ | ۰/۲۰ | ۱ | ۰/۴۳ | ۰/۴۹ | ۰/۳۳ | اجتماع |
| ۰/۶۴ | ۰/۴۴ | ۰/۵۴ | ۰/۵۶ | ۰/۶۸ | ۱ | ۰/۲۰ | ۰/۴۷ | ۰/۶۰ | ۰/۴۳ | زبان |
| ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۳۳ | ۰/۶۷ | ۱ | ۰/۶۸ | ۰/۳۳ | ۰/۳۸ | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ | علوم |
| ۰/۵۲ | ۰/۳۴ | ۰/۵۳ | ۱ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۲۱ | ۰/۳۱ | ۰/۲۱ | ۰/۳۸ | فنون |
| ۰/۳۵ | ۰/۲۲ | ۱ | ۰/۵۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۴ | ۰/۳۳ | ۰/۰۹ | ۰/۵۴ | ۰/۵۳ | هنر و سرگرمی |
| ۰/۳۶ | ۱ | ۰/۲۲ | ۰/۳۴ | ۰/۱۱ | ۰/۴۴ | ۰/۴۳ | ۰/۴۴ | ۰/۳۳ | ۰/۲۷ | ادبیات |
| ۱ | ۰/۳۶ | ۰/۳۵ | ۰/۵۲ | ۰/۰۹ | ۰/۶۴ | ۰/۲۳ | ۰/۱۲ | ۰/۲۳ | ۰/۵۵ | تاریخ و جغرافیا |

جدول ۴: ماتریس وزن Q

| تاریخ و جغرافیا (۱۰) | ادبیات (۹) | هنر و سرگرمی (۸) | فنون (۷) | علوم محض (۶) | زبان (۵) | علوم اجتماعی (۴) | دین (۳) | فلسفه و روانشناسی (۲) | کلیات (۱) | نوع کتاب (کد) |
|----------------------|------------|------------------|----------|--------------|----------|------------------|---------|-----------------------|-----------|---------------|
| ۰/۵۵ | ۰/۳۶ | ۰/۴۰ | ۰/۴۵ | ۰/۳۶ | ۰/۷۳ | ۰/۴۳ | ۰/۳۷ | ۰/۶۴ | ۰/۶۸ | درجه اهمیت |

تعداد کتاب‌ها از لحاظ محتوا ۱۰ نوع است. به هر نوع کتاب یک کد از ۱ تا ۱۰ اختصاص یافته است. درواقع یک جواب در الگوریتم یک ماتریس ۱ در ۱۰ است، که شامل کد کتاب‌ها است (جدول ۵). هر کد نماینده یک نوع کتاب است، و هر درایه از ماتریس نماینده چند قفسه است، که کتاب نوع i با n تعداد، در آن‌ها قرار گرفته است. n برای هر نوع کتاب ممکن است برابر نباشد. در یک چیدمان می‌توان یک نوع کتاب را در چندین قفسه قرار داد. مثلاً در جدول ۵، قفسه ۷ نماینده تمامی قفسه‌های است که در آن‌ها کتاب‌های فلسفی قرار دارند. این قفسه‌ها پشت سرهم هستند. مثلاً اگر ۲۵۰۰ کتاب از نوع ۷ داشته باشیم و ظرفیت هر قفسه ۵۰۰ کتاب باشد قفسه‌های ۱ تا ۵ به کتاب ۷ اختصاص داده می‌شوند. همچنین در یک چیدمان نمی‌توان در یک قفسه چندین نوع کتاب قرار داد.

جدول ۵: نمونه‌ای از یک جواب (یک چیدمان)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|
| ۷ | ۵ | ۹ | ۱۰ | ۲ | ۴ | ۶ | ۸ | ۱ | ۳ |
|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|

الگوریتم با یک جمعیت اولیه، شروع به کار می‌کند که یک جستجوی تصادفی از فضای مسئله است. درواقع کتاب‌ها به صورت کاملاً تصادفی در داخل قفسه‌ها قرار می‌گیرند. کتاب‌ها از ۱ تا ۱۰ و قفسه‌ها از ۱ تا ۸۵ (در کتابخانه فرضی) و از ۱ تا ۹۶ (در کتابخانه واقعی) شماره‌گذاری شده‌اند. نحوی شماره‌گذاری قفسه‌ها به این صورت است که، شماره ۱ به نزدیک‌ترین قفسه به درب ورودی و به ترتیب قفسه‌های مجاور آن شماره‌های ۲ الی ۸۵ یا ۹۶ را به خود اختصاص

