Archive of SID

مکان‌یابی با روش مونت کارلو و تلفیق آن با الگوریتم‌های جست‌وجوی خام و ژنتیک با رویکرد پردازش تصویر (مطالعهٔ موردی: جایگاه سوخت در شهر تبریز)

رامین نعمتی[1] و جواد رهبر شهروزی[2،*]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۹۷/۰۳/۳۰
پذیرش مقاله: ۹۷/۱۰/۱۲

واژگان کلیدی:
مکان‌یابی،
مونت کارلو،
جست‌وجوی خام،
الگوریتم ژنتیک،
جایگاه سوخت.

چکیده

هدف از این پژوهش، یافتن مکانی بهینه برای احداث واحد جدید در داخل محدودهٔ شهری و افزودن آن به مجموعهٔ موجود است؛ به نحوی که متوسط فاصلهٔ پیموده‌شده توسط هر کاربر تا نزدیک‌ترین واحد، به کمترین مقدار ممکن برسد. بدین منظور با استفاده از روش مونت‌کارلو و تلفیق آن با دو روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک و با استفاده از ابزارهای پردازش تصویر که برای تصحیح نقشه و حذف مناطق برون‌شهری به کار برده شد، به مدل‌سازی و حل مسئله پرداخته شده است. در این مقاله که برای مورد مطالعاتی شهر تبریز و احداث واحد جدید پمپ بنزین صورت گرفته، تعداد ۴۰,۰۰۰ نفر کاربر به صورت تصادفی و با توجه به تراکم جمعیت هر منطقه، در داخل شهر انتخاب شدند و متوسط فاصلهٔ هر یک از آن‌ها از نزدیک‌ترین ایستگاه محاسبه شد. در ادامه، با استفاده از دو الگوریتم ذکرشده، واحد جدید به نحوی افزوده شد که این فاصله به کمترین مقدار خود برسد. با در نظر گرفتن کاربران تصادفی یکسان برای هر دو روش، الگوریتم ژنتیک با تعداد جمعیت اولیه ۶۰ نفر، تعداد ۳۰ نسل و نرخ جهش ۰/۲، هم به لحاظ کاهش متوسط فاصله و هم به لحاظ زمان محاسبات، نتایج بهتری را نسبت به روش جست‌وجوی خام با ۵۰۰۰ جست‌وجو ارائه می‌دهد. متوسط فاصله کاربران قبل از افزودن واحد جدید ۲۱۰۵ متر است که با افزودن واحد جدید پمپ بنزین از روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک، این فاصله به‌ترتیب به ۱۹۰۸ و ۱۹۰۱ متر کاهش می‌یابد.

۱- مقدّمه

با توجه به آمار ارائه‌شده در سال ۲۰۱۴، بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و حدود ۱/۳ میلیون نفر در هر هفته از مناطق غیر شهری به شهرها مهاجرت می‌کنند که این میزان مهاجرت در کشورهای در حال توسعه ۳ میلیون نفر در هفته است. با تداوم این روند افزایش جمعیت شهری، احتمالاً تا سال ۲۰۵۰، حدود ۶۶ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن خواهند شد. این روند روبه‌رشد شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای خدمات مختلف در شهرها خواهد شد که مستلزم برنامه‌ریزی صحیح برای احداث واحدهای خدماتی جدید است که در رأس آن، انتخاب مکانی مناسب برای این واحدها توجه ویژه‌ای می‌طلبد [۱].

اولین و مهم‌ترین چالش در احداث واحدهای خدماتی جدید، یافتن مکانی مناسب و بهینه برای آن‌ها است. چالش مکان‌یابی از اوایل قرن بیستم مورد توجه بوده و از دهۀ ۱۹۶۰ مطالعاتی گسترده دربارۀ آن انجام شده است [۲]. در این میان، مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت‌گیری، بیشتر

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: shahrouzi@sut.ac.ir
۱. کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند
۲. دانشیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

www.SID.ir

Archive of SID

مورد توجه قرار گرفته است؛ زیرا از یک سو مکان ایستگاه‌های سوخت‌گیری، شبکهٔ حمل و نقلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طرفی سرانهٔ مصرف انرژی کشور را که یکی از مهم‌ترین مباحث اقتصادی به شمار می‌رود، متأثر می‌سازد [۳]. انتخاب مناسب محل ایستگاه‌های سوخت‌گیری، مزایایی بسیار همچون کاهش زمان و طول سفر سوخت‌گیری، افزایش کیفیت تردد، صرفه‌جویی اقتصادی، عدم تشکیل گره‌های ترافیکی و رفاه شهروندان را به دنبال خواهد داشت [۳ و ۴]. از سوی دیگر، انتخاب نامناسب محل ایستگاه‌های سوخت‌گیری، تبعاتی چون افزایش قابل توجه مسافت و زمان سفر، اتلاف زمانی، ازدحام در برخی ایستگاه‌ها و نارضایتی ساکنان و کاربران، افزایش ترافیک و افزایش آلودگی را به همراه دارد [۵].

عوامل متعددی در تعیین محل مناسب برای ایستگاه‌های سوخت‌گیری دخیل‌اند؛ از جمله این عوامل می‌توان فاصله طولی، فاصله زمانی، ارزش زمین، میزان تقاضا، قابلیت دسترسی، ایمنی، آلودگی هوا و محیط زیست، میزان فروش ایستگاه، جمعیت مناطق، صرفهٔ اقتصادی، جغرافیای محل، سیاست‌های دولت، نزدیکی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، دوری از فضای سبز و دوری از دیگر ایستگاه‌های سوخت‌گیری را نام برد؛ اما باید به این نکته توجه کرد که در نظر گرفتن تعداد زیادی از این پارامترها با اینکه ممکن است دقت محاسبات و نتایج را بیشتر کند؛ باعث پیچیدگی مسئله و مستلزم استخراج انبوهی از اطلاعات نیز خواهد بود که در اغلب اوقات دسترسی به آن‌ها غیرممکن است. بنابراین باید عواملی را مدّ نظر داشت که تأثیر بیشتری در انتخاب محل دارند [۶،۳،۲].

در انتخاب پارامترهای مؤثر برای احداث واحدهای خدماتی باید به این نکته توجه داشت که هدف از ایجاد این واحدها، افزایش سود یا کاهش هزینه‌های مالک واحد نیست؛ بلکه بیشتر، هدف ایجاد عدالت اجتماعی، تسهیلات عام‌المنفعه و آسایش مشتریان است [۳ و ۷].

با این توضیحات و با توجه به اینکه تحقیقات تجربی متعددی نشان می‌دهد رانندگان علاقه‌مند هستند که ایستگاه‌های سوخت‌گیری در نزدیکی محل زندگی آن‌ها باشد، مسافت (طول سفر)، مهم‌ترین پارامتری است که می‌توان در نظر گرفت؛ زیرا در نظر گرفتن این پارامتر و کمینه کردن مقدار آن، علاوه بر آسایش مشتریان و ایجاد عدالت اجتماعی، باعث کاهش آلودگی، کاهش ترافیک و صرفهٔ اقتصادی برای مشتریان خواهد شد [۸].

مدل‌های مکان‌یابی در حالت کلی به دو دسته مدل‌های پیوسته و مدل‌های گسسته تقسیم می‌شوند [۹]. در مدل‌های گسسته، تمام فضای جواب مد نظر نیست و تنها تعدادی از نقاط کاندیدا که به دقت انتخاب شده‌اند، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته، یک یا چند نقطه به‌عنوان مکان بهینه معرفی می‌شود. در طرف مقابل، در مدل‌های پیوسته، مکان بهینه در هر نقطه‌ای از فضای جواب می‌تواند انتخاب شود که در نتیجه، مکان بهینه با دقت بالاتری انتخاب می‌گردد؛ اما مکان‌یابی در حالت پیوسته نیازمند حجم محاسباتی بالا و اطلاعات جامع است که اغلب در دسترس نیست. بنابراین مدل‌های مکان‌یابی اغلب به صورت گسسته مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۲].

همچنین برای حل مسئله مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت، در بیشتر موارد، مدل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یا مدل‌های تحقیق در عملیات مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی با مشخص کردن پتانسیل هر نقطه و استفاده از چندین لایه که هر لایه نشان‌دهندهٔ هر پارامتر است، به حل مسئلهٔ مکان‌یابی پرداخته می‌شود. در این روش‌ها نقاط کاندیدا از قبل مشخص هستند و انتخاب نقطهٔ بهینه از میان آن‌ها خواهد بود. این روش‌ها ابزاری قوی برای بررسی و ارزیابی مسائل گوناگون شهری هستند؛ ولی در آن‌ها از روش ریاضی و عددی برای حل مسئله استفاده نمی‌شود [۱۰].

