

تخصیص فضای داخلی ساختمان در GIS با استفاده از الگوریتم چندهدفه کلونی زنبورها

حمید مطیعیان^{۱*}، محمد سعدی مسگری^۲، احید نعیمی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد GIS دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- دانشجویان کارشناسی ارشد GIS دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۳۰

چکیده

یکی از مسائل اساسی در هر سازمان، تخصیص فضای ساختمانها و دفاتر موجود به گروه‌های کاری و کارمندان است. در مسئله‌ی تخصیص فضای ادارات و سازمانها، فضای موجود باید به گونه‌ای به گروه‌های کاری و کارمندان تخصیص داده شود که اهداف خاصی را برآورد و تخصیص بهینه صورت پذیرد. اگر این مسئله به خوبی مدلسازی شود، مزایایی چون افزایش همکاری بین کارمندان، استفاده‌ی بهینه از فضا و کاهش هزینه‌ها را در پی خواهد داشت. از آنجا که این مسئله، نوعی از مسائل بهینه‌سازی بر اساس معیارهای مختلف می‌باشد، بنابراین سعی شده است که در ابتدا این معیارها توسط کارشناسان مشخص شوند. ممکن است به دلیل شرایطی، ترکیب مناسبی از آن‌ها به منظور تشکیل تابع شایستگی صورت نگیرد، لذا سعی شده است تا از بهینه‌سازی چند هدفه به صورت جبهه جواب پرتو استفاده شود. برای رسیدن به این هدف، از الگوریتم چند هدفه کلونی زنبور استفاده شده است. در این روش به جای یک جواب بهینه، الگوریتم یک مجموعه جواب بهینه را ارائه می‌دهد که هر یک از آن‌ها بهینه بوده و برتری نسبت به یکدیگر ندارند. در این صورت، کاربر با توجه به شرایط موجود، جواب بهینه مورد نظر خود را می‌تواند از این مجموعه انتخاب کند. الگوریتم کلونی زنبورها قابلیت مدلسازی مسائل گسسته و پیوسته را به طور مناسبی دارد و از عمگرهای ساده‌ای بهره می‌برد. در این تحقیق این الگوریتم، قابلیت مدلسازی مسئله را به طور مناسبی داشته و در زمان مناسب پاسخگوی نیازها بوده‌است.

کلیدواژه ها: تخصیص فضا، سیستم اطلاعات مکانی، بهینه‌سازی، الگوریتم کلونی زنبور، بهینه‌سازی چند هدفه

*نویسنده مسئول: حمید مطیعیان، تهران-دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، شماره تلفن: ۰۹۱۲۲۴۰۵۵۱۲

۱- مقدمه

کاری حاصل گردد [۲]. در این مقاله بررسی‌ها بر روی حالت اول انجام خواهد شد.

یکی از نخستین کارهایی که در مورد بهینه‌سازی استفاده از فضای سازمان‌ها صورت گرفته، توسط ریتزمن^۱ انجام گرفت که از یک مدل برنامه‌ریزی خطی پیشرفته برای به اشتراک‌گذاری فضای آکادمیک دانشگاه ایالتی اوهایو^۲ استفاده کرده است [۳]. همچنین بنجامین^۳ در مقاله‌ی خود از یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای طراحی یک طبقه کارگاه تولیدی استفاده کرده است [۴]. در مقاله گیانیکوس^۴ از یک روش برنامه‌ریزی برای اتوماتیک کردن به اشتراک‌گذاری فضای دفاتر در بین گروه‌های کاری در فضای آکادمیک استفاده شده است [۵]. اما در سال‌های اخیر، تحقیقات به سمت ارائه روش‌های فراابتکاری، شامل روش‌های فراابتکاری جمعیت مینا^۵ و روش‌های چند هدفه^۶ برای در راستای بررسی تخصیص فضا در دانشگاه‌ها به‌کار گرفته شده است [۷، ۶، ۸]. به‌عنوان مثال استفاده از روش جمعیت مینا الگوریتم ژنتیک^۷ برای حل مسائل بهینه‌سازی تخصیص فضا را می‌توان نام برد. در مقاله لانداسیلوا^۸ نشان داده شد که روش‌های جمعیت مینا راهکارهای مناسب‌تری را نسبت به روش‌های جستجوهای محلی و الگوریتم بازپخت شبیه‌سازی^۹ شده دارد [۸] همچنین ناسا از روش‌های جستجوی محلی حریصانه^{۱۰} مانند تابو برای تخصیص کارمندان به قسمت‌های مختلف سازمان بهره گرفته است [۹].

یکی از مسائل مهم در هر سازمان، تخصیص بهینه‌ی فضای ساختمان‌ها و دفاتر به گروه‌های کاری و کارمندان است. در مسئله‌ی تخصیص فضای ادارات و سازمان‌ها، فضاهای موجود در ساختمان‌ها و ادارات به کارکنان تخصیص داده می‌شود به‌طوری‌که یک‌سری اصول و قیود رعایت شوند. کارمندان می‌توانند بر اساس نوع اشتغال خود (مدیر، کارمند، کارشناس، کارگر خدماتی و ...) و یا براساس زمینه فعالیتشان (مانند قسمت مهندسی، قسمت مالی، قسمت فروش و ...) تقسیم‌بندی شوند. افراد کارمند در یک سازمان، براساس روابط بین زیرگروه‌های کاری با یکدیگر در ارتباط هستند. همچنین ممکن است که یک کارمند در چند زیرگروه کاری مشغول به کار باشد که باعث می‌شود یک ساختار پیچیده برای تخصیص فضا به‌وجود آید.

مسئله تخصیص فضا از جمله مسائل بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده است. تخصیص فضا می‌تواند به‌صورت توزیع فضاهای قابل استفاده در میان تعدادی اشیا با اندازه‌های متفاوت تعریف شود، به‌صورتی که استفاده‌ی بهینه را از فضاهای موجود مدنظر قرار داده و قیود لازم، برآورد شود [۱].

در واقعیت دو حالت برای تخصیص فضا وجود دارد. یک حالت زمانی است که در طی یک تخصیص همگانی مجدد، هر فرد کارمند در سازمان به فضای جدید دوباره اختصاص داده‌شود. این حالت زمانی پیش می‌آید که سازمان به یک ساختمان جدید منتقل شود و یا اینکه سازمان دچار تغییر ساختار شود، مانند ترکیب شدن سازمان‌ها. حالت دوم که بسیار متداول‌تر است، زمانی پیش می‌آید که یک گروه کاری جدید وارد سازمان شود. در این حالت اختصاص فضایی به این گروه‌های کاری مطرح می‌گردد. بنابراین فرض‌های بسیاری را برای راه‌حل‌ها باید در نظر گرفت تا حداقل اتلاف توان

1 Ritzman

2 Ohio State University

3 Benjamin

4 Giannikos

5 Population-based-meta-heuristic

6 Multi-objective

7 Genetic Algorithm(GA)

8 Landa Silva

9 Simulating Annealing(SA)

10 Greedy Local Search

اما برخی از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شده در این تحقیقات، مانند تبرید شبیه‌سازی شده، به صورت جمعیت مبنا نبوده و مبتنی بر یک جواب می‌باشند. اینگونه الگوریتم‌ها ممکن است در بهینه‌های محلی گرفتار شوند و حتی در صورتی که این اتفاق نیز روی ندهد، سرعت همگرایی آن‌ها پایین‌تر از الگوریتم‌های جمعیت مبنا است. اما الگوریتم جمعیت مبنا یژنتیک که در بعضی از تحقیقات استفاده شده، نسبت به سایر الگوریتم‌های جمعیت مبنا دیگر مانند الگوریتم مورچگان، الگوریتم کلونی زنبورعسل و... دارای مراحل پیچیده‌تری می‌باشد. به عنوان مثال تشکیل کروموزوم‌ها، انتخاب والدین، عملگرهای ترکیب و جهش و ... نمونه‌های از این پیچیدگی‌ها هستند. لذا در این تحقیق سعی شده که از الگوریتمی استفاده گردد که دارای این معایب نباشد و بتواند در زمان مناسب جوابگوی مسئله در شرایط مختلف باشد.

