مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی وسنجش از دوردر برنامه‌ریزی،دوره.۱۲،شماره۱(پیاپی ۴۳)بهار۱۴۰۰

مقاله مروری

مروری برکاربرد روش فرا ابتکاری جستجوی ممنوعه در حل مسائل مکان یابی

علیرضا بیطرف[۱]

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۰/۲/۲۷ **تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰**

صفحات: ۲۶-۴۰

چکیده

در این مقاله ، جزئیات کاربرد روش فرا ابتکاری جستجوی ممنوعه، در حل مسائل مکان یابی بررسی می‌شود. بـه ایـن منظـور، در ابتـدا مفهوم مکان یابی و انواع مختلف مسایل مکان یابی معرفی شده و سپس جزئیات روش جستجوی ممنوعه، بطور تفصیلی شرح داده شـده است. منظور از مکان یابی، یافتن مکان‌های جدید مناسب برای برپا کردن مراکز خدماتی است. امـروزه بـه دلیـل افـزایش رقابـت بـین شرکت‌ها، مکان یابی علمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. روش‌های علمی مختلفی برای حل مسائل مکان یـابی وجـود دارد. در دهه‌های اخیر روش‌های فراابتکاری مختلفی برای حل مسائل مکان یابی معرفی شده‌اند. روش‌های فراابتکاری، برای حل مسائلی با داده‌ها و ابعاد زیاد، بدون نیاز به دانستن مسئله، با استفاده از ایده‌های ابتکاری، سرعت حل را افزایش می‌دهند. یکی از روش‌هـای فراابتکـاری، الگوریتم جستجوی ممنوعه است که مبتنی بر جستجوی محلی است و در حل مسائل مکان یابی، نتایج مطلوبی به دست مـی‌دهـد. ایـن الگوریتم، مولفه‌ها و اجزای مختلفی دارد که در این مقاله، بطور مشروح معرفی شده‌اند. همچنین اصلاحات و افزوده‌هایی که بـرای بهبـود الگوریتم، توسط محققین به آن اضافه شده است، نیز معرفی شده‌اند.

واژگان کلیدی: مکان یابی، روش‌های تصمیم‌گیری، الگوریتم فراابتکاری، جستجوی ممنوعه

[۱] استادیار، مرکز تحقیقات ژئوتکنیک لرزه‌ای و بتن توانمند، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران a.bitaraf@semnaniau.ac.ir

مقدمه

امروزه از مسائل مکانیابی برای مدل سازی طیف گسترده ای از مسائل استفاده می شود. به عنوان مثال می توان به مکانیابی موقعیت احداث کارخانه، مراکز خدماتی مثل اورژانس یا آتش نشانی، پلیس و .. اشاره کر (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵؛ شورورزی، ۱۳۹۱). یک پروژه مکان یابی، با انجام یک سری عملیات و پروسه اجرایی مشخص انجام می‌شود. در مکان یابی، بایستی معیارها و عوامل موثر بر مکان یابی از جمله محدودیت‌های موجود در نظر گرفته شود (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵؛ شورورزی، ۱۳۹۱). در نظر نگرفتن شرایط و محدودیت‌ها، قبل از اجرای پروژه، منجر به بروز نتایج نامطلوب می‌شود. از سوی دیگر، مکان یابی باید به گونه‌ای انجام شود که ایجاد مراکز جدید با حداقل هزینه ممکن، انجام شود و در مقابل مراکز مشابه رقیب، از قابلیت رقابت‌پذیری بالایی برخوردار باشد (رشیدی، ۱۳۹۳، شورورزی، ۱۳۹۱).

مکان یابی یک پدیده نوظهور نیست و از آغاز پیدایش بشر، همواره یکی از دغدغه‌های مهم، یافتن یک راه‌حل مناسب برای مکان یابی محل استقرار، جهت دسترسی آسان‌تر به آب، غذا، چوب و سایر منابع بوده است (Schilling, 1980؛ طیبی، ۱۳۹۸). امروزه با تمرکز جمعیت در شهرها، نیازهای جدید و گستردگی رقابت، مسئله مکان یابی، حساسیت و پیچیدگی بیشتری یافته و حوزه آن نیز گسترده شده است. به عنوان مثال می‌توان به مکان یابی تسهیلات از جمله مراکز خرید، مراکز آتش‌نشانی و سایر خدمات شهری تا مکان یابی ترانزیستورها در تراشه‌های پردازنده اشاره کرد.

در این مقاله، در ابتدا تاریخچه و انواع مسائل مکان یابی مرور می‌شود. سپس در ادامه، روشهای حل مسائل مکان یابی معرفی شده و بطور ویژه روش فرا ابتکاری جستجوی ممنوعه برای حل مسائل مکان یابی معرفی و بحث می‌شود.

مکان یابی خدمات در عصر حاضر

رقابت شرکت‌ها و سازمان‌ها در عرضه خدمات و کالا، در دهه‌های اخیر در سراسر جهان رشد زیادی داشته است. شرکت‌ها برای دوام در محیط رقابتی و موفقیت در این محیط بایستی برای خود مزیت رقابتی ایجاد کنند. شرط ایجاد مزیت رقابتی، ایجاد یکپارچگی منظم در کلیه مراحل تولیدی، از تهیه مواد خام تا تولید و بسته‌بندی و ارسال برای مصرف‌کننده نهایی است. ایجاد یکپارچگی باعث انعطاف‌پذیری در تولید و توزیع محصولات می‌گردد. به این منظور، شرکت‌ها باید با استفاده جامع از مفهوم مکان یابی، یک زنجیره تامین ایجاد کنند (قطره‌سامانی، ۱۳۹۸). نقش مکان یابی در این مورد، انتخاب مکان بهینه و کیفیت خدمات ارائه شده به مشتریان است. مکان یابی مناسب باعث افزایش سهم شرکت در بازار می‌گردد (حکیم پور، ۱۳۹۶). مکان یابی و تخصیص مراکز فروش و خدمات، یک مسئله تصمیم‌گیری است. در اینگونه مسائل، هدف تعیین مکان مناسب برای ارائه خدمات، فروش، انبارهای لجستیکی و ... است. در تعیین مکان مناسب، عواملی مثل فاصله مطلوب، ظرفیت مراکز خدماتی، تراکم جمعیت، کاهش هزینه‌ها و ... موثر است. ممکن است در مکان یابی فقط یک هدف مثل فاصله مناسب ملاک تصمیم‌گیری باشد، یا ترکیبی از معیارها مثل فاصله بهینه، ظرفیت مراکز، کاهش هزینه و ... ملاک عمل قرار گیرد. تحلیل مسائل مکان یابی به تصمیم‌گیران در انتخاب مکان ارائه خدمات کمک می‌کند (عرب امیری، ۱۳۹۳).

مکان یابی علمی علاوه بر جلوگیری از اتلاف هزینه‌ها، باعث افزایش عملکرد مراکز می‌شود. در مقابل

مکانیابی اشتباه، باعث همپوشانی در بین مراکز خدماتی می‌شود که منجر به ناکارآمدی مراکز و توزیع نامتوازن خدمات بین نواحی می‌شود (عرب امیری، ۱۳۹۳). در این حالت مشتریان خدمات ممکن است، نتوانند یا نخواهند که از مراکز خدماتی، خدمات دریافت کنند.