داده‌اند (شکل (۴)). در واقع کتاب‌هایی با موضوع مشخص، در داخل چندین قفسه پشت سر هم گذاشته می‌شوند. این نوع شماره‌گذاری کمک می‌کند که کتاب‌های هم نوع در قفسه‌های مجاور قرار بگیرند، همچنین حجم محاسبات کمتر شوند. جمعیت اولیه شامل ۱۰۰۰ جواب است.

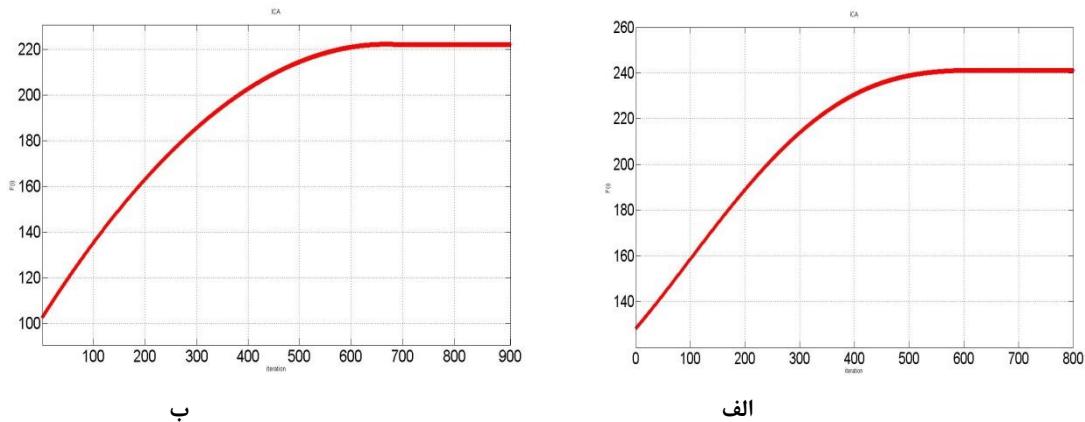
مقدار بهینگی کل جواب‌ها با استفاده از رابطه ۲ به دست می‌آید. برای تشکیل امپراتوری، ۵ جواب برتر به عنوان استعمارگر انتخاب شده‌اند و سایر جواب‌ها به صورت تصادفی به آن‌ها تعلق می‌گیرند. در اعمال سیاست جذب در هر امپراتوری جواب‌های با بهینگی کمتر (کشور مستعمره)، از جواب با بیشترین بهینگی (کشور استعمارگر)، به صورت تدریجی پیروی می‌کنند. مثلاً با فرض اینکه چیدمان بهترین جواب (استعمارگر) در امپراتوری $\frac{1}{n}$ به صورت [۲۸۹۷۴] باشد، و یکی از جواب‌های مربوط (مستعمره) به امپراتوری $\frac{1}{n}$ باشد، با توجه به اینکه چیدمان بهترین جواب، با کتاب با کد ۶ شروع شده است، برای اعمال تابع جذب باید بقیه‌ی جواب‌ها (کشورهای مستعمره) نیز با کد ۶ شروع شوند. درنتیجه چیدمان به صورت [۶۴۲۷۳۱۹۵۱۰۸] تغییر خواهد یافت. به این صورت تابع جذب در هر یک از امپراتوری‌ها، بر روی کشورهای مستعمره اعمال می‌گردد. در مرحله‌ی بعد با استفاده از رابطه ۲ مجدداً برای کل جواب‌ها در امپراتوری مقدار بهینگی محاسبه خواهد شد. در هر امپراتوری اگر جواب بهینگی یکی از کشورهای مستعمره از کشور استعمارگر بیشتر شود جای دو کشور عوض می‌شود. با استفاده از رابطه (۱) قدرت کلی امپراتوری‌ها محاسبه می‌شود، و با استفاده از رابطه ۴ ضعیف‌ترین کشور از ضعیف‌ترین امپراتوری به صورت تصادفی به یکی دیگر از امپراتوری‌ها تعلق می‌گیرد. این فرآیند آن‌قدر تکرار می‌شود تا امپراتوری‌های ضعیف حذف شوند و یک امپراتوری باقی بماند. که بهترین جواب به دست آمده از الگوریتم را نشان می‌دهد.