الگوریتم کلونی زنبورها قابلیت حل مسائل تخصیص منابع را به صورت دینامیک دارد و می‌تواند مناطق مختلف را به صورت کارآمدی براساس معیار مشخصی کنترل نماید. در صورتیکه الگوریتم کلونی مورچگان برای مسائل گسسته و استاتیک و الگوریتم انبوه ذرات برای مسائل پیوسته مناسب می‌باشند [۱۹]. الگوریتم کلونی زنبورها دارای قابلیت جستجوی یکپارچه ایده‌آل (IFD)^۳ است. این بدین معنا می‌باشد که الگوریتم تمام فضای مسئله را جستجو می‌کند تا مناطق با شایستگی بالا را کشف نماید. سپس یک تعادل پویا برای جستجوی تصادفی در فضای مسئله و جستجوی محلی حول مناطق با شایستگی بالا برقرار می‌کند. همچنین الگوریتم احتمال جستجو در هر مکانی را به زنبورها می‌دهد تا الگوریتم در بهینه محلی گرفتار نشود [۱۹، ۲۰]. ساختار خودسازماندهی پویای این الگوریتم باعث شده تا این الگوریتم توانایی

روش‌های ریاضی استفاده شده در این مجموعه مقالات قابل استفاده در بسیاری از موارد نمی‌باشند، زیرا با گسترش فضای جستجو، الگوریتم قابلیت جستجو در زمان مناسب را ندارد. به طور کلی اثبات شده است که مسائل تخصیص منابع مانند تخصیص فضای داخلی ساختمان، جز مسائل^۱ NP-hard می‌باشد. برای حل مسائل NP-hard، الگوریتم‌های قطعی چند جمله‌ای وجود ندارد. یا به عبارتی دیگر، زمان حل آن‌ها با افزایش ابعاد مسئله، به صورت نمایی افزایش می‌یابد [۱۰]. لذا در اینگونه مسائل از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده می‌شود.

مسائل NP-hard، مسائل بهینه‌سازی می‌باشند که اکثر مسائل امروزی در هر جامعه‌ای را شامل می‌شوند. برای حل بیشتر این مسائل، الگوریتمی که به صورت قطعی و کارآمد باشد وجود ندارد. به عبارت دیگر روش ریاضی که به صورت قطعی و کارآمد باشد وجود ندارد [۱۰]. برخی از مسائلی که جز مسائل NP-hard به حساب می‌آیند عبارتند از: برنامه‌ریزی و زمانبندی کارها و مسئولیت‌ها، مساله تخصیص درجه دو (QAP)^۲، گروه‌بندی داده‌ها مانند خوشه‌بندی، تخصیص منابع، مسیریابی وسایل نقلیه و ... [۱۰]. همانطور که مشاهده می‌شود، یکی از موارد مسائل NP-hard، مسئله‌ی تخصیص منابع است. تخصیص فضای داخلی ساختمان عضوی از کلاس تخصیص منابع می‌باشد، بنابراین این مسئله جزء کلاس NP-hard می‌باشد [۱۶، ۱۷]. امروزه مسائلی مانند عدم قطعیت، چندهدفه بودن مسائل، گسترده بودن فضای جستجو و... در مسائل تخصیص وجود دارد که باعث می‌شود برای اکثر آن‌ها الگوریتم ریاضی به صورت قطعی و کارآمد وجود نداشته باشد در نتیجه برای حل آن نیاز به روش‌های فراابتکاری است [۱۰، ۱۸].

1 Nondeterministic Polynomial hard Problem

2 Quadratic Assignment Problem

3 Ideal free distribution greed local search

می‌باشد که با مسائل بسته‌بندی اشیا^۱ و مسئله‌ی کوله‌پشتی^۲ مرتبط است [۷].

این مسائل در ارتباط با توزیع n شی با اندازه‌های متفاوت در بین m فضا با ظرفیت‌های متفاوت است. در این مسائل یک‌سری قیود اجباری وجود دارد که باید رعایت شوند و با رعایت شدن این قیود، راه حل‌های مسئله پدید می‌آیند. یک سری قیود بهینه‌ساز نیز وجود دارد که برآورد شدن آن‌ها مدنظر می‌باشد. هدف در این مسائل پیدا کردن بهترین توزیع اشیا در بین فضاها است به‌طوری‌که استفاده از فضا را بهینه کند، قیود اجباری رعایت شوند و قیود بهینه‌ساز تا جای ممکن ارضاء گردند [۷].

فرض کنید مجموعه‌ای n عضوی از اشیا و یک مجموعه m عضوی از فضاهای قابل دسترسی موجود است. اشیا عبارتند از O_1, O_2, \dots, O_n که هر یک از آن‌ها دارای اندازه‌ای می‌باشد که به ترتیب عبارتند از S_1, S_2, \dots, S_n . هر یک از فضاهای قابل دسترسی، به ترتیب A_1, A_2, \dots, A_m نامیده می‌شود که هر کدام از آن‌ها دارای ظرفیت‌های C_1, C_2, \dots, C_m هستند. کل فضای لازم برای تخصیص همه‌ی اشیا (St) و تمام فضای موجود قابل استفاده (Ct) از روابط (۱) بدست می‌آیند [۷].

رابطه (۱)

$$S_t = \sum_{i=0}^n S_i$$

$$C_t = \sum_{i=0}^m C_i$$

برای بیان اینکه کدام شی در کدام فضا قرار گیرد، از ماتریس x استفاده شده است. این ماتریس شامل عناصر x_{ij} است. اگر شی j ام (O_j) به فضای i ام (C_i) اختصاص داده شود، آنگاه مقدار x_{ij} برابر با یک

حل مسائل چندهدفه به‌صورتی که به جواب‌های بهینه برسد، را داشته باشد [۲۱، ۲۲]. علاوه بر این، الگوریتم کلونی زنبورها دارای قابلیت‌های یادگیری، ذخیره کردن و به اشتراک گذاری اطلاعات بوده، لذا در روش‌های هوش جمعی از توجه بیشتری برخوردار است [۲۳]. در این الگوریتم می‌توان از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری متعددی برای جستجوی محلی استفاده کرد و قابلیت ترکیب با منطق فازی را دارد [۲۳].

برای بررسی حالات بهینه‌ی تخصیص، ابتدا باید اهداف و معیارهای لازم برای تخصیص مشخص شود. از آنجاکه معمولاً در بسیاری از مسائل چندین هدف باید بهینه شوند، لذا مسئله، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی چند هدفه می‌باشد. در بهینه‌سازی چندهدفه می‌توان اهداف را به‌صورت جمع وزندار، ترکیب کرد و با تبدیل کردن مسئله به یک مسئله‌ی تک‌هدفه آن را حل کرد که این روش معایبی دارد. روش دیگر استفاده از روش جبهه پرتو می‌باشد. در این روش مجموعه راه‌حل‌هایی بدست می‌آید که همگی بهینه هستند. اما برای به‌دست آوردن مجموعه جواب پرتو روش‌های مختلفی وجود دارد. در این مقاله سعی شده است که از روش الگوریتم چند هدفه کلونی زنبورها استفاده گردد.

در ادامه، بررسی مسئله تخصیص فضا در فصل دوم بیان می‌گردد. سپس در فصل سوم توضیحاتی در مورد الگوریتم کلونی زنبور ارائه می‌شود. فصل چهارم بهینه‌سازی چندهدفه را بیان می‌کند. در فصل پنجم به کارگیری الگوریتم چندهدفه کلونی زنبور در مورد مسئله تخصیص فضا مطرح و در نهایت، در فصل آخر نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات در مورد روش به‌کار گرفته شده ارائه می‌گردد.

۲- مسئله تخصیص فضا

همانطور که بیان شد مسئله‌ی تخصیص فضا، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی ترکیبی چند هدفه به همراه قیود

1 Bin-packing

2 Knapsack problem

زیرگروه وزن‌دهی و سعی در کمینه کردن جمع وزندار آن‌ها می‌شود. در نتیجه هدف اول کمینه کردن جمع فواصل وزن‌دهی شده بین کلیه کارمندان است.

هدف دوم ما مرتبط با فضاهای غیرقابل استفاده است. کارمندان از یک فضای مشخص براساس موقعیت شغلی خود برخوردار هستند. برای مثال، مسئولین کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها معمولاً در فضای بزرگی از سازمان قرار می‌گیرند. به همین صورت مدیریت نیز نیاز به فضای مشخصی دارد. چنانچه فضای اختصاص داده شده به افراد کمتر از میزان مشخص شده باشد، یک سری قیود اضافه می‌شود.