مدل‌های دیگر که به مدل‌های تحقیق در عملیات موسوم‌اند، مبتنی بر روش‌های ریاضی‌اند که در صورت وجود اطلاعات کافی و لحاظ کردن پارامترهای مختلف، جواب‌های دقیق‌تری را ارائه می‌دهند. روش‌های تحقیق در عملیات برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت، اغلب به سه دسته‌ی عمده تقسیم می‌شوند [۸ و ۱۱]. دسته اول از این مدل‌ها، مدل p-میانه است که اولین بار توسط حکیمی در سال ۱۹۶۴ به کار برده شد. این روش که یکی از روش‌های پرکاربرد در آنالیز مکان بهینه تسهیلات است، یک مدل تخصیص محل[1] بوده که در آن تعداد p واحد از تسهیلات در مکان‌های کاندیدا انتخاب و ارزش هر یک از نقاط تقاضا

[1] Location-allocation

www.SID.ir

Archive of SID

از این محل‌های کاندیدا مشخص می‌شود و مکان بهینه از میان آن‌ها انتخاب می‌گردد. استفاده از روش p-میانه در تعیین محل هر واحد جدید، باعث انتخاب واحدهای نزدیک به محل زندگی افراد می‌شود؛ بنابراین کارایی مناسبی در تعیین محل ایستگاه‌های سوخت خواهد داشت [۸ و ۱۱].
دومین مدل از مدل‌های مکان‌یابی که توسط گودچیلد و نورونها ارائه شد، یک مدل دوهدفه بود که هدف اول آن همانند مدل اول، نزدیک‌تر کردن ایستگاه‌ها به افراد و هدف دوم آن افزایش جریان ترافیک از تمامی ایستگاه‌های سوخت‌رسانی بود. به عبارت دیگر ایستگاه‌ها در مسیرهایی انتخاب می‌شوند که حداکثر تردد ممکن از آن‌ها صورت بگیرد. سومین مدل که توسط آپ چرچ و کوبی توسعه داده شد، همانند مدل دوم، جریان ترافیک را به‌عنوان پارامتر اصلی در انتخاب محل ایستگاه در نظر می‌گرفت، با این تفاوت که در این روش مسیرهای حرکت دو بار شمارش نمی‌شوند و همچنین به جای مسیرهای منحنی، مسیر واقعی حرکت در نظر گرفته می‌شود [۸ و۱۱].
از جمله روش‌هایی که می‌تواند پدیده‌ها با ماهیت تصادفی را به‌خوبی توصیف و شبیه‌سازی کند، روش شبیه‌سازی تصادفی مونت کارلو است. این روش ابتدا توسط اولام و نیومن به کار برده شد و بعدها به صورت گسترده‌تر توسط دیگر محققان مورد مطالعه قرار گرفت [۱۲]. روش مونت کارلو بر پایهٔ نمونه‌های تصادفی تکراری و آنالیزهای آماری به محاسبهٔ نتایج و تخمین توابع ریاضی و سیستم‌های پیچیده می‌پردازد و بیشتر در تحلیل فرایندهای تصادفی گسسته و پدیده‌هایی که عدم قطعیت در ورودی دارند، به کار می‌رود. این ویژگی روش مونت کارلو باعث شده است کاربردهای وسیعی از آن در بسیاری از علوم، به‌ویژه علوم مهندسی مشاهده شود. محاسبات انتگرالی، بررسی دینامیک سیالات، محاسبات شیمی کوانتوم و بررسی حرکت ذرات در داخل رآکتور هسته‌ای، از جمله مثال‌های مشهور در این زمینه هستند [۱۲ و ۱۳]. با توجه به اینکه هر شهر مجموعه‌ای از تعداد بسیار زیادی خودرو در حال حرکت یا ساکن است که به شکلی نامنظم پراکنده شده‌اند و توزیع آن‌ها ماهیتی تصادفی دارد، به‌راحتی می‌توان دیدگاه تصادفی مونت کارلو را در مورد تحلیل آن‌ها به کار برد و از محاسبات مربوط به آن بهره گرفت.
در این تحقیق با استفاده از روش p-میانه به حل مسئلهٔ مکان‌یابی برای احداث واحد جدید پمپ بنزین در داخل محدودهٔ شهر تبریز پرداخته شده و هدف، یافتن مکانی است که با افزودن آن مکان، متوسط فاصله‌ای که کاربران برای رسیدن به نزدیک‌ترین پمپ بنزین طی می‌کنند، کمینه شود. در این تحقیق پس از اعمال تصحیحات بر روی نقشهٔ اصلی و تولید کاربران به صورت تصادفی و پخش آن‌ها بر روی فضای نقشه، با استفاده از دو روش به حل مسئله پرداخته شده است. در روش اول، نقاط کاندیدای فراوانی به صورت تصادفی بر روی محیط نقشه انتخاب شده، با استفاده از روش جست‌وجوی خام، یکی از آن‌ها به‌عنوان مکان بهینه انتخاب می‌شود. در روش دوم به جای انتخاب نقاط فراوان، با استفاده از الگوریتم ابتکاری ژنتیک، به حل مسئله پرداخته شده است. هر دو روند با استفاده از مفهوم روش مونت کارلو، چندین بار تکرار می‌شود تا نتایج مطلوب به دست آید. در این مقاله پس از بیان مقدّمه، ابتدا به مرور تحقیقات قبلی و در ادامه به بیان مسئله و نحوهٔ مدل‌سازی ریاضی آن پرداخته می‌شود. سپس نحوهٔ به‌کارگیری الگوریتم‌های جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله مکان‌یابی توضیح داده شده، نتایج حاصل، در انتهای مقاله مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مروری بر تحقیقات

هاتلینگ اولین کسی بود که در سال ۱۹۲۹ مسئله مکان‌یابی را مطرح کرد. او تحقیقات خود را برای مکان‌یابی در یک خیابان انجام داد [۱۴]؛ اما روش p-مرکز برای مکان‌یابی که اولین بار توسط حکیمی مدل شد، نقطه عطفی برای محاسبات مربوط به مکان‌یابی در نظر گرفته می‌شود. او تلاش کرد با استفاده از این روش، مکان مناسبی برای تعیین مراکز تعویض در شبکه‌های ارتباطی و همچنین تعیین محل ایستگاه پلیس ارائه دهد [۱]. با توجه به اینکه این مدل برای مقیاس‌های بزرگ کارا نبود، اشکال توسعه‌یافتهٔ این مدل توسط محققان بعدی ارائه شد [۷]. این اشکال توسعه‌یافته، اغلب برای حل مسئله مکان‌یابی، از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری برای مسائل با ابعاد بزرگ استفاده کرده یا روشی برای کاهش زمان محاسبات ارائه می‌کردند [۱۵ و ۱۶]. محققان دیگری نیز مسئله مکان‌یابی را برای کاربردهای دیگر همچون یافتن مکان مناسب انبار در زنجیرهٔ تأمین، یافتن پناهگاه مناسب در شبکه‌های امدادرسانی، یافتن محل امکانات اجاره‌ای مثل محل کرایه دوچرخه، مورد بررسی قرار دادند [۱۷-۱۹]. تلاش برای یافتن مکان بهینه برای احداث واحد جدید سوخت‌گیری با

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از روش p-مرکز توسط گودچیلد و نورونها و دیگر محققان مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها استفاده از روش p-مرکز را یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای یافتن ایستگاه سوخت بیان کردند [۲۰-۲۳]. لین و همکاران، دیدگاهی جدید در مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت ارائه دادند. این دیدگاه بر پایه روش p-میانه بود؛ ولی در آن به جای توزیع جمعیت، نقاط کاندیدا و کاربران وزن‌دهی می‌شدند [۲۴]. ملندز و همکاران، با در نظر گرفتن مسیرهایی که حداقل ۲۰۰۰۰ خودرو در آن تردد داشتند، به مطالعهٔ مکان ایستگاه‌های سوخت بر مبنای حجم ترافیک پرداختند و محققانی دیگر، مدل‌های پیشرفته‌تر از این روش را توسعه دادند [۲۵-۲۷]. کرزمن و همکارانش، از جمله کسانی بودند که مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت را با در نظر گرفتن روش مونت کارلو مطالعه کردند. آن‌ها در تحقیق خود، با استفاده از اطلاعات ترافیکی شهر مورد مطالعه، به مسیرهای حرکت خوردوها وزن‌دهی کردند و در ادامه به صورت تصادفی، موقعیت چند پمپ بنزین را در داخل فضای شهر انتخاب کرده، با استفاده از تابع گاوس مقدار پوشش هر یک از این ایستگاه‌ها را مشخص ساختند. پس از تعیین محل تصادفی ایستگاه‌ها و تخصیص میزان پوشش، آن‌ها با استفاده از روش مونت کارلو سعی کردند این نقاط تصادفی را جابه‌جا کرده، به حالت بهینه ایستگاه‌ها دست یابند؛ به طوری که حداکثر پوشش ایستگاه‌ها به دست آید [۲۸].