از سوی دیگر، یکی از بخش‌های مهم در هر فعالیت اقتصادی، زنجیره تامین است. زنجیره تامین، شبکه‌ای از سازمان‌های وابسته به یکدیگر است که برای کنترل و بهبود جریان مواد (مواد اولیه و کالای تولیدی) از تامین‌کننده اولیه به استفاده‌کننده نهایی، با یکدیگر همکاری می‌کنند. قسمت زیادی از هزینه‌های زنجیره تامین کالا، معطوف به هزینه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزی شبکه حمل‌ونقل از اهمیت بالایی برخوردار است (عیدی، ۱۳۹۸).

یکی از مهم‌ترین بخش‌های زنجیره تامین، برنامه‌ریزی یک سیستم پشتیبانی است که شامل مدیریت حمل‌ونقل، انبارداری، بسته‌بندی و نیز حتی شامل امنیت محصول و مواد دیگر می‌گردد. منظور از پشتیبانی، تامین مواد مشخص در زمان و مکان مناسب است که طی آن بایستی یک یا چند معیار عملکردی (مثل کاهش هزینه عملیاتی) با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از محدودیت‌ها (مانند محدودیت بودجه و نیروی انسانی) بهینه شوند (عیدی، ۱۳۹۶).

گستره مسائل مکان یابی

در چند دهه اخیر، مفاهیم سیستم‌های یکپارچه در تصمیم‌گیری شبکه‌های توزیع به یکی از مهم‌ترین حوزه‌های مدیریت تبدیل شده است. این حوزه به بررسی ارتباط بین مکان خدمات، تامین‌کنندگان مواد اولیه، کالا و زمان‌بندی تولید می‌پردازد. برای حل این مسائل مکان یابی، کلیه پارامترها را بایستی همزمان بهینه کرد. این گونه مسایل را مسائل مکان یابی-مسیریابی[1] می‌نامند (تیموری، ۱۳۹۷). در حالی که در مسایل مکان یابی، هدف فقط تعیین محل‌های ارائه خدمات به مشتری است و مسیرهای بین مشتری و مرکز، ثابت و موجود فرض می‌شوند و بررسی و بهینه نمی‌شوند، اما در مسائل مکان یابی-مسیریابی، که برای طراحی شبکه‌های توزیع به کار می‌روند، مکان یابی مراکز و مسیریابی وسایل نقلیه بطور همزمان انجام می‌شود (قطره‌سامانی، ۱۳۹۶). در اینگونه مسائل، علاوه بر تعیین محل انبارها، ظرفیت وسائل نقلیه و ...، مسیرهای ارتباطی بین مشتریان و مراکز خدماتی نیز بررسی و بهینه می‌شوند (تیموری، ۱۳۹۷). از آنجایی که در مسائل مکان یابی-مسیریابی محل مراکز خدمات و مسیرها بطور همزمان بهینه می‌شوند، لذا اینگونه مسائل ماهیت ترکیبی دارند و نسبت به مسائل مکان یابی پیچیده‌تر هستند (تیموری، ۱۳۹۷؛ Min, 1998؛ Nagy, 2007). حل همزمان مکان یابی و مسیریابی در اینگونه مسائل اثر متقابل بین مکان مرکز خدماتی و مسیرهای حمل‌ونقل اعتبار نتیجه تحلیل را افزایش داده و بهینه‌سازی محلی در مسئله مکان یابی-مسیریابی جلوگیری می‌کند (تیموری، ۱۳۹۷). مسائل مکان یابی-مسیریابی خود به دو حوزه مکان یابی-مسیریابی-تخصیص و مکان یابی-مسیریابی وسیله نقلیه تقسیم می‌شوند (Cordeau, 2007) .

مسائل مکان یابی-مسیریابی بطورکلی برای طرح شبکه‌های حمل‌ونقل استفاده می‌شوند. در دهه‌های اخیر، محققین مدل‌های مختلفی را برای حل مسائل مکان یابی- مسیریابی معرفی کرده‌اند که قادر به حل همزمان مسئله تعداد بهینه، ظرفیت و محل مرکز خدماتی و زمان‌بندی و مسیر بهینه وسایل نقلیه بطور

---

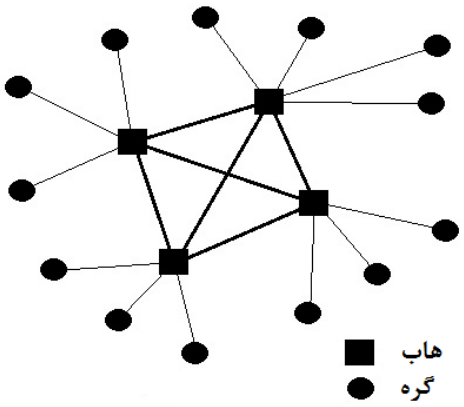
[1] Location-Routing Problem(LRP)

همزمان می‌پردازند (عیدی، ۱۳۹۸).

در بحث زنجیره تامین نیز به منظور کاهش هزینه‌های کلی سیستم، و نیز با توجه به اینکه لایه‌های متفاوتی از خدمات بین سطح اول زنجیره و مشتری نهایی قرار می‌گیرند، هرچه تعداد این لایه‌ها بیشتر باشد، بر پیچیدگی شبکه افزوده می‌شود. اینگونه مسائل چند سطحی به مسائل مکان یابی-مسیریابی چند سطحی[۱] معروف هستند. در این مسائل، محصول به صورت مستقیم به مشتری ارسال نمی‌گردد و وجود چند لایه مراکز وابسته، باعث می‌شود که کالا، در ابتدا به واسطه‌ها ارسال شود و سپس از آنجا به مشتریان انتقال یابد (قطره‌سامانی، ۱۳۹۶).

گروه دیگری از مسائل مکان یابی-مسیریابی مربوط به توزیع مواد غذایی فاسدشدنی است. در حمل‌ونقل مواد غذایی عموما افزایش زمان سفر در فرآیند تحویل، امکان خرابی محصول را افزایش می‌دهد. در تحلیل اینگونه مسائل مکان یابی-مسیریابی، قید زمان نیز در نظر گرفته می‌شود که باعث پیچیده شدن مسئله می‌شود و نیاز به یک برنامه‌ریزی چندهدفه را ایجاب می‌کند (عیدی، ۱۳۹۸).

یکی دیگر از زیرمجموعه‌های مسائل مکان یابی، موضوع مکان یابی هاب[۲]است (شکل ۱). منظور از هاب، یک مکان یا گره واسط از شبکه است که کالا یا اطلاعات تهیه شده از چندین منبع در آن گردآوری شده و سپس به هاب‌های دیگر یا مقصد نهایی منتقل می‌شوند. از هاب در مواقعی استفاده می‌شود که امکان انتقال مستقیم کالا وجود نداشته باشد یا این کار صرفه اقتصادی نداشته باشد (عیدی، ۱۳۹۶).



