

تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتاب با استفاده از الگوریتم فاخته

هوشمند مرادویسی (نویسنده مسئول)

دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Hoshmand20@yahoo.com

محمد سعدی مسگری

دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، عضو قطب علمی فن آوری اطلاعات مکانی
mesgari@kntu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۵

چکیده

هدف: هدف اصلی این مقاله آن است که مدلی طراحی کند که طی آن، کتاب‌ها طوری در قفسه‌های کتابخانه چیده شود که با توجه به شباهت موضوعی کتاب‌ها و فاصله قفسه‌ی کتاب‌ها از هم، حرکت کلیه مراجعان در مجموعه کتابخانه کمینه شود و محدودیت‌های مربوط به تعداد هر نوع کتاب و حجم قفسه‌ها لحاظ گردد.

روش: مسأله چیدمان کتاب یک موضوع بهینه‌سازی مکانی با فضای جستجوی وسیع است که به دلیل تنوع بسیار بالای حالات چیدمان امکان حل آن توسط روش‌های قطعی و ریاضی وجود ندارد. موضوع این تحقیق، حل این مسأله با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی فاخته است.

یافته‌ها: الگوریتم فاخته برای این مسأله ۳۵۰ بار اجرا شده است. با توجه به صحت و دقت بالای الگوریتم، جواب‌های قابل قبولی به دست آمده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که الگوریتم مناسبی برای مسأله تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتاب است.

اصالت/ارزش: مسأله چیدمان کتاب‌ها در یک کتابخانه موضوعی پیچیده است و تأثیر زیادی در دسترسی و راحتی استفاده از کتاب‌ها را دارد. ارزش این مقاله در ارائه روشی برای بهینه‌سازی چیدمان است.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی، الگوریتم‌های فرا ابتکاری، تخصیص فضا، فضای کتابخانه، الگوریتم فاخته.

مقدمه

کتابخانه‌ها یکی از نهادهای اطلاعاتی مهم جوامع است. یکی از مشکلاتی که از قدیم در فعالیت‌های عملی کتابداری وجود داشته است، نحوه چیدن کتاب‌ها در کتابخانه‌های بزرگ و نحوه دسترسی به آنها است. نحوه چیدن کتاب‌ها یک مشکل مکانی است که به ابعاد کتابخانه، تعداد و تنوع کتاب‌ها، حجم قفسه‌ها و فواصل قفسه‌ها از هم بستگی دارد. مسأله‌ای که در چیدمان کتابخانه وجود دارد این است که چگونه کتاب‌های یک کتابخانه را در قفسه‌ها بچینیم تا مراجعان مختلف با علاقه‌های گوناگون در کمترین زمان به آنها دسترسی پیدا کند.

چیدن کتاب‌ها به اهمیت کتاب برای مشتری و رابطه بین کتاب‌ها بستگی دارد (سواتزبرگ، بوسی^۱ و گارتسون، ۱۹۹۱). مثلاً کتاب‌هایی که اهمیت بیشتری برای مراجعان دارند بهتر است نزدیک‌تر به درب ورودی کتابخانه قرار داشته باشند چون باید دسترسی به آن آسان باشد و همچنین از ازدحام مراجعه‌کننده و هدر رفتن زمان جلوگیری گردد.

همچنین در چیدن باید رابطه بین کتاب‌ها با هم لحاظ شود. مثلاً کسی که کتاب فیزیک مطالعه می‌کند به احتمال زیاد کتاب ریاضی هم مطالعه می‌کند، ولی به احتمال کمتری کتاب تاریخ را مطالعه کند. پس بهتر است که کتاب‌های ریاضی و فیزیک در قفسه‌های نزدیک به هم قرار داشته باشند. در تخصیص فضای کتابخانه، فضای قفسه‌ها، فاصله بین قفسه‌ها معلوم و مهم است و بایستی لحاظ شوند. در نتیجه مسأله چیدمان یک مسأله چند هدفه است و بایستی مشکلات ذکر شده در آن رفع گردد.

در اکثر کتابخانه‌های بزرگ، چیدمان کتاب در کتابخانه بر اساس دو رده‌بندی مشهور به نام کنگره و دیویی انجام می‌شود. در این روش‌ها، کتاب‌ها بر اساس موضوع رده‌بندی شده‌اند. کتابدار کتابخانه، بر اساس این رده‌بندی‌ها، تا حدودی به صورت سلیقه‌ای کتاب‌ها را در قفسه کتابخانه می‌چیند. این چیدمان لزوماً چیدمان بهینه نیست چون کتابدار محدودیت‌های فضای کتابخانه، فضای قفسه‌ها، فاصله بین قفسه‌ها، اهمیت کتاب‌ها برای مراجعان، ابعاد کتابخانه، حجم قفسه‌ها و غیره را به‌طور کامل در نظر نگرفته است. بنابراین ما به دنبال یک روش جدید هستیم که بر اساس یکی از این رده‌بندی‌ها و با در نظر گرفتن تمامی محدودیت‌های ذکر شده، چیدمان را در کتابخانه بهینه کنیم (دراپر و بروکس^۲، ۱۹۷۹).

1. Swartzburg, Bussey & Garrentson

2. Draper and Brooks

برای مثال، اگر ۲۰ قفسه و ۱۰ نوع کتاب داشته باشیم، تعداد حالتی که می‌توانیم کتاب‌ها را در قفسه‌ها بچینیم بسیار زیاد است. به علاوه چندهدفه بودن مسأله باعث پیچیدگی بیشتر آن می‌شود. مجموعه این مشکلات نشان‌دهنده آن است که مسأله تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتاب یک موضوع پیچیده مکانی است که نیاز به بهینه‌سازی دارد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که موضوع چیدمان کتاب‌ها علاوه بر توجه به موضوعات یک مسأله بهینه‌سازی است و ابعاد مکانی، فاصله‌ها و موقعیت‌ها در آن اهمیت دارند. بنابراین روش‌های ریاضی نمی‌توانند جواب بهینه‌ای برای مسأله در زمان قابل قبول پیدا کنند. معمولاً برای حل مسائل بهینه‌سازی با فضای جستجوی وسیع و توابع بهینگی و شروط پیچیده، به جای روش‌های قطعی ریاضی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری استفاده می‌شود. این روش‌ها می‌توانند جواب‌های نزدیک به جواب بهینه در زمان قابل قبول برای مسأله به دست آورند (عشقی و کریمی‌نسب، ۱۳۹۱).