در ایران نیز اغلب تحقیقات صورت‌گرفته برای مکان‌یابی با استفاده از روش‌های GIS است و تعداد کمی از مطالعات، از روش‌های ریاضی برای مکان‌یابی بهره جسته‌اند. به‌عنوان مثال، حاجی حسینلو و کبیری پارامترهای مؤثر در مکان بهینه ایستگاه‌های سوخت را با نظرسنجی از افراد متخصص و افراد محلی گردآوری کرده، با استفاده از روش GIS به مکان‌یابی ایستگاه سوخت در شهر اصفهان پرداختند [۳]. شریعتمداری و همکاران نیز با هدف کمینه کردن زمان سفر سوخت‌گیری، با استفاده از یک مدل ریاضی و حل آن با استفاده از روش ابتکاری، به یافتن مکانی برای احداث واحد CNG در شهر اصفهان پرداختند. آن‌ها در این تحقیق، حداکثر کردن سطح خدمات و حداقل کردن هزینه‌ها را نیز به‌عنوان اهداف دیگر، مورد مطالعه قرار دادند [۱۰].

زیاری و حسین مردی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) احداث ایستگاه سوخت CNG را در شهر تهران مورد بررسی قرار دادند [۴]. اصلانی و آل شیخ با استفاده از روش GIS به مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت کوچک پرداختند. با توجه به اینکه یکی از مشکلات اساسی در استفاده از این روش، مشکل وزن‌دهی به نقاط کاندیدا است، آن‌ها راهکارهای غلبه بر مشکل وزن‌دهی برای نقاط کاندیدا را بررسی کردند و به مقایسهٔ این روش‌ها پرداختند [۶]. با توجه به اینکه اغلب روش‌های مورد استفاده برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت، مبتنی بر GIS است، یکی از نوآوری‌های این مقاله، مدل‌سازی و حل ریاضی مسئله مکان‌یابی با استفاده از روش مونت کارلو است که باعث بررسی گسترهٔ وسیعی از جواب‌های ممکن در یک محیط پیوسته می‌شود. نوآوری دیگر مقاله، تلفیق مدل ریاضی مذکور با ابزارهای پردازش تصویر است که منجر به توصیف آسان قیود مسئله می‌شود که بیان آن با روش‌های ریاضی دشوارتر است.

۳- بیان مسئله

در این مقاله به ارائه روشی برای یافتن مکان بهینه برای احداث واحد جدید پمپ بنزین با استفاده از مدل‌سازی ریاضی بر مبنای روش مونت کارلو و حل مسئله با الگوریتم‌های جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه انتخاب کاربران در این روش به صورت تصادفی بوده، جواب‌های حاصل قطعی نخواهند بود؛ با این وجود استفاده از روش مونت کارلو که بر پایه تکرار بنا شده است، دیدگاهی مناسب برای نزدیک‌تر کردن جواب نهایی به جواب قطعی خواهد بود. همچنین در خلال مدل‌سازی، از ابزارهای پردازش تصویر متلب و فتوشاپ نیز برای مقید کردن مسئله استفاده می‌شود که جایگزین مناسبی برای عبارت‌های ریاضی متعدد خواهند بود. در بخش نخست به بیان مسئله پرداخته می‌شود و در ادامه توضیح روش مونت کارلو، الگوریتم جست‌وجوی خام، الگوریتم ژنتیک و نحوهٔ حل مسئله با استفاده از آن‌ها ارائه خواهد شد.

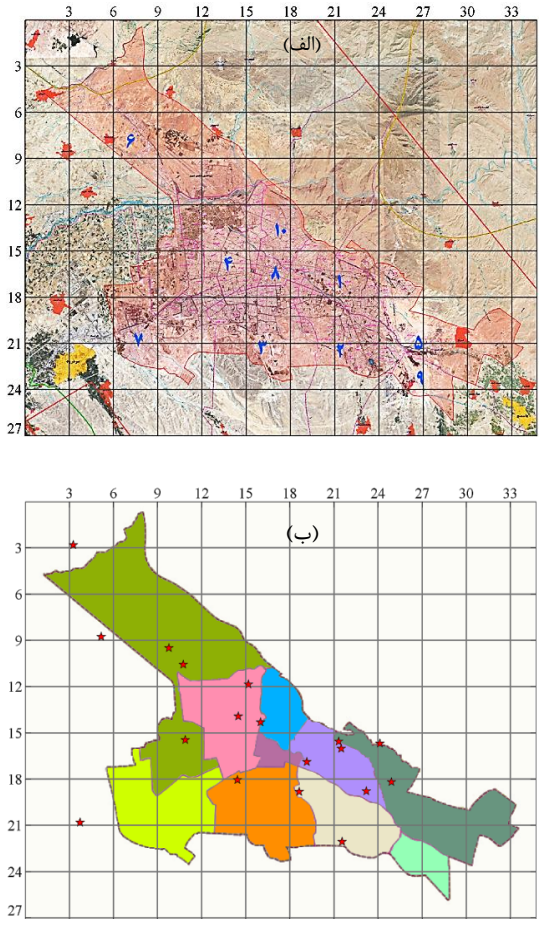
۳-۱- روش مدل‌سازی

برای حل مسئلهٔ مکان‌یابی در حالتی که تنها متغیر مسئله پارامتر مسافت است، باید مسئله به گونه‌ای مدل‌سازی شود که با مشخص شدن مختصات محل پمپ بنزین جدید و احداث آن، متوسط فاصله‌ای که هر کاربر برای دسترسی به نزدیک‌ترین ایستگاه پمپ بنزین طی می‌کند، به کمترین مقدار ممکن برسد. در ابتدا و در حالتی که پمپ بنزین

www.SID.ir

Archive of SID

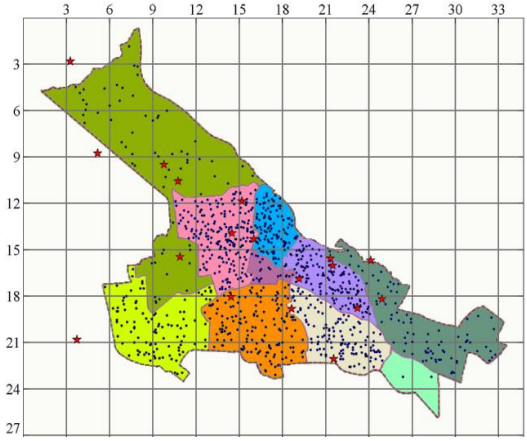
جدیدی افزوده نشود، متوسط فاصلهٔ پیموده‌شده توسط هر کاربر برای دسترسی به نزدیک‌ترین پمپ بنزین به این صورت محاسبه می‌شود که ابتدا نقشه اصلی شهر تبریز برای سهولت در انجام عملیات مدل‌سازی، به قسمت‌های رنگی و سفید تبدیل می‌شود؛ به طوری که هر ناحیه رنگی نشان‌دهندهٔ یکی از مناطق ده‌گانه شهرداری تبریز باشد و رنگ سفید، مناطق برون‌شهری را نشان دهد. با این کار می‌توان محاسبات را محدود به نقاط داخل شهری کرد و مانع از انجام محاسبات بیهوده و ایجاد جواب‌های خارج از محدوده شد. در ادامه، مختصات پمپ بنزین‌های موجود در داخل شهر که از نرم‌افزار گوگل مپز (با محاسبات طول و عرض جغرافیایی) جمع‌آوری شده، بر روی نقشه‌ی تبدیل‌شده مشخص می‌شود [۲۹]. در شکل ۱-الف) و (۱-ب) به‌ترتیب نقشهٔ اصلی و نقشهٔ تبدیل‌شده شهر تبریز به همراه مختصات پمپ بنزین‌های آن (نقاط ستاره)، با مقیاس کیلومتر نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشهٔ شهر تبریز: الف. اصلی، ب. بعد از تبدیل به مناطق رنگی با ابزار ویرایش تصویر [۳۰]

در مرحلهٔ بعد، تعدادی کاربر به صورت تصادفی بر روی نقشه ایجاد می‌شوند. انتخاب این کاربران بر روی سطح شهر با توجه به تراکم جمعیت هر منطقه که از آمار سرشماری سال ۱۳۹۵ استخراج شده است [۳۱] صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، در مناطق با تراکم جمعیت بیشتر، نقاط تصادفی بیشتری انتخاب می‌شود و برعکس.