۴-۱- ارزیابی نتایج

الگوریتم بهینه‌سازی استعماری بر روی هر کدام از کتابخانه‌ها ۱۰۰۰۰ بار اجرشده است. در این بخش به بررسی نتایج مقایسه با سایر الگوریتم‌ها و روش‌های آماری و همچنین نقاط قوت و نقاط ضعف الگوریتم پرداخته می‌شود.

۴-۱-۱- سرعت همگرایی الگوریتم

در یک بار اجرای الگوریتم، در هر تکرار یک جواب بهینه داریم. میزان رشد تابع بهینگی با افزایش تکرارها، سرعت همگرایی الگوریتم گفته می‌شود. در شکل (۷) روند همگرایی الگوریتم در دو کتابخانه نمایش داده شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد تکرار، میزان بهینگی جواب‌های الگوریتم بهبود پیداکرده است. الگوریتم در کتابخانه فرضی و واقعی به ترتیب بعد از ۶۰۰ و ۷۰۰ تکرار همگرا شده است. دلیل اختلاف در تعداد تکرار، حجم بیشتر داده‌ها در کتابخانه‌ی واقعی است. می‌توان نتیجه گرفت که برای مسئله تخصیص کتابخانه به انواع کتاب سرعت همگرایی الگوریتم، مناسب است.



شکل ۷: روند همگرایی الگوریتم استعماری (الف) در کتابخانه فرضی (ب) در کتابخانه واقعی

۴-۱-۲-دقت جواب بهینه

دقت جواب به دست آمده از الگوریتم، یک فاکتور مهم برای ارزیابی الگوریتم است. همان‌طور که گفته شد الگوریتم‌های فرا ابتکاری، تقریبی هستند و لزوماً به جواب بهینه نمی‌رسند. برای کنترل دقت جواب به دست آمده از یک الگوریتم، بهتر است آن را با بهترین جواب موجود از مسئله مقایسه کرد. اما اگر هیچ جواب بهینه‌ای از مسئله موجود نباشد، بهتر است جواب مسئله را با چند الگوریتم دیگر محاسبه نمود و جواب‌ها را با همدیگر مقایسه کرد. در این تحقیق علاوه بر الگوریتم استعماری، الگوریتم‌های فاخته، ژنتیک، مورچه و تجمع ذرات نیز در شرایط مشابه تست شده‌اند که خلاصه‌ی نتایج آن در جدول ۶ ذکر شده است.