همان‌طور که می‌دانیم سازمان‌دهی اطلاعات در فرایند اطلاع‌رسانی به‌عنوان واسطه شناخته می‌شود و عامل ایجاد ارتباط سیستمی بین فراهم‌آوری اطلاعات و توزیع اطلاعات است. با پیشرفت علم و فن‌آوری، کتابخانه‌های دیجیتالی دسترسی به اطلاعات را تا حدودی آسان‌تر کرده‌اند. این امر باعث شده است که تلاش برای بهبود یافتن نحوه دسترسی به کتاب در کتابخانه‌ها، تا حدودی به دست فراموشی سپرده شود. ولی اهمیت کتابخانه‌های سنتی و نقش مهم آنها در فراهم‌آوردن و دسترسی پژوهشگران به اطلاعات، بر کسی پوشیده نیست. همان‌طور که ذکر شد، چیدن کتاب‌های کتابخانه بر اساس دو رده‌بندی کنگره و دیوئی تا حدودی سلیقه‌ای است و بسیاری از محدودیت‌های کتابخانه در آن لحاظ نمی‌شود و در نتیجه دسترسی به کتاب‌ها ممکن است زمان‌بر باشد. مثلاً در دو کتابخانه‌ای که نحوه چیدمان قفسه‌ها در آنها متفاوت است اگر در هر دو کتابخانه بر اساس رده‌بندی کنگره کتاب‌ها در داخل قفسه‌ها چیده شوند نحوه دسترسی به یک کتاب خاص در دو کتابخانه متفاوت خواهد بود. در واقع فضای داخل کتابخانه، فاصله قفسه‌ها، اهمیت کتاب برای مشتریان و ... در نحوه دسترسی تأثیرگذار است. در نتیجه نیازمند یک روش هستیم که محدودیت‌های ذکر شده را لحاظ کند تا نحوه دسترسی به کتاب در کتابخانه بهبود یابد. بر اساس بررسی انجام‌شده در این تحقیق، تاکنون از هیچ روشی برای بهینه‌کردن چیدمان کتاب‌ها در کتابخانه استفاده نشده است و این امر، انگیزه انجام این تحقیق گردید.

ذات موضوع، تخصیص فضای است. موضوع از لحاظ مفهوم شباهت‌هایی با مسأله فروشنده

1. Allocation or design optimization

دوره گرد^۱ (TSP) دارد. این مسأله توسط الگوریتم فاخته^۲ حل شده و جواب‌های خوبی به دست آورده است. بهتر است این الگوریتم برای موضوع چیدمان کتاب هم آزمایش شود. الگوریتم فاخته، الگوریتم جدیدی است که سرعت همگرا و دقت بالا دارد.

هدف اصلی در چیدمان کتابخانه آن است که کتاب‌ها را طوری در قفسه‌های کتابخانه بچینیم که با توجه به شباهت موضوعی کتاب‌ها و فاصله قفسه کتاب‌ها از هم، حرکت کلیه مشتری‌ها در مجموعه کتابخانه کمینه شود و محدودیت‌های مربوط به تعداد هر نوع کتاب و حجم قفسه‌ها لحاظ گردد. هر قفسه طبقات مختلفی دارد که می‌تواند کتاب‌های مختلفی در طبقات مختلف آن قرار گیرد. علاوه بر موقعیت قفسه، ارتفاع و تعداد طبقات آن نیز مهم است که این نشان‌دهنده سه بعدی بودن مسأله است (تامپسون^۳، ۱۹۸۹) ولی در این تحقیق، برای ساده‌سازی مسأله فرض می‌کنیم که ارتفاع همه قفسه‌ها و تعداد طبقات آنها برابر است. به عبارت دیگر، صورت مسأله را دو بعدی فرض می‌کنیم.

پرسش‌های پژوهش

پرسش‌های پژوهش حاضر به شرح ذیل است:

۱. پارامترهای مورد نظر در تخصیص فضای کتابخانه کدام‌اند؟
۲. اهداف و قیود مربوط به بهینه‌سازی تخصیص فضای کتابخانه کدام‌اند؟
۳. پارامترهای موجود در الگوریتم کدام‌اند؟
۴. هر کدام از پارامترهای الگوریتم در تخصیص فضای کتابخانه چه معنایی دارند؟
۵. چه روش‌هایی برای اجرا و ارزیابی الگوریتم وجود دارد و کدامیک از آنها قابل استفاده هستند؟

روش پژوهش

توسعه علم بهینه‌سازی برخاسته از آرزوی انسان برای رسیدن به کمال است. انسان می‌خواهد بهترین وضع 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 بسنده می‌نماید. به همین علت، چندین رویکرد برای طراحی جواب‌های با

۱. مسأله فروشنده دوره گرد (Travelling Salesman Problem (TSP)) به شرح مقابل است: تعدادی شهر داریم و هزینه رفتن مستقیم از یکی به دیگری را می‌دانیم. مطلوب است کم‌هزینه‌ترین مسیری که از یک شهر شروع شود و از تمامی شهرها دقیقاً یکبار عبور کند و به شهر شروع بازگردد.

2. Cuckoo Optimization Algorithm

3. Thompson

کیفیت قابل قبول، تحت محدودیت زمانی قابل قبول پیشنهاد شده است (داویس^۱، ۱۹۹۱). الگوریتم‌های بهینه‌سازی عبارتند از ترکیب مجموعه‌ای از معیارها، روش‌ها یا اصولی برای تصمیم‌گیری بین چند گزینه و انتخاب اثربخش‌ترین آن برای دستیابی به اهداف مورد نظر. در حالت کلی روش‌های بهینه‌سازی را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود (نم‌هوزر و ولسی^۲، ۱۹۸۸):

الف- روش‌های قطعی و ریاضی

این روش‌ها بر ترکیب و تعریف یک چارچوب قطعی برای مسأله و برنامه‌ریزی ریاضی (معمولاً روش‌های دقیق) برای حل آن متمرکز می‌شوند.

ب- 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 مسأله، ساختار جواب و جستجوی محلی متمرکز می‌شوند.

ج- الگوریتم‌های فرا ابتکاری

در واقع الگوریتم‌های فرا ابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی (که قادر به یافتن جواب‌های خوب یا نزدیک به بهینه و کوتاه، در زمان حل مسأله) هستند که دارای راهکارهای برون‌رفت از بهینه موجود می‌باشند و قابل کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل هستند. مشکل روش‌های ریاضی این است که در مسائل با ابعاد وسیع و فضای جستجوی بزرگ و پیچیده، زمان بسیار زیادی (گاهی در حد غیرعملی و غیرممکن) برای حل مسأله نیاز دارند. از سوی دیگر، الگوریتم‌های ابتکاری اغلب می‌توانند خیلی خوب عمل کنند، اما ممکن است برای یافتن پاسخی با کیفیت متوسط (بهینه محلی) ناتوان باشند. یکی دیگر از مشکلات این روش‌ها، نیاز به طراحی و آزمایش 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^۳، کلونی زنبور عسل^۴، بهینه‌سازی تجمع ذرات^۵، کلونی مورچه‌ها^۶، رقابت استعماری^۷، کرم شب‌تاب^۸، فاخته، بهینه‌سازی گروه گریه‌سانان^۹ و ... اشاره نمود.