پس از انتخاب و پخش این نقاط تصادفی بر روی فضای نقشه، با استفاده از ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب، آن دسته از کاربرانی که در قسمت خارج از محدودهٔ شهری انتخاب شده‌اند، حذف می‌شوند و فقط کاربرانی که در داخل محدودهٔ شهری باشند، برای ادامهٔ محاسبات بررسی می‌گردند. شکل (۲) کاربرانی را که به صورت تصادفی و در داخل شهر انتخاب شده‌اند، با دایره‌های کوچک نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایش کاربران ایجادشده تصادفی درون شهر تبریز با دایره‌های آبی

درصورتی‌که m پمپ بنزین موجود باشد و n کاربر به صورت تصادفی در سطح شهر ایجاد شود، فاصلهٔ کاربران از ایستگاه‌های موجود به صورت جدول ۱ خواهد بود.

جدول ۱- فاصله هر کاربر از پمپ بنزین‌های موجود

پمپ / کاربر	۱	۲	۳		m
۱	$d_{۱۱}$	$d_{۱۲}$	$d_{۱۳}$	...	$d_{۱m}$
۲	$d_{۲۱}$	$d_{۲۲}$	$d_{۲۳}$	...	$d_{۲m}$
۳	$d_{۳۱}$	$d_{۳۲}$	$d_{۳۳}$	...	$d_{۳m}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	$d_{i۱}$	$d_{i۲}$	$d_{i۳}$	...	d_{im}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$d_{n۱}$	$d_{n۲}$	$d_{n۳}$	...	d_{nm}

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن، d_{ij} فاصلهٔ مستقیم کاربر iام از پمپ بنزین jام است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{ij} = \sqrt{(Xc_i - Xs_j)^2 + (Yc_i - Ys_j)^2} \qquad (۱)$$

که Xc_i و Yc_i مختصات کاربر iام و Xs_j و Ys_j مختصات ایستگاه jام است. از میان تمامی پمپ بنزین‌های موجود، پمپ بنزینی برای کاربر iام مطلوب خواهد بود که نزدیک‌ترین فاصله را با آن داشته باشد. بنابراین کمترین فاصلهٔ هر کاربر از تمامی واحدها انتخاب و متوسط آن‌ها محاسبه می‌شود. با این توضیحات، متوسط فاصله‌ای که کاربران شهر تبریز طی می‌کند تا به نزدیک‌ترین ایستگاه پمپ بنزین برسند، از رابطهٔ زیر محاسبه خواهد شد:

$$D1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \min(d_{ij}),\ j = 1,2,...,m \qquad (۲)$$

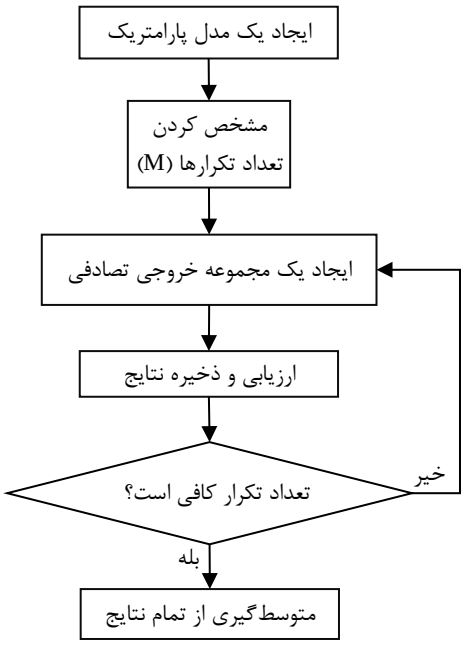
که در آن، $D1$ متوسط فاصله‌ای است که هر کاربر می‌پیماید تا برای سوخت‌گیری به نزدیک‌ترین پمپ بنزین از میان m پمپ بنزین موجود برسد.

در صورتی که بخواهیم پمپ بنزین جدیدی (پمپ بنزین شماره $m+1$) را به مجموعهٔ پمپ بنزین‌های موجود اضافه کنیم، باید مسئله بهینه‌سازی زیر، با در نظر گرفتن قیدهای آن حل شود:

$$D2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \min(d_{ij}),\ j = 1,2,...,m,m+1 \qquad (۳)$$

که در آن $D2$ متوسط فاصلهٔ n کاربر از نزدیک‌ترین پمپ بنزین موجود با افزودن پمپ بنزین $(m+1)$ام است. در این مسئله مختصات پمپ بنزین $(m+1)$ام که به صورت (Xs_{m+1}, Ys_{m+1}) است، مجهول بوده که توسط الگوریتم‌های ذکرشده محاسبه می‌شود. همچنین همانند حالت قبل، قیدهای مسئله بدین صورت خواهد بود که فضای جواب فقط نقاط داخل شهری است. به دلیل اینکه بیان ریاضی این قید غیرممکن است، از ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب برای کنترل جواب‌ها استفاده شده است؛ بدین صورت که عدد تصادفی تولیدی اگر بر روی فضای سفیدرنگ (خارج شهر) بیفتد، آن عدد نادیده گرفته خواهد شد.

روش شبیه‌سازی مونت کارلو به این صورت است که پس از تعریف مسئله، یک مجموعه جواب به صورت تصادفی تولید شده، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر تولید و ارزیابی این جواب‌ها به تعداد زیاد تکرار شود، جواب نهایی که متوسطی از تمامی جواب‌های حاصل است، به جواب قطعی نزدیک‌تر خواهد شد. در شکل (۳) مراحل شبیه‌سازی تصادفی مونت کارلو نشان داده شده است. این روند در این تحقیق نیز بدین روال مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳].



شکل ۳- مراحل روش شبیه‌سازی تصادفی مونت کارلو

پس از انجام مدل‌سازی، برای یافتن مکان بهینه ایستگاه جدید از دو روش مذکور، یعنی روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک که با روش مونت کارلو تلفیق داده شده‌اند، استفاده می‌شود. در ادامه، مبانی روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک و نحوهٔ حل مسئله با استفاده از آن‌ها به‌ترتیب توضیح داده می‌شوند.

۳-۲- روش جست‌وجوی خام

روش جست‌وجوی خام یکی از ابتدایی‌ترین روش‌ها برای حل مسئله است که در آن تمامی نقاط کاندیدای موجود در فضای جواب به‌ترتیب مورد بررسی قرار می‌گیرد و ارزش هر یک از آن‌ها محاسبه و نقطه‌ای به‌عنوان جواب نهایی انتخاب می‌شود که تطابق بیشتری با شرایط مسئله داشته باشد. در حالت خاص که تعداد حالت‌های ممکن برای بررسی جواب مسئله بسیار زیاد باشد، تعداد قابل قبولی از آن‌ها به‌عنوان نقاط کاندیدا به صورت تصادفی در محیط جواب انتخاب می‌شوند [۳۲].