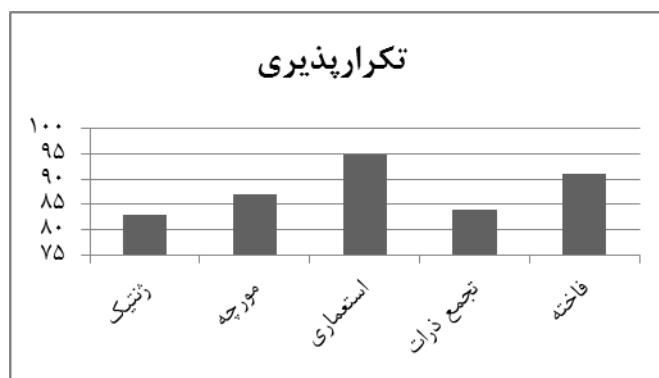
جدول ۶: خلاصه نتایج الگوریتم‌های مختلف

| الگوریتم | تعداد اجرا | تعداد رسیدن به بهترین جواب (کتابخانه واقعی) | تعداد رسیدن به بهترین جواب (کتابخانه فرضی) | تعداد رسیدن به بهترین جواب (کتابخانه واقعی) | مقدار بهینگی بهترین جواب (کتابخانه فرضی) |
|-----------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| فاخته | ۱۰۰۰ | ۹۱۲۱ | ۹۰۹۶ | ۹۰۹۶ | ۲۴۰/۱۸۷۵ |
| مورچه | ۱۰۰۰ | ۸۷۱۱ | ۸۷۰۱ | ۸۷۰۱ | ۲۴۰/۱۸۷۵ |
| استعماری | ۱۰۰۰ | ۹۴۷۸ | ۹۵۰۳ | ۹۵۰۳ | ۲۴۰/۱۸۷۵ |
| ژنتیک | ۱۰۰۰ | ۸۳۶۱ | ۸۳۰۳ | ۸۳۰۳ | ۲۴۰/۱۸۷۵ |
| تجمع ذرات | ۱۰۰۰ | ۸۴۳۹ | ۸۴۰۷ | ۸۴۰۷ | ۲۴۰/۱۸۷۵ |

با توجه به جدول (۶) مقدار بهینگی بهترین جواب به دست آمده از هر پنج الگوریتم، در کتابخانه واقعی و فرضی برابر است. این امر نشان‌دهنده‌ای آن است که پنج الگوریتم مورد استفاده جوابی با بهینگی بیشتر از ۲۲۱/۱۶۰۳ در کتابخانه واقعی و بیشتر از ۲۴۰/۱۸۷۵ در کتابخانه فرضی پیدا نکرده‌اند. درنتیجه می‌توان گفت که جواب به دست آمده از الگوریتم استعماری دقت مناسبی دارد و می‌توان به آن اعتماد کرد.

۴-۱-۳- تکرارپذیری الگوریتم

تکرارپذیری الگوریتم به معنی پایداری و قابلیت اعتماد به الگوریتم در رسیدن به جواب نهایی است. چون در اجرای الگوریتم ممکن است همیشه بهترین جواب ممکن به دست نیاید و الگوریتم در بهینه‌ی محلی گیر بیافتد. با توجه به جدول (۶) مشاهده می‌شود که در ۱۰۰۰ بار اجرای الگوریتم استعماری در کتابخانه واقعی و فرضی به ترتیب ۹۵۰۳ و ۹۴۷۸ بار به جواب بهینه رسیده است. این بدین معنی است که الگوریتم در هر بار اجرا به احتمال ۹۴/۹۰ درصد به جواب بهینه می‌رسد. مقادیر احتمال برای سایر الگوریتم‌ها نیز محاسبه شده است که در شکل (۸) نمایش داده شده است.