هدف سوم در مورد فضاهایی است که بین کارمندان پوشش دارد. این فضاها زمانی ایجاد می‌شوند که بیش از ظرفیت یک اتاق، کارمند به آن اتاق اختصاص داده شود. در این حالت، یک پوشش مشترک بین کارمندان به وجود می‌آید که مطلوب شرایط بهینه‌ی اختصاص نمی‌باشد و در بهینه‌سازی باید این فضاها را به حداقل رساند.

هدف چهار شمارش تعداد اتاق‌های خالی است. زمانی کارایی بالا حاصل می‌شود که فضاهای بیهوده کم‌شوند. به عبارت دیگر تا جایی که ممکن است اتاق‌ها بین کارمندان مشترک باشد به‌طوریکه هر کارمند فضای لازم خود را داشته باشد. با این فرض، شرایط مطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد اتاق‌های خالی زیاد شوند. بنابراین این هدف با علامت منفی با سه هدف دیگر در رابطه‌ی (۳) جمع می‌شود.

برای رسیدن به جواب بهینه از طریق رابطه‌ی (۳) نیاز به یک الگوریتم می‌باشد. الگوریتم استفاده شده در این مطالعه، الگوریتم کلونی زنبورها می‌باشد.

خواهد بود. در غیر این صورت مقدار x_{ij} برابر با صفر است [۸].

همان‌طور که بیان شد، برای رسیدن به تخصیص بهینه، یک سری قیود اجباری و بهینه‌ساز وارد مساله لحاظ می‌شود. تعداد قیود اجباری $(z(r))$ که باید رعایت شوند با h و تعداد قیود بهینه‌ساز با g نمایش داده می‌شود. همچنین در اینجا، هدف کلی بهینه کردن توابع بهینه‌ساز روی x است [۸].

رابطه (۲)

$$\min \sum_{i=0}^g f_i(x)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \longrightarrow \text{for } j = 1, 2, \dots, n$$

$$z(r) = \text{true} \longrightarrow \text{for } r = 1, 2, \dots, h$$

این نکته قابل توجه است که در بعضی شرایط، تخصیص موجود (قیود، تعداد و اندازه‌ی اشیاء، تعداد و ظرفیت فضاها و ...) عوض می‌شود و لازم است که فرآیند تخصیص دوباره انجام شود [۲].

در این مقاله اهداف بهینه‌ساز عبارتند از: کمینه کردن فاصله کارمندان در یک سازمان، کمینه کردن فضاهای غیر قابل استفاده، کم کردن فضای پوشش‌دار و بیشینه‌کردن تعداد اتاق‌های خالی.

رابطه (۳)

$$f(x) = \alpha * g(x) + \beta * h(x) + \gamma * k(x) - \lambda * z(x)$$

بنابراین تابع هدف (۳) به دنبال بررسی یک سری خصوصیات برای راه حل‌های مسئله می‌باشد. این خصوصیات عبارتند از: همکاری کارمندان، فضاهای غیرقابل استفاده و بهره‌برداری از فضای ساختمان‌ها. همکاری بین کارمندان زمانی راحت‌تر و بیشتر می‌گردد که فاصله‌ی بین آن‌ها کمتر شود. در واقع همکاری بین کارمندان رابطه‌ی عکس با فاصله‌ی بین آن‌ها دارد. بنابراین برای بالا بردن همکاری کارمندان در زیر گروه‌های مختلف، فاصله‌ی بین کارمندان در هر

۳- الگوریتم کلونی زنبورها

الگوریتم بهینه‌ساز کلونی زنبورها توسط لوییس و تئودوردیس^۱ در سال ۲۰۰۱ به‌عنوان یک الگوریتم فراابتکاری ارائه شد. این الگوریتم قابلیت به‌کارگیری در مسائل مختلف بهینه‌سازی در زمینه‌های مدیریت، مهندسی، کنترل و ... را دارد که باید با توجه به شرایط مسئله پارامترهای آن را تنظیم نمود. الگوریتم کلونی زنبورها در کلاس الگوریتم‌های فراابتکاری جمعیت مبنای^۲ است.

۳-۱- زنبورها در طبیعت

رفتار خودسازمان‌یافته و تجمعی کلونی زنبورها باعث می‌شود که این کلونی قابلیت حل مسائل چند هدفه‌ای را داشته‌باشد، در حالی که این کار توسط هر زنبور به‌طور مستقل قابل انجام نیست. این رفتارها در زنبورها باعث می‌شود که بسته‌های غذایی مناسب (گل‌های مناسب) را در طبیعت یافت کنند. زمانی که زنبورها به کندو برمی‌گردند اطلاعات مربوط به هر بسته‌ی غذایی را با زنبورهای دیگر به اشتراک می‌گذارند. این فرآیند جستجوی غذا زمانی آشکار شد که ون فریش^۳ توانست زبان رقص مخصوص زنبورها^۴ را کشف کند. این رقص بیانگر اطلاعاتی در مورد کیفیت، فاصله و جهت بسته‌های غذایی از کندو است. بعد از این مرحله زنبورها بر اساس نرخ سود (که این نرخ توسط کیفیت شهد گل، مقدار شهد گل و فاصله‌ی آن از کندو مشخص می‌شود) به‌سوی بسته‌های غذایی پرواز می‌کنند. اطلاعات بیشتر در مورد رقص زنبورها در منبع (۱۱) قابل یافت است. از این رقص زنبورها به‌عنوان یک مکانیزم برای خودسازماندهی کردن زنبورهای مصنوعی استفاده می‌گردد [۱۲].

۳-۲- الگوریتم جستجوی غذا

الگوریتم زنبورها یکی از انواع الگوریتم‌های هوش جمعی است. این الگوریتم بر مبنای جستجوی غذا توسط زنبورها در طبیعت می‌باشد که براساس آن به جستجوی راه‌حل بهینه در فضای جستجو می‌پردازد. ایده‌ی اصلی کلونی زنبور بر مبنای تولید یک سیستم چندعامله^۵ (کلونی زنبورهای مصنوعی) است که قابلیت حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده را به‌صورت کارآمد دارا می‌باشد. این عامل‌ها برای رسیدن به جواب بهینه، با یکدیگر همکاری می‌کنند و اطلاعاتی را در اختیار یکدیگر قرار می‌دهند [۱۳].

شبه کد برنامه را می‌توان به صورت مراحل زیر نشان داد:

۱. تولید جمعیت به‌وسیله جواب‌های تصادفی.
۲. ارزیابی شایستگی جمعیت.
۳. تا زمانی که معیار توقف الگوریتم ارضا نشده جمعیت جدید ساخته شود (شروع حلقه).
۴. مکان‌های جستجوی محلی مشخص شود.
۵. به خدمت‌گیری زنبوران (تعداد زنبوران با کیفیت مکان متناسب است) برای جستجوی محلی مکان‌های انتخاب شده و ارزیابی آن‌ها.
۶. بهترین زنبور در هر محدوده انتخاب شود.
۷. اختصاص زنبوران باقیمانده برای جستجوی تصادفی و ارزیابی شایستگی آن‌ها.
۸. پایان حلقه.

در اولین مرحله الگوریتم با (n) زنبور پیش‌تاز^۶ که به‌صورت تصادفی در فضای جستجو پراکنده می‌شوند، آغاز می‌گردد. در مرحله^۲ شایستگی هر کدام از مکان‌هایی که توسط این زنبورها مشاهده شده‌است، محاسبه می‌شود. در مرحله^۴ زنبورهایی که بالاترین

1 Lucic and Teodorovic

2 Population base

3 Von Frisch

4 Waggle dance

5 Multi Agent System

6 Scout

برای مقدار تابع هدف و شرط رسیدن به این مقدار آستانه، می‌تواند به‌عنوان شرط خاتمه در نظر گرفته‌شود، اما الگوریتم‌های فراابتکاری، احتمالی هستند و معمولاً هیچ تضمینی برای رسیدن به آستانه‌ی از پیش تعیین شده وجود ندارد. این شرط، ممکن است هیچگاه تأمین نشود و الگوریتم هیچگاه متوقف نشود، بنابراین لازم است این شرط با شرط خاتمه‌ی دیگری همراه شود تا الگوریتم به‌طور قطع متوقف شود. گزینه‌های مورد استفاده برای این منظور به صورت زیر هستند:

- گذشتن از ماکزیمم زمان پردازش مجاز.
- رسیدن کل ارزیابی‌های برازندگی به یک آستانه‌ی معین.
- برای یک دوره‌ی معین زمان، بهبودی حاصل نشود.
- تنوع جمعیت کمتر از یک آستانه‌ی معین قرار بگیرد.
- تولید تعداد معینی از نسل‌ها.