در این مسئله k عدد تصادفی دوتایی که به‌عنوان مختصات ایستگاه‌ها هستند، تولید شده، هر جواب تصادفی ایجادشده که به‌عنوان نقطه کاندیدا است، یک بار در حلقهٔ زیر بررسی می‌شود:

۱. مختصات تصادفی ایجادشده به‌عنوان محل ایستگاه

www.SID.ir

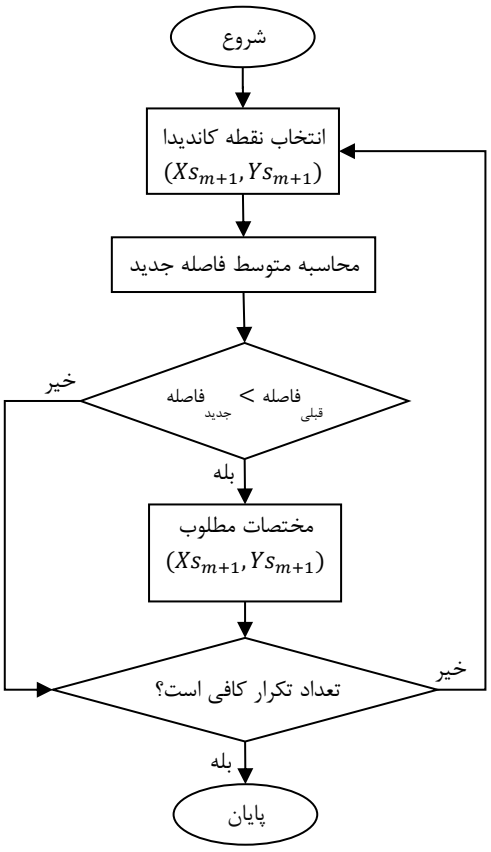
Archive of SID

جدید (ایستگاه $m+1$ام) به مختصات ایستگاه‌های موجود اضافه می‌شود.

۲. فاصلهٔ تمامی کاربران از تک‌تک این ایستگاه‌ها محاسبه می‌شود.

۳. کمترین فاصلهٔ حاصل‌شده به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه برای هر کاربر در نظر گرفته می‌شود.

۴. مقدار متوسط این فواصل محاسبه می‌شود.



شکل ۴- روش جست‌وجوی خام برای حل مسئله مکان‌یابی

بعد از اینکه این حلقه برای تمامی ایستگاه‌های تصادفی ایجادشده تکرار شد، مقدار متوسط فاصلهٔ تمامی آن‌ها با یکدیگر مقایسه شده، مختصات متناظر با کمترین مقدار به‌عنوان بهترین محل برای احداث مکان پمپ بنزین انتخاب می‌شود. در شکل (۴) الگوریتم حل مسئله به روش جست‌وجوی خام نمایش داده شده است. اگر مطابق روش مونت کارلو، الگوریتم فوق به تعداد زیاد، تکرار و متوسط آن‌ها محاسبه شود، مختصات بهینه محل احداث پمپ بنزین مشخص خواهد شد.

۳-۳- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک نیز همانند روش جست‌وجوی خام، بر اساس انتخاب تصادفی جواب‌های ممکن، به بهینه‌سازی مسئله می‌پردازد؛ ولی با این تفاوت که در این الگوریتم به جای ایجاد تعداد نسبتاً زیادی از اعداد تصادفی، تنها تعداد محدودی عدد تصادفی به‌عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته می‌شود که این تعداد در مقایسه با روش جست‌وجوی خام بسیار کم است. روش الگوریتم ژنتیک، یک روش جست‌وجو برای یافتن حل دقیق یا تقریبی مسائل بهینه‌سازی است. این الگوریتم از دسته روش‌های تکاملی به شمار می‌رود که از تعاریف تکامل بیولوژیکی مانند وراثت، انتخاب، جهش و ترکیب الهام گرفته است. الگوریتم ژنتیک برای حل بهینه مسائل پیچیده‌ای همچون زیست‌شناسی، مهندسی، علوم کامپیوتر و علوم اجتماعی به کار می‌رود. برخلاف روش‌های جست‌وجوی محلی، الگوریتم ژنتیک بر پایهٔ محاسبات مستقلی است که همواره بهترین جواب را در هر تکرار، انتخاب و نگهداری می‌کند. هر جواب برای مسئله به‌عنوان یک فرد تلقّی شده، مجموعهٔ این افراد، نسل نامیده می‌شوند. هر فرد دارای یک رشته کروموزوم است که حاوی اطلاعات مربوط به آن فرد است. این اطلاعات شامل مجوعه‌ای از اعداد، حروف و... است که می‌توانند دچار تغییر و تحول شوند [۳۳ و ۳۴]. در حالت کلی، روش الگوریتم ژنتیک در چهار مرحله کلی تولید نسل اولیه، انتخاب، تولید نسل جدید و توقف انجام می‌پذیرد که در ادامه، به توضیح مختصر هر مرحله پرداخته می‌شود.

۳-۳-۱- تولید نسل اولیه

ابتدا تعدادی افراد به‌عنوان جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شوند. اندازه جمعیت، وابستگی به طبیعت مسئله دارد؛ ولی اغلب چند صد نفر یا چند هزار نفر در نظر گرفته می‌شود [۳۴].

۳-۳-۲- انتخاب

با تولید هر نسل جدید، نسبتی از جمعیت موجود برای ایجاد نسل بعدی انتخاب می‌شوند. این انتخاب با استفاده از فرایند مبتنی بر برازندگی صورت می‌گیرد که در آن جواب‌های بهتر، احتمال بیشتری برای انتخاب شدن دارند. برخی از روش‌های انتخاب، شایستگی هر یک از افراد را ارزیابی و بهترین‌ها را انتخاب می‌کنند؛ ولی برخی روش‌های دیگر، به صورت تصادفی از بین تمام جواب‌های موجود، تعدادی را برمی‌گزینند [۳۴].

۳-۳-۳- تولید نسل جدید

گام بعدی تولید جمعیت نسل جدید با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

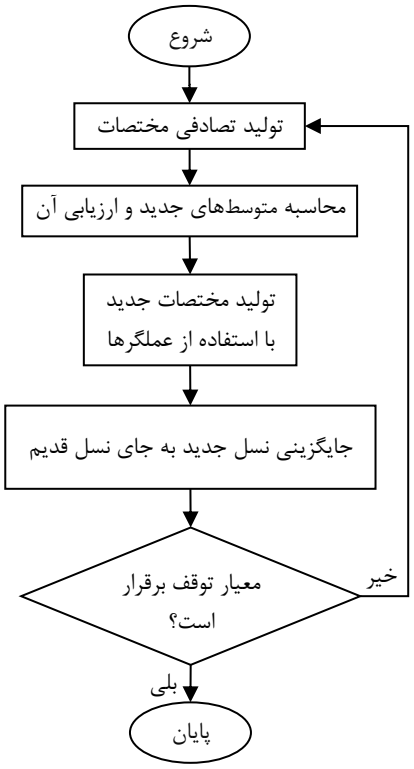
عملگرهای الگوریتم ژنتیک است. این عملگرها عبارت‌اند از عملگر تقاطع (ترکیب) و جهش که هر کدام به نسبت درصدی که به آن‌ها تعلق می‌گیرد، در تولید نسل بعدی شرکت می‌کنند. برای اینکه جواب جدیدی برای مسئله ایجاد شود، یک جفت والد انتخاب شده، با استفاده از عملگرهای ذکرشده، فرزند جدید را تولید می‌کنند. با ترکیب جفت والدهای دیگر نیز فرزندان جدید دیگری ایجاد شده، نسل بعدی ساخته می‌شود. تولید فرزندان جدید از جفت والدها، الهام گرفته از طبیعت است؛ اما در برخی تحقیقات، استفاده از تعداد بالاتری از والدها برای ایجاد کروموزوم‌های با کیفیت بالاتر پیشنهاد شده است. این فرایند در نهایت، منجر به تولید جمعیت نسل جدید خواهد شد که با جمعیت نسل قبلی متفاوت است [۳۴].

۳-۳-۴ توقف

فرایند ذکرشده در مرحلهٔ دوم و سوم تا جایی تکرار خواهد شد که شرایط توقف ایجاد شود. اغلب، رسیدن به تعداد مشخصی از نسل‌ها، عدم ایجاد جواب‌های بهتر، شرط توقف زمانی، بازرسی دستی یا ترکیبی از حالات ذکرشده، به‌عنوان شرط توقف در نظر گرفته می‌شود [۳۴].

در این مطالعه، الگوریتم ارائه شده در شکل (۵) برای حل مسئله‌ی مکان‌یابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به‌کار رفته است که مراحا آن به ترتیب زیر است:

۱. ابتدا یک مجموعه جواب تصادفی با تعداد مشخص Np برای مختصات ایستگاه‌ها، به منظور تولید جمعیت نسل اول ایجاد می‌شود.
۲. هر یک از جواب‌های ایجادشده مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. ارزیابی هر یک از مختصات ایجادشده با محاسبهٔ مقدار متوسط فاصله‌ی جدید برای آن‌ها صورت می‌گیرد.
۳. با استفاده از عملگر ترکیب و جهش، جواب‌های جدید برای مختصات ایستگاه‌های پمپ بنزین ایجاد می‌شود که اعضای جمعیت نسل بعدی را شکل می‌دهند. سپس هر یک از مختصات پمپ بنزین‌ها در نسل جدید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در صورت بهبود جواب مسئله با نسل قبلی جایگزین می‌شود.
۴. مراحل ۲ و ۳ تا زمانی که شرط توقف ایجاد گردد، تکرار می‌شوند. در این مسئله از شرط تعداد نسل مشخص برای توقف محاسبات استفاده شده است.