1. Davis

3. Genetic Algorithm

5. Particle swarm optimization

7. Imperialist Competitive Algorithm

2. Nemhauser and Wolsey

4. Artificial bee colony algorithm

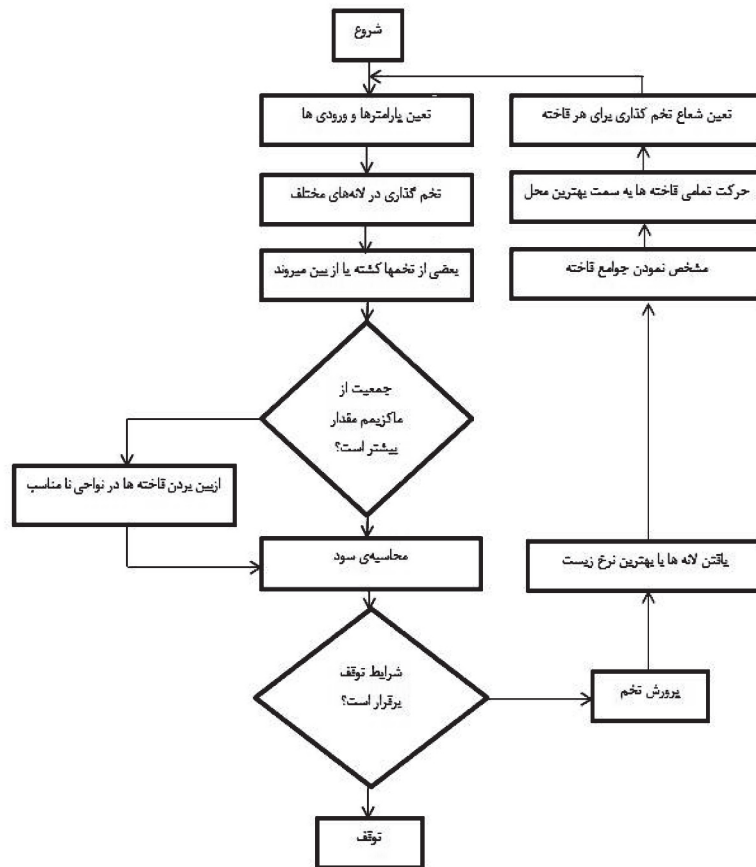
6. Ant Colony Algorithm

8. Firefly Algorithm

9. Cat Swarm Optimizati

الگوریتم بهینه‌سازی فاخته

فاخته پرنده‌ای است که تخم‌های خود را در لانه سایر پرندگان که دارای تخم‌های مشابه هستند گذاشته و به این ترتیب وظیفه پرورش جوجه‌های خود را به سایر پرندگان وامی‌نهد. در الگوریتم فاخته از این استراتژی برای بهینه‌سازی استفاده شده است. این الگوریتم در سال ۲۰۰۹ توسط شین او یانگ^۱ و دب ساوش^۲ توسعه یافته است (رجیون، ۲۰۱۱). در شکل ۲ شمای کلی الگوریتم بهینه‌سازی فاخته نشان داده شده است:



شکل ۲. روند الگوریتم فاخته (رجیون، ۲۰۱۱)

1. Yang, X.S

2. Deb, S

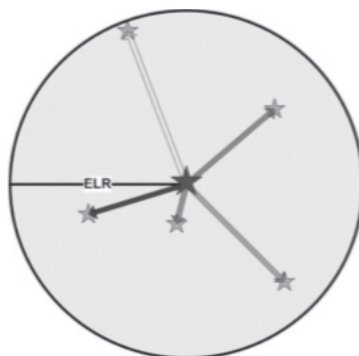
3. Rajabioun

الف) جمعیت اولیه

این الگوریتم همانند سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی، با یک جمعیت اولیه شروع می‌شود. هر فاخته به صورت تصادفی یک مکان را برای تخم‌گذاری انتخاب می‌کند. این مکان ممکن است شامل چندین لانه باشد که فاخته در هر کدام از این لانه‌ها تخم‌گذاری می‌کند. هر کدام از این مکان‌ها یک جواب برای الگوریتم محسوب می‌شود. محل‌های سکونت اولیه فاخته‌ها جمعیت اولیه را تشکیل می‌دهد.

ب) شعاع تخم‌گذاری

هر فاخته در یک منطقه محدودی تخم‌گذاری می‌کند که به آن شعاع تخم‌گذاری فاخته می‌گویند (شکل ۱). هر فاخته به‌طور تصادفی تخم‌ها را در لانه پرنده‌گان میزبانی می‌گذارد که در شعاع تخم‌گذاری آن قرار دارد. این عمل باعث می‌شود که در منطقه جستجوی محلی داشته باشیم.



شکل ۱. شعاع تخم‌گذاری فاخته (رجیون، ۲۰۱۱)

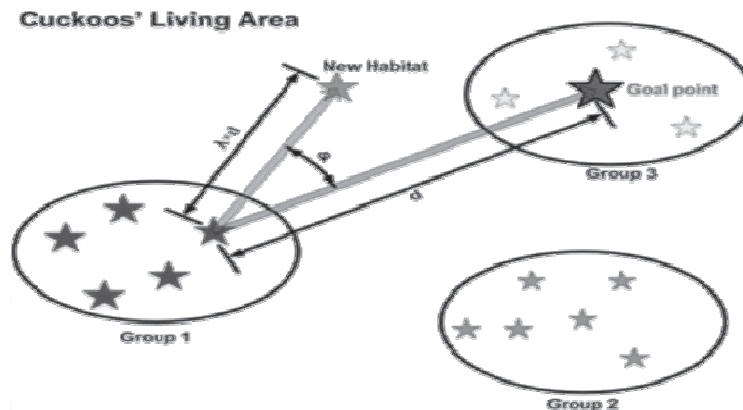
ج) از بین بردن فاخته‌های قرار گرفته در مناطق نامناسب

در بعضی از مکان‌ها، پرنده‌گانی هستند که روش‌های شناسایی تخم‌های بیگانه را یاد گرفته‌اند. این پرنده‌گان تخم‌های فاخته‌ها را در لانه‌های خود تشخیص می‌دهند و از لانه بیرون می‌اندازند. در نتیجه این مناطق برای تخم‌گذاری مناسب نیستند و فاخته مجبور است منطقه جدیدی را برای تخم‌گذاری انتخاب کند. با این کار در واقع جواب‌های نامناسب در الگوریتم از بین می‌روند و جواب‌های جدیدی جایگزین آنها می‌شود. در طبیعت جمعیت فاخته‌ها تقریباً

ثابت است بنابراین در الگوریتم نیز باید مقدار بیشینه جمعیت مشخص شود. با از بین بردن جواب‌های نامناسب، بیشینه جمعیت تنظیم می‌شود.

د) مهاجرت فاخته

فاخته‌ها برای بیشینه کردن امکان نجات تخم‌های خود به دنبال بهترین منطقه می‌گردند. جواب‌ها با روش k -means (معمولاً ۳ الی ۵ خوشه) خوشه‌بندی می‌شوند. سپس بهترین خوشه انتخاب می‌شود و در نتیجه تمام فاخته‌ها به سمت بهترین منطقه موجود فعلی مهاجرت می‌کنند. هر فاخته در منطقه‌ای نزدیک بهترین موقعیت فعلی ساکن می‌شود. با در نظر گرفتن تعداد تخمی که هر فاخته خواهد گذاشت و همچنین فاصله فاخته‌ها از منطقه بهینه فعلی، شعاع تخم‌گذاری برای سکونت فاخته محاسبه شده و محل جدید سکونت فاخته شکل می‌گیرد (شکل ۳). در واقع جواب‌ها به تدریج به سمت جواب‌های بهتر میل می‌کنند.



شکل ۳. حرکت فاخته‌ها به سمت فاخته‌ای که بهترین محل را برای زیست انتخاب کرده است (رجیبون، ۲۰۱۱)

ه) همگرایی

بعد از مهاجرت فاخته به نزدیکی بهترین محل برای زیست، فاخته‌ها شروع به تخم‌گذاری تصادفی در لانه‌هایی داخل شعاع تخم‌گذاری خود می‌کنند. این پروسه تا رسیدن به بهترین محل برای تخم‌گذاری (منطقه با بیشترین سود) ادامه می‌یابد. این محل بهینه جایی است که بیشترین تعداد فاخته‌ها در آن گرد می‌آیند.