شکل ۱: نمونه مسئله مکان یابی هاب

هدف از مسائل مکان یابی هاب، تعیین محل استقرار هاب‌ها و نحوه ارتباط آنها با گره‌های شبکه است، به گونه‌ای که هزینه استقرار هاب‌ها و نیز هزینه حمل‌ونقل کاهش یابد. در مسائل خطوط هوایی، شبکه‌های ترافیکی، خدمات پستی و مخابراتی، از مسائل مکان یابی هاب استفاده می‌شود (عیدی، ۱۳۹۶). مکان یابی هاب خود به چهار گروه مسئله مکان یابی هاب میانه، مسئله مکان یابی هاب با هزینه ثابت، مسئله مکان یابی هاب مرکز و مسئله مکان یابی هاب پوششی تقسیم می‌شود (Alumur, ۲۰۰۸).

نخستین مطالعات پیرامون مکان یابی علمی

بیشینه مکان یابی علمی به حدود یکصد سال پیش بر می‌گردد (حکیم پور، ۱۳۹۶). مسئله مکان یابی با مسئله وبر[۳] در سال ۱۹۰۹ شروع شد (Weber, ۱۹۲۹). مسائل مکان یابی-مسیریابی نیز در سال ۱۹۶۰ برای نخستین بار معرفی شدند (تیموری، ۱۳۹۷). کوپر و همکاران (۱۹۶۳)، روش بررسی همه نقاط را برای حل مسائل مکان یابی ارائه دادند. لاو و همکاران در سال ۱۹۷۵ با استفاده از روش کاهش دامنه، به حل مسایل مکان یابی پرداختند (شورورزی،

---

[۱] Multi-Echelon Location-Routing Problem

[۲] Hub Location

[۳] Weber

۱۳۹۱). در ادامه در دهه‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف مکان یابی انجام شده است که به برخی از آنها در این مقاله اشاره می‌شود.

نقش GIS در مسائل مکان یابی

موفقیت مراکز خدمات در بازار رقابتی به رویکرد مدیریت داده‌های مکانی وابسته است (حکیم پور، ۱۳۹۶)، لذا در حل مسایل مکان یابی نیاز به جمع‌آوری اطلاعات مکانی، محاسبه فاصله نقاط و تحلیل‌های مکانی می‌باشد (رنجبر، ۱۳۹۶). سیستم اطلاعات مکانی (GIS[1]) قابلیت جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل این اطلاعات مکانی را دارد. به همین دلیل، حل مسائل مکان یابی با استفاده از مدل‌سازی مکانی در GIS، بسیار آسان خواهد بود. پیشرفت‌های اخیر در تحلیل داده‌های مکانی، باعث شده است که اطلاعات مکانی به طور دوره‌ای جمع‌آوری شده و مدل‌های کاربردی دقیقی، توسعه داده شوند (حکیم پور، ۱۳۹۶).

روش‌های حل مسائل مکان یابی

یک روش ناشیانه برای حل مسائل مکان یابی، روش شمارش کامل است که در آن برای تمامی ترکیب‌های ممکن، تابع هدف محاسبه شده و در نهایت بهترین جواب انتخاب می‌شود. اگرچه این شیوه به جواب دقیق مسئله منجر می‌شود، اما عملا استفاده از آن غیرممکن است (سیدحسینی، ۱۳۸۸). به همین دلیل محققین تلاش‌های زیادی در توسعه روش‌های موثرتر حل مسائل مکان یابی انجام داده‌اند و مدل‌های ریاضی ومعیارهای متنوعی برای حل مسئله ارائه داده‌اند.

انتخاب روش مکان یابی با توجه به نوع مسئله و اهمیت کاربری مورد نظر تعیین می‌شود (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). برخی از این روش‌ها در گروه روش‌های دقیق جای می‌گیرند. روش‌های دقیق منجر به کشف بهترین جواب برای مسئله می‌شوند (طیبی، ۱۳۹۸). اما مدل‌های ریاضی دقیق، حتی در مسائل ساده مکان یابی نیز به راحتی قابل استفاده نیستند و نیاز به محاسبات پیچیده و زمان‌بر دارند. زمان حل اینگونه مسائل زیاد است و در نتیجه استفاده از روش‌های دقیق چندان منطقی نیست. اینگونه مسائل، جزو مسائل NP-Hard در نظر گرفته می‌شود (شورورزی، ۱۳۹۱؛ تیموری، ۱۳۹۷). مسایل NP-Hard به مسائلی گفته می‌شود که مدت زمان حل مسئله با افزایش ابعاد مسئله به صورت نمایی افزایش می‌یابد. لذا در اغلب اوقات، رویکرد حل دقیق، در زمان معقول به جواب منجر نمی‌شود (عرب امیری، ۱۳۹۳).

روش‌های دقیق در مسائل با ابعاد بزرگ کارایی خود را کاملا از دست می‌دهند و عملکرد بهتری از شمارش کامل ندارند (سیدحسینی، ۱۳۸۸). از همین رو روش‌های اکتشافی، تقریبی و ابتکاری برای حل مسائل مکان یابی و تخصیص منابع، ارائه وتحقیقات زیادی در مورد آنها انجام شده است (شورورزی، ۱۳۹۱؛ طیبی، ۱۳۹۸). روش‌های جستجوی ابتکاری، روش‌هایی هستند که با جستجو بین جواب‌های ممکن، جواب مناسب (نزدیک به بهینه) را ارائه می‌دهند. ویژگی این روش‌ها، این است که معمولا تضمینی برای بهینه بودن جواب وجود ندارد، اما مسئله در زمان منطقی حل می‌شود (عرب امیری، ۱۳۹۳؛ سیدحسینی، ۱۳۸۸).

---

[1] Geospatial information system

انواع روش‌های تصمیم‌گیری برای حل مسائل مکان یابی

روش‌های تصمیم‌گیری به طور کلی به دو دسته روش‌های چندشاخصه[۱] و روش‌های چندهدفه[۲] تقسیم می‌شوند (شکل ۲). برای انتخاب یک مکان از بین چند موقعیت مشخص، از روش‌های چندشاخصه استفاده می‌شود. اما در مواقعی که برای مکان یابی گزینه‌های اولیه‌ای وجود نداشته باشد، از روش‌های چندهدفه استفاده می‌شود (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). غالبا در مسائل تصمیم‌گیری، معیارهای چندگانه‌ای وجود دارد. در گذشته به دلیل نبود روش‌های مناسب، برای حل مسائل بهینه‌یابی چندهدفه، این مسائل، در ابتدا تبدیل به مسئله تک‌هدفه شده و سپس مورد بررسی قرار می‌گرفتند. اما به دلیل تفاوت‌های اساسی بین الگوریتم‌های بهینه‌یابی تک‌هدفه و چندهدفه، تبدیل مسئله چندهدفه به مسئله تک‌هدفه، باعث کاهش دقت پاسخ می‌شود (رشیدی، ۱۳۹۳). به همین دلیل، امروزه به جهت کاهش خطا در تصمیم‌گیری، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندهدفه مورد توجه فراوانی قرار گرفته است (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵).

تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندهدفه ابزار مناسبی برای تصمیم‌گیری در روش‌های مکان یابی می‌باشند. این روش‌ها برای اهداف متنوعی مثل تحلیل مسائل تصمیم‌گیری، می‌توانند گزینه‌های پاسخ را بطور مناسبی تعیین و برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهند (عرب امیری، ۱۳۹۳؛ Eldrandaly, 2005).

انواع روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه

محققین تکنیک‌های مختلفی را برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه ارائه کرده‌اند. این روش‌ها به طور کلی در دو گروه روش‌های تجزیه[۳] و روش‌های مستقیم یا تکاملی طبقه‌بندی می‌شوند (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵؛ رشیدی، ۱۳۹۳). روش‌های تجزیه، قدمت بیشتری دارند. در این روش‌ها، اهداف مختلف، در ابتدا وزن‌دهی شده و سپس به صورت خطی با هم ترکیب می‌شوند تا به یک هدف تبدیل شوند (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵؛ رشیدی، ۱۳۹۳).

در این تکنیک نیاز به دانش تصمیم‌گیران برای رسیدن به توافق درباره اهمیت نسبی هر هدف، برای وزن‌دهی درست به آنها است (رشیدی، ۱۳۹۳). این امر به راحتی ممکن نیست و جواب مسئله، متاثر از نحوه وزن‌دهی به اهداف می‌باشد. از سویی برخی اهداف را به راحتی نمی‌توان کمّی‌سازی کرد.

از همین رو در مسائل پیچیده و بزرگ، روش‌های تجزیه دقت کمی دارند و کارایی خود را از دست می‌دهند (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). روش‌های تجزیه، خود به چهار گروه مجموع وزن‌دار[۴]، برنامه‌ریزی آرمانی[۵] رسیدن به هدف[۶] و تبدیل به قید، تقسیم می‌شوند (Coello, 2007).

---

۱ Multi-Attribute Decision Making

۲ Multi-Objective Decision Making

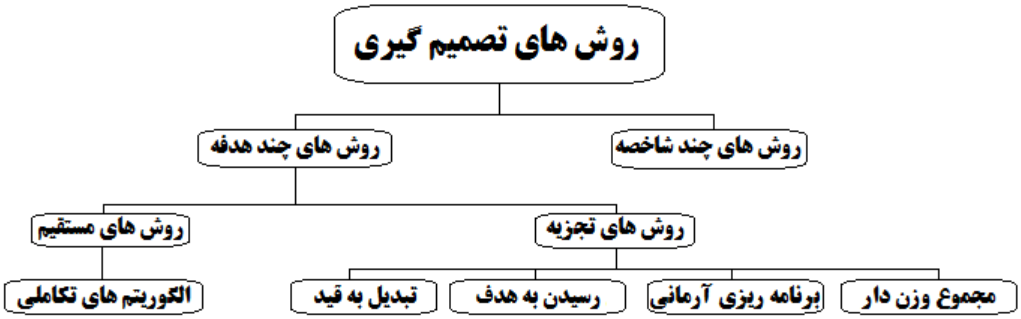
۳ Decomposition

۴ Weighted Sum

۵ Goal Programming

۶ Goal Attainment

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲: انواع روش‌های تصمیم‌گیری

همه این تکنیک‌ها، با روش‌های مختلف، مسئله را برای حل ساده‌سازی می‌کنند. در تبدیل مسئله چندهدفه به مسئله یک‌هدفه، اجبارا بخشی از اطلاعات فضای تصمیم‌گیری از دست می‌رود. این امر باعث کاهش دقت حل می‌شود. در مقابل، روش‌های مستقیم، بهینه‌سازی چندهدفه را به همان صورت چندهدفه تحلیل می‌کنند. این روش‌ها، در ابتدا یک مدل ریاضی ایجاد می‌کنند و سپس آن را تحلیل می‌کنند (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). روش‌های مستقیم شامل الگوریتم‌های تکاملی[۱] مانند NSGA-II[۲] و MOPSO[۳] می‌باشد (Coello, 2007). این مدل‌ها در صورت افزایش تعداد شاخص‌ها و ابعاد زمین به صورت نمایی بزرگ می‌شوند و حل دقیق آنها در زمان عادی ممکن نیست. لذا اینگونه مسائل که به مسائل با مرتبه زمانی غیرچندجمله‌ای معروفند، را بایستی با روشهای فراابتکاری تحلیل کرد (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). روش‌های فراابتکاری برای دستیابی به راه‌حل مسئله، نیاز به اطلاعات کمی درباره مسئله دارند و نتایج قابل قبول‌تری ارائه می‌دهند (رشیدی، ۱۳۹۳).

به طور خلاصه دو تفاوت اصلی بین روش‌های تجزیه و روش‌های مستقیم، می‌توان برشمرد.

- در روش‌های تجزیه، برای تبدیل مسئله چندهدفه به مسئله یک‌هدفه، اجبارا بخشی از اطلاعات مسئله از دست می‌رود و از سویی حل مسئله زمان‌بر می‌باشد، در حالی که در روش‌های مستقیم این مشکل وجود ندارد و مسئله به سرعت حل می‌شود.
- هر بار حل مسئله با روش‌های تجزیه، منجر به یک جواب متفاوت می‌شود، در حالیکه روش‌های مستقیم، همواره مجموعه‌ای از جواب‌ها را ارائه می‌دهند.

روش‌های فرا ابتکاری برای حل مسائل چندهدفه

از زمان پیدایش مسائل مکان یابی تا کنون، روش‌های ابتکاری زیادی برای حل آنها ارائه شده است. اولین روش ابتکاری در سال ۱۹۶۴ توسط کوپر ارائه شد که بنام الگوریتم تکرار مکان یابی و تخصیص شناخته می‌شود (Cooper, 1964). اما در دهه‌های گذشته،

---

[۱] Evolutionary Algorithms

[۲] Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II

[۳] Multi-objective Particles Swarm Optimization

گروه جدیدی از الگوریتم‌ها معرفی شده‌اند که با ترکیب روش‌های ابتکاری در چارچوب‌های کلان‌تر به جستجو در فضای مسئله می‌پردازند. این روش‌ها با عنوان روش‌های فراابتکاری[۱] شناخته می‌شوند (امیری، ۱۳۹۷). لغت فراابتکاری، برای بار نخست توسط گلور[۲] استفاده شده است (Glover, 1989).

یک روش فراابتکاری، در حقیقت، یک روش ابتکاری است که با استفاده از توابع هدف و روش‌های ابتکاری مبتنی بر توابع هدف به حل مسائل می‌پردازد (امیری، ۱۳۹۷). روش‌های فراابتکاری، اصطلاحا مستقل از مسئله[۳] هستند و بدون دانستن مسئله با ارائه یک راه‌حل عمومی، مسئله را با سرعت و دقت مناسب حل می‌کنند. این ویژگی، مهم‌ترین مزیت روش‌های فراابتکاری است.