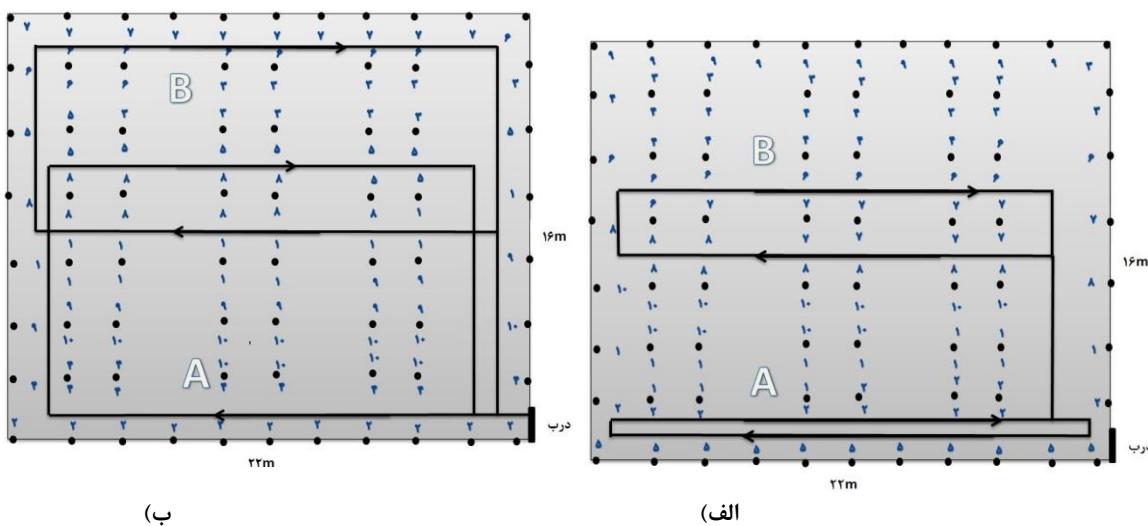


شکل ۸: مقایسه تکرارپذیری الگوریتمها

همان‌طور که از شکل نیز معلوم است مقدار تکرارپذیری (صحت) الگوریتم استعماری از سایر الگوریتم‌ها بیشتر است. نکته قابل توجه در این بخش این است که تکرارپذیری الگوریتم فاخته در تحقیق قبلی انجام‌شده توسط این محققان [۱۱]، ۹۹/۴ درصد تخمین زده شده است، اما در این تحقیق کاهش چشمگیری داشته است، که به دلیل تعداد اجراهای بیشتر در این تحقیق است. این مقدار به احتمال بیشتری به واقعیت نزدیک‌تر است.

۴-۱-۴- ارزیابی بهترین جواب به دست‌آمده از الگوریتم و مقایسه‌ی آن با داده‌های واقعی

با توجه به محدودیت‌های فضای کتابخانه مورد آزمایش، چیدمان فعلی کتابخانه، ممکن است چیدمان بهینه نباشد. برای مقایسه بهترین چیدمان به دست‌آمده از الگوریتم و چیدمان موجود، این دو چیدمان در شکل ۹ نمایش داده شده‌اند. با توجه به شکل ۹-الف در بهترین چیدمان کتاب با کد ۵ در نزدیکی درب ورودی قرار گرفته است. با توجه به جدول ۴ کتاب زبان با کد ۵ دارای بیشترین اهمیت برای مراجعین است و کتاب‌های فلسفه با کد ۲ نیز دارای اهمیت زیادی برای مراجعین است. از طرفی با توجه به جدول ۳، ۶۰ درصد از مراجع کنندگان کتاب زبان به کتاب‌های فلسفی نیز علاقه‌مند هستند که در بهترین چیدمان این دو کتاب نزدیک به هم‌دیگر و نزدیک به درب ورودی قرار گرفته‌اند. ولی با توجه به شکل ۹-ب این دو کتاب دورتر از درب ورودی قرار دارند همچنین فاصله بین آن‌ها زیاد است.



شکل ۹-الف) بهترین چیدمان به دست‌آمده از الگوریتم ب) چیدمان واقعی در کتابخانه

همچنین با توجه به جدول (۴) مشاهده می‌شود که ۵۳ درصد از مراجعین کتاب با کد ۷ به کتاب با کد ۸ علاقه‌مند هستند. درنتیجه بهتر است این دو کتاب نزدیک‌تر به هم‌دیگر قرار داشته باشند. این موضوع در بهترین چیدمان

کاملاً مشهود است و این دو کتاب نزدیک به همدیگر قرار گرفته‌اند. ولی در چیدمان واقعی موجود (شکل (۷-ب)) دورتر از همدیگر قرار دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که چیدمان به دست آمده از الگوریتم، مناسب‌تر از چیدمان واقعی است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به محاسبات انجام شده و نتایج به دست آمده از الگوریتم، و با توجه به ارزیابی فاکتورهای دقت، سرعت همگرایی و تکرارپذیری و همچنین مقایسه بهترین چیدمان با چیدمان واقعی و مقایسه با سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌توان گفت این الگوریتم، الگوریتم مناسبی برای مسئله‌ی تخصیص فضای کتابخانه به انواع کتاب است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