در این الگوریتم بایستی یک‌سری پارامتر به‌عنوان تنظیم اولیه معرفی شوند: تعداد زنبورهای پیش‌تاز (n)، تعداد زنبورهایی که از بین n مکان انتخاب می‌شود که به‌عنوان زنبورهای برتر^۲ هستند (m)، تعداد بهترین مکان‌های انتخاب شده از بین (m) مکان که نقش زنبور نخبه^۳ را دارند (e)، تعداد زنبورهای اختصاص داده شده به بهترین مکان‌ها که زنبورهای دنباله‌رو^۴ هستند، تعداد زنبورهایی که به سایر مکان‌ها (m-e) اختصاص داده شده‌اند، سائز اولیه‌ی محدوده که شامل مکان مورد نظر و همسایگی آن و شرط خاتمه می‌باشد.

شایستگی را دارند به‌عنوان زنبورهای نمونه انتخاب شده و در اطراف این زنبورها همسایگی برای جستجوی محلی تعیین می‌گردد. سپس در مرحله‌ی ۵ جستجو در همسایگی‌های ذکر شده انجام و برای مناطقی که بهتر هستند، زنبورهای بیشتری اختصاص داده خواهد شد. هر زنبور، زنبور با شایستگی بالا را با توجه به احتمالی انتخاب می‌کند که با استفاده از رابطه‌ی ۴ بدست می‌آید:

$$p_i = \frac{f_i t_i}{\sum_{i=1}^{SN} f_i t_i} \quad (4)$$

در این رابطه $f_i t_i$ مقدار شایستگی^۱ منبع i ام و SN تعداد منابع غذا یا همان تعداد جواب‌های ممکن است. به همین ترتیب از مقدار شایستگی هر منبع غذا برای تعیین میزان احتمال انتخاب آن توسط زنبورها استفاده می‌شود. با جستجو جزئیات بیشتری به وسیله‌ی تخصیص تعداد بیشتری زنبور به مکان مورد نظر، مکان‌های بهینه انتخاب می‌شوند. در مرحله‌ی ۶ تنها زنبورهایی که دارای بیشترین مقدار شایستگی هستند برای تشکیل نسل بعدی جمعیت انتخاب می‌گردند. این محدودیت در طبیعت وجود ندارد و در اینجا تنها به دلیل کاهش حجم جستجو، اعمال شده‌است. در مرحله‌ی ۷ زنبورهای باقی‌مانده در جمعیت به‌طور تصادفی در فضای جستجو پراکنده می‌شوند تا جواب‌های جدیدی را پیدا کنند. این مراحل ادامه پیدا می‌کند تا جایی که شرط خاتمه برآورده شود. در پایان هر تکرار کلونی دارای دو بخش از جمعیت جدید خواهد بود، آن‌هایی که نماینده بهترین‌های محدوده‌ها هستند و آن‌هایی که به‌صورت تصادفی به مکان‌ها فرستاده شده‌اند [۱۴].

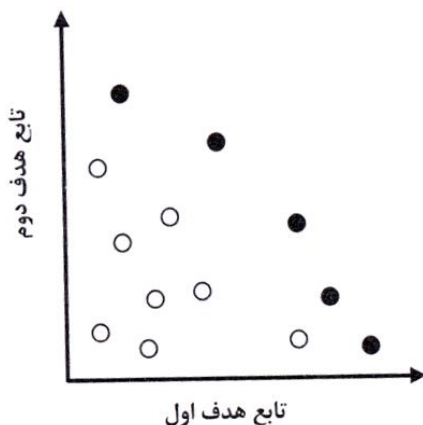
شرایط خاتمه‌ی متفاوتی می‌تواند برای یک الگوریتم فراابتکاری به کار رود. یک آستانه‌ی از پیش تعیین شده

2 Best
3 Elite
4 Follower

1 Fitness

متوازن کننده معروفند که تصمیم‌گیرنده می‌تواند برحسب شرایط مختلف مسئله یکی از آنها را برگزیند [۱۵].

شکل (۱) پاسخ‌های یک مسئله دوهدفه از نوع حداکثرسازی را نشان می‌دهد (در شکل، دو هدف در محورهای افقی و عمودی در نظر گرفته شده‌اند). پاسخ بهینه پاسخی است که در هر یک از اهداف از بقیه جواب‌ها بدتر نباشد و حداقل در یکی از اهداف، بهتر از سایر اهداف باشد. جواب بهینه، جوابی است که در مقایسه با هیچ جواب دیگری در فضای تصمیم مسئله، شکست خورده^۲ نباشد. چنین جواب بهینه‌ای، جواب بهینه‌ی پرتو^۳ نامیده می‌شود و مجموعه این جواب‌ها در یک مسئله‌ی چند هدفه، مجموعه بهینه پرتو هستند. هر چند روش‌های مختلفی برای حل مسائل چند هدفه پیشنهاد شده است، ولی هدف همه‌ی این روش‌ها، یافتن مجموعه‌ی بهینه‌ی پرتو است [۱۵].



شکل ۱: مجموعه بهینه‌ی پرتو (●) برای یک مسئله‌ی دو هدفه حداکثرسازی

(پاسخ‌های غیر بهینه با ○ نشان داده شده‌اند)

همچنین در این الگوریتم با الهام از رقص زنبورها که زنبورهای مصنوعی برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات کیفیت بسته‌های غذایی پیدا شده با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند، کمیتی دیگر که بیانگر متریک مقایسه شایستگی جواب‌های بدست آمده است، حاصل می‌شود. این اطلاعات در مرحله‌ی بعدی برای تنظیم کردن ساختار گروه زنبورها و الگوی پرواز به‌کار گرفته می‌شود. که این عامل باعث می‌شود که یک تعادلی بین بهره‌برداری و جستجوی غذا بین زنبورها برقرار شود [۱۲].

۴- بهینه‌سازی چند هدفه

بسیاری از مسائل در صورتی‌که به شکل واقعی مدلسازی شوند، دارای چند هدف هستند که بعضاً با یکدیگر در تناقض و تضاد نیز هستند. منظور از تضاد در اهداف این است که پاسخی که منجر به بهبود یکی از اهداف می‌شوند، اهداف دیگر را بهبود نمی‌دهند. هر چند روش‌های حل مسائل چند هدفه حدود دو دهه مورد توجه محققین بوده‌اند، تنوع روش‌های توسعه داده‌شده از تنوع به مراتب کمتری نسبت به روش‌های تک‌هدفه برخوردارند. بر خلاف روش‌های بهینه‌سازی تک‌هدفه، این روش‌ها منجر به یافتن تنها یک پاسخ بهینه نمی‌شوند، بلکه مجموعه‌ای از جواب‌ها را مشخص می‌کند که منجر به تعادل مناسبی بین اهداف مختلف می‌گردد. همان‌طور که می‌دانید تفاوت عمده‌ی الگوریتم‌های تکاملی با شیوه‌های جستجوی کلاسیک در این است که الگوریتم‌های تکاملی از مجموعه‌ای از جواب تحت عنوان جمعیت بهره می‌برد. این قابلیت، الگوریتم‌های تکاملی را به ابزاری توانمند در حل مسائل چندهدفه تبدیل می‌کند.

در این مسائل، سعی بر یافتن یک مجموعه از جواب‌هایی است که توازن نسبی بین اهداف مختلف را برقرارکنند. این پاسخ‌ها، به جواب‌های متعادل^۱ یا

² Dominated

³ Pareto Optimal

¹ Trade-offs

پس از آماده‌سازی داده‌ها، مدلسازی مسئله آغاز می‌شود. همانطور که در فصل دوم بیان شد، هدف این تحقیق بیشینه‌سازی همکاری کارمندان و استفاده از فضا است. برای رسیدن به این اهداف ۴ معیار فاصله بین کارمندان (زیرگروه‌های کاری)، اتلاف فضا، همپوشانی فضا و تعداد اتاق‌های خالی بیان شد.