همه روش‌های فراابتکاری، با مجموعه‌ای از جواب‌های اولیه آغاز می‌شوند. این جواب‌های اولیه به صورت تصادفی و با استفاده از برخی از اطلاعات موجود در مسئله بدست می‌آیند. سپس، با استفاده از مجموعه‌ای از عملیات بر روی جواب‌های موجود، مانند ترکیب دو پاسخ با هم یا جستجو در همسایگی یک جواب، جواب را بهبود می‌دهند. این فرآیند به صورت تکراری بهبود می‌یابد. منظور از جواب در مسائل مکان یابی، یافتن نقاطی است که تسهیلات جدید باید در آنها احداث گردد (Bas, 2015).

مزیت اصلی روش‌های فراابتکاری، وجود مفروضات محدود در فرمول‌بندی مدل است. این مزیت وقتی اهمیت پیدا می‌کند که بدانیم بسیاری از مسائل بهینه‌یابی را نمی‌توان با استفاده از توابع ریاضی فرموله کرد (امیری، ۱۳۹۷). البته بایستی توجه داشت که استفاده از روش‌های فراابتکاری، الزاما دستیابی به جواب بهینه را تضمین نمی‌کنند. اما از سویی تنها روش‌های موجود برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه با شاخص‌های زیاد و ابعاد زمین بزرگ می‌باشند (امین زاده گوهرریزی، ۱۳۹۵). تکنیک‌های فراابتکاری، تکنیک‌هایی ساده و انعطاف‌پذیر هستند، نیاز به مشتق‌گیری ندارند و در دام بهینه‌های محلی نمی‌افتند (رنجبر، ۱۳۹۶)، اما باید توجه داشت که هر روش فراابتکاری خاص، ممکن است برای یک سری از مسائل، جواب‌های رضایت‌بخش ارائه کند و برای مسائل دیگر، نتایج قابل قبول بدست ندهد.

برخی الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مدل‌های بهینه‌یابی چندهدفه عبارتند از: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات، الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، الگوریتم جستجوی ممنوعه[۴]، الگوریتم کلونی مورچگان و ... (شکل ۳). برخی از این الگوریتم‌ها با استفاده از GIS به بهینه‌یابی مسائل مکان یابی می‌پردازند.

---

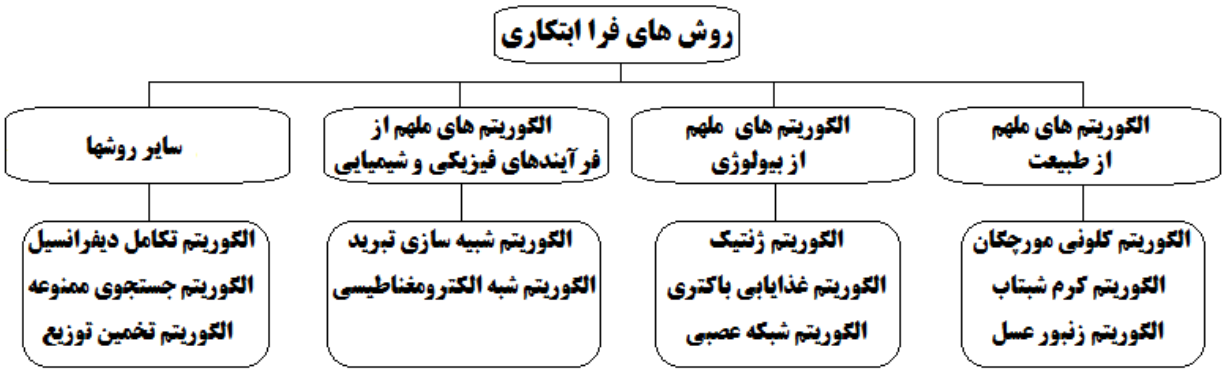
۱ Meta Heuristic

۲ Glover

۳ Problem Independent

۴ Tabu Search

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳: روش‌های فراابتکاری

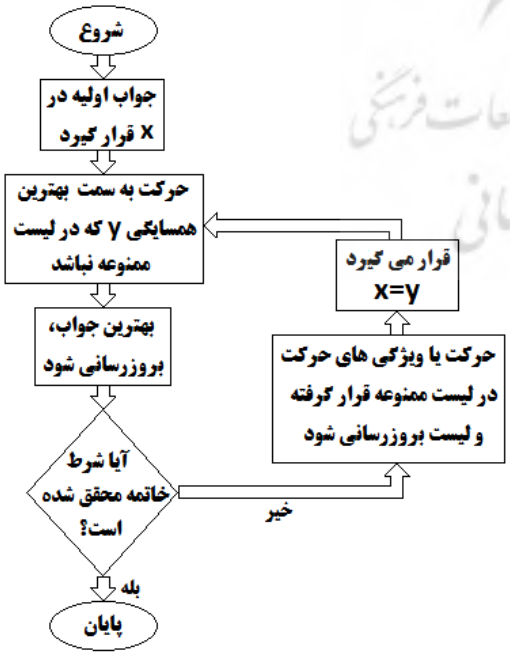
در ادامه به معرفی روش جستجوی ممنوعه که یکی از روش‌های فراابتکاری کارآمد برای حل مسائل مکان یابی است می‌پردازیم.

روش جستجوی ممنوعه برای حل مسائل مکان یابی

ساختار الگوریتم جستجوی ممنوعه

الگوریتم جستجوی ممنوعه، یکی از پرکاربردترین روش‌های فراابتکاری مبتنی بر جستجوی محلی است که در حل مسائل مکان یابی نتایج مناسبی به دست می‌دهد. این روش با یک جواب اولیه برای مسئله، که جواب فعلی نامیده می‌شود، شروع می‌شود. در ادامه این روش برای یافتن جواب بهتر در همسایگی جواب فعلی، شروع به جستجو می‌کند. پس از یافتن جواب بهتر در همسایگی جواب فعلی، جواب جدید به عنوان جواب فعلی در نظر گرفته می‌شود و فرآیند جستجو مجددا تکرار می‌شود. الگوریتم جستجو، هنگامی پایان می‌یابد که برخی از شرایط خاتمه، مثل زمان اجرا، رسیدن به اهداف کیفی مورد نیاز برای پاسخ و یا هر دو محقق شده باشند.