معرفی متغیرها و شاخص‌ها

در مسأله تخصیص کتابخانه به انواع کتاب، یک نمونه از چیدن تمام کتاب‌ها در قفسه‌های موجود در کتابخانه، یک جواب محسوب می‌شود (جدول ۱). با استفاده از الگوریتم سعی می‌شود بهترین جواب ممکن را به دست بیاوریم، که این جواب تمام شروط و قیود را دارا است.

جدول ۱. یک جواب مسأله چیدمان کتابخانه

قفسه ۱	قفسه ۲	قفسه ۳	قفسه ۴
کلیات	فلسفه	دین	علوم اجتماعی

الف) تشکیل جمعیت اولیه

برای شروع حل مسأله نیاز به جمعیت اولیه داریم. برای تشکیل جمعیت اولیه، کتاب‌ها به صورت تصادفی در قفسه‌ها چیده شده است. برای شروع ۱۰۰۰ جواب (۱۰۰۰ طریقه چینش) در نظر گرفته شده است.

ب) به دست آوردن بهینگی

در بهینه‌سازی، الگوریتم به دنبال بهترین جواب ممکن از مسأله است. برای مقایسه جواب‌ها و فهمیدن اینکه کدام جواب از بقیه جواب‌ها بهتر است، باید به هر یک از جواب‌ها یک عدد نسبت دهیم. در نتیجه برای هر یک از جواب‌ها باید مقدار بهینگی محاسبه شود. در واقع یک جواب یا یک چیدمان می‌تواند با توجه به اهمیت کتاب‌های مختلف برای مشتری و وابستگی کتاب‌ها به همدیگر، نسبت به جواب دیگر دارای مقدار بهینگی بیشتری باشد و جواب بهتری برای مسئله محسوب شود. در نتیجه ما نیاز به یک رابطه داریم که به هر یک از جواب‌ها یک عدد نسبت دهد. این عدد همان عدد بهینگی جواب است که هر چقدر بیشتر باشد، جواب مربوطه جواب بهتری محسوب می‌شود. این موضوع به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

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

در رابطه (۱)، F بهینگی هر یک از جواب‌ها را نشان می‌دهد که در آن W_{ij} میزان تشابه یا ارتباط کتاب i را با کتاب j نشان می‌دهد. I_{ij} فاصله شبکه‌ای بین دو قفسه است که کتاب i و

کتاب z در آنها قرار دارند. m تعداد موضوع کتاب‌ها است. Q_k اهمیت کتاب k برای مشتری است و d فاصله شبکه قفسه حاوی کتاب k از در ورودی است.

اولین مسئله‌ای که در رابطه با تعریف تابع بهینگی می‌بایست لحاظ شود این است که کتاب‌های مهمتر و دارای مراجعه‌کننده بیشتر باید به درب ورودی کتابخانه نزدیک‌تر باشند. این موضوع می‌تواند توسط پارامتری تعریف شود که شامل اهمیت کتاب‌ها برای مشتری و فاصله آنها از درب ورودی باشد. به عبارت دیگر می‌توان خارج قسمت وزن یا عدد لحاظ شده برای اهمیت نسبی انواع کتاب (Q_k) تقسیم بر مجذور فاصله قفسه کتاب مربوطه تا درب ورودی کتابخانه (d_k^2) را در نظر گرفت. در یک چیدمان، این پارامتر باید برای تمام انواع کتاب‌ها جمع بسته شود. این موضوع در سمت چپ رابطه ۱ نمایش داده شده است. کتابی که دارای اهمیت بیشتر باشد مقدار Q_k آن زیاد است و مقدار d_k کوچک، باعث می‌شود که مقدار $\frac{Q_k}{d_k^2}$ بسیار بزرگ گردد. این بدان معنی است که این بخش از رابطه ۱، مقدار بزرگی است که به معنای تابع بهینگی بالاتر است.

از سوی دیگر همان‌طور که در بخش قبلی ذکر گردید، می‌توان وزنی را برای تشابه یا ارتباط بین موضوع‌های کتاب لحاظ نمود. در صورتی که وزن (W_{ij}) بین دو نوع کتاب i و j زیاد باشد به این معنی است که اغلب مراجعان نوع i ، مشتری نوع j هم هستند و برعکس. در بهینه‌سازی هدف این است که نوع کتاب‌های مشابه (با مقادیر زیادتر W_{ij}) در فواصل نزدیک‌تری از هم باشند. به همین دلیل خارج قسمت W_{ij} تقسیم بر مجذور فاصله بین قفسه‌های مربوط به نوع کتاب‌های i و j (r_{ij}^2) می‌تواند این هدف را برآورده کند. در حقیقت این پارامتر ترکیبی، می‌بایست برای تمام انواع کتاب‌های i و j جمع بسته شود. این موضوع در سمت راست رابطه ۱ نمایش داده شده است. اگر در یک جواب دو نوع کتاب با ارتباط زیاد (مقدار W_{ij} بزرگ) در مجاورت هم قرار گیرند (مقدار r_{ij} کوچک)، در نتیجه برای این جواب مقدار $\frac{W_{ij}}{r_{ij}^2}$ زیاد خواهد بود. بنابراین با داشتن چنین شرایطی برای اکثر کتاب‌های به هم مرتبط، مقدار تابع، بهینگی بالایی را خواهد داشت.

دو پارامتر فوق باید بیشینه شوند در نتیجه ضرب آنها نیز بیشینه می‌شود. به همین دلیل ضرب دو پارامتر ترکیبی فوق در مجموع میزان بهینگی یک چیدمان یا جواب را تعریف

می‌نماید که در رابطه ۱ آورده شده است. بعد از محاسبه بهینگی برای کل جواب‌ها، ۱۰ درصد از جواب‌هایی که بهینگی کمتری دارند حذف می‌شوند.

ج) مهاجرت فاخته‌ها

بعد از حذف ده درصد از جواب‌های نامناسب، سایر جواب‌ها را با استفاده از روش k -menas به ۳ الی ۵ خوشه تقسیم‌بندی می‌کنیم. گروه‌هایی که دارای بهینگی کمتری باشند باید به سمت بهترین گروه میل کنند. در واقع باید چینش کتاب‌ها در جواب‌های با بهینگی کمتر، از چینش کتاب‌ها در جواب‌های با بهینگی بیشتر، پیروی کنند. مثلاً اگر در چینش بهترین جواب الگوریتم، کتاب علوم در نزدیکی در ورودی کتابخانه قرار بگیرد، در جواب‌های با بهینگی کم نیز کتاب علوم در نزدیکی در ورودی کتابخانه قرار می‌گیرد. ولی چینش بقیه کتاب‌ها بدون تغییر می‌ماند. در واقع با این کار الگوریتم در اطراف جواب‌های بهتر جستجوی محلی انجام می‌دهد.