برای همکاری بین کارمندان معیار فاصله را در نظر می‌گیریم و برای هدف بیشینه‌سازی استفاده از فضا، سه معیار اتلاف فضا، همپوشانی فضا و تعداد اتاق‌های خالی را با یکدیگر جمع می‌کنیم. بنابراین ۲ هدف برای بهینه‌سازی به وجود می‌آید.

الگوریتم کلونی زنبورها گونه‌ای از الگوریتم‌های جمعیت‌منا می‌باشد. بنابراین الگوریتم با یک جمعیت اولیه شروع به کار می‌کند که این جمعیت اولیه به صورت تصادفی است. این جمعیت اولیه در واقع مجموعه‌ای از جواب‌های ممکن است. در واقع این جواب‌های ممکن، حالات ممکن تخصیص کارمندان یا زیرگروه‌های کاری به اتاق‌های داخل ساختمان (شکل ۲)، معادل یک نقطه را در جبهه جواب مسئله است. هر یک از این حالات تخصیص که به صورت تصادفی مشخص شده، نقش زنبوران پیش‌تاز را دارد. وظیفه‌ی این زنبوران جستجوی تصادفی فضای مسئله است. در مرحله‌ی بعد این زنبوران به کندو برگشته و رقص مرسوم خود را انجام می‌دهند تا بهترین منابع مشخص شود.

این حالت زمانی پیش می‌آید که در میان جمعیت اولیه، بهترین جواب‌ها، جواب‌های غالب یا غیر مغلوب باشند. این جواب‌ها در هر یک از اهداف از بقیه جواب‌ها بدتر نبوده و حداقل در یکی از اهداف، بهتر از سایر اهداف باشد. جواب‌های مشخص شده به‌عنوان بهترین، نقش زنبوران برتر را دارند. سپس زنبورهایی به‌عنوان دنباله‌رو به این زنبورهای برتر اختصاص داده می‌شود تا محدوده مشخص شده در اطراف این زنبورها را جستجو کند. در واقع، در مسئله تخصیص، حالات تخصیص

۵- پیاده‌سازی

شکل (۲) بیانگر فضای داخلی ساختمان به‌همراه تمامی اتصالات بین اتاق‌ها است. این اتصالات به صورت شماتیک بوده و در واقعیت به هر اتصال یک وزن تعلق می‌گیرد که بیانگر فاصله شبکه بین اتاق‌ها است. ابتدا نقشه‌ی اتاق‌های موجود در سازمان‌ها، وارد محیط GIS^۱ شده و برای هر اتاق مرکز ثقل آن در نظر گرفته می‌شود. سپس مسیر بین اتاق‌ها طراحی و از طریق آنالیز شبکه در GIS فاصله‌ی شبکه‌ای تمامی اتاق‌ها محاسبه می‌گردد. سپس این مقادیر به صورت وزن به اتصالات بین اتاق‌ها نسبت داده می‌شود که به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. عامل مهم دیگر در محاسبه فاصله‌ی بین زیرگروه‌های کاری، تعداد نفرات هر زیرگروه است. وزن منسوب به مرکز ثقل هر اتاق، تعداد نفرات هر زیرگروه کاری با توجه به اتاقی که به آن زیرگروه تخصیص داده شده است، می‌باشد.

زیرگروه‌های کاری در این سازمان به ۵ دسته تقسیم شده‌اند که ارتباط کاری بین آن‌ها و تعداد نفرات هر زیرگروه در جدول ۱ آورده شده است.

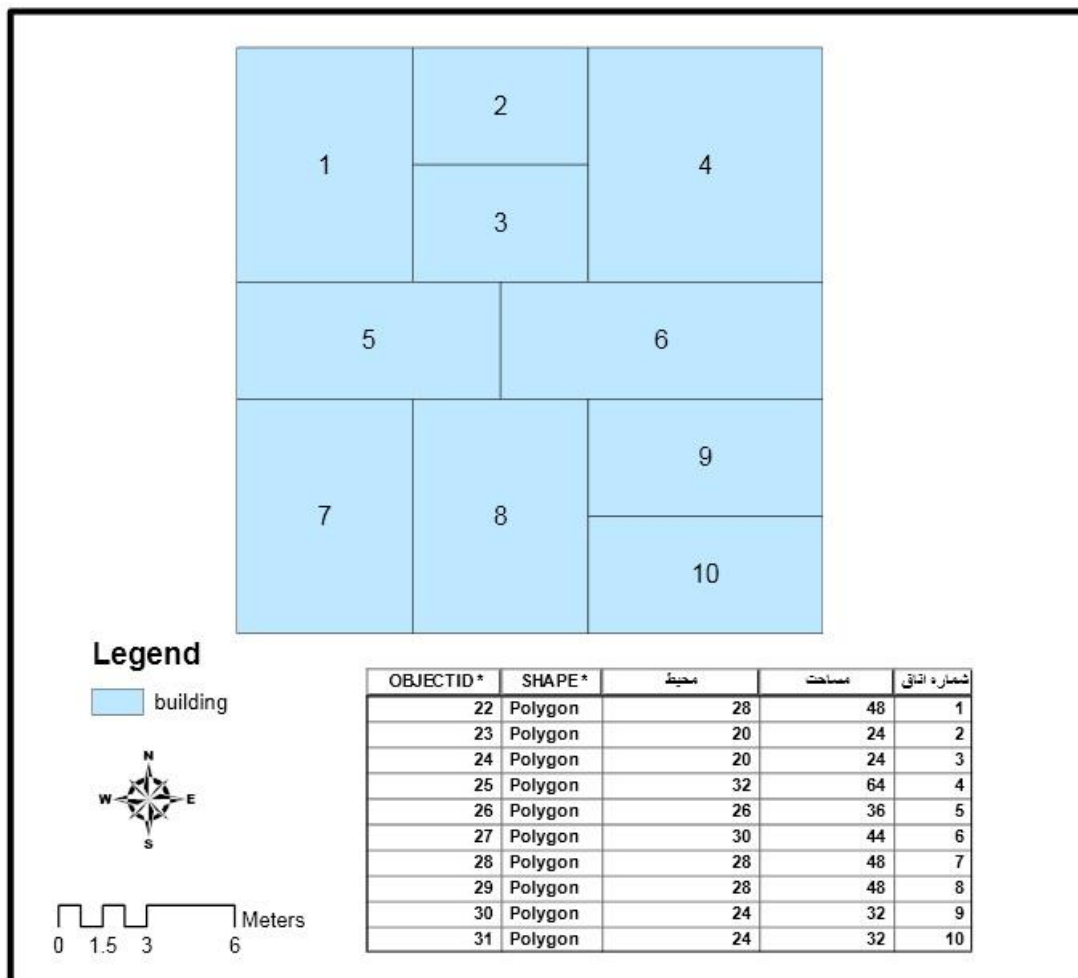
جدول ۱: اطلاعات گروه‌های کاری

گروه کاری	تعداد افراد عضو	گروه کاری
3-4-6	11	1
4-5-6	16	2
1-5-6	17	3
1-2-6	21	4
2-3-6	24	5
1-2-3-4-5	8	6

¹ Geo-Spatial Information System

الگوریتم کلونی زنبورها، مشخص کردن محدوده‌ی جستجوی اطراف زنبوران برتر است.