شکل ۵- الگوریتم ژنتیک برای حل مسئلهٔ مکان‌یابی

۴-نتایج و بحث

در این قسمت، نتایج حاصل از مدل‌سازی، با استفاده از دو روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک، به‌ترتیب ارائه می‌شود.

۴-۱- روش جست‌وجوی خام

نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش جست‌وجوی خام برای یافتن مکان بهینه برای احداث واحد جدید پمپ بنزین در شهر تبریز نشان داد که دقت جواب حاصل، به تعداد کاربرانی که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند (n)، به تعداد پمپ بنزین‌هایی که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند (k) و تعداد تکرار روش مونت کارلو (M) بستگی دارد.

با توجه به اینکه تعداد کاربران انتخابی باید به گونه‌ای باشد که در تکرارهای مختلف، انحراف معیار ناچیزی داشته باشند، باید تعداد آن‌ها به صورت مناسب انتخاب شود؛ زیرا زمانی که تعداد نقاط تصادفی انتخاب‌شده کمتر از مقدار مشخصی باشد، جواب‌های حاصل، قطعی نبوده، دارای تکرارپذیری نیست.

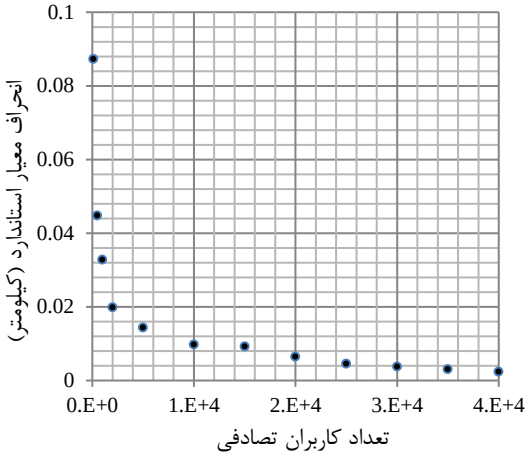
در شکل (۶) انحراف معیار استاندارد جواب مسئله به‌ازای تعداد کاربران نشان داده شده است.

مطابق شکل (۶) با افزایش تعداد کاربران تصادفی، انحراف معیار استاندارد کاهش می‌یابد؛ بنابراین در تعداد زیاد،

www.SID.ir

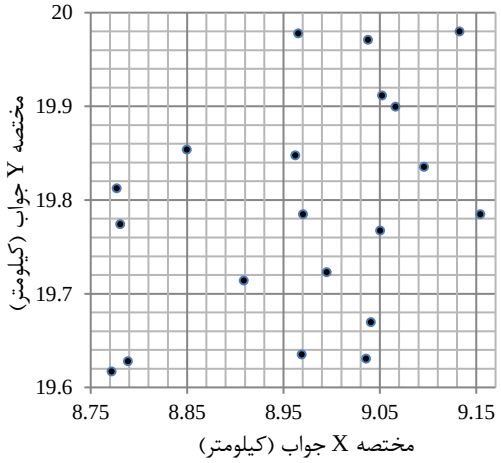
Archive of SID

جواب‌های حاصل، تکرارپذیری بیشتری خواهد داشت. در این مقاله از ۴۰۰۰۰ کاربر برای محاسبات استفاده شده است.



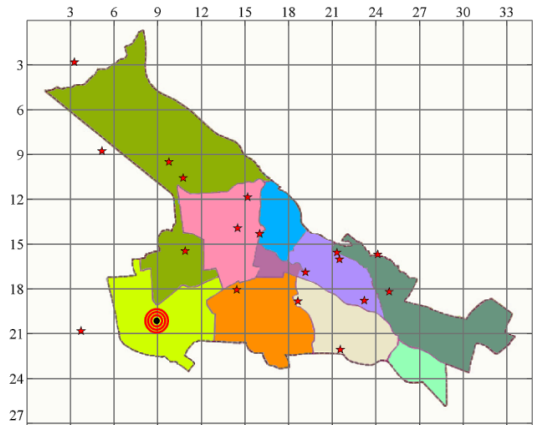
شکل ۶- تغییرات انحراف معیار استاندارد با تعداد نقاط تصادفی

عامل دومی که جواب مسئله را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تعداد مراحل جست‌وجوی خام (تعداد پمپ بنزین‌هایی که به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند) است. با افزایش تعداد مراحل جست‌وجوی خام نیز دقت جواب‌های به‌دست‌آمده بیشتر خواهد شد؛ زیرا با افزایش تعداد مراحل، موقعیت‌های مکانی بیشتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و احتمال دقیق بودن جواب افزایش می‌یابد. سومین پارامتر تأثیرگذار بر جواب مسئله، تعداد تکرارهای روش مونت کارلو است. با توجه به ماهیت روش مونت کارلو، هر قدر تعداد تکرارهای کلی بیشتر باشد، جواب نهایی که متوسط تمام جواب‌های حاصل از هر بار اجرای برنامه است، دقت بالاتری خواهد داشت. در شکل (۷) مختصات مکانی به‌دست‌آمده از ۲۰ بار اجرای برنامه نشان داده شده است.



شکل ۷- مختصات حاصل از ۲۰ بار اجرای برنامه

با در نظر گرفتن این سه پارامتر با تعداد کاربران ۴۰۰۰۰ نفر، تعداد پمپ بنزین‌های تصادفی ۵۰۰۰ و تعداد تکرار ۲۰ بار از روش مونت کارلو و متوسط‌گیری از جواب‌های حاصل از اجراهای برنامه، مختصات مکانی محل پیشنهادی برای احداث پمپ بنزین به دست آمد که در شکل (۸)شکل ۸ با نقطه هاله‌دار مشخص شده است. مختصات این نقطه (۱۹/۸۰، ۸/۹۵) است که احداث واحد جدید پمپ بنزین در آن، متوسط فاصله کاربران را از نزدیک‌ترین ایستگاه پمپ بنزین از ۲۱۰۵ متر به ۱۹۰۸ متر کاهش می‌دهد.



شکل ۸- مکان بهینه برای احداث پمپ بنزین با روش جست‌وجوی خام

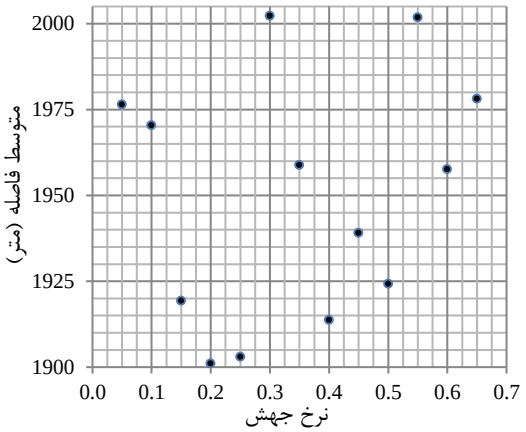
۴-۲- الگوریتم ژنتیک

نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش الگوریتم ژنتیک جهت یافتن مکان بهینه برای احداث واحد جدید پمپ بنزین در شهر تبریز نشان داد که دقت جواب، به تعداد کاربرانی که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند (n)، نرخ جهش، تعداد جمعیت اولیه (Np) برای شروع الگوریتم و شرط توقف (تعداد نسل مشخص) بستگی دارد؛ به طوری که همانند حالت قبل، افزایش تعداد کاربرانی که به صورت تصادفی ایجاد شده، باعث افزایش دقت جواب و کاهش انحراف معیار مسئله می‌شود. نرخ جهش با توجه به طبیعت مسئله مشخص می‌گردد و در هر مسئله ممکن است مقدار متفاوتی داشته باشد. در اینجا نرخ جهش مناسب از چند بار اجرای برنامه و با توجه به شکل (۹) حاصل شد. مطابق این شکل، نرخ جهش نزدیک به ۰/۲ جواب بهتری برای مسئله ایجاد می‌کند. همچنین در این الگوریتم با افزایش تعداد جمعیت اولیه، جواب مسئله دقیق‌تر شده، زمان محاسبات تا حدی کاهش می‌یابد؛ زیرا با افزایش این پارامتر، موقعیت‌های مکانی بیشتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و احتمال