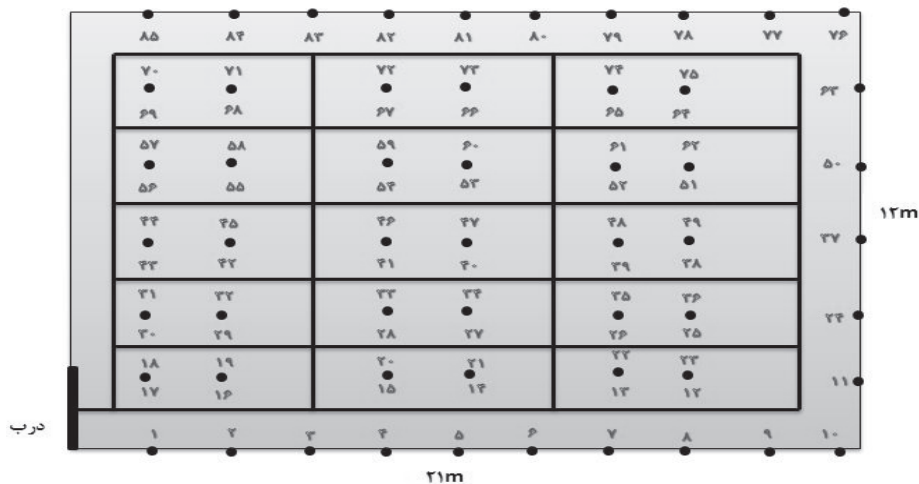
د) همگرایی

این فرایند آن قدر تکرار می‌شود تا به حالتی برسیم که تمام جواب‌ها به یک سمت متمایل شوند. در واقع چینش کتاب‌ها در همه جواب‌ها یک شکل شوند و الگوریتم جوابی بهتر از آن را نتواند پیدا کند.

قلمرو پژوهش

در این بخش خصوصیات کتابخانه مورد آزمایش، روند پیاده‌سازی، و نتایج الگوریتم پیشنهادی آورده شده است. پیاده‌سازی الگوریتم در محیط Matlab Ver.13 انجام گرفت. هدف آن است که توانایی الگوریتم فاخته را برای مسئله تخصیص فضای کتابخانه به انواع کتاب مورد بررسی قرار دهیم. در نتیجه یک کتابخانه فرضی طراحی کردیم که در آن سعی شد اکثر خصوصیات یک کتابخانه واقعی وجود داشته باشد. داده‌های فرضی که در اینجا مورد استفاده قرار گرفت مربوط به یک کتابخانه با ابعاد ۱۲ متر در ۲۱ متر بود. کتابخانه شامل ۴۵ قفسه با ابعاد مساوی بود که مختصات قفسه‌ها در یک سیستم محلی محاسبه و طراحی شده بود. نحوه چیدن قفسه‌ها از هیچ استاندارد پیروی نمی‌کرد. با توجه به ابعاد داخل کتابخانه، سعی شد که قفسه‌ها به‌طور منظم چیده شوند و مراجعان به تمامی قفسه‌ها دسترسی داشته باشند. دو نوع قفسه طراحی شد: در قفسه نوع اول فقط یک طرف آن قابل استفاده بود و می‌شد در داخل آن کتاب

قرار داد. این نوع قفسه‌ها در کنار دیوارهای داخلی ساختمان کتابخانه قرار گرفتند. ۱۵ قفسه از نوع اول در کتابخانه مورد استفاده قرار گرفت. در قفسه‌نوع دوم، هر دو طرف قفسه قابل استفاده است و می‌توان از هر دو طرف در داخل آن کتاب قرار داد. این نوع قفسه‌ها در قسمت‌هایی از کتابخانه مورد استفاده قرار گرفته بود که مراجعان از هر دو طرف به قفسه دسترسی داشتند (فضاهای میانی). ۳۰ قفسه از نوع دوم در داخل کتابخانه مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین هر یک از قفسه‌های نوع دوم معادل دو قفسه‌نوع اول بود. در نتیجه می‌توان گفت که ۸۵ قفسه از نوع اول داریم که ظرفیت هر قفسه ۵۰۰ کتاب است. در شکل ۴ فضای داخل کتابخانه نمایش داده شده است که در آن نقاط مشکی مختصات مرکز قفسه‌ها و خطوط مشکی شبکه‌مسیر بین قفسه‌ها را نشان می‌دهد. تعداد کتاب‌های موجود در کتابخانه برابر ۴۲۵۰۰ نسخه بود. کتاب‌ها شامل ۱۰ نوع (موضوع) بر اساس رده‌بندی دیوئی بودند.



شکل ۴. فضای داخل کتابخانه

داده‌ها

در این تحقیق فرض بر این است که اندازه و حجم قفسه‌ها کاملاً برابر است. همچنین اهمیت کتاب برای مشتری، رابطه بین کتاب‌ها، فاصله بین قفسه‌ها و ابعاد کتابخانه لحاظ شده است. برای رسیدن به بهترین جواب (بهترین چیدمان) تمامی اهداف فوق در قالب رابطه ۱ بیان شده است. همان‌طور که در رابطه ۱ مشاهده می‌شود، نیاز به یک ماتریس وزن (ماتریس W)

داریم که شباهت و ارتباط کتاب‌ها را با هم بیان کند. جدول ۲ این ماتریس را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲، ۴۰ درصد از افرادی که کتاب‌های دینی را مطالعه می‌کنند به کتاب‌های علوم اجتماعی نیز علاقه‌مند هستند. همچنین نیاز به یک ماتریس وزن (ماتریس Q) دیگری داریم که اهمیت هر کتاب را برای مشتری بیان کند. جدول ۳ این ماتریس را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳، ۵۰ درصد از مراجعان به کتاب‌های دینی علاقه‌مند هستند ولی تنها ۲۰ درصد از مراجعان به کتاب‌های علوم اجتماعی علاقه‌مند هستند. در نتیجه کتاب‌های دینی بهتر است به درب ورودی کتابخانه نزدیک‌تر باشد. در این تحقیق ماتریس‌های وزن W و Q به صورت فرضی در نظر گرفته شده است. برای رسیدن به وزن‌های واقعی، به تحلیل‌های مختلف نیاز است تا اعداد واقعی برای کشورها، شهرها، مناطق یا محلات مختلف اعمال گردد.

جدول ۲. ماتریس وزن W

تاریخ و جغرافیا	ادبیات	هنر و سرگرمی	فنون	علوم محض	زبان	علوم اجتماعی	دین	فلسفه و روانشناسی	کلیات	
کلیات	۲/۰	۶/۰	۵/۰	۱/۰	۳/۰	۶/۰	۴/۰	۸/۰	۱	
فلسفه و روانشناسی	۲/۰	۸/۰	۱/۰	۳/۰	۷/۰	۵/۰	۴/۰	۱	۸/۰	
دین	۸/۰	۱/۰	۳/۰	۷/۰	۵/۰	۴/۰	۱	۴/۰	۴/۰	
علوم اجتماعی	۶/۰	۳/۰	۲/۰	۴/۰	۲/۰	۱	۴/۰	۵/۰	۶/۰	
زبان	۲/۰	۶/۰	۵/۰	۴/۰	۱	۲/۰	۵/۰	۷/۰	۳/۰	
علوم محض	۱/۰	۳/۰	۶/۰	۱	۴/۰	۴/۰	۷/۰	۳/۰	۱/۰	
فنون	۵/۰	۳/۰	۱	۶/۰	۵/۰	۰/۲	۳/۰	۱/۰	۵/۰	
هنر و سرگرمی	۳/۰	۱	۳/۰	۳/۰	۶/۰	۳/۰	۱/۰	۸/۰	۶/۰	
ادبیات	۱	۳/۰	۵/۰	۱/۰	۲/۰	۶/۰	۸/۰	۲/۰	۲/۰	
تاریخ و جغرافیا	۵/۰	۴/۰	۷/۰	۵/۰	۷/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۷/۰	۱

جدول ۳. ماتریس وزن Q

نوع کتاب	کلیات	فلسفه و روانشناسی	دین	علوم اجتماعی	زبان	علوم محض	فنون	هنر و سرگرمی	ادبیات	تاریخ و جغرافیا
درجه اهمیت	۳/۰	۷/۰	۵/۰	۲/۰	۹/۰	۴/۰	۵/۰	۶/۰	۲/۰	۷/۰

کتاب‌ها از نظر محتوا دارای ۱۰ نوع کلی هستند. به هر نوع کتاب یک کد از ۱ تا ۱۰ اختصاص یافته است. در واقع یک جواب در الگوریتم، یک ماتریس ۱ در ۱۰ است که شامل کد کتاب‌ها است (جدول ۴). 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. مقدار 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 ۴، قفسه ۷ نماینده تمامی قفسه‌هایی 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. به علاوه، در یک چیدمان نمی‌توان در یک قفسه چندین نوع کتاب قرار داد.