نزدیک به حالات تخصیص برتر جستجو می‌گردد. این حالات نزدیک به تخصیص برتر نقش زنبوران دنباله‌رو



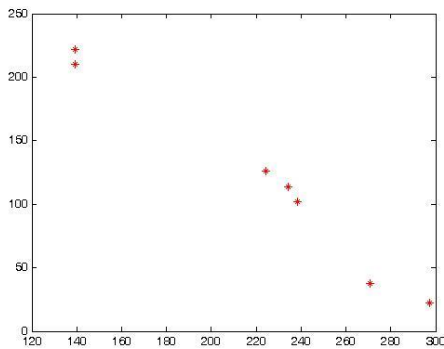
را دارند. اما یکی از موارد مهم در ترجمه مسئله به

شکل ۲: پلان فضای داخل ساختمان

در جدول ۳ ابتدا حالت تخصیص سمت پایین توسط الگوریتم به عنوان جواب مناسب انتخاب شده است. در گام بعدی، جواب‌های نزدیک به این جواب بررسی خواهد شد. در این حالت مشاهده می‌شود که زیرگروه‌های کاری ۱ و ۴ دارای اتلاف فضای کمتری نسبت به زیرگروه‌های دیگر هستند، بنابراین این اتاق‌های اختصاص داده شده به این دو زیرگروه ثابت

در این تحقیق برای در نظر گرفتن حالات نزدیک به جواب‌های برتر، در جواب برتر تغییراتی ایجاد خواهد شد تا حول این جواب را جستجو گردد. این تغییرات به گونه‌ای است که در این جواب، ابتدا آن زیرگروه‌هایی که حداقل اتلاف و همپوشانی فضا را دارند، بدون تغییر باقی می‌مانند و بقیه زیر گروه‌ها به صورت تصادفی دوباره تخصیص داده می‌شوند. نمونه‌ای از این جستجو در ادامه آورده شده است.

به‌عنوان جواب‌های پیش‌تاز برمی‌گزینیم. این e تعداد جواب نقش زنبوران نخبه را دارند. سپس زنبورهایی به‌عنوان دنباله‌رو به این زنبورهای برتر تخصیص می‌گردد تا محدوده مشخص شده در اطراف این زنبورها (مطابق با روش توضیح داده شده) را جستجوکنند و جواب‌های برتر جایگزین می‌شوند. در نسل بعدی جواب تصادفی دوباره ایجاد و مراحل بالا در حلقه‌ی تکرار قرار می‌گیرد. این فرایند تکرار نسل‌ها و بررسی فضای جستجو تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که شرایط توقف ارضا شود. شرطی که در این تحقیق به‌عنوان شرط خاتمه در نظر گرفته شده، تعداد مشخصی تکرار می‌باشد. پس از این تکرار، جبهه جواب حاصل مطابق با شکل (۳) است.



شکل ۳: جبهه پرتوی بدست آمده برای مسئله تخصیص فضای داخلی ساختمان توسط الگوریتم چند هدفه زنبور

این جبهه جواب با توجه به شرایط زیر به‌وجود آمده‌است:

تعداد تکرار = ۶۰۰ بار

جمعیت زنبوران پیش‌تاز اولیه = ۵۰ عدد

زنبورهای برتر = ۲۰ عدد

زنبورهای نخبه = ۵ عدد

زنبورهای دنباله‌رو = ۲۰ عدد

در این پرتو ۷ حالت بهینه دارد که ۲ حالت آن در شکل (۴) آورده شده است.

در نظر گرفته و بقیه اتاق‌ها به‌صورت تصادفی به زیرگروه‌ها تخصیص داده می‌شود.

پس از مشخص شدن جواب‌های نزدیک به جواب‌های برتر (که برای هر جواب برتر تعداد مشخصی از جواب‌های نزدیک تولید می‌شود)، یک مقایسه از نظر شایستگی بین هر جواب برتر با مجموعه جواب‌های نزدیک به آن، صورت می‌گیرد. سپس جوابی که غالب باشد را به‌عنوان جواب برتر در نظر گرفته و جایگزین جواب برتر قبلی می‌شود. به‌عنوان مثال در جدول ۳ جواب تولید شده نسبت بر جواب اولیه غلبه می‌کند و جایگزین می‌شود، زیرا جواب تولید شده هم از لحاظ اتلاف فضا و هم از لحاظ فاصله مناسب‌تر است. در کلونی زنبورها نیز در هر محدوده‌ی جستجوی مربوط به زنبوران برتر، یک مقایسه‌ای بین این زنبوران با زنبوران دنباله‌رو مربوط به آن صورت می‌گیرد و زنبور برتر در این مقایسه جایگزین خواهد شد.

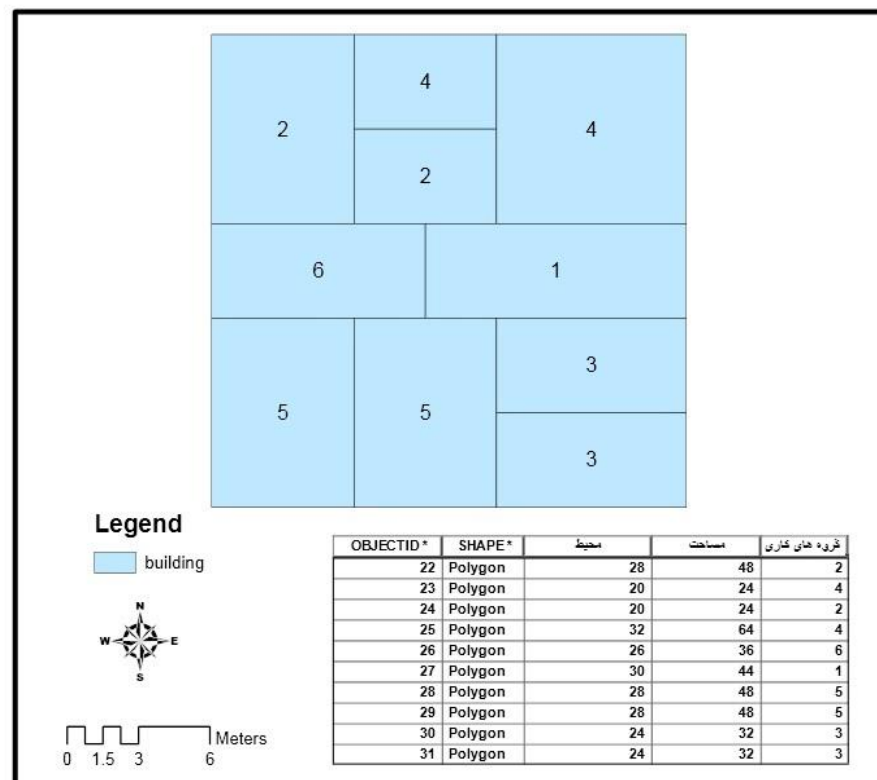
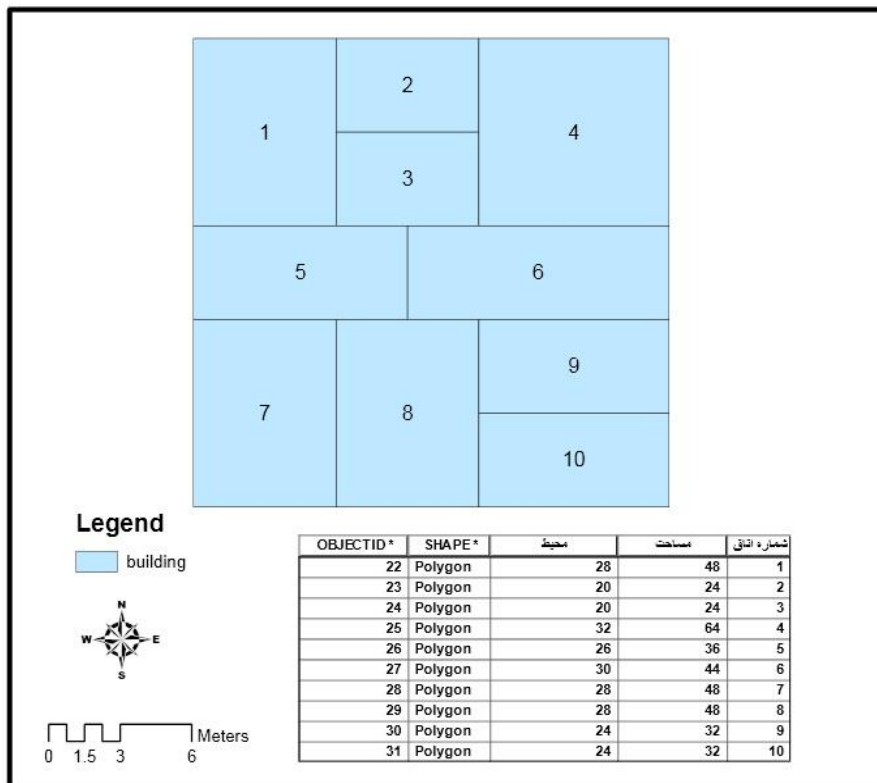
جدول ۳: جداول مربوط به یک جواب اولیه الگوریتم و جواب نزدیک به آن