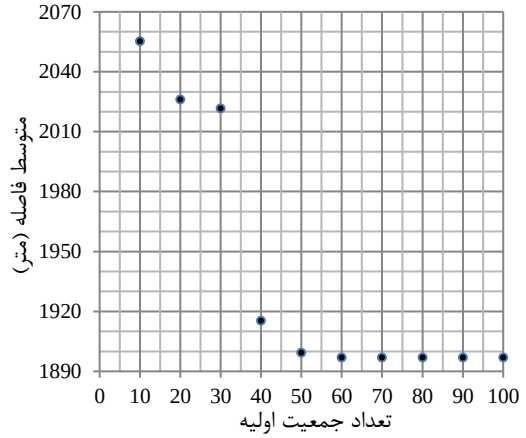
www.SID.ir

Archive of SID

دقیق بودن جواب افزایش پیدا می‌کند. در شکل شکل ۱۰(۱۰) روند تغییرات جواب بهینه با افزایش پارامتر جمعیت اولیه نشان داده شده است. این نمودار نشان‌دهندهٔ افزایش دقت جواب با افزایش جمعیت اولیه است؛ اما این افزایش جمعیت تا حدی در کمینه کردن فاصله تأثیر دارد و مقادیر بیشتر، باعث اتلاف زمانی خواهد شد. مطابق شکل (۱۰) در تعداد جمعیت بیشتر از ۶۰ نفر نتایج، تغییر چندانی نمی‌کند و تعداد مناسب برای پارامتر جمعیت در الگوریتم ژنتیک ۶۰ نفر است. مطابق الگوی در نظر گرفته شده برای انتخاب تعداد جمعیت مناسب برای شروع الگوریتم، تعداد نسل مناسب نیز با دیدگاه مشابه انتخاب می‌شود؛ بدین صورت که در تعداد نسل‌های بیشتر از ۳۰، جواب‌ها بهبود چندانی نمی‌یابند و فقط زمان محاسبات افزایش می‌یابد. بنابراین تعداد نسل مناسب برای الگوریتم ژنتیک برابر عدد ۳۰ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۹- تأثیر نرخ جهش بر جواب مسئله



شکل ۱۰- تأثیر افزایش جمعیت بر جواب مسئله

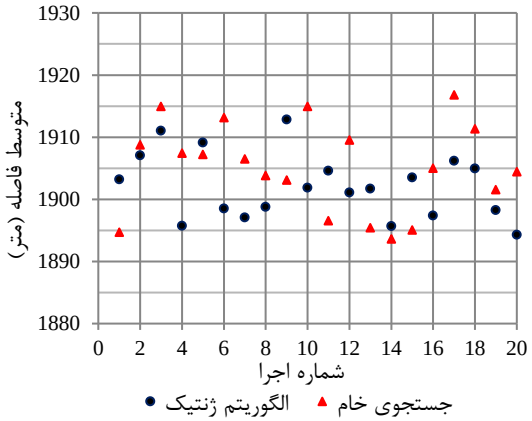
با در نظر گرفتن این عوامل، پارامترهای بهینه الگوریتم ژنتیک مطابق جدول ۲ در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این پارامترها، مختصات بهینه برای احداث واحد جدید پمپ بنزین به صورت (۱۹/۸۳، ۹/۰۲) به دست می‌آید که باعث می‌شود متوسط فاصله تا ۱۹۰۱ متر کاهش یابد.

جدول ۲- پارامترهای الگوریتم ژنتیک

نام پارامتر	مقدار
اندازه جمعیت اولیه	۶۰
تعداد نسل‌ها	۳۰
نرخ جهش	۰/۲

۴-۳- مقایسه روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک

برای مقایسهٔ دو روش، ابتدا یک مجموعه کاربران به صورت تصادفی ایجاد شد تا هر دو روش در شرایط یکسان مقایسه شوند. مقایسهٔ این دو روش به لحاظ زمان انجام محاسبات و جواب دقیق‌تر، با مشخصات سیستمی پردازنده Core i7 و حافظه ۸ RAM گیگابایت به این صورت است که روش جست‌وجوی خام با در نظر گرفتن ۴۰۰۰۰ کاربر تصادفی، ۵۰۰۰ پمپ بنزین تصادفی و ۲۰ بار تکرار روش مونت کارلو، در مدت زمان تقریبی ۲۶ ثانیه محاسبات را انجام می‌دهد؛ ولی الگوریتم ژنتیک با پارامترهای ذکرشده در جدول ۲ در مدت ۲۰ ثانیه به جواب مسئله می‌رسد. دلیل کوتاه‌تر شدن زمان محاسبات الگوریتم ژنتیک، به اندازه جمعیت اولیه و تعداد نسل‌ها مربوط می‌شود که با افزایش آن‌ها زمان محاسبات افزایش پیدا خواهد کرد.



شکل ۱۱- مقایسه جواب‌های روش‌های الگوریتم ژنتیک و جست‌وجوی خام در پیدا کردن کمترین فاصله بعد از اضافه کردن یک پمپ بنزین جدید

از لحاظ دقت محاسبات، در صورتی که کاربران تصادفی یکسانی برای هر دو روش در نظر گرفته شود، روش الگوریتم

www.SID.ir

Archive of SID

ژنتیک در مقایسه با روش جست‌وجوی خام و در مجموع ۲۰ بار اجرا، دقت بیشتری داشته، متوسط فاصله به‌دست‌آمده از آن، عدد کمتری را نشان می‌دهد. در شکل (۱۱) اعداد به‌دست‌آمده از دو روش در ۲۰ بار اجرای برنامه نمایش داده شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، روش مدل‌سازی برای مکان‌یابی بهینه با استفاده از دو روش جست‌وجوی خام و الگوریتم ژنتیک، بیان و پارامترهای تأثیرگذار در دقت آن‌ها بررسی شد. این پارامترها برای روش جست‌وجوی خام عبارت‌اند از تعداد کاربرانی که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند (n)، تعداد تکرارهای مرحلهٔ جست‌وجوی خام (k) و تعداد تکرارهای روش مونت کارلو (M) که با افزایش هر کدام از آن‌ها دقت جواب و تکرارپذیری آن افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن ۴۰۰۰۰ کاربر تصادفی، ۵۰۰۰ پمپ بنزین تصادفی و ۲۰ بار تکرار روش مونت کارلو مختصات محل جدید به صورت (۱۹/۸۰، ۸/۹۵) حاصل شد که احداث آن، متوسط فاصله کاربران را از نزدیک‌ترین ایستگاه پمپ بنزین، از ۲۱۰۵ متر به ۱۹۰۸ متر کاهش داد. همچنین پارامترهای تأثیرگذار در دقت محل انتخابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تعداد کاربرانی که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند (n)، تعداد جمعیت اولیه استفاده‌شده در الگوریتم ژنتیک (Np)، تعداد نسل‌ها و نرخ جهش بودند که با انتخاب دقیق آن‌ها دقت و تکرارپذیری جواب، افزایش و زمان محاسبات کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن مقادیر ۴۰۰۰۰ کاربر تصادفی، ۶۰ نفر جمعیت اولیه، ۳۰ نسل و ۰/۲ نرخ جهش، مختصات محل جدید به صورت (۱۹/۸۳، ۹/۰۲) حاصل شد که احداث آن، متوسط فاصله کاربران را از نزدیک‌ترین ایستگاه پمپ بنزین، از ۲۱۰۵ متر به ۱۹۰۱ متر کاهش داد. مقایسهٔ جواب‌های دو روش نشان داد که مختصات محل بهینه برای احداث واحد جدید پمپ بنزین و زمان محاسبات با استفاده از دو روش، وابستگی زیادی به پارامترهای آن‌ها دارد؛ اما با در نظر گرفتن پارامترهای ذکرشده و در صورتی که کاربران تصادفی یکسانی برای هر دو روش در نظر گرفته شود، الگوریتم ژنتیک، صرفهٔ زمانی داشته، متوسط فاصله حاصل از آن، کمتر از روش جست‌وجوی خام است.

مراجع

[1] R.Z. Farahani, S. Fallah, R. Ruiz, S. Hosseini and N. Asgari, "OR models in urban service facility location: a critical review of applications and future developments", European Journal of Operational Research, in press, DOI: 10.1016/j.ejor.2018.07.036.