جدول ۴. نمونه‌ای از یک جواب (یک چیدمان)

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

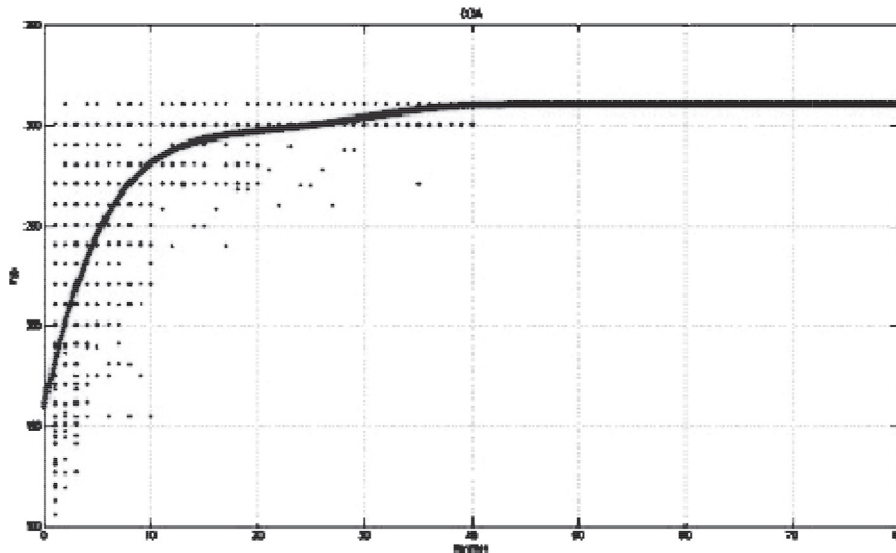
الگوریتم با یک جمعیت اولیه تصادفی شروع به کار می‌کند که زیرمجموعه‌ای از جواب‌های ممکن است. این زیرمجموعه، حالات مختلفی از چیدمان کتاب‌ها در قفسه است. جمعیت اولیه در واقع یک جستجوی تصادفی از فضای مسأله است. با استفاده از رابطه ۱ مقدار بهینگی برای کل جواب‌ها قبلاً به دست آمده است. ده درصد از جواب‌هایی که بهینگی آنها خیلی کم است حذف می‌شوند. بعد از خوشه‌بندی و انتخاب بهترین گروه، سایر گروه‌ها به سمت بهترین گروه میل می‌کنند. در واقع جواب‌های با بهینگی کمتر از جواب با بیش‌ترین بهینگی پیروی می‌کنند. مثلاً اگر [۶۵۱۳۱۰۲۸۹۷۴] بهترین جواب به دست آمده از الگوریتم باشد و یکی از جواب‌ها با بهینگی کمتر برابر [۹۴۲۷۳۱۶۵۱۰۸] باشد، با توجه

به اینکه چیدمان بهترین جواب، با کد ۶ شروع می‌شود، برای پیروی کردن (اعمال مهاجرت) جواب با بهینگی کم نیز باید با کد ۶ شروع شود. در نتیجه جواب به صورت [۲۷۳۱۹۵۱۰۸] ۶۴ تغییر خواهد کرد. سایر جواب‌ها نیز به همین صورت تغییر خواهند کرد. اکنون باید در نزدیکی جواب‌هایی که در مرحله قبل تغییر کرده‌اند جستجوی محلی داشته باشیم. به این صورت که در چیدمان جای دو تا کد به صورت تصادفی تغییر خواهد کرد. مثلاً جواب به صورت [۶۴۲۷۸۱۹۵۱۰۳] تغییر خواهد یافت. در این صورت تعداد جواب‌ها ممکن است بیشتر از ۱۰۰۰ شود. برای تنظیم جمعیت با استفاده از رابطه ۱ مجدداً بهینگی جواب‌ها محاسبه می‌شود. جواب‌هایی که بهینگی کمی دارند حذف می‌شوند. این فرایند این قدر تکرار خواهد شد که تمام جواب‌ها به یک سمت میل کنند و الگوریتم قادر به یافتن جواب بهتری نباشد. در این صورت بهترین جواب عبارت است از بهترین چیدمان و الگوریتم متوقف خواهد شد.

الگوریتم بهینه‌سازی فاخته ۳۵۰ بار اجرا شد که میانگین جواب‌ها در شکل ۵ به نمایش درآمده است. در هر بار اجرای الگوریتم، بهترین جواب در هر تکرار نمایش داده شده است. محور افقی نشان‌دهنده تعداد تکرار الگوریتم است و محور عمودی نشان‌دهنده میزان بهینگی جواب‌ها در تکرارهای مختلف است. یک تابع درجه سه بر روی آنها برازش داده شد.

یافته‌ها

الگوریتم فاخته در ۳۵۰ بار اجرا، با سرعت و دقت بالایی به جواب بهینه رسید. در این بخش، کارایی الگوریتم برای مسئله چیدمان، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در یک بار اجرای الگوریتم، در هر تکرار یک جواب بهینه داشتیم. میزان رشد تابع بهینگی با افزایش تکرارها، سرعت همگرایی الگوریتم گفته می‌شود. با توجه به شکل ۵ با افزایش تعداد تکرار، میزان بهینگی جواب‌های الگوریتم بهبود پیدا کرد و نتایج بهتری به دست آمد. به طور کلی در ۳۵۰ بار اجرای برنامه بعد از ۵۰ تکرار، الگوریتم همگرا گردید. بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم به صورت جدول ۵ است که مقدار بهینگی آن برابر ۶۱۲۵/۳۱۰ است. همچنین الگوریتم ۳۴۸ بار به این جواب همگرا شد. این بدان معنی است که الگوریتم در هر بار اجرا به احتمال ۹۹/۴ درصد به بهترین جواب همگرا شده است. می‌توان نتیجه گرفت که برای مسئله تخصیص کتابخانه به انواع کتاب، الگوریتم فاخته با دقت و صحت (قابلیت اعتمادپذیری) بالایی بهترین چیدمان را به دست می‌آورد و در نتیجه این الگوریتم برای این مسئله مناسب است.