شماره	زیرگروه	شماره	زیرگروه
اتاق	کاری	اتاق	کاری
۰	۶	۱	۱
۳	۱	۲	۲
۸	۹	۳	۳
۲	۴	۴	۴
۱۰	۷	۵	۵
۰	۵	۶	۶

جواب اولیه بدست آمده توسط الگوریتم

جواب نزدیک به جواب اولیه

در مرحله‌ی بعد، جواب‌های برتر جدید به مجموعه جواب‌های غالب منتقل می‌شود. سپس یک مقایسه بین این جواب‌های جدید با جواب‌های غالب قبلی انجام داده و مجموعه جدید غالب را مشخص می‌کنیم. سپس از میان این بهترین جواب‌های تخصیص، e تعداد جواب را



شکل (۴): نمایش ۲ حالت بهینه از پرتوی موجود

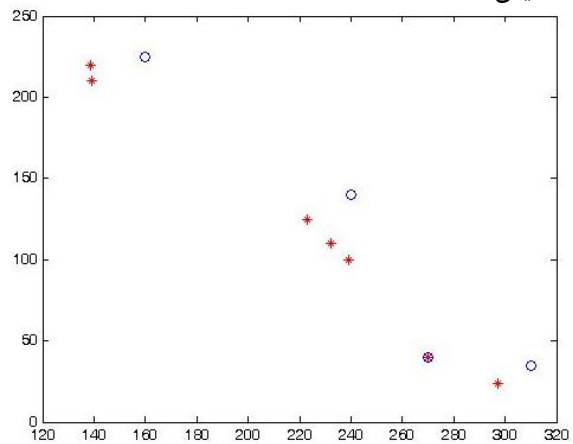
همانطور که از نتایج استفاده‌ی تخصیص فضا در سازمان‌ها مشخص است، این روش دارای مزایای زیر است:

- باعث افزایش همکاری بین کارمندان می‌شود زیرا کارمندان مرتبط با یکدیگر در فاصله‌ی نزدیک‌تری قرار می‌گیرند و همکاری بین آن‌ها راحت‌تر صورت می‌گیرد.
- افزایش بهره‌برداری از فضای موجود در سازمان و افزایش تعداد اتاق‌های خالی به منظور تخصیص دادن به افراد جدیدی که در آینده به سازمان ملحق می‌شوند.
- کاهش هزینه‌های سازمان مانند هزینه‌های مربوط به خرید یا اجاره‌ی فضای لازم برای سازمان، هزینه‌های مربوط به انرژی‌ها مانند برق و گاز (زیرا فضای تلف شده به حداقل رسیده و انرژی برای کمترین فضای لازم مصرف می‌شود).
- کاهش بروکراسی اداری و افزایش نظارت بر کارمندان توسط ناظرین.

الگوریتم کلونی زنبورها جز الگوریتم‌های غیر قطعی می‌باشد که الزاماً به جواب بهینه واقعی همگرا نمی‌شود. علاوه بر این، این الگوریتم‌ها به گونه‌ای می‌باشند که در هر بار اجرای برنامه ممکن است جواب یکسان ندهد. البته زمانی که فضای جستجوی مسئله محدود و کوچک باشد، جواب الگوریتم می‌تواند جواب بهینه واقعی باشد و این جواب بهینه‌ی واقعی تعداد زیادی از اجراهای برنامه بدست آید. اما زمانی که فضای جستجوی مسئله گسترده شود، مسئله ممکن است از بهینه واقعی دور شود و جواب‌های نزدیک به آن را در هر بار اجرای این برنامه تولید کند ولی این جواب‌های بدست‌آمده خیلی با جواب بهینه واقعی فاصله ندارند. اما مزیتی که در استفاده از این الگوریتم‌ها وجود دارد، زمان رسیدن الگوریتم به جواب تقریباً بهینه است، در صورتی که به‌دست آوردن این جواب توسط الگوریتم‌های ریاضی غیرممکن یا در صورت ممکن بسیار زمان‌گیر خواهد بود.

۶- نتیجه‌گیری

برای ارزیابی نتایج حاصل از الگوریتم چندهدفه زنبور، از الگوریتم چند هدفه ژنتیک استفاده می‌کنیم. مسئله تخصیص فضای مفروض را با الگوریتم چندهدفه ژنتیک حل کرده و پرتوی بدست آورده را با پرتوی کلونی زنبور مقایسه شده‌است. این مقایسه در شکل (۵) نمایش داده شده است.



شکل ۵: جبهه پرتوی بدست آمده برای مسئله تخصیص فضای داخلی ساختمان توسط الگوریتم چند هدفه زنبور و الگوریتم چند هدفه ژنتیک

نقاط پرتوی کلونی زنبور با ستاره مشخص شده است و نقاط الگوریتم چند هدفه ژنتیک با دایره نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، نقاط بدست‌آمده از کلونی زنبور دارای شرایط بهتری از لحاظ بهینه بودن هستند و نقاط بدست‌آمده از الگوریتم ژنتیک را مغلوب می‌کنند. همچنین پرتوی بدست‌آمده از کلونی زنبور دارای پیوستگی و تعداد نقاط بیشتری نسبت به الگوریتم ژنتیک است. یکی از معایب پرتوی الگوریتم ژنتیک تقعر آن می‌باشد، که میزان تقعر آن نسبت به الگوریتم چند هدفه کلونی زنبور بیشتر است. پرتوی کلونی زنبور در زمان بسیار کمتری از پرتوی الگوریتم ژنتیک بدست‌آمده است. تمامی این دلایل حاکی از برتری الگوریتم چند هدفه زنبور نسبت به الگوریتم ژنتیک است.

یکی دیگر از مزایای استفاده از الگوریتم کلونی زنبور، برخورداری از عملگرهای ساده‌تری نسبت به الگوریتم‌های جمعیت‌مبنای دیگر مانند الگوریتم ژنتیک است. در الگوریتم ژنتیک عملگرهای تقاطع و جهش به صورت پیچیده می‌باشد و با توجه به شرایط مسئله باید این عملگرها به درستی تعریف گردند.

۷- پیشنهادات

حالتی که برای یک سازمان در این مقاله در نظر گرفته شد، دارای تعداد کمی اتاق بوده و این اتاق‌ها مربوط به یک طبقه می‌باشد در صورتی که در واقعیت به گونه‌ای دیگر است. بسیاری از سازمان‌ها امروزه در چندین طبقه و دارای اتاق‌های بسیاری هستند. برای حل اینگونه مسائل لازم است ارتباط اتاق‌های طبقات مختلف مدلسازی شود. به این منظور، می‌توان از روابط توپولوژی سه بعدی استفاده کرد. از آنجا که زمان حل مسئله توسط الگوریتم‌های فراابتکاری با افزایش تعداد اتاق‌ها و روابط، طولانی‌تر می‌شود، بنابراین باید سعی شود که راه‌حل مناسبی در نظر گرفت. یکی از این راه‌حل‌ها می‌تواند هدفمند کردن جمعیت اولیه باشد. در این راهکار می‌توان بخشی از جواب‌های اولیه را به صورت تصادفی ایجاد کرد و بخشی دیگر را طوری ایجاد نمود که بیشتر به حالت واقعی نزدیک باشد. به عبارت دیگر با استفاده از قیود یا شرایطی جمعیتی را ایجاد نمود تا شایستگی بالایی داشته باشد. به عنوان مثال در این کار می‌توان جمعیت اولیه را طوری ایجاد نمود که از همان ابتدا سعی شود زیرگروه‌های کاری به اتاق‌هایی تخصیص داده شود که اتلاف کمی به وجود آورند.

همچنین می‌توان علاوه بر فضا، زمان مناسب برای هر گروه کاری را نیز تخصیص داد. زمانی که فضای سازمان محدود بوده و چندین گروه کاری مجبور به استفاده از امکانات مانند آزمایشگاه، کارگاه و... باشند، می‌توان زمان مناسب برای استفاده از امکانات به آن‌ها تخصیص داده شود. این کار کمک می‌کند که هزینه‌ها

استفاده از جبهه جواب پرتو به جای جمع وزندار معیارها باعث می‌شود که مسئله نیازی به فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره را نداشته باشد و همچنین از اشتباهات احتمالی که ممکن است در این فرآیند به وجود آید جلوگیری شود. مزیت دیگر این روش، ارائه مجموعه جواب بهینه به جای یک جواب بهینه می‌باشد که باعث می‌شود که کاربر حق انتخاب در انتخاب شرایط را داشته باشد و بر اساس شرایط انتخابی جواب بهینه را به دست آورد.