الگوریتم، در طول فرآیند جستجو، مسیر جواب بهینه فعلی و بهترین جواب پیدا شده فعلی را ثبت می‌کند. برای اجتناب از حرکت در مسیر تکراری و در نظر نگرفتن جواب‌هایی که در جستجوهای اخیر (تکرارهای اخیر) بررسی شده‌اند، این روش جابجایی‌های قبلی در همسایگی را در لیست ممنوعه قرار می‌دهد. به همین دلیل به این روش، جستجوی ممنوعه می‌گویند. هنگامی که یک جابجایی به جابجایی‌های ممنوعه وارد شود، این حرکت برای تعدادی تکرار در همان لیست باقی می‌ماند و سپس از آن خارج می‌شود. بنابراین در حین اجرای الگوریتم، لیست جابجایی‌های ممنوعه مرتبا تغییر می‌کند. این مسئله، روش جستجوی ممنوعه را به یک الگوریتم جستجوی حافظه تطبیقی تبدیل می‌کند (Glover, ۱۹۸۹). الگوریتم جستجوی ممنوعه در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: الگوریتم جستجوی ممنوعه

البته محققین ویژگی‌هایی را برای غنی‌سازی

الگوریتم اصلی جستجوی ممنوعه به آن اضافه کرده‌اند، که از بین آنها می‌توان به تابع حافظه میان‌مدت برای افزایش قدرت الگوریتم، تابع حافظه بلندمدت برای ایجاد تنوع در جستجو و شرایط تنفس برای نقض موقت قانون لیست ممنوعه اشاره کرد.

ویژگی‌های دیگری نیز برای افزودن به روش جستجوی ممنوعه پیشنهاد شده است، اما بطور عمومی استفاده نمی‌شود. مثل پرش راهبردی[۱] پیوند مجدد مسیر[۲] استراتژی لیست کاندیداها[۳] و ... .

مولفه‌های روش جستجوی ممنوعه

مولفه‌های روش جستجوی ممنوعه، عبارتند از: جواب اولیه[۴] جابجایی[۵] مدت توقف در لیست ممنوعه[۶] تابع حافظه میان‌مدت[۷] تابع حافظه بلندمدت[۸] شرایط تنفس[۹] پرش راهبردی[۱۰] و معیار خاتمه[۱۱] در ادامه، به معرفی این مولفه‌ها می‌پردازیم.

جواب اولیه

همانند همه روش‌های ابتکاری که مبتنی بر جستجوی محلی هستند، در روش جستجوی ممنوعه، یک نقش اساسی در تنظیم فضای جستجوی اولیه ایفا می‌کند. برخی از استراتژی‌های مرسوم در ایجاد جواب اولیه در روش جستجوی ممنوعه عبارتند از تولید تصادفی جواب اولیه (Al- Sultan, 1999؛ Arostegui, 2006؛ Michel, 2004؛ De los Mozos, 2000)، رویکرد حریصانه (Chen, ۲۰۰۷؛ Lee, 2010؛ Silva, 2009) و تعیین جواب اولیه بر اساس برخی ویژگی‌های مسئله. برخی از محققین نیز از روش‌های فراابتکاری دیگر برای تعیین جواب اولیه استفاده کرده‌اند (Abdinnour-Helm, 1998؛ Ahuja, 2004؛ O'kelly, ۱۹۸۷).

جابجایی

الگوریتم جستجوی ممنوعه برای جستجوی جواب بهینه، با استفاده از مجموعه‌ای از قوانین، از یک جواب به جواب بعدی جابجا می‌شود. مجموعه همه جواب‌هایی که با استفاده از یک جابجایی از پیش تعیین شده از یک جواب موجود، قابل تعیین هستند، همسایگی آن جواب نامیده می‌شوند. دو نوع جابجایی مرسوم در الگوریتم جستجوی ممنوعه عبارتند از جستجوی موضعی (Al-Sultan, 1999؛ De los Mozes, 2000؛ Ohlemuller, 1997؛ Perez, ۲۰۰۳) و تعویض (Perez, 2003؛ Adenso-Diaz, 1997؛ Delmaire, 1999؛ Ghosh, ۲۰۰۳).

زمان توقف در لیست ممنوعه

در روش جستجوی ممنوعه، از زمان توقف به عنوان تابع حافظه کوتاه‌مدت استفاده می‌شود. استفاده از لیست ممنوعه مانع از بازگشت الگوریتم به جوابی می‌شود که در گام‌های اخیر بدست آمده است. در اجرای الگوریتم ممکن است زمان توقف ثابت در نظر گرفته شود (Chen, 2007؛ Sun, 2006؛ calik, ۲۰۰۹) یا به عنوان تابعی از پارامترهای الگوریتم (مثل تعداد تکرارهایی که تا کنون انجام شده است) یا پارامترهای مسئله (مثل ابعاد مسئله) تغییر کند

---

۱ Strategic Oscillation
۲ Path Relinking
۳ Candidate List Strategies
۴ Initial Solution
۵ Move
۶ Tabu Tenure
۷ Intermediate Term Memory Function
۸ Long Term Memory Function
۹ Aspiration Criteria
۱۰ Strategic Oscillation
۱۱ Termination Criteria

(Ohlemuller, 1997؛ Michel, 2004؛ Lee, ۲۰۱۰) و یا حتی ممکن است اندازه آن به صورت تصادفی در یک محدوده از پیش تعیین شده، تغییر داده شود (Adenso-Diaz, 1997؛ Rolland, ۱۹۹۷؛ Arostegui, 2006). دو نوع اول را زمان توقف قطعی و نوع سوم را زمان توقف تصادفی می‌نامند (Salhi, 2002).

حافظه میان مدت

از توابع حافظه میان مدت، در روش جستجوی ممنوعه، برای تسریع در روند جستجو استفاده می‌شود. حافظه میان‌مدت، باعث محدود کردن روند جستجو به مناطقی از فضای حل می‌شود که امید بیشتری به یافتن جواب بهینه در آنها وجود دارد (Sun, 2006).

حافظه بلندمدت

از تابع حافظه بلندمدت برای ایجاد تنوع در جستجو با مراجعه به نواحی جدید در فضای حل استفاده می‌شود. در مقالات مختلف از سه نوع استراتژی متمایز برای تنوع بخشیدن به روند جستجو استفاده شده است.

- شروع مجدد فرآیند جستجو، از جواب‌های اولیه جدید به جای ادامه حل از جواب فعلی (Delmaire, 1999؛ Perez, 2003؛ Silva, 2009).
- جریمه مبتنی بر تکرار برای اجتناب از بازگشت به موقعیت‌هایی که در حرکت‌های اخیر درگیر بوده‌اند (Rolland, 1997؛ Ghosh, 2003؛ Sun, 2006).
- تغییر وضعیت در برخی نقاط تقاضا که به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند، به منظور تغییر در روند فعلی (Ohlemuller, ۱۹۹۷؛ Michel, 2004).
-

شرایط تنفس

شرایط تنفس، مجموعه‌ای از شرایط است که در صورت ارضا شدن، به الگوریتم اجازه می‌دهد که از حرکت‌های ممنوع جهت دستیابی به جواب‌های موجود در همسایگی جواب فعلی استفاده کند (Rolland, 1997؛ Sun, 2006؛ Silva, 2009). روش ایجاد شرایط تنفس به گونه‌ای است که اگر جواب بدست آمده از یک جابجایی ممنوع، بهتر از جواب فعلی باشد، از ممنوعیت جابجایی صرف‌نظر می‌شود (Salhi, 2002).