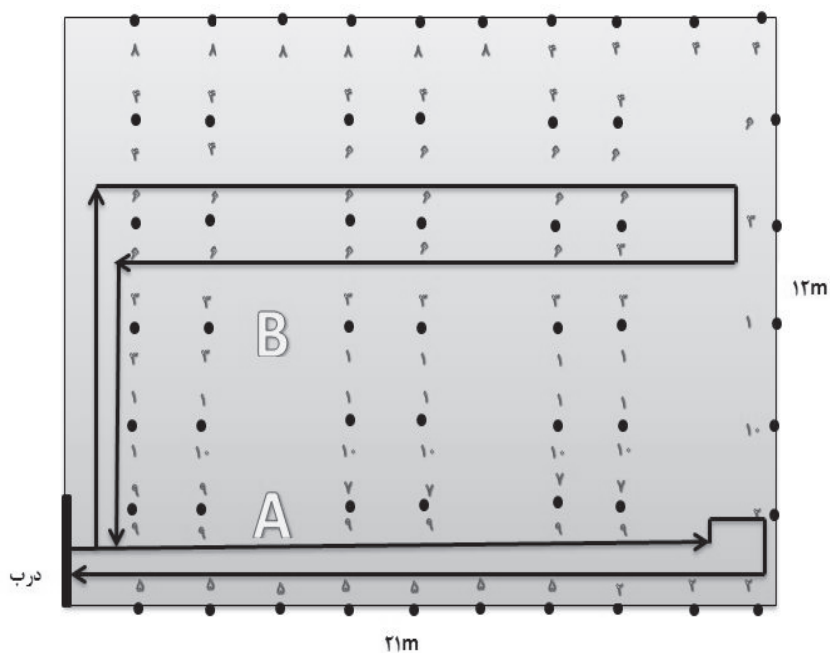
شکل ۵. روند همگرایی الگوریتم فاخته

جدول ۵. بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم

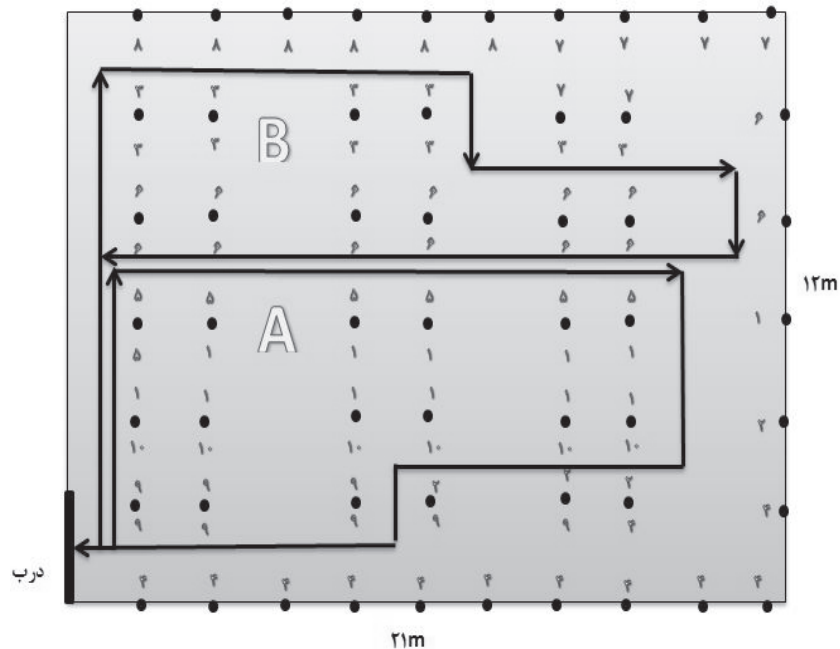
موضوع	هنر و سرگرمی	علوم اجتماعی	علوم محض	دین	کلیات	تاریخ و جغرافیا	فنون	ادبیات	فلسفه و روانشناسی	زبان
کد	۸	۴	۶	۳	۱	۱۰	۷	۹	۲	۵
تعداد	۳۰۰۰	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۳۵۰۰
شماره قفسه	۸۰-۸۵	۶۸-۷۹	۵۲-۶۷	۴۲-۵۱	۳۰-۴۱	۲۴-۲۹	۲۰-۲۳	۱۲-۱۹	۸-۱۱	۱-۷

در اکثر کتابخانه‌های دنیا چیدن کتاب‌ها در کتابخانه‌ها از یک استاندارد مشخص تبعیت می‌کند. در این زمینه رده‌بندی‌هایی وجود دارد که هر کتابخانه بسته به علاقه‌مندی و تخصص خود از آن‌ها استفاده می‌کند. در کتابخانه‌های ایران اکثر کتابخانه‌ها از دو رده‌بندی مشهور به نام رده‌بندی کنگره آمریکا و رده‌بندی ده‌دهی دیویی استفاده می‌کنند. اکثر کتابخانه‌های دانشگاهی از رده‌بندی کنگره و اکثر کتابخانه‌های عمومی از رده‌بندی دیویی بهره می‌برند. بر اساس این دو رده‌بندی در اکثر کتابخانه‌ها کتاب‌های مربوط به هر یک از موضوعات اصلی در قفسه‌های کنار هم چیده می‌شوند و موضوع کتاب و زیرمجموعه‌های آنها روی قفسه‌ها درج

می‌گردد. ولی با توجه به محدودیت‌های فضای کتابخانه، این چیدمان ممکن است چیدمان بهینه نباشد و نیاز به بهینه‌سازی دارد. برای مقایسه بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم و چیدمان بر گرفته از رده‌بندی کنگره، این دو چیدمان در شکل ۶ و ۷ نمایش داده شده‌اند. با توجه به شکل ۶ در بهترین چیدمان کتاب با کد ۵ در نزدیکی درب ورودی قرار گرفته است. با توجه به جدول ۳ کتاب‌های با موضوع زبان (کد ۵) دارای بیشترین اهمیت برای مراجعان است. همچنین با توجه به جدول ۳ کتاب فلسفه با کد ۲ نیز دارای اهمیت زیادی برای مراجعین است. از طرفی با توجه به جدول ۲، ۷۰ درصد از مراجعه‌کنندگان به کتاب زبان، به کتاب‌های فلسفی هم علاقه‌مند هستند که در بهترین چیدمان، این دو کتاب نزدیک به همدیگر و نزدیک به درب ورودی قرار گرفته‌اند. ولی با توجه به شکل ۷ این دو کتاب دورتر از درب ورودی قرار دارند و همچنین فاصله بین آنها زیاد است.



شکل ۶. بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم



شکل ۷. چیدمان بر اساس رده‌بندی کنگره

همچنین با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که ۷۰ درصد از مراجعان کتاب با کد موضوعی ۳ به کتاب با کد موضوعی ۶ علاقه‌مند هستند. در نتیجه بهتر است این دو نوع کتاب نزدیک‌تر به یکدیگر قرار داشته باشند. این امر در بهترین چیدمان کاملاً مشهود است و این دو نوع کتاب نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند. اما در چیدمان بر اساس رده‌بندی کنگره (شکل ۷) این دو موضوع دورتر از یکدیگر قرار دارند.

نتیجه‌گیری

الگوریتم فاخته که برای حل مسئله چیدمان در نظر گرفته شده است، با صحت و دقت بالایی بهترین جواب ممکن را برای رسیدن به اهداف مورد نظر به دست می‌آورد. 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 تخم‌گذاری در شعاع مناسب باعث می‌شود بعد از جستجوی کلی فضای جواب‌ها، جستجوی محلی نیز داشته باشیم.

این امر باعث می‌شود که غالب فضای جواب مورد جستجو قرار گیرد که به احتمال زیاد شامل جواب بهینه نیز می‌باشد. یعنی این امید وجود دارد که به احتمال زیاد در هر بار اجرای الگوریتم، با دقت زیادی به جواب بهینه برسیم. از بین بردن جواب‌های نامناسب و مهاجرت فاخته به نزدیکی بهترین جواب باعث می‌شود الگوریتم با دقت بالایی جواب بهینه را به دست آورد. یکی از محدودیت‌های الگوریتم فاخته این است که سرعت و دقت الگوریتم بستگی به تعداد جمعیت اولیه دارد. برای رفع این مشکل باید الگوریتم را با تعداد مختلف جمعیت اولیه اجرا کرد.

بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم، در جدول ۵ نمایش داده شده است. در این چیدمان کتاب زبان با کد ۵ که فرضاً دارای اهمیت بیشتری برای مراجعان بود نزدیک به درب ورودی (داخل قفسه‌های ۱ تا ۷) کتابخانه قرار گرفت. همچنین کتاب‌های فلسفه و روانشناسی که فرضاً ۷/۰ برای مراجعان اهمیت داشتند و از طرفی فرضاً ۷/۰ از مراجعان کتاب‌های زبان به کتاب‌های فلسفه و روانشناسی نیز علاقه دارند، این کتاب‌ها در قفسه‌های نزدیک به کتاب‌های زبان (قفسه‌های ۸ تا ۱۱) قرار گرفتند. سایر کتاب‌ها نیز به همین ترتیب در قفسه‌ها چیده شدند. بهترین چیدمان بر اساس ماتریس وزن‌های W و Q و همچنین فاصله بین قفسه‌ها برای کتابخانه فرضی به دست آمد. ماتریس وزن‌ها کاملاً به صورت فرضی در نظر گرفته شدند و با تغییر اعداد مربوط به این ماتریس‌ها، بهترین چیدمان نیز تغییر می‌کند. برای به دست آوردن ماتریس وزن واقعی، نیاز به تحقیقات و تحلیل‌های جداگانه‌ای است که اعداد واقعی را برای کشورها، شهرها، و منطقه‌های مختلف نشان دهد.

مزایای بهترین چیدمان به دست آمده از الگوریتم این است که کتاب‌های مشابه در قفسه‌های نزدیک به هم چیده شده‌اند. همچنین کتاب‌هایی که اهمیت بیشتری برای مراجعان دارند نزدیک‌تر به درب ورودی کتابخانه قرار گرفته‌اند. این امر باعث می‌شود که مراجعان برای پیدا کردن کتاب‌های مورد علاقه خود در کتابخانه، رفت و آمدهای کمتری داشته باشند. با توجه به شکل ۶، مراجعه‌کننده در بهترین چیدمان (شکل ۶) تقریباً مسیر A و B را برای یافتن کتاب مورد نظر طی خواهد کرد که در مقایسه با مسیر A و B در شکل ۷ (چیدمان براساس رده‌بندی کنگره) بسیار کوتاه‌تر است.

نتیجه‌ای که می‌توان از این تحقیق گرفت آن است که الگوریتم فاخته می‌تواند با دقت و صحت بالایی، بهترین چیدمان را در یک کتابخانه محاسبه کند. بهترین چیدمان ارتباط مستقیمی

با فاصله قفسه‌ها و اهمیت کتاب‌ها برای مراجعان دارد. در واقع در همه کتابخانه‌ها نحوه چینش قفسه‌ها با یکدیگر متفاوت است. اهمیت کتاب‌ها نیز ممکن است برای مراجعان کتابخانه‌های مختلف متفاوت باشد. از طرفی شباهت موضوعی کتاب‌ها نیز برای محاسبه بهترین جواب بسیار مهم است. این مقدار نیز می‌تواند در کتابخانه‌های مختلف متفاوت باشد. در نتیجه این سه فاکتور (فاصله قفسه‌ها، اهمیت کتاب برای مراجعان و شباهت موضوعی کتاب‌ها) قابل تغییر است و باعث می‌شود که بهترین چیدمان برای کتابخانه‌های مختلف، متغیر باشد. در عمل می‌توان از داده‌های واقعی استفاده کرد. مختصات قفسه‌ها در یک سیستم محلی قابل اندازه‌گیری است. همچنین با مراجعه به کتابخانه مورد نظر، ماتریس‌های وزن مورد نیاز، با داده کاوی یا سایر روش‌های موجود قابل محاسبه است. برای مثال در یک کتابخانه می‌توان تعداد مراجعان برای هر کتاب را محاسبه کرد و با استفاده از آن، اهمیت کتاب برای مراجعان را به دست آورد. همچنین می‌توان مشخص کرد که چند درصد از مراجعان کتاب ۱ به کتاب ۲، چند درصد از مراجعان به کتاب ۱ به کتاب ۳ و چند درصد از مراجعان به کتاب‌های با موضوعات کلی ۱ تا n به کتاب‌های با موضوعات کلی ۱ تا m علاقه‌مند هستند و با توجه به آن، ماتریس شباهت موضوعی را محاسبه نمود و سپس با الگوریتم فاخته بهترین چیدمان را تعیین کرد.

پیشنهادها

جستجوی کلی فضای جواب همزمان با جستجوی محلی، مهمترین عاملی است که باعث می‌شود بتوان با دقت و سرعت بالا به جواب بهینه رسید. الگوریتم‌های جدیدی مانند زنبور و گربه‌سانان نیز دارای این خصلت هستند و در مسائل مکانی دیگر آزمایش شده‌اند. پس می‌توان طی تحقیقات و آزمایشات دیگر از این دو الگوریتم نیز برای مسأله چیدمان کتاب استفاده نمود. برای واقعی‌تر شدن مسأله می‌توان قیود یا پارامترهای دیگری را برای یافتن بهترین چیدمان در نظر گرفت. مثلاً علاقه مراجعان به نویسندگان مختلف را در یک زمینه تخصصی وارد مسأله کرد؛ به این صورت که نویسندگانی که مراجعه‌کننده بیشتری داشته باشند نزدیک‌تر به درب وردی قرار بگیرند. یکی از عوامل مهم در چیدمان، نحوه چیدمان قفسه‌ها است. در نتیجه قبل از چیدمان کتاب‌ها می‌توان چیدمان قفسه‌ها را نیز بهینه کرد. همچنین ممکن است گنجایش قفسه‌ها و ارتفاع آنها نیز متفاوت باشند در نتیجه می‌توان این دو پارامتر را نیز وارد مسأله نمود.

منابع

عشقی، کورش و کریمی‌نسب، مهدی (۱۳۹۱). بهینه‌سازی ترکیبی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری. تهران: انتشارات آذرین مهر.

References

- Swartzburg, S. G.; Bussey, H. & Garretson, F. (1991). *Libraries and archives: Design and renovation with a preservation perspective*. Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield.
- Draper, J. & Brooks, J. (1979). *Interior Design for Libraries*. Chicago: ALA.
- Thompson, G. (1989). *Planning and Design of Library Buildings*. London: Butterworth Architecture.
- Davis, L. (Ed.) (1991). *Handbook of Genetic Algorithms (Vol. 115)*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Nemhauser, G. L. & Wolsey, L. A. (1988). *Integer and Combinatorial Optimization (Vol. 18)*. New York: John Wiley Press.
- Rajabioun, R. (2011). Cuckoo Optimization Algorithm. *Applied Soft Computing*, 11 (8), 5508-5518.

به این مقاله این‌گونه استناد کنید:

مرادویسی، هوشمند و سعدی مسگری، محمد (۱۳۹۴). تخصیص بهینه فضای کتابخانه به انواع کتاب، با استفاده از الگوریتم فاخته. *تحقیقات اطلاع‌رسانی و کتابخانه‌های عمومی*، ۲۱ (۱)، ۴۱-۶۱.