الگوریتم کلونی زنبور قابلیت حل مسائل را به صورت گسسته و پیوسته دارد. مسئله‌ای که در این مقاله مورد بررسی قرارگرفت به صورت گسسته است. برای حل مسائل گسسته توسط الگوریتم زنبور نیازی به تبدیل مسئله به صورت گراف نیست در صورتی که در الگوریتمی مانند الگوریتم مورچگان، گام اول تبدیل مسئله به صورت گراف است. چگونگی تبدیل مسئله به صورت گراف یکی از مسائل مهم در این الگوریتم و بسیار تاثیرگذار در جواب نهایی است ولی الگوریتم کلونی زنبور مستقل از این مرحله می‌باشد. همچنین در الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات، براساس ماهیت طبیعی آن، این الگوریتم به صورت پیوسته بوده و حل مسائل گسسته توسط این الگوریتم نیاز به تعریف شرایط جدید در الگوریتم دارد. الگوریتم کلونی زنبورها به طور کارآمد قابلیت حل مسائل گسسته و پیوسته را دارد.

الگوریتم کلونی زنبور قابلیت ایجاد تعادل بین کشف مناطق جدید و بهره‌برداری از مناطق کشف شده را به صورت دینامیک دارد. یعنی زمانی که الگوریتم مناطق زیادی را جستجو کرده نکرده باشد، تعداد زنبوران پیشتاز بیشتری برای جستجوی مناطق فرستاده می‌شود و زمانی که الگوریتم مناطق بیشتری را جستجو می‌کند، زنبوران دنباله‌روی بیشتری برای جستجوی محلی به منظور بهره‌برداری از مناطق بهینه کشف شده ارسال می‌گردد.

و اتلاف زمان کاهش پیدا کند و حداکثر همکاری به وجود آید.

مراجع

- [1] Burke E.K., Cowling P., Landa Silva J.D., McCollum B. (2000), Three Methods to Automate the Space Allocation Process in UK Universities, Proceedings of the 3rd International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, PATAT 2000, Konstanz, Germany, pp. 374-393.
- [2] Pereira R., Cummiskey K., Kincaid R.(2010), Office Space Allocation Optimization, Proceedings of the 2010 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium University of Virginia, Charlottesville, VA, USA, April 23.
- [3] Ritzman, L., J. Bradford and R. Jacobs, (1980), A multiple objective approach to space planning for academic facilities, Management Science 25, pp. 895-906.
- [4] Benjamin, C., I. Ehie and Y. Omurtag, (1992), Planning facilities at the university of missourirolla, Interfaces 22, pp. 94-105.
- [5] Giannikos, J., E. El-Darzi and P. Lees, (1995), An integer goal programming model to allocate offices to staff in an academic institution, Journal of the Operational Research Society 46, pp. 713-720.
- [6] Burke, E. K., J. D. Landa Silva and E. Soubeiga, (2005), Multi-objective hyper-heuristic approaches for space allocation and timetabling, in: T. Ibaraki, K. Nonobe and M. Yagiura, editors, Meta-heuristics: Progress as Real Problem Solvers, Selected Papers from the 5th Metaheuristics International Conference, pp. 129-158.
- [7] Burke E.K., Cowling P., Landa Silva J.D., McCollum B., (2001), HYBRID POPULATION-BASED METAHEURISTIC APPROACHES FOR THE SPACE ALLOCATION PROBLEM, Proceedings of the 2001 IEEE congress on evolutionary computation Seoul, Korea, May 27-30.
- [8] Landa Silva J.D., Burke E.K., (2007), Asynchronous Cooperative Local Search for the Office-Space-Allocation Problem, INFORMS Journal on Computing Vol. 19, No. 4, pp. 575-587 issn 1091-9856_eissn 1526-5528_07_1904_0575.
- [9] R. Kincaid, R. Gates, and R. Gage. , (2007), Space allocation optimization at nasa langley research center. In Proceedings of the Seventh Metaheuristics International Conference, Montreal, Canada, June 25-30.
- [10] Talbi, El-Ghazali, Metaheuristics: From Design to Implementation, John Wiley and sons(2009).
- [11] Biesmeijer, J.C., Seeley, T.D., (2005),The Use of Waggle Dance Information by Honey Bees throughout Their Foraging Careers, Behavioral Ecology and Sociobiology, 59(1), 133-142.
- [12] Zeng, F., Decraene, J., Yoke Hean Low, M., Hingston, P., Cai, W., Zhou, S., Chandramohan, M., (2010), Autonomous Bee Colony Optimization for Multi-objective Function, In Proceedings of the 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, pp. 1-8, 18-23, Barcelona, Spain.
- [13] Teodorovic, D., Davidovic, T., Selmic, M., (2011), Bee Colony Optimization: The Applications Survey, ACM Transactions on Computational Logic.
- [14] D.T. Pham, A. Ghanbarzadeh, E. Koç, S. Otri , S. Rahim , M. Zaidi (2006),Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, UK The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems, Intelligent Production Machines and Systems pp. 454-459.
- [15] Zahraee, B., Hosseini, M., (2009), Genetic Algorithm And Engineering Optimization, Gotenberg, Tehran.
- [16] Bazzazi, M., Safaei, N., Javadian, N. (2009),

- A genetic algorithm to solve the storage space allocation problem in a container terminal, *Computers & Industrial Engineering* 56 (2009) 44–52
- [17] Taghaddos, H., Hermann, U., AbouRizk, S., AbouRizk, Y., (2010), Simulation-based Scheduling of Modular Construction using Multi-agent Resource Allocation, 2010 Second International Conference on Advances in System Simulation.
- [18] LIU, Y., KANG, H., ZHOU, P., (2010), Fuzzy Optimization of Storage Space Allocation in a Container Terminal, *J. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.)*, 2010, 15(6): 730-735.
- [19] Quijano, N., Passino, K., (2010), Honey bee social foraging algorithms for resource allocation: Theory and application, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 23 (2010) 845–861.
- [20]. Quijano, N., Passino, K. M., 2007. The ideal free distribution: theory and engineering application. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B* 37 (1), 154–165.
- [21] R. Akbari, A. Mhammedi, K. Ziarati, “A Novel Bee Swarm Optimization Algorithm For Numerical Function Optimization,” *communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, doi: 10.1016/j.cnsns.2009.11.003.
- [22] D. Karaboga, B. Basturk, “A Powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization : Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm,” *Journal of Global Optimization*, vol. 39, Nov. 2007, pp. 459-471.
- [23] Teodorovic, D., Lucic, P., et al. (2006). Bee colony optimization: Principles and applications. In *Neural network applications* in electrical engineering, 2006 (NEUREL 2006) (pp. 151–156). Belgrade.



Space allocation within building in GIS by using of multi-objective bee colony algorithm

Hamid Motieyan^{1*}, Mohammad Saadi Mesgari², Ahid Naeimi¹

1- Ms.c student of Geo-spatial Information System in Department of Geomatics, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

2- Associate professor in Department of Geomatics, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

In any organization, the allocation of buildings and offices space to departments and employees is a challenging task. In organizations office space allocation problem, employees are allocated to buildings and offices space so that some objectives are satisfied and the optimize allocation is obtained. So if this problem is modeled well, some advantages will be achieved. For example: increasing synergy among the employees, using of space optimally, and decreasing costs. Because of this problem is an optimization problem based on different constraints, so at the first we attempt to specify these constraints by experts. It is possible that under some circumstances, the appropriate combination of criteria for creating of fitness function does not take place, so we attempt to use multi-objective optimization with pareto solution. We use multi-objective bee colony algorithm to reach this objective. In this method, we have a set of optimal solutions instead of an optimal solution. This set has optimal solutions that each of them is optimal and does not have any priority to other solutions. In this situation, user can select an optimal solution from that set with consideration of existing conditions. Bee colony algorithm can solve continues and discrete problem and has simple operations. In this research, this algorithm has ability to modeling a problem and responding to the demands in appropriate time.

Key words: Space allocation, GIS, Optimization, Bee colony algorithm, Multi-objective optimization