الگوریتم استعماری که برای حل مسئله چیدمان در نظر گرفته شده است، با صحت و دقت بالایی بهترین جواب ممکن را برای رسیدن به اهداف موردنظر به دست آورده است. فضای جستجو در تشکیل جمعیت اولیه کاملاً به صورت تصادفی است. این نوع جستجو یک نوع جستجوی کلی است و ممکن است تمام فضای جستجو را پوشش ندهد. عملگر تابع جذب باعث می‌شود بعد از جستجوی کلی فضای جواب‌ها، جستجوی محلی نیز داشته باشیم. این امر باعث می‌شود که بیشتر فضای جواب مورد جستجو قرار گیرد که به احتمال زیاد شامل جواب بهینه نیز است. یعنی این امید وجود دارد که به احتمال زیاد در هر بار اجرای الگوریتم، با دقت زیادی به جواب بهینه برسد. از بین رفتن تدریجی امپراتوری‌های ضعیف و تعلق گرفتن جواب‌های بد به سایر امپراتوری‌ها، باعث می‌شود الگوریتم با سرعت بالایی به سمت جواب بهینه میل کند. یکی از محدودیت‌های الگوریتم استعماری این است که سرعت و دقت الگوریتم بستگی به تعداد جمعیت اولیه و تعداد امپراتوری‌ها دارد. برای رفع این مشکل باید الگوریتم را با تعداد مختلف جمعیت اولیه و امپراتوری اجرا کرد.

در بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم، کتاب‌های مشابه در قفسه‌های نزدیک به هم چیده شده‌اند و کتاب‌هایی که اهمیت بیشتری برای مراجعین دارند نزدیک‌تر به درب ورودی کتابخانه قرار گرفته‌اند. درنتیجه مراجعین در زمان کمتری کتاب‌های مورد علاقه‌ی خود را در کتابخانه با رفت‌وآمد کمتری پیدا می‌کنند. در بهترین چیدمان (شکل (۷-الف)) مراجعه‌کننده تقریباً مسیر A و B را برای یافتن کتاب موردنظر طی خواهد کرد که در مقایسه با مسیر A و B در شکل (۹-ب) (چیدمان موجود در کتابخانه) بسیار کوتاه‌تر است.

فاصله قفسه‌ها و اهمیت کتاب‌ها برای مراجعین، تأثیر مستقیمی در بهترین چیدمان دارد. درواقع چینش قفسه‌ها و اهمیت کتاب‌ها برای مراجعین در همه کتابخانه‌ها یکسان نیست. مثلاً در کتابخانه مربوط به دانشکده‌های فنی، کتاب‌های فنی ارزش بیشتری برای دانشجویان دارند. ولی در کتابخانه دانشکده‌ی زبان، کتاب‌های زبان ارزش بیشتری دارند. از طرفی تعداد مراجعه‌کننده‌های کتاب A که به کتاب زیز علاقه‌مند هستند در همه کتابخانه‌ها یکسان نیستند. مثلاً در کتابخانه‌های فنی ممکن است ۷۰ درصد از مراجعین کتاب‌های فنی به علوم زیز علاقه‌مند باشند. درصورتی که در کتابخانه‌های عمومی ممکن است این مقدار بیشتر یا کمتر باشد. بنابراین فاصله قفسه‌ها، اهمیت کتاب برای مراجعین و شباهت موضوعی کتاب‌ها در کتابخانه‌های مختلف قابل تغیر است. این امر باعث می‌شود که بهترین چیدمان در کتابخانه‌های مختلف، متفاوت باشند. در این تحقیق با مراجعه به کتابخانه، ماتریس‌های وزن شباهت موضوعی کتاب‌ها، اهمیت کتاب‌ها برای مراجعین و فاصله قفسه‌ها محاسبه شد و بر اساس آن‌ها بهترین چیدمان توسط الگوریتم استعماری محاسبه شد. با مقایسه‌ی چیدمان به دست آمده از الگوریتم و چیدمان موجود در کتابخانه، همچنین با مقایسه سرعت همگرایی، تکرارپذیری و دقت الگوریتم استعماری با سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری، می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم استعماری الگوریتم مناسبی برای مسئله چیدمان است.

۲-۵- پیشنهادها

یکی از فاکتورهای مهم در چیدمان، نحوه‌ی چیدمان قفسه‌ها است. درنتیجه قبل از چیدمان کتاب‌ها می‌توان چیدمان قفسه‌ها را نیز بهینه کرد. برای واقعی‌تر شدن مسئله نیز می‌توان، قیود یا پارامترهای دیگری از قبیل میزان علاقه مراجعین به نویسنده‌گان مختلف، ارتفاع و گنجایش قفسه‌ها و... را نیز در نظر گرفت و از الگوریتم‌های دیگر مانند زنبور، گربه‌سانان و... استفاده نمود که در مسائل مکانی دیگر نیز تست شده‌اند. به این امید که با دقت و اعتماد بیشتری بهترین چیدمان را محاسبه کنند.