پرش راهبردی

این مولفه در الگوریتم جستجوی ممنوعه، به فرآیند جستجو اجازه می‌دهد که به امید رسیدن به یک راه‌حل عملی بهتر، در برخی گام‌ها به فضاهای حل غیرعملی منتقل شود. این تکنیک در وهله اول برای پرش از یک ناحیه جستجو به ناحیه دیگر استفاده می‌شود و خود نوعی استراتژی تنوع‌دهی می‌باشد (Rolland, 1997؛ Delmaire, 1999). کالیک[1] و همکاران (۲۰۰۹)، مقاله‌ای که در سال ۲۰۰۹ منتشر کردند، هرگاه در صد گام پیاپی به جواب مناسب نرسیدند، با یک پرش راهبردی به یک همسایه غیرعملی، مسیر جابجایی را اصلاح کردند.

معیار خاتمه

معیارهای معمول برای خاتمه عملیات در روش جستجوی ممنوعه عبارتند از:

- انجام تعداد تکرار مشخص (Adenso-Diez, 1997؛ Abdinnour-Helm, ۱۹۹۸؛ Lee, 2010).

---

[1] Calik

- انجام تعداد تکرار مشخص بدون هرگونه بهبودی در مقدار جواب و یا به عبارتی هنگامی که در تعداد گام مشخصی، بهبود موجهی در جواب پیدا نشود (Salhi, ۲۰۰۲؛ Resende, 2006).
- محدودیت زمانی (Ghosh, 2003؛ Calik, 2009).

ترکیب روش جستجوی ممنوعه با روش‌های فراابتکاری دیگر

برخی محققین، روش‌های فراابتکاری دیگر را با روش جستجوی ممنوعه ترکیب کرده‌اند. مثلا برخی محققین، برای انتخاب جواب اولیه یک مسئله مکان یابی هاب، از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده‌اند (Abdinnour-Helm, 1998؛ Ten, 2007). در مقاله‌ای چن[۱] (۲۰۰۷)با ترکیب روش جستجوی ممنوعه با روش فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید، یک روش فراابتکاری ترکیبی ارائه داده است. گش[۲] (۲۰۰۳) از جستجوی محلی کامل در ترکیب با روش جستجوی ممنوعه استفاده کرد. وایتاناتن[۳](۱۹۹۶) از ترکیب جستجوی ممنوعه و شبکه عصبی برای حل یک مسئله مکان یابی ساده استفاده کرد.

بحث

در این مقاله مروری، در ابتدا مفهوم مکان یابی تشریح شد و انواع مختلف مسائل مکان یابی معرفی شدند. در ادامه انواع روش‌های حل مسائل مکان یابی ارائه و ویژگی‌های هر یک شرح داده شد. و سرانجام روش فراابتکاری جستجوی ممنوعه، به عنوان یکی از روش‌های کارآمد برای حل مسائل مکان یابی معرفی و جزئیات آن تشریح شد.

در این مقاله، همچنین مقالات معتبری در زمینه حل مسائل مکان یابی و نیز روش جستجوی ممنوعه معرفی شدند که می‌توانند، مرجع مناسبی برای محققین باشند.

لازم به ذکر است که هنوز در برخی زمینه‌های مرتبط با الگوریتم جستجوی ممنوعه، مطالعات کافی صورت نگرفته است که عرصه مناسبی برای تحقیق می‌باشد. از جمله این موارد می‌توان به حافظه میان‌مدت، پرش راهبردی و نیز ترکیب روش جستجوی ممنوعه با سایر روش‌های فراابتکاری اشاره کرد.

مراجع

امیری، ج.، توسعه و حل مدل زمانبندی پروژه با در نظر گرفتن منابع از نوع دوگان در حالت مولتی‌مود یا استفاده الگوریتم فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید، پژوهش‌های کاربردی در مهندسی صنایع، ۱۳۹۷، ش. ۱.

امین‌زاده گوهرریزی، ب.، س. توحیدی‌راد و ر. اسدی، بکارگیری الگوریتم NSGA-II برای حل مسائل مکان یابی چندهدفه، فصلنامه مطالعات شهری، ۱۳۹۵،دوره ۱۹.

تیموری، ا.، ف. ابوترابیان، ارائه یک روش حل ترکیبی بر پایه الگوریتم‌های ژنتیک و تبرید شبیه‌سازی شده برای حل مساله مکان یابی-مسیریابی ظرفیت دار، پژوهش‌های کاربردی در مهندسی صنایع، ۱۳۹۷، ش. ۱.

حکیم‌پور، ف.، س. طلعت‌اهری و ا. رنجبر، ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید و فاخته‌ها در مکان یابی رقابتی تسهیلات (مطالعه موردی: بانکها)، مدل‌سازی در مهندسی، ۱۳۹۶، ش. ۴۸.

رشیدی، س.، م. طالعی و ا. نعیمی، ارزیابی و کاربرد الگوریتم ژنتیک در مکان یابی مراکز خرید با شرایط رقابتی، معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۱۳۹۳، ش ۱۳.

رنجبر، ا.، ف. حکیم‌پور و س. طلعت‌اهری، ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری در مکان یابی تسهیلات

[۱] Chen
[۲] Ghosh
[۳] Vaiyhyanathen

مطالعه موردی: بانک‌ها. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۱۳۹۶، دوره ۲۶، ش. ۱۰۱.

سیدحسینی، س.، ر. حیدری، ط. حیدری، حل مساله مکان یابی پایانه‌های شبکه اتوبوس‌رانی درون‌شهری با استفاده از الگوریتم ژنتیک، ۱۳۸۸، ش. ۲۰.

شورورزی، ح.، م. مسگری، ع. علیمحمدی، ح. آقامحمدی، مقایسه قابلیت الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسئله مکان یابی مراکز آتش‌نشانی، مدرس علوم انسانی-برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۳۹۱، دوره ۱۶، ش ۳.

طیبی، ل.، م. یزدانی، مدلسازی مسئله مکان یابی و تخصیص در شرایط بحران زلزله و حل آن به وسیله الگوریتم‌های فراابتکاری، علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۱۳۹۸، ش ۱۵.

قطره‌سامانی، م.، س. حسینی‌مطلق، س. یعقوبی، ع. جوکار، ارائه یک روش فراابتکاری ترکیبی برای مسئله مکان یابی-مسیریابی دوسطحی با شرایط گذاشت و برداشت، ۱۳۹۶، دوره ۵۱، ش. ۱.

عرب‌امیری، م.، م. رفیع‌پور و م. سعدی‌مسگری، مکان یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه و GIS (مطالعه موردی شهر تهران)، آمایش محیط، ۱۳۹۳، ش. ۲۵.

عیدی، ع.، آ. سپاهی، ا. خالقی، ارائه مدل دوهدفه مکان یابی-مسیریابی برای محصولات فاسدشدنی با در نظر گرفتن ماندگاری محصولات، پژوهشنامه بازرگانی، ۱۳۹۸، ش. ۹۲.

عیدی، ع، ج. ارکات و ا. پرهیزگار مهرآبادی، ارائۀ دو روش فراابتکاری برای حل مسئله مکان یابی هاب مرکز ظرفیت‌دار، مدیریت تولید و عملیات، ۱۳۹۶، دوره ۸، ش ۲.