[۲] شمس نوبخت و امیر مصطفوی ماریان، «مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های عرضهٔ سوخت با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مطالعه موردی مشهد»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۲، شماره ۲، زمستان ۱۳۸۹، صفحه ۱۷۱-۱۸۰.

[۳] منصور حاجی حسینلو و شهاب کبیری، «مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پمپ بنزین در شبکه‌های درون‌شهری»، کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، ایران، ۲ تا ۳ اسفند، دوره ۱۱، ۱۳۹۰.

[۴] یوسف‌علی زیاری و مهدی حسین مردی، «بررسی و تحلیل کاربری اراضی شهری و وزن‌دهی معیارهای مکان‌یابی جایگاه‌های پمپ گاز CNG با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: منطقه ۴ گازی شهر تهران)»، فصلنامه جغرافیای انسانی، دوره ۲، شماره ۱، زمستان ۱۳۸۸، صفحه ۳۹-۵۲.

[۵] محمد اجزاء شکوهی و هومن شاداب مهر، «مطالعه تطبیقی موقعیت مکانی پمپ بنزین‌های شهر مشهد»، فصل‌نامه آمایش محیط، دوره ۸، شماره ۲۸، بهار ۱۳۹۴، صفحه ۶۷-۸۲.

[6] M. Aslani and A.A. Alesheikh, "Site selection for small gas stations using GIS", Scientific Research and Essays, Vol. 6, No. 15, August 2011, pp. 3161-3171.

[۷] مهدی بشیری و محمدرضا یعقوبی، «مدل‌سازی ریاضی مسئله مکان‌یابی P مرکز با در نظر گرفتن سلسله‌مراتب لانه‌ای و کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی گروهی ذرات در حل آن»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۴، شماره ۴۷، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۸۷-۱۹۷.

[8] C. Upchurch and M. Kuby, "Comparing the p-median and flow-refueling models for locating alternative-fuel stations", Journal of Transport Geography, Vol. 18, No. 6, November 2010, pp. 750-758.

[9] S.H.R. Pasandideh and A. Chambari, "A new model for location-allocation problem within queuing framework", Journal of Optimization in Industrial Engineering, Vol. 3, No. 6, September 2010, pp. 53-61.

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۰] سیده طلیعه شریعتمداری، سید نادر شتاب بوشهری و قدرت افتخاری، «استفاده از راه حلی ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG (مطالعه موردی: شهر اصفهان)»، کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، ایران، ۲ و ۳ اسفند، دوره ۱۱، ۱۳۹۰.

[11] I. Capar and M. Kuby, "An efficient formulation of the flow refueling location model for alternative-fuel stations", IIE Transactions, Vol. 44, No. 8, August 2012, pp. 622-636.

[12] T. Adams, S. Nolen, J. Sweezy, A. Zukaitis, J. Campbell, T. Goorley, S. Greene and R. Aulwes, "Monte Carlo application toolkit (MCATK) ", in SNA + MC 2013 - Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications + Monte Carlo, Paris, France, June 2014, Article number: 06009, EDP Sciences.

[۱۳] مرتضی یعقوبی، علی‌رضا کرباسی، فاطمه رستمیان و فاطمه رستگاری‌پور، «بهینه‌سازی تصمیمات تولید با استفاده از روش ترکیبی الگوریتم تکاملی و شبیه‌سازی مونت کارلو»، کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران، شیراز، ایران، ۲۰ و ۲۱ اردیبهشت، دوره ۸، ۱۳۹۱.

[۱۴] فرشاد حکیم پور، سیامک طلعت اهری و ابوالفضل رنجبر، «ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید و فاخته‌ها در مکان‌یابی رقابتی تسهیلات (مطالعه موردی: بانک‌ها)»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۴۸، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۲۴۶-۲۳۱.

[15] P. Hansen, J. Brimberg, D. Urošević and N. Mladenović, "Solving large p-median clustering problems by primal–dual variable neighborhood search", Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 19, No. 3, December 2009, pp. 351-375.

[16] M.P. Scaparra, S. Pallottino and M.G. Scutellà, "Large-scale local search heuristics for the capacitated vertex p-center problem", Networks, Vol. 43, No. 4, July 2004, pp. 241-255.

[17] E. Aghezzaf, "Capacity planning and warehouse location in supply chains with uncertain demands", Journal of the Operational Research Society, Vol. 56, No. 4, April 2005, pp. 453-462.

[18] C.G. Rawls and M.A. Turnquist, "Pre-positioning of emergency supplies for disaster response", Transportation research part B: Methodological, Vol. 44, No. 4, May 2010, pp. 521-534.

[19] J.C. García-Palomares, J. Gutiérrez and M. Latorre, "Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach", Applied Geography, Vol. 35 No. 1-2, November 2012, pp. 235-246.

[20] M.F. Goodchild and M.T. Noronha, "Location-allocation and impulsive shopping: the case of gasoline retailing", Spatial analysis and location-allocation models, 1987, pp. 121-136.

[21] D.L. Greene, P.N. Leiby, B. James, J. Perez, M. Melendez, A. Milbrandt and M. Hooks, "Analysis of the Transition to Hydrogen Fuel Cell Vehicles and the Potential Hydrogen Energy Infrastructure Requirements", No. ORNL/TM-2008/30, March 2008, Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, TN United States.

[22] M. Nicholas and J. Ogden, "Detailed analysis of urban station siting for California hydrogen highway network", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, January 2006, pp. 121-128.

[23] M.A. Nicholas, S.L. Handy and D. Sperling, "Using geographic information systems to evaluate siting and networks of hydrogen stations", Transportation Research Record, No. 1, 2004, pp. 126-134.

[24] Z. Lin, J. Ogden, Y. Fan and C.W. Chen, "The fuel-travel-back approach to hydrogen station siting", International journal of hydrogen energy, Vol. 33, No. 12, June 2008, pp. 3096-3101.

[25] M. Melendez and A. Milbrandt, "Analysis of the Hydrogen Infrastructure Needed to Enable Commercial Introduction of Hydrogen-Fueled Vehicles", Preprint (No. NREL/CP-540-37903), National Renewable Energy Lab, Golden, CO (US), Mars 2005.

[26] A. Boostani, R. Ghodsi and A.K. Miab, "Optimal location of compressed natural gas (CNG) refueling station using the arc demand coverage model", In 2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation, IEEE, May 2010, pp. 193-198.

[27] J.J. Brey, R. Brey, A.F. Carazo, M.J. Ruiz-Montero and M. Tejada, "Incorporating refuelling behaviour and drivers' preferences in the design of alternative fuels infrastructure in a city", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 65, No. 1, April 2016, pp. 144-155.

[28] T.L. Kerzmann, G.A. Buxton and J. Preisser, "A computer model for optimizing the location of natural gas fueling stations", Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 7, No.1, September 2014, pp. 221-226.

[29] Google maps, Tabriz fuel stations, 2017. Retrieved from: https://www.google.com/maps/search/tabriz+fuel+station/@38.0800165,46.2873987,12z/data=!3m1!4b1.

[۳۰] سایت رسمی شهرداری تبریز، نقشه محدوده و حریم قانونی کلان‌شهر تبریز، سال ۱۳۹۲، برگرفته از: http://tshs.tabriz.ir/uploads/User/2000/Maps/Maps2/for_web/for_web/Boundry_Border/TABRIZ_Boundary_Map_2-1.html.

www.SID.ir

Archive of SID

[۳۱] مرکز آمار ایران، گزارش سرشماری جمعیت سال ۱۳۹۵، استان آذربایجان شرقی، شهر تبریز، برگرفته از سایت: https://www.amar.org.ir.

[32] B.A. Trakhtenbrot, "A survey of Russian approaches to perebor (brute-force searches) algorithms", Annals of the History of Computing, Vol. 6, No. 4, October 1984, pp. 384-400.

[۳۳] محمّد رضایی پژند و سید روح‌الله موسوی، «ترک‌یابی در سازه‌های مستوی با الگوریتم ژنتیک»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۷، شماره ۱۸، پاییز ۱۳۸۸، صفحه ۲۳-۳۷.

[34] M. Kumar, M. Husian, N. Upreti and D. Gupta, "Genetic algorithm: Review and application", International Journal of Information Technology and Knowledge Management, Vol. 2, No. 2, July 2010, pp. 451-454.

www.SID.ir