مراجع

- [1] H. Moradvesi and M.S. Mesgari, "The Optimal Allocation of the Library Space to Books Using Cuckoo Algorithm" , Research on Information Science and Public Libraries, 21(1), 61-41, 2015(Persian).
- [2] L. Karen, and H. Niegaard, eds. IFLA library building guidelines: Developments and reflections. Walter de Gruyter, 2007.
- [3]- M. Elisabeth, and B. Kenney. "Library Buildings 2004: Great Libraries in the Making." Library Journal 129.20, 70-72, 2004.
- [4] D. Anders C., and C. E. Reid. "The Trustee and Library Buildings." The Library Trustee (1988).
- [5] R. Robert H. "Architecture: Library Design: What Not to Do." American Libraries, 100-104, 1986.
- [6] W. B. Linderman, "Dewey, Melvil." In Encyclopedia of Library and Information Science, Second Edition, 839-849, 2003.
- [7] A. G. WORKS, "Library of Congress Classification System." BJB 11, 99, 1997.
- [8] Z.W. Geem, J.H. Kim and G.V. Loganathan "A new heuristic optimization algorithm: harmony search" Simulation, 76-2, 60-68, 2001.
- [9] G. Dueck and T. Scheuer, "Threshold accepting: a general purpose optimization algorithm appearing superior to simulated annealing." Journal of computational physics, 90-1, 161-175, 1990.
- [10] P. Pellegrini, D. Favaretto and E. Moretti, "Multiple ant colony optimization for a rich vehicle routing problem: a case study." In Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, Springer Berlin Heidelberg, 627-634, 2007.
- [11] M.J. Powell, "A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations." In Numerical analysis, Springer Berlin Heidelberg, 144-157, 1978.
- [12] A. C. Chiang, "Elements of dynamic optimization." Illinois: Waveland Press Inc, 2000
- [13] K. Deb, "Multi-objective optimization using evolutionary algorithms", John Wiley & Sons, 2001.
- [14] R. L. Haupt , S. E. Haupt, "The binary genetic algorithm." Practical Genetic Algorithms, Second Edition, 27-50, 2004.
- [15] G. Z. W. Joon Hoon Kim, and G. V. Loganathan. "A new heuristic optimization algorithm: harmony search." Simulation 76-2, 60-68, 2001.
- [16] S. Forouharfard, M. Zandieh, "An imperialist competitive algorithm to schedule of receiving and shipping trucks in cross-docking systems." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51(9-12), 1179-1193, 2010.
- [17] T. Niknam, E. T. Fard,N. Pourjafarian and A. Rousta, "An efficient hybrid algorithm based on modified imperialist competitive algorithm and K-means for data clustering." Engineering Applications of Artificial Intelligence, 24(2), 306-317, 2011.
- [18] M. Y. khoshbakht, M. Sedighpour, "New Imperialist Competitive Algorithm to solve the travelling salesman problem." International Journal of Computer Mathematics, 90(7), 1495-1505, 2013.
- [19] S. Chatterjee,C. Carrera and L. A. Lynch,. "Genetic algorithms and traveling salesman problems." European journal of operational research, 93(3), 490-510, 1996.
- [20] W. L. Zhong, J. Zhang and W. N. Chen, "A novel discrete particle swarm optimization to solve traveling salesman problem." In Evolutionary Computation. CEC. IEEE Congress on 3283-3287, 2007.

- [21]— M. Y. Khoshbakht, F. Didevar and F. Rahmati, “Application a Modified Imperialist Competitive Algorithm for Solving the Traveling Salesman Problem”, Journal of advanced mathematical modeling. 1-2, 2013(Persian).
- [22]- G. E. Atashpaz, C. Lucas, “Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition.” In Evolutionary Computation. CEC. IEEE Congress on 4661-4667, 2007.
- [23]- A. Khabbazi, G. E. Atashpaz and C. Lucas, “Imperialist competitive algorithm for minimum bit error rate beamforming.” International Journal of Bio-Inspired Computation, 1(1), 125-133, 2009.