Abdinnour-Helm, S. (1998). A hybrid heuristic for the uncapacitated hub location problem. *European Journal of Operational Research*, ۱۰٦(۲-۳), ٤٨٩-٤٩٩ .

Adenso-Diaz, B., & Rodriguez, F. (1997). A simple search heuristic for the MCLP: Application to the location of ambulance bases in a rural region. *Omega*, *25*(2), 181-187 .

Ahuja, R. K., Orlin, J. B., Pallottino, S., Scaparra, M. P., & Scutellà, M. G. (2004). A multi-exchange heuristic for the single-source capacitated facility location problem. *Management Science*, *50*(6), 749-760 .

Al- Sultan, K. S., & Al- Fawzan, M. A. (1999). A tabu search approach to the uncapacitated facility location problem. *Annals of Operations Research*, *86*, 91-103 .

Alumur, S., & Kara, B. Y. (2008). Network hub location problems: The state of the art. *European Journal of Operational Research*, ۱۹۰(۱), ۱-۲۱ .

Arostegui Jr, M. A., Kadipasaoglu, S. N., & Khumawala, B. M. (2006). An empirical comparison of tabu search, simulated annealing, and genetic algorithms for facilities location problems. *International Journal of Production Economics*, *103*(2), 742-754 .

Basu, S., Sharma, M., & Ghosh, P. S. (2015). Metaheuristic applications on discrete facility location problems: a survey. *Opsearch*, *52*(3), ٥٣٠-٥٦١ .

Calık, H., Alumur, S. A., Kara, B .Y., & Karasan, O. E. (2009). A tabu-search based heuristic for the hub covering problem over incomplete hub networks. *Computers & Operations Research*, *36*(12), 3088-3096 .

Chen, J.-F. (2007). A hybrid heuristic for the uncapacitated single allocation hub location problem. *Omega*, *35*(2), 211-220 .

Coello, C. A. C., Lamont, G. B., & Van Veldhuizen, D. A. (2007). *Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems* (Vol. 5): Springer.

Cooper, L. (1963). Location-allocation problems. *Operations research*, *11(3)*, *331-*343.

Cooper, L. (1964). Heuristic Methods for Location-Allocation Problem. *Siam Review*, *6*, ۱-۱۸ .

Cordeau, J.-F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W., & Vigo, D. (2007). Vehicle routing. *Handbooks in operations research and management science*, *14*, *367,428.*

de los Mozos, M. L., & Mesa, J. (2000). Heuristics for multiple facility location in a network using the variance criterion. *Journal of the Operational Research Society*, *51*(8), ۹۷۱-۹۸۱ .

Delmaire, H., Díaz, J. A., Fernández, E., & Ortega, M .(1999). Reactive GRASP and tabu

search based heuristics for the single source capacitated plant location problem. *INFOR: Information Systems and Operational Research, 37*(3), 194-225 .

Eldrandaly, K. A., Eldin, N., Sui, D. Z., Shouman, M. A., & Nawara, G. (2005). Integrating GIS and MCDM Using COM Technology. *Int. Arab J. Inf. Technol., 2*(2), ۱۶۲-۱۶۷ .

Ghosh, D. (2003). Neighborhood search heuristics for the uncapacitated facility location problem. *European Journal of Operational Research, 150*(1), 150-162 .

Glover, F. (1989). Tabu search—part I. *ORSA Journal on computing, 1*(3), 190-206 .

Lee, J. M., & Lee, Y. H. (2010). Tabu based heuristics for the generalized hierarchical covering location problem. *Computers & Industrial Engineering, 58*(4), 638-645 .

Michel, L., & Van Hentenryck, P. (2004). A simple tabu search for warehouse location. *European Journal of Operational Research,* ۱۵۷(۳), ۵۷۶-۵۹۱ .

Min, H., Jayaraman, V., & Srivastava, R. (1998). Combined location-routing problems: A synthesis and future research directions. *European Journal of Operational Research,* ۱۰۸(۱), ۱-۱۵ .

Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing: Issues, models and methods. *European Journal of Operational Research,* ۱۷۷(۲), ۶۴۹-۶۷۲ .

O'kelly, M. E. (1987). A quadratic integer program for the location of interacting hub facilities. *European Journal of Operational Research, 32*(3), 393-404 .

Ohlemüller, M. (1997). Tabu search for large location–allocation problems. *Journal of the Operational Research Society, 48*(7), 745-750 .

Pérez ,J. A. M., Moreno-Vega, J. M., & Martın, I. R. (2003). Variable neighborhood tabu search and its application to the median cycle problem. *European Journal of Operational Research, 151*(2), 365-378 .

Resende, M. G., & Werneck, R. F. (2006). A hybrid multistart heuristic for the uncapacitated facility location problem. *European Journal of Operational Research,* ۱۷۴(۱), ۵۴-۶۸ .

Rolland, E., Schilling, D. A., & Current, J. R. (1997). An efficient tabu search procedure for the p-median problem. *European Journal of Operational Research, 96*(2), 329-342 .

Salhi, S. (2002). Defining tabu list size and aspiration criterion within tabu search methods. *Computers & Operations Research,* ۲۹(۱), ۶۷-۸۶ .

Schilling, D. A. (1980). Dynamic location modeling for public- sector facilities: A multicriteria approach. *Decision Sciences,* ۱۱(۴), ۷۱۴-۷۲۴ .

Silva, M. R., & Cunha, C. B. (2009). New simple and efficient heuristics for the uncapacitated single allocation hub location problem. *Computers & Operations Research,* 36(12), 3152-3165.

Sun, M. (2006). Solving the uncapacitated facility location problem using tabu search. *Computers & Operations Research, 33*(9), ۲۵۶۳-۲۵۸۹ .

Tan, P. Z., & Kara, B. Y. (2007). A hub covering model for cargo delivery systems. *Networks: An International Journal, 49*(1), 28-۳۹ .

Vaithyanathan, S., Burke, L. I., & Magent, M. A. (1996). Massively parallel analog tabu search using neural networks applied to simple plant location problems. *European Journal of Operational Research, 93*(2), 317-330 .

Weber, A & ,.Friedrich, C. J. (1929). Alfred Weber's theory of the location of industries .

The use of the Tabu search metaheuristic to solve location problems: a review

Alireza Bitaraf [1]

Abstract

In this paper, a detailed review of the application of the Tabu search method on location problems is reviewed. For this purpose, first the concept of locationing and different types of location problems are introduced and then the components of the Tabu search method are described in detail. The purpose of locationing is to find new suitable locations for setting up facility location. Today, increasing competition between companies has made it very important to study location problems. There are various methods for solving location problems. In recent decades, various metaheuristic methods have been introduced to solve such problems. Ultra-innovative methods use innovative ideas to solve problems with large data and dimensions. One of the metaheuristic methods is the tabu search algorithm, which is based on local search and gives desirable results in solving location problems. This algorithm has various components which are introduced in detail in this paper. The components that some researchers have added to this method to improve its performance are also introduced.

Keywords: location problems, metaheuristic methods, Tabu search method

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی