ارزیابی و کاربرد الگوریتم ژنتیک در مکان‌یابی مراکز خرید با شرایط رقابتی*

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۸
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۲/۵

سعید رشیدی ـ محمد طالعی *** ـ احید نعیمی*****

چکیده

بسیاری از مسائل در جهان واقعی متأثر از پارامترها و اهداف گوناگونی می‌باشند. با توجه به گسترش روزافزون جمعیت شهرها، ارائه خدمات شهری مناسب به شهروندان اهمیت بالایی پیدا می‌کند. این تحقیق به مکان‌یابی بهینه خدمات شهری و به ویژه مراکز خرید می‌پردازد و عوامل متعددی را مورد توجه قرار می‌دهد. با تعریف اهداف مختلف مؤثر بر مکان‌یابی، نیازمند استفاده از روش‌های چندهدفه برای حل مسئله هستیم. دو رویکرد کلی برای حل مسائل چندهدفه، روش‌های سنتی و فراابتکاری می‌باشند؛ روش‌های سنتی همه جواب‌های بهینه پارتو را ارائه نمی‌دهند و برای دستیابی به هدف واحد ناچار به وزن‌دهی اهداف می‌باشند. لذا علاوه بر اینکه با وزن‌دهی به اهداف، نظرات کارشناسی را پیش از حل مسئله در آن وارد می‌کنند، کارکرد مناسبی نیز برای حل مسائل چندهدفه نشان نمی‌دهند؛ بنابراین در تحقیقات اخیر ترجیح بر کاربرد روش‌های فراابتکاری می‌باشد. از میان روش‌های فراابتکاری، روش بهبود یافته‌ای از الگوریتم مرتب‌سازی نامغلوب-II را به کار بردیم که الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع نام دارد. برای پیاده‌سازی و حل مسئله مکان‌یابی بهینه مراکز خرید، پس از شناسایی مکان‌های پتانسیل‌دار در شهر کرج، با اعمال شرایط رقابتی دو هدف دسترس‌پذیری و جذب تقاضا تعریف شد و با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، ترکیب‌های چندتایی از مراکز خرید شناسایی گردید. تعداد مراکز خرید پیشنهادی به عنوان ورودی مسئله می‌باشد و با توجه به نیاز کاربر تعیین می‌شود و هدف از آن یافتن مکان‌های مناسب با توجه به اهداف مسئله است. خروجی الگوریتم جواب‌های بهینه پارتو می‌باشد. جواب‌های حاصل از اجرای الگوریتم، مکان‌هایی را پیشنهاد می‌دهد که از مراکز خرید موجود فاصله دارد، تقاضای بیشتری را پوشش می‌دهد و مکان‌هایی با دسترس‌پذیری بالا را ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی مراکز خرید، شرایط رقابتی، بهینه‌سازی چندهدفه، الگوریتم ژنتیک پارتو سریع.

* این مقاله برگرفته از بخشی از پایان نامه ارشد نویسنده اول با عنوان «بهینه‌سازی مکان‌یابی خدمات شهری در شرایط رقابتی با استفاده از روش جستجوی تابو» با راهنمایی جناب آقایان دکتر محمد طالعی و دکتر علی منصوریان در گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد.

** کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: saeed.rashidi@gmail.com
*** استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.
**** کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

مقدمه

مکان‌یابی به معنی تعیین مکان مناسب برای فعالیتی خاص با اجرای فرآیندی مشخص با توجه به معیارهای مؤثر بر آن و اهداف مسئله می‌باشد. مکان‌های نهایی باید حتی‌الامکان همه شرایط و قیود مدنظر را تأمین نمایند. عدم بررسی شرایط و قیود قبل از اجرای پروژه، نتایج نامطلوبی به دنبال خواهد داشت. در مکان‌یابی تسهیلات، به ویژه مراکز خرید، معیارها و اهداف مختلفی مطرح می‌شود. در تحقیقات صورت گرفته، مدل‌های ریاضی و توابع هدف و معیارهای متنوعی در این زمینه ارائه شده است. چند نمونه از تحقیقات صورت گرفته در ادامه به اختصار بیان می‌شود:

طالبی برای مکان‌گزینی بهینه پارکینگ‌های طبقاتی با در نظر گرفتن سه معیار نزدیکی به مراکز جاذب سفر، عوامل ترافیکی و مشکل آزادسازی زمین از روش‌های چند مشخصه استفاده می‌کند و با روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و شاخص هم‌پوشانی به حل مسئله می‌پردازد (Talebi, 2010).

زنجیرانی فراهانی و عسگری با تعریف دو تابع هدف دست‌یابی به کمترین تعداد مراکز توزیع و مکان‌یابی بهینه برای دستیابی به بهترین پوشش محدوده، مکان‌یابی انبارهای توزیع را انجام دادند (Zanjirani Farahani & Asgari, 2006).

رحمانی و سعیدیان الگوریتم ژنتیک[1] را برای مکان‌یابی پارک‌سوارها به کار بردند. مسئله با در نظر گرفتن معیارهای پوشش حداکثری، مکان‌های پتانسیل‌دار، دسترسی و توزیع مناسب و همچنین اعمال ظرفیت محدود برای پارک‌سوارها بررسی می‌شود. برای حل مسئله، از مجموع اهداف استفاده می‌کند و به صورت تک‌هدفه به مکان‌یابی می‌پردازد (Rah-mani & Saeidian, 2009).

دو رویکرد کلی در حل مسائل چندهدفه، استفاده از روش‌های سنتی یا روش‌های تکاملی می‌باشد. روش‌های سنتی اهدف مختلف را با وزن‌دهی و ایجاد ترکیب خطی از آن‌ها، به یک هدف تبدیل می‌کند. با توجه به کارهای انجام شده، روش‌های سنتی کارایی مناسبی را برای حل مسائل پیچیده و بزرگ نشان نمی‌دهند. در این تحقیق نیز با مسئله مکان‌یابی مراکز خرید چندهدفه‌ای با فضای جستجوی بزرگ روبرو هستیم و باید روشی را به کار ببریم که قابلیت دستیابی به جواب بهینه پارتو را داشته باشد. به این دلیل از روش‌های ابتکاری برای حل مسئله استفاده می‌شود (Ehrgott & Wiecek, 2004). از جمله پرطرفدارترین روش‌های تکاملی در زمینه مسائل مکانی، روش الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب[2] و الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب-II[3] را می‌توان نام برد. نمونه‌هایی از این روش‌های تکاملی که غالباً در زمینه مسائل مکانی به کار رفته است، بدین شرح می‌باشد:

جووانا دیاس و همکارانش از ترکیب الگوریتم ژنتیک و جستجوی محلی برای مکان‌یابی پویای تسهیلات با ظرفیت نامحدود و ظرفیت محدود استفاده کردند. اما مکان‌یابی به صورت تک‌هدفه انجام می‌گیرد (Dias et al., 2007).

جورج جارامیلو و همکارانش برای حل مسئله مکان‌یابی تسهیلات با ظرفیت محدود و نامحدود، الگوریتم ژنتیک را به کار گرفتند. تنها هدف مسئله دست‌یابی به پوشش حداکثری می‌باشد و به علت تعریف یک هدف، فقط یک راه‌حل بهینه برای مسئله قابل ارائه می‌باشد (Jaramillo et al., 2002).

در زمینه مکان‌یابی مراکز خرید نیز مقالاتی ارائه شده است. در این رابطه می‌توان به مقالات چنگ و همکارانش اشاره کرد که سیستم اطلاعات مکانی[4] را برای تعیین موقعیت مراکز خرید به کار گرفتند. معیارهای مورد استفاده در این مقاله به منظور برآوردن اهداف کوتاه‌ترین فاصله تا مرکز خرید، پوشش بیشینه تقاضای شهروندان، پوشش بیشینه نواحی پردرآمد برای کسب حداکثری سودآوری و در نهایت دست‌یابی به مرکز بهینه تعریف شده‌اند. مسئله به صورت ساده بررسی می‌شود؛ برای هر هدف، معیارهای مورد نظر با هم هم‌پوشانی داده می‌شود و در نهایت این تصمیم‌گیرنده است که باید خروجی‌های مختلف را با هم مقایسه کرده و دست به تصمیم‌گیری بزند (Cheng et al., 2005). همچنین اُنوت و همکارانش از روش‌های تصمیم‌گیری چندمشخصه برای مکان‌یابی مراکز خرید استفاده کردند. مشکلاتی که در رابطه با روش‌های چندمشخصه وجود دارد، اینجا نیز صادق است. از جمله این مشکلات می‌توان، نیاز به اطلاعات کارشناسی برای وزن‌دهی به معیارها را نام برد (Onut S et al, 2011).

همان طور که در مرور کارهای انجام شده ملاحظه گردید، تحقیقات قبلی به ندرت به موضوع مکان‌یابی مراکز خرید به روش بهینه‌سازی چندهدفه و در شرایط رقابتی پرداخته‌اند. در این تحقیق، روش بهبود یافته‌ای از الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب-II برای بهینه‌سازی توزیع مراکز خرید به کار رفته است که الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع[5] نام دارد. این روش با حفظ کارایی روش مرتب‌سازی نامغلوب با رویکردهای جدید در قسمت‌های مرتب‌سازی جواب‌های نامغلوب و تولید دوباره جمعیت، شرایط را برای دستیابی بهتر و سریع‌تر به جواب بهینه پارتو فراهم می‌کند (Eskandari & Geiger, 2007).

۱. مواد و روش بررسی

شهر کرج به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد. جمعیت آن طبق سرشماری سال ۱۳۸۵، برابر با ۱۳۷۷۴۵۰ نفر می‌باشد. شهر کرج به دلیل برخورداری از زیرساختارهای نسبتاً قوی در زمینه‌های رفاهی و عمرانی و قرار گرفتن واحدهای

تولیدی و صنعتی کوچک و بزرگ در جوار آن، علاوه بر جذب سرریز جمعیت تهران، پذیرای جمعیت قابل توجهی از مردم از روستاها و شهرهای همجوار است. همین امر سبب رشد سریع جمعیت و متعاقب آن کمبود تسهیلات و امکانات شده است. بدین دلیل شهر کرج به عنوان نمونه موردی برای مکان‌یابی بهینه مراکز خرید انتخاب گردید. برای کاهش زمان صرف شده برای آماده‌سازی داده‌ها و زمان محاسبات، برخی از مناطق شهرداری کرج از محدوده مطالعاتی حذف گردید و در نهایت محدوده مطالعاتی شامل مناطق شمالی محور آزاد راه کرج ـ قزوین انتخاب گردید که در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

براساس معیارهای مدنظر، لایه‌های اطلاعاتی برای محدوده مطالعاتی جمع‌آوری شد. برای معیارهای جمعیتی از اطلاعات جمعیتی مرکز آمار ایران مربوط به سرشماری سال ۱۳۸۵ استفاده شد. برای سایر لایه‌های اطلاعاتی نیز داده‌های پایگاه داده مهندسین مشاور باوند که در سال‌های ۸۴ تا ۸۸ تولید شده است، به کار بردیم که مشاور پروژه بازنگری طرح تفصیلی شهر کرج بود. نقشه پایه این پایگاه داده مطابق با نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری می‌باشد. پایگاه داده، شامل کاربری اراضی و اطلاعات کالبدی محدوده می‌باشد.از این داده‌ها برای استخراج لایه‌های نقطه‌ای مورد استفاده در تحلیل و دستیابی به جواب بهینه مسئله مکان‌یابی مراکز خرید استفاده گردید. بعد از تعیین معیارهای حل مسئله برای مکان‌یابی مراکز خرید باید لایه‌های اطلاعاتی مربوط به معیارها را آماده‌سازی کنیم. برای آماده‌سازی داده‌ها، روش‌های معمول پردازش داده در GIS اعمال شد، از جمله آن‌ها می‌توان به انتقال لایه‌های اطلاعاتی به سیستم تصویر و بیضوی مبنای یکسان، تبدیل ساختار ذخیره‌سازی برادری به ساختار رستری و تهیه نقشه فاصله اشاره کرد.

شکل ۱: محدوده مطالعاتی از شهر کرج

۲. مکانیابی چند هدفه مراکز خرید در شرایط رقابتی

۱ـ۲ـ مکان‌یابی در شرایط رقابتی

مدل‌های رقابتی را با توجه به خصوصیاتشان به سه دسته تقسیم می‌کنند: مدل‌های استاتیک، با پیش‌بینی و پویا. در مدل استاتیک، خصوصیات و ویژگی‌های رقابتیِ کاملاً شناخته شده و ثابتی وجود دارد و این مدل‌ها اساس مدل‌های خیلی پیچیده را شکل می‌دهند. با توجه به اینکه در این تحقیق، تنها قصد اعمال اثرات رقابتی بین مراکز خرید در مکان‌یابی بهینه آن‌ها را داریم و خصوصیات و ویژگی‌های رقابت شناخته شده هستند و قصد بررسی خروجی یک مسئله رقابتی صرف را نداریم، از مدل استاتیک استفاده شده است. دو مدل دیگر بیشتر برای شرایط رقابتی پیچیده‌تر و محیط‌های پویا مورد استفاده قرار می‌گیرند و لذا از پرداختن به آن‌ها خودداری می‌کنیم. مدل استاتیک به دو دسته قطعی و احتمالاتی تقسیم‌بندی می‌شوند. در هر دو روش مکان‌یابی استاتیک، رقابت‌های موجود بین مراکز خرید، مشخص و ثابت در نظر گرفته می‌شوند. با این تفاوت که در شرایط قطعی مشتری با تمام تقاضایش از مرکز با بیشترین جاذبه خرید می‌کند، اما در حالت احتمالاتی مشتری از چندین مرکز خرید احتمال دارد استفاده کند و تقاضا بین مراکز تقسیم می‌شود. در مسئله مورد بررسی از روش احتمالاتی استفاده می‌شود. بدین شکل که در صورت پوشش متقاضی توسط چند مرکز خرید، تقاضای آن بین مراکز خدمات‌ده تقسیم می‌شود (Farahani & Hekmatfar, 2009).

۲ـ۲ـ بهینه‌سازی چندهدفه

مسائل بهینه‌یابی چندهدفه، همچنان که از نام آن‌ها پیداست، با بیش از یک تابع هدف سروکار دارند. در اغلب مسائل عملی تصمیم‌گیری، اهداف و معیارهای چندگانه وجود دارد. در گذشته به دلیل فقدان روش‌های مناسب حل، مسائل بهینه‌یابی چندهدفه، اغلب به شکل تک‌هدفه مورد بررسی قرار می‌گرفت. اما تفاوت‌های بنیادی بین اصول الگوریتم‌های

بهینه‌یابی چندهدفه و تک‌هدفه وجود دارد. در یک مسئله بهینه‌یابی تک‌هدفه، یافتن جوابی که منجر به بهبود تنها یک تابع هدف شود مورد نظر است. اما مسئله بهینه‌یابی چندهدفه، عبارت است از تعدادی تابع هدف که باید کمینه یا بیشینه گردند. در اینجا نیز همانند مسئله بهینه‌یابی تک‌هدفه، قیودی وجود دارد که هر کدام از جواب‌ها باید آن‌ها را ارضا کنند (Rezaei & Davoudi, 2008).

همان گونه که بیان شد، دو دسته روش‌های سنتی و تکاملی برای حل مسائل چندهدفه به کار می‌رود. روش‌های سنتی، مسئله چندهدفه را به مسئله تک‌هدفه تبدیل و سپس آن را بهینه می‌کنند. به این روش‌ها، روش‌های وزن‌دهی قبل از حل نیز گفته می‌شود و نیازمند دانش تصمیم‌گیرندگان برای رسیدن به توافق درباره اهمیت نسبی هرِ هدف است. در بسیاری از کاربردها، وزن‌دهی مناسب برای کمی‌سازی مشکل است، زیرا برخی ویژگی‌های مسئله کاملاً درک نمی‌شود. علاوه بر این برای تصمیم‌گیرندگان، کمی‌سازی اولویت‌ها مشکل است، همچنین برخی اهداف قابل کمی‌سازی نیستند. در این روش‌ها، راه‌حل بهینه حاصل، بستگی به وزن‌های اختصاص یافته دارد، بنابراین برای هر وزن انتخاب شده، نتیجه فقط یک راه‌حل بهینه است (Khoshamooz, 2011). از سوی دیگر روش‌های فراابتکاری، شامل روش‌هایی می‌شوند که براساس بهینه‌سازی پارتو عمل می‌کنند. در این روش‌ها با حل مسئله، مجموعه‌ای از راه حل‌ها به دست می‌آید. این روش‌ها بسیار پیچیده‌تر از روش‌های سنتی می‌باشند؛ اما به دلیل به کارگیری الگوریتم‌های فراابتکاری، برای دستیابی به مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها، اطلاعات کمی درباره مسئله نیاز دارند و نتایج قابل قبول‌تری ارائه می‌دهند. از این رو روش‌های تکاملی را برای حل به کار می‌بریم (Modares, 2009).

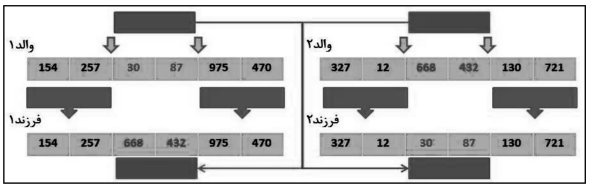
۳ـ۲ـ الگوریتم ژنتیک

ایده اصلی این روش از فرآیندهای بیولوژیکی موجودات زنده الهام گرفته شد. اصول اولیه الگوریتم ژنتیک اولین بار توسط جان هولاند در سال ۱۹۷۵ مطرح شد. این الگوریتم با جمعیتی از افراد کار می‌کند که هر کدام جوابی برای مسأله است. هر فرد به نسبت اینکه تا چه میزان جواب خوبی برای مسأله است، درجه تناسبی می‌گیرد. افرادی که دارای درجه تناسب بیشتری هستند، از شانس بیشتری برای جفت‌گیری یا تولید نسل برخوردارند. جمعیت جدید از طریق انتخاب بهترین افراد نسل حاضر و جفت‌گیری آن‌ها با هم تولید می‌شود. با این روش طی تولید نسل‌های زیاد، ویژگی‌های خوب در تمام جمعیت گسترش می‌یابد (Beasley et al., 1993).

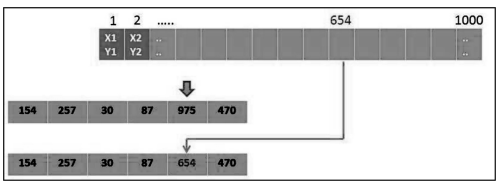
از جمله مفاهیم مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک، تابع تناسب[۷] می‌باشد. برای هر فرد مخصوص، تابع تناسب یک مقدار بر می‌گرداند که بیانگر توانایی و قابلیت فرد می‌باشد (Beasley et al., 1993).

در هر الگوریتم ژنتیک، افرادی از جمعیت فعلی انتخاب شده و با هم، فرزند تولید می‌کنند. این فرزندان، نسل بعدی را شکل می‌دهند. والدین به روش‌های مختلف تصادفی از جمعیت انتخاب می‌شوند تا درجه تناسب فرزندان را بیشتر کنند. افراد با درجه تناسب زیاد، ممکن است در یک تولید نسل چندین بار انتخاب شوند. با انتخاب دو والد، کروموزوم‌های آن‌ها به روش‌های مختلفی از جمله تقاطع[۸] و جهش[۹] با هم ترکیب می‌شوند. با داشتن دو والد و تقسیم کردن رشته کروموزوم آن‌ها و ترکیب قسمت‌های مختلف از دو کروموزوم، به دو کروموزوم جدید می‌رسیم؛ به این عمل تقاطع گفته می‌شود. این دو کروموزوم، بیانگر دو فرزند جدید هستند که هر کدام از فرزندها، ویژگی‌های ژنتیکی خاصی را از هر والد به ارث برده‌اند. در شکل ۲ تقاطع دو نقطه‌ای تعریف شده برای مسئله تحت بررسی نمایش یافته است. جهش نیز به هر یک از فرزندان تولید شده توسط تقاطع می‌تواند اعمال شود، اما یک ژن، با احتمال بسیار کمی جهش می‌یابد. شکل ۳ جهش مورد استفاده برای مسئله مکان‌یابی مورد بحث را نشان می‌دهد. از دو روش مذکور، تقاطع بسیار مهم‌تر می‌باشد و با اعمال آن فضای جواب را جستجو می‌کنیم. جهش، جستجوی تصادفی کمی انجام می‌دهد ولی کمک می‌کند که هر نقطه‌ای در فضای جواب احتمال بررسی را پیدا کند (Haupt & Haupt Sue, 2004).

شکل ۲: عملگر تقاطع تعریف شده برای مسئله مکان‌یابی



شکل ۳: عملگر جهش تعریف شده برای مسئله مکان‌یابی



همگرایی نیز از اصطلاحات مورد استفاده در همه روش‌های تکاملی می‌باشد. اگر الگوریتم ژنتیک به درستی اعمال شود، طی نسل‌های آینده درجه تناسب بهترین فرد و میانگین درجه تناسب افراد جمعیت به سمت درجه تناسب بهینه کلی

نزدیک می‌شود. زمانی که جمعیت همگرا می‌گردد، درجه تناسب متوسط به بهترین درجه تناسب میل می‌کند (Haupt & Haupt Sue, 2004).

۴ـ۲ـ پارامترهای مکان‌یابی و تحلیل ویژگی پارامترها

برای تعیین معیارهای انتخاب، تعدادی از فاکتورهای کیفی و کمی که فرآیند مکان‌یابی مراکز خرید را تحت تأثیر قرار می‌دهد، می‌بایست مدنظر قرار گیرد. شاخص‌هایی که در مکان‌یابی مراکز خرید می‌توان مورد توجه قرار داد به صورت زیر دسته‌بندی شده‌اند:

ـ خصوصیات جمعیتی: به معنی جمعیت کنونی و تغییرات جمعیتی متاثر از نرخ رشد جمعیت، تراکم جمعیت و گروه‌های سنی در ناحیه مطالعاتی می‌باشد.

ـ ملاحظات محیطی: بدین مفهوم که مراکز تجاری جدید، نباید آلودگی هوا و آلودگی صوتی را در محدوده افزایش دهند؛ به علاوه حجم ترافیک به علت فروشندگان و مشتری‌ها می‌بایست در بحث مکان‌یابی لحاظ شود.

ـ شرایط رقابتی: این معیار مربوط می‌شود به مراکز خرید و فروش دیگری که در همسایگی مرکز احداثی قرار گرفته‌اند.

ـ معیار دسترسی: به مفهوم سهولت در مراجعه، نزدیکی و استفاده از محل با انواع مختلف روش‌های حمل و نقل عمومی می‌باشد

ـ اقتصادی بودن: در این معیار، ملاحظاتی مانند سطح درآمد/هزینه ساکنان و الگوی مصرف ساکنان محدوده نیز باید در نظر گرفته شود.

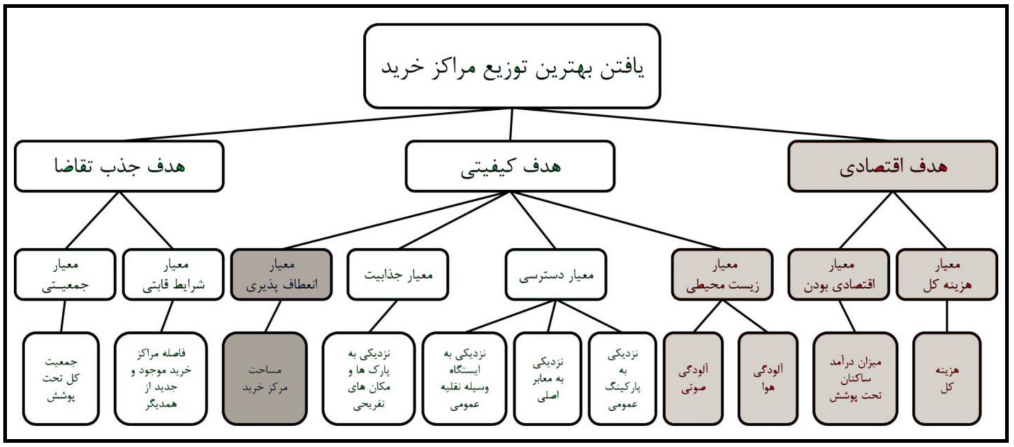
ـ هزینه کل: اشاره دارد به هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیمی مانند قیمت زمین که در ساخت پروژه باید لحاظ شود.

ـ انعطاف‌پذیری: این معیار متأثر از زیرمعیارهایی مانند ظرفیت مکان منتخب، قابلیت توسعه‌های آتی، امکان توسعه بالقوه و امکان تغییرات در مجموعه می‌باشد.

ـ معیار جذابیت: از فاکتورهایی تشکیل یافته است که منجر به جذابیت مکان مورد نظر می‌شود؛ نزدیکی به مراکز و فعالیت‌های تجاری، تفریحی، سرگرمی یا مساحت مجموعه و نگرش مدیریت شهری به مرکز خرید و فروش از جمله این عوامل هستند (Onut et al., 2011).

با توجه به داده‌های موجود، معیارهای مورد استفاده در تبیین توابع هدف برای حل مسئله مکان‌یابی به صورت شکل ۴ خواهد شد.

شکل ۴: اهداف و معیارهای مکان‌یابی مراکز خرید
(رنگ سفید = معیارهای استفاده شده، رنگ خاکستری پررنگ= استفاده برای تعیین مراکز پتانسیل‌دار، رنگ خاکستری کم رنگ= معیارهای حذف شده به دلیل عدم وجود داده مناسب و جامع)



هدف از حل مسئله مکان‌یابی مراکز خرید در شرایط رقابتی، یافتن بهترین توزیع n مرکز در سطح محدوده مطالعاتی با توجه به شرایط و قیودی است که برای مسئله تعریف می‌شود. با در نظر گرفتن معیارهای مذکور و هدف از ایجاد این گونه مراکز، می‌توان دو هدف کلی برای مسئله قائل شد که شامل اهداف جذب تقاضا و اهداف دسترس‌پذیری می‌شود. برای اعمال معیار رقابتی بودن مراکز خرید در پیاده‌سازی این مسئله، در صورت هم‌پوشانی محدوده خدمات‌دهی مراکز، تقاضا بین مراکز تقسیم می‌شود. این معیار با نظر گرفتن شعاع خدمات‌دهی مراکز در وضع موجود و همچنین برای مراکز پیشنهادی، در صورت هم‌پوشانی محدوده‌ها، تقاضا را بین مراکز تقسیم می‌کند. همچنین معیار انعطاف‌پذیری با اعمال شرط مساحت اولیه مناسب برای زمین‌های پتانسیل‌دار (کاربری بایر، مخروبه یا متروکه) برای احداث مراکز خرید تا حدود

زیادی برآورده می‌شود. در نهایت اهداف و معیارها به صورت روابط ۱ و ۲ خواهد بود.

رابطه ۱:

Demand Capture Objective ≈

max (population density - in - service area × competitive condition)

در رابطه ۱:

population density - in - service area = تراکم جمعیت در هر پیکسل (جمعیت موجود و جمعیت پیش‌بینی شده با توجه به نرخ رشد جمعیت در شهر)

competitive condition = پارامتر اعمال شرایط رقابتی در میان مراکز خرید

رابطه ۲:

Accessibility Objective ≈

$$\max\left(\sum \frac{1}{dis_parking} + \frac{1}{dis_publictransit} + \frac{1}{dis_park} + \frac{1}{dis_entertain} + \frac{1}{dis_road}\right)$$

در رابطه ۲:

dis - parking = فاصله اقلیدسی هر پیکسل (گزینه تصمیم‌گیری) از پارکینگ‌های عمومی موجود

dis - publictransit = فاصله اقلیدسی هر پیکسل از ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی

dis - park و dis - entertain = فاصله اقلیدسی هر پیکسل از پارک‌ها و مکان‌های تفریحی

dis - road = فاصله اقلیدسی هر پیکسل از معابر شریانی و اصلی

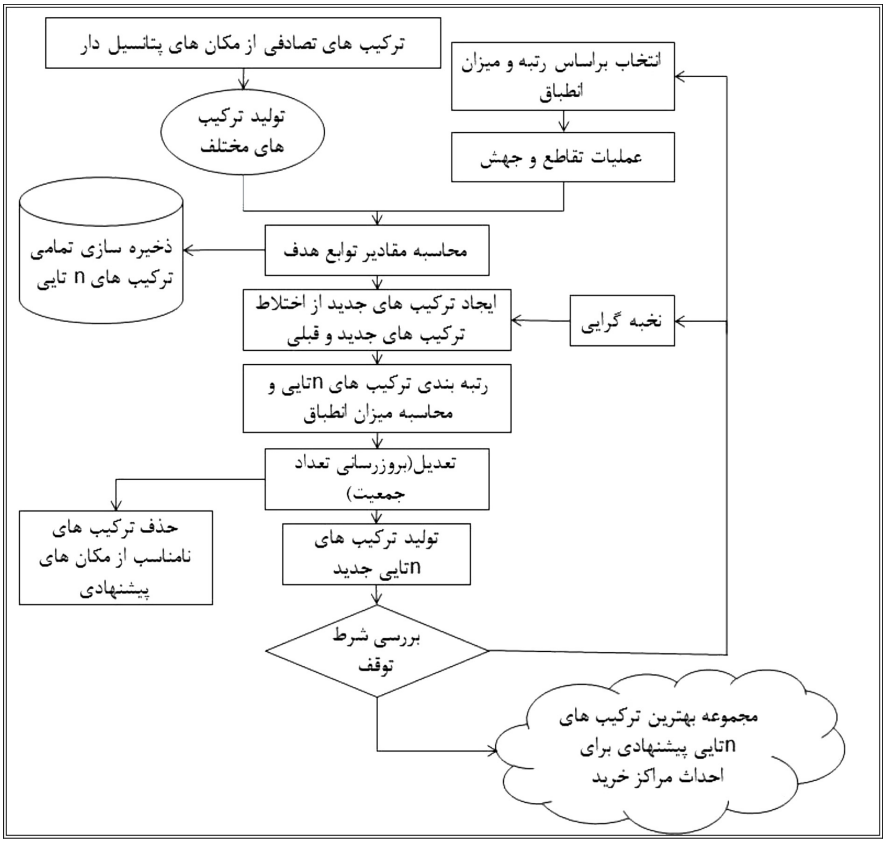
برای اینکه درک روشنی از ادامه کار داشته باشیم، پس از تعریف توابع هدف، اگر بخواهیم بدون توجه به جزئیات، فرآیند کلی حل مسئله را بیان کنیم به صورت شکل ۵ خلاصه خواهد شد.

شکل ۵: فرآیند کلی حل مسئله مکان‌یابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

۳. پیاده‌سازی مدل مکان‌یابی مراکز خرید

الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، فرآیند مرتب‌سازی جدیدی برای جواب‌ها استفاده می‌کند. هر جواب برای مسئله چندهدفه با بردار n بعدی $x = (x_1,x_2,\ldots,x_n)$ نمایش می‌یابد، که در آن هر متغیر تصمیم‌گیری xi، مکانی پیشنهادی برای احداث مراکز خرید می‌باشد. برای بهبود همگرایی الگوریتم و کاهش محاسبات، عملگرهای جستجوی جدیدی پیشنهاد شد. عملگر نخبه‌گرایی برای اطمینان از گسترش و پراکندگی مجموعه جواب‌های بهینه پارتو پیاده‌سازی شد. عملگر تعدیل نیز برای تنظیم پویای اندازه جمعیت معرفی شد که در صورت نیاز می‌تواند تا مقدارِ از پیش تعریف شده توسط کاربر افزایش یابد (Eskandari & Geiger, 2007). شکل ۶ فلوچارت روش پیشنهادی را ارائه می‌دهد.

شکل ۶: فلوچارت الگوریتم ژنتیک پارتو سریع



(اقتباس از Eskandari & Geiger, 2007)

اکنون به بیان مفاهیم و عملگرهای مختلف مورد استفاده در پیاده‌سازی برنامه می‌پردازیم. بعد از تعیین مقادیر اولیه توسط کاربر (مانند تعداد مراکز خرید جدید، احتمال تقاطع و جهش، مقدار بیشینه جمعیت و ...)، کروموزوم‌ها را باید شکل دهیم. در این تحقیق برای جلوگیری از مشکلات کدگذاری دودویی، کروموزوم‌ها با مقادیر حقیقی تشکیل شدند. در انتخاب ترکیب nتایی مراکز خرید، طول کروموزوم برابر n خواهد بود. هر کدام از مکان‌های انتخابی از ماتریس نقاط پتانسیل‌دار، نقش یک ژن از کروموزوم را دارد. با انتخاب تصادفی n مکان (ژن)، یک فرد (کروموزوم) از جمعیت اولیه ایجاد می‌شود. جمعیت اولیه با تولید تعداد کافی از کروموزوم‌ها ایجاد می‌شود. ارزیابی مجموعه‌های اولیه و بعدی جواب‌ها از طریق توابع هدف دسترس‌پذیری و جذب تقاضا از طریق محاسبات ریاضی صورت می‌گیرد. در هر نسل، جواب‌های حاصل با مقادیر توابع هدف مربوط به آن‌ها ذخیره می‌شوند. اگر جواب نسبت به نسل قبلی بهتر باشد، ویژگی‌های آن به نسل بعدی منتقل می‌شود. در الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، قبل از این که رتبه‌بندی و ارزیابی تابع تناسب انجام شود، مجموعه جواب‌های جدید با جمعیت قبلی ترکیب می‌شود تا جمعیت ترکیبی شکل گیرد.

استراتژی رتبه‌بندی مورد استفاده بر اساس گروه‌بندی جواب‌های کاندید موجود در جمعیت ترکیبی در دو رتبه براساس مغلوبیت جواب‌ها می‌باشد. ابتدا همه جواب‌های نامغلوب به عنوان رتبه اول در نظر گرفته می‌شوند، بدین معنی که هیچ جوابی وجود ندارد که از نظر توابع هدف به طور همزمان بهتر از این جواب‌ها باشند. در مرحله بعد، همه جواب‌های مغلوب به عنوان رتبه دوم شناسایی می‌شوند. این رتبه‌ها در ارزیابی تابع تناسب جواب به منظور تولید دوباره جواب استفاده می‌شوند. باید توجه شود که جواب‌های با مقدار تناسب بیشتر ارجحیت دارند. میزان تناسب جواب‌های نامغلوب در رتبه اول با مقایسه هر جواب نامغلوب با همه جواب‌های نامغلوب رتبه اول محاسبه می‌شود و به عنوان مقدار تناسب ثبت می‌شود. رتبه‌بندی اولیه باعث می‌شود که در مرحله بعد جواب‌های نامغلوب فقط با یکدیگر مقایسه شود و این مسئله با کاهش تعداد مقایسات سرعت الگوریتم را افزایش می‌دهد. مقادیر محاسبه شده برای به کارگیری در روش فاصله ازدحام استفاده می‌شود. فاصله ازدحام به حفظ تنوع در میان جواب‌های نامغلوب در جبهه بهینه پارتو کمک می‌کند. جواب با مقدار تناسب بیشتر و فاصله ازدحام بیشتر از جواب‌های نامغلوب همسایگی خود، مورد توجه الگوریتم می‌باشد. هر جواب مغلوب در رتبه دوم با تمامی جواب‌ها در جمعیت ترکیبی مقایسه می‌شود و مقدار تناسبی بسته به اینکه به چه تعدادی از جواب‌ها غلبه می‌کند، به آن نسبت داده می‌شود. به طور دقیق، برای محاسبه مقدار تناسب هر جواب مغلوب، هر دو گروه جواب‌های مغلوب و غالب را در نظر می‌گیرد. در اینجا به هر جواب در جمعیت ترکیبی، یک مقدار S(xi) نسبت داده

می‌شود، که تعداد جواب‌هایی را مشخص می‌کند که بر آن‌ها غلبه می‌کند:
رابطه ۳:

$$S(x_i) = |\{x_j | \forall x_j \in CP_t, x_i \succ x_j, j \neq i\}|$$

عبارت $x_i \succ x_j$ بدین معنی می‌باشد که x_i بر x_j غلبه می‌کند. بنابراین مقدار تناسب برای هر جواب مغلوب به صورت رابطه ۴ محاسبه می‌شود.
رابطه ۴:

$$F(x_i) = \sum_{x_i \succ x_j} S(x_j) - \sum_{x_k \succ x_i} S(x_k) \quad ,$$

$$\forall x_j, x_k \in CP_t, j \neq i \neq k$$

به عبارت دیگر مقدار تابع تناسب برای هر جواب مغلوب (x_i) برابر با مجموع تعداد همه راه‌حل‌هایی که آن جواب غلبه می‌کند، منهای مجموع تعداد همه راه‌حل‌هایی که بر جواب مذکور غلبه می‌کنند. این روش جدید اطلاعات زیادی درباره جبهه پارتو و ارتباطات موقعیتی میان جواب‌ها در جمعیت ترکیبی تولید می‌کند و احتمال اینکه دو راه‌حل مقادیر تابع تناسب یکسانی داشته باشند کاهش می‌دهد (Eskandari & Geiger, 2007).
بعد از آنکه مقادیر تناسب برای همه جواب‌های کاندید محاسبه شدند، جواب‌ها مقایسه می‌شوند. در این شرایط، سه حالت مختلف می‌تواند رخ دهد. در حالت اول، دو جواب با رتبه‌های مختلف انتخاب شده‌اند، در این شرایط جواب با رتبه بهتر ترجیح داده می‌شود. در حالت دوم، دو جواب منتخب دارای رتبه یکسان، اما مقادیر تناسب متفاوتی هستند. در این شرایط جواب با مقدار تناسب بزرگ‌تر ارجحیت دارد. و در حالت سوم، دو جواب انتخابی، رتبه و مقدار تناسب یکسانی دارند، در این شرایط یکی از دو جواب بصورت تصادفی با احتمال یکسان انتخاب می‌شوند (Eskandari & Geiger, 2007).
یکی از پارامترهای تأثیرگذار در الگوریتم چگونگی تولید نسل جدید می‌باشد. تولید دوباره جمعیت، جفت‌هایی از حالت‌های nتایی قبلی را از جمعیت کنونی برای استخر جفت‌گیری انتخاب می‌کند تا جمعیت بعدی را از جواب‌های کاندید تولید کند. در عملیات انتخاب، جواب‌های بهتر (با مقادیر تناسب بزرگ‌تر) احتمال بیشتری دارند که برای تولید جواب‌های جدید برای نسل بعدی انتخاب شوند. عملیات انتخاب با استفاده از روش انتخاب مسابقه‌ای دودویی[11] صورت می‌گیرد. در این روش انتخاب، دو جواب به صورت تصادفی از جمعیت حاضر انتخاب می‌شوند و جواب بهتر مسابقه را می‌برد و به عنوان یکی از والدها در نظر گرفته می‌شود؛ همین روند برای انتخاب والد دیگر طی می‌شود. انتخاب مسابقه‌ای دودویی به دلیل نرخ رشد قابل قبول و پیچیدگی محاسباتی کمتر برای مسئله مکان‌یابی انتخاب شد. جفت nتایی‌های منتخب برای ایجاد فرزندان نسل بعد، وارد مرحله تقاطع و جهش می‌شوند (Srinivas & Deb, 1994).
برای حفظ توزیع یکنواخت جواب‌ها در طول جبهه بهینه پارتو و تخصیص اولویت بالاتر به جواب‌های غیرمغلوب با ازدحام کمتر و دستیابی به توزیع مناسب‌تر جواب‌های نامغلوب، عملگر انتخاب مسابقه‌ای ازدحام[12] به کار می‌رود که توسط دِب و همکارانش در روش NSGA-II معرفی شد. به طور خلاصه، فاصله ازدحام برای مجموعه‌ای از جواب‌ها، تراکم جواب‌ها پیرامون هر کدام از جواب‌ها در جمعیت را تخمین می‌زند (Boloori Arabani et al., 2011).
عملگر نخبه‌گرایی نیز برای اطمینان از گسترش جواب نامغلوب در نسل‌های بعدی پیاده‌سازی شد. این امر با انتقال همه جواب‌ها در جمعیت نسل قبل به جمعیت ترکیبی در نسل حاضر صورت می‌گیرد. ترکیب نسل قبلی با فرزندان تولیدی، امکان حفظ جواب‌های برتر در نسل بعدی را ایجاد می‌کند و جواب‌های نامرغوب را حذف می‌کند (Eskandari & Geiger, 2007).

۴. نتایج

الگوریتمی که در بخش قبل توصیف کردیم در محیط نرم‌افزار MATLAB برای یافتن بهترین توزیع n مرکز خرید، با حفظ شرایط رقابتی با مراکز خرید موجود و مراکز خرید جدید پیاده‌سازی شد. ورودی‌های برنامه شامل لایه‌های رستری مربوط به همپوشانی معیارهای مختلف برای هر تابع هدف به صورت جداگانه، به همراه ماتریس مختصات نقاط پتانسیل‌دار برای احداث مراکز خرید در سطح شهر می‌باشد. همچنین تعداد مراکز موردنیاز کاربر، احتمال تقاطع و جهش، ماکزیمم جمعیت اولیه و بیشینه تعداد تکرارها نیز توسط کاربر به عنوان ورودی باید وارد شوند. خروجی برنامه شامل ماتریسی با ترکیب‌های nتایی مربوط به نقاط پتانسیل‌دار منتخب، حاصل از نتایج برنامه و همچنین توزیع مقادیر توابع هدف در فضای جواب می‌باشد که از بالا به نمودار پارتو محدود می‌شوند. جواب‌های بهینه پارتو برای انتخاب ترکیب ۴تایی مراکز خرید با مقادیر ورودی احتمال تقاطع ۰٫۸، احتمال جهش ۰٫۲ و ماکزیمم جمعیت اولیه ۱۰۰ و بیشینه تکرار ۴۰۰۰ به دست آمد. تعدادی از این ۴تایی‌های منتخب مربوط به بهینه پارتو در جدول ۱ آورده شده است. این جدول

شامل شماره ستون مکان‌های منتخب، در ماتریس مربوط به ذخیره‌سازی نقاط پتانسیل‌دار و مقادیر توابع هدف جذب تقاضا و دسترس‌پذیری می‌باشد. شکل ۷ نیز نحوه توزیع تعدادی از این ترکیب‌ها را بر روی نقشه محدوده مطالعاتی در کنار مراکز خرید وضع موجود نمایش می‌دهد.

جدول ۱: تعدادی از جواب‌های بهینه پارتو حاصل از الگوریتم ژنتیک برای ترکیب ۴تایی مراکز خرید

تابع دسترس‌پذیری	تابع جذب تقاضا	مکان۴	مکان۳	مکان۲	مکان۱
۵۹,۷۱	۸,۶۷	۳۵۱	۷۳۴	۷۷۲	۷۴۴
۵۶,۲۴	۱۴,۵۳	۷۴۴	۵۷۱	۷۳۴	۲۱۰
۵۶,۱۲	۱۲,۹۶	۶۰۵	۷۰۷	۷۴۳	۳۴۶
۵۲,۲۳	۱۶,۸۰	۳۵۲	۷۰۷	۲۴۶	۷۴۴
۴۹,۶۴	۱۷,۸۲	۱۷۲	۷۶۴	۷۴۳	۱۸۸
۴۷,۴۸	۱۷,۸۱	۱۴۸	۶۷۶	۸۲۰	۷۴۳
۴۵,۴۲	۱۹,۱۰	۷۷۲	۵۹۲	۷۰۷	۷۹
۴۲,۱۰	۲۱,۷۴	۷۴۳	۲۴۹	۴۲	۷۸۰
۴۰,۳۴	۲۳,۰۴	۱۳۳	۶۴۸	۷۴۳	۳۲۵
۳۷,۵۷	۲۴,۱۶	۷۴۳	۶۴	۲۲۶	۶۶۰
۳۵,۳۹	۲۵,۵۷	۷۴۳	۶۴	۲۲۶	۳۷۷

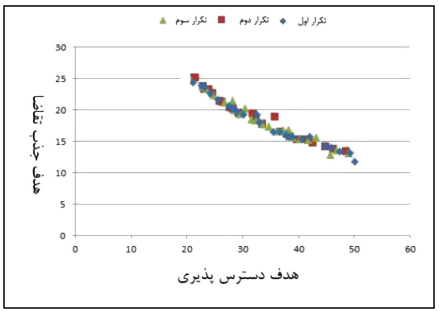
شکل ۷: نمونه‌هایی از ۴تایی‌های بهینه (دایره ـ مراکز موجود، مربع ـ مراکز پیشنهادی)

۵. تست نتایج الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع

۵ـ۱ـ تست تکرارپذیری

برای اینکه نشان دهیم الگوریتم ژنتیک پیاده‌سازی شده نسبت به معیار تکرارپذیری، ثبات قابل قبولی دارد، برنامه را برای انتخاب مکان‌های پیشنهادی برای ۴ مرکز خرید، با مقادیر ورودی احتمال تقاطع ۰,۸، احتمال جهش ۰,۲ و ماکزیمم جمعیت اولیه ۱۰۰ و تعداد تکرار ۵۰۰، سه مرتبه اجرا کردیم. شکل ۸ مشخص می‌کند که تفاوت معنی‌داری در نتایج حاصل از تکرارهای متوالی وجود ندارد. بنابراین الگوریتم پیاده‌سازی شده قابلیت تکرارپذیری داشته و از استحکام مناسبی برخوردار می‌باشد.

شکل ۸: نتایج سه مرتبه اجرای الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع با تعداد تکرار ۵۰۰



۲ـ۵ـ تست افزایش تعداد نسل‌ها و جمعیت اولیه

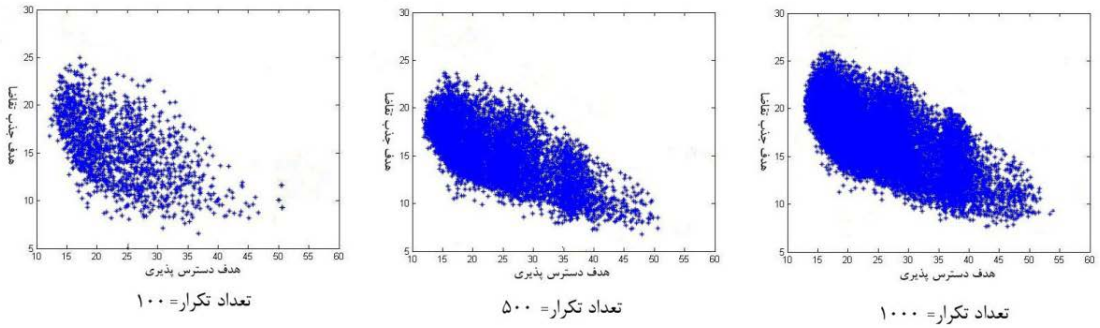
الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع برای جمعیت‌های اولیه ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰، با تعداد تکرار ۵۰۰ اجرا گردید. نتایج نشان داد که با افزایش جمعیت اولیه و تعداد نسل ثابت، می‌توان به جواب‌های مطلوب‌تری در تکرارهای پایین دست یافت. جدول ۲ بهبود مقادیر حداقل توابع هدف را با افزایش تعداد نسل‌ها و افزایش جمعیت اولیه نشان می‌دهد.

جدول ۲: نتایج الگوریتم ژنتیک برای افزایش تعداد نسل‌ها و جمعیت اولیه

هدف جذب تقاضا	هدف دسترس پذیری	جمعیت اولیه	تعداد تکرارها
۱۱,۷۸	۱۹,۸۶	۱۰۰	۵۰۰
۱۳,۵۷	۲۱,۶۲	۱۰۰	۱۰۰۰
۱۴,۲۶	۲۲,۲۳	۱۰۰	۲۰۰۰
۹,۱۵	۱۶,۵۸	۴۰	۵۰۰
۱۲,۴۵	۱۸,۷۴	۸۰	۵۰۰

شکل ۹ نتایج حاصل از اجرای برنامه برای انتخاب چهار مرکز خرید در سطح شهر با مقادیر ورودی احتمال تقاطع ۰,۸، احتمال جهش ۰,۲ و ماکزیمم جمعیت اولیه ۱۰۰ را نشان می‌دهد. نمودارهای نمایش یافته در این شکل نیز نتایج جدول ۲ را تایید می‌کنند.

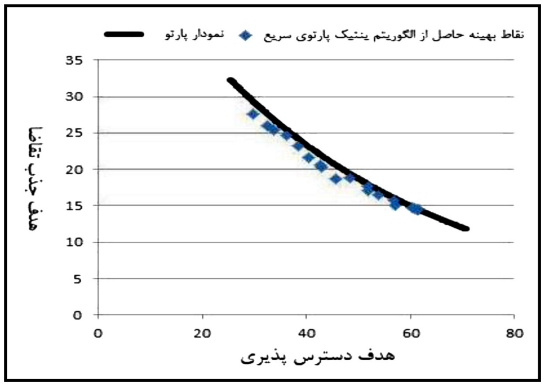
شکل ۹: پارتوی حاصل از اجرای برنامه با تعداد تکرارهای مختلف برای انتخاب ترکیب ۴تایی مراکز خرید



۳ـ۵ـ تست انطباق‌پذیری با نمودار پارتو

مقدار اهداف برای تمامی نقاط پتانسیل‌دار به دست آمد و پس از مرتب‌سازی و تعیین نقاط نامغلوب، نمودار پارتو رسم شد. این نمودار با نتایج بهینه حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ترکیب ۴تایی مراکز خرید مقایسه شد. شکل ۱۰ این مقایسه را نمایش می‌دهد. ملاحظه می‌شود که جواب‌های حاصل از اجرای الگوریتم انطباق قابل قبولی بر روی نمودار پارتو حاصل از کلیه پیکسل‌ها دارد.

شکل ۱۰: انطباق‌پذیری جواب حاصل از الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع با نمودار بهینه پارتو

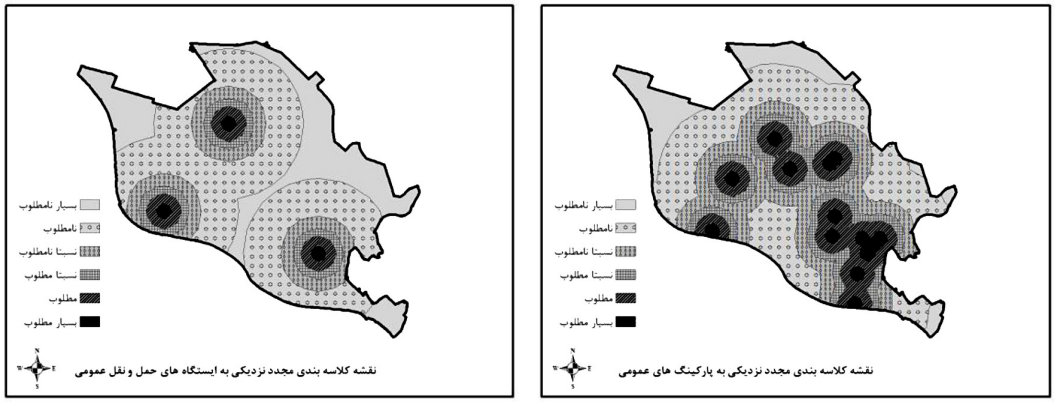


۴ـ۵ـ اعتبارسنجی نتایج

برای اعتبارسنجی به نتایج حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، از روش هم‌پوشانی شاخص وزن‌دار استفاده شد. بدین منظور از نقشه معیارهای مختلف مربوط به هدف دسترس‌پذیری و نقشه مربوط به هدف جذب تقاضا استفاده گردید. نقشه‌ها برای هدف دسترس‌پذیری براساس میزان فاصله و برای هدف جذب تقاضا بر حسب تراکم جمعیت، کلاسه‌بندی مجدد شدند و در شش کلاس قرار گرفتند؛ با توجه به مطلوبیت هر کلاس برای مسئله تحت بررسی اعداد ۱ تا ۶ به آن‌ها نسبت داده شد. نمونه‌هایی از نقشه‌های مربوط به معیارهای هدف دسترس‌پذیری با کلاسه‌بندی مجدد در شکل ۱۱ قابل مشاهده هستند.

به دلیل اینکه در روش الگوریتم ژنتیک وزن‌دهی به اهداف صورت نگرفت، در روش هم‌پوشانی نیز برای اینکه وزن‌دهی به اهداف، خروجی‌ها را تحت تأثیر خود قرار ندهد، اهمیت هر دو هدف یکسان درنظر گرفته شد. اکنون فقط کافی است که اوزان مربوط به معیارهای هدف دسترس‌پذیری را تعیین کنیم. برای وزن‌دهی به این معیارها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی[۱۳] استفاده گردید. جدول ۳ مقایسه دودویی و اوزان نهایی معیارها را بر اساس نظرات کارشناسی نشان می‌دهد.

شکل ۱۱: نقشه کلاسه‌بندی مجدد معیار نزدیکی به پارکینگ‌های عمومی (راست) و نزدیکی به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی (چپ)

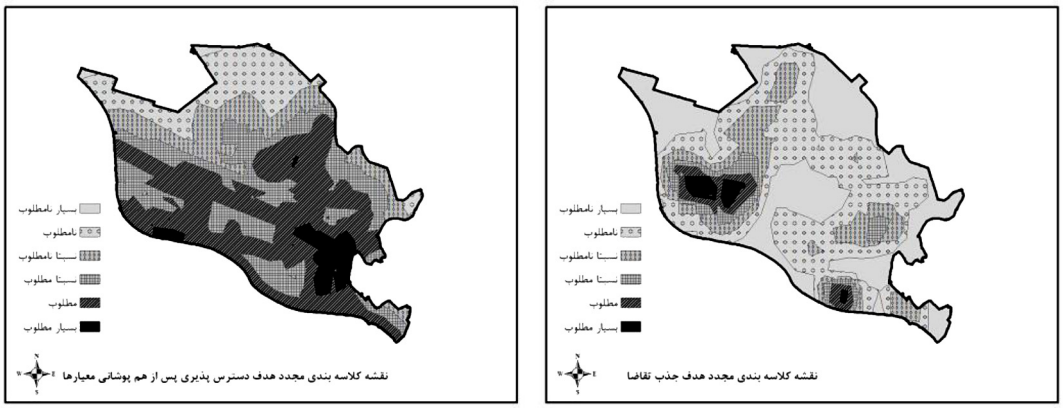


شکل ۱۲ و شکل ۱۳ به ترتیب نقشه‌های نهایی اهداف و نقشه حاصل از روش هم‌پوشانی شاخص را نمایش می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در نواحی جنوب و جنوب شرقی محدوده، زمین‌های با دسترس‌پذیری مناسب و مستعد برای احداث مراکز خرید تراکم بیشتری دارند. همچنین نواحی با تقاضای بالا، بیشتر در بخش جنوب غربی مشاهده می‌شوند. در نقشه نهایی، نواحی که با زنگ سبز نمایش یافته‌اند، برای احداث مراکز خرید مطلوب‌تر هستند و نواحی با رنگ قرمز و قهوه‌ای کمترین میزان مطلوبیت را دارند.

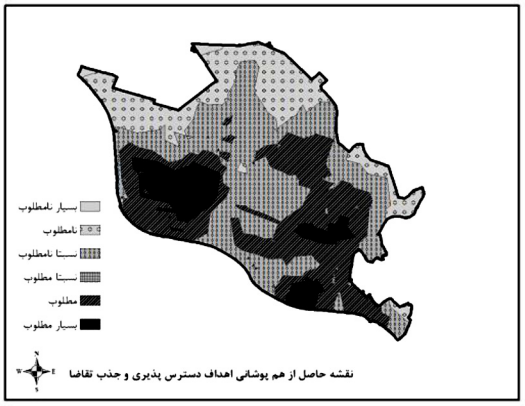
جدول ۳: مقایسه دودویی بین معیارهای هدف دسترس‌پذیری و اوزان مربوطه

معیار	پارکینگ عمومی	پارک و فضای تفریحی	ایستگاه حمل و نقل عمومی	معابر شریانی و اصلی	وزن نهایی معیار
پارکینگ عمومی	۱	۴	۰,۲۵	۰,۱۶۶۷	۰,۶۰۸۷
پارک و فضای تفریحی	۰,۲۵	۱	۰,۱۶۶۷	۰,۱۱۱۱	۰,۲۴۸۵
ایستگاه حمل و نقل عمومی	۴	۶	۱	۰,۲۵	۰,۱۰۱۴
معابر شریانی و اصلی	۶	۹	۴	۱	۰,۰۴۱۴

شکل ۱۲: نقشه کلاسه‌بندی مجدد هدف جذب تقاضا (راست) و هدف دسترس‌پذیری (چپ)



شکل ۱۳: نمایش مطلوبیت مکان‌های احداث مراکز خرید، حاصل از روش هم‌پوشانی شاخص



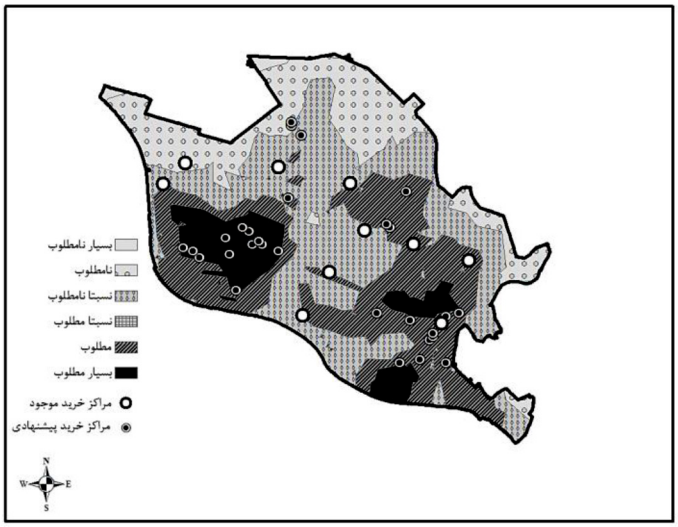
جدول ۴: مطابقت نتایج بهینه الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع با روش هم‌پوشانی شاخص

میزان مطلوبیت	درصد مطابقت
بسیار مطلوب	۴۰
مطلوب	۵۰
نسبتاً مطلوب	۰
نسبتاً نامطلوب	۳,۳
نامطلوب	۶,۷
بسیار نامطلوب	۰
جمع کل	۱۰۰

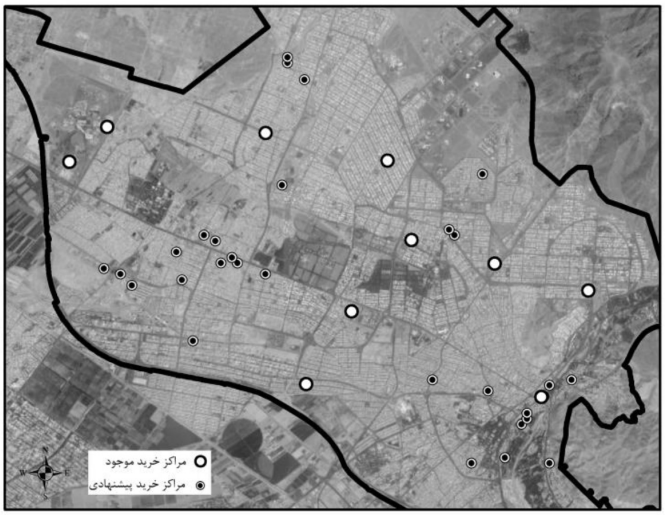
مقایسه نتایج حاصل از روش هم‌پوشانی شاخص و خروجی الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع مشخص می‌کند که اغلب نقاط بهینه در کلاس‌های با مطلوبیت بالا در نقشه هم‌پوشانی شاخص واقع شده‌اند. شکل ۱۴ و جدول ۴ به وضوح این موضوع را نشان می‌دهند. عدم مطابقت کامل نتایج نیز به دلیل هم‌پوشانی اهداف متناقض در روش هم‌پوشانی شاخص می‌باشد. در نتیجه این کار یک سری از جواب‌های بهینه از دست می‌روند.

برای اینکه درک بهتری از موقعیت مراکز خرید پیشنهادی و وضع موجود محدوده داشته باشیم، نمایش همزمان ترکیب‌های ۴تایی، بدون متمایز کردن این ترکیب‌ها از یکدیگر، و موقعیت مراکز خرید وضع موجود بر روی تصویر ماهواره محدوده در شکل ۱۵ صورت گرفته است. بوضوح قابل مشاهده است که مراکز پیشنهادی در اکثر موارد به دلیل اعمال شرایط رقابتی از مراکز وضع موجود فاصله دارند؛ مگر اینکه به دلیل وجود تراکم جمعیت و عدم جذب کامل تقاضا توسط مراکز وضع موجود، شاهد نزدیکی مراکز موجود و پیشنهادی باشیم.

شکل ۱۴: نمایش همزمان ترکیب‌های ۴تایی مراکز خرید، پیشنهادی توسط الگوریتم ژنتیک و مقایسه آن با پهنه‌بندی حاصل از روش هم‌پوشانی شاخص



شکل ۱۵: نمایش همزمان ترکیب‌های ۴تایی مراکز خرید در مقایسه با مراکز خرید وضع موجود محدوده مطالعاتی



لازم به ذکر می‌باشد که در شکل ۱۵، دلیل نزدیکی نقاط دایره‌ای توپر (مراکز خرید پیشنهادی) در برخی از زون‌ها، نمایش همزمان نقاط پیشنهادی جواب‌های بهینه پارتو در یک شکل می‌باشد و فقط برای درک صحیحی از چگونگی توزیع مکان‌های پیشنهادی نسبت به مراکز خرید وضع موجود ارائه گردیده است. شکل ۱۵ به وضوح نشان می‌دهد که مراکز خرید پیشنهادی توسط الگوریـم پیاده‌سازی شده، مناطقی را برای احداث مراکز جدید پیشنهاد می‌کند که در حین حفظ دسترس‌پذیری برای این نقاط، مراکز پیشنهادی یا از مراکز وضع موجود فاصله داشته باشند، و یا در صورت وجود

تقاضای بالا در یک زون، در نزدیکی مراکز وضع موجود باشند؛ لذا از این قضیه می‌توان به عنوان استدلالی برای توسعه برخی از مراکز خرید وضع موجود در آینده نیز استفاده کرد.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، نقاطی را برای ساخت مراکز خرید جدید پیشنهاد می‌کند که در وضع موجود با کمبود مرکز خرید مواجه هستند. این موضوع در شکل ۱۵ به وضوح نمایان است که با توجه به اعمال شرایط رقابتی در الگوریتم، اکثر مراکز پیشنهادی از مراکز وضع موجود فاصله زیادی دارند. دلیل این پراکندگی هم بخاطر جذب بیشتر تقاضا توسط مراکز وضع موجود می‌باشد. اما در برخی حوزه‌ها به دلیل تراکم بالای جمعیتی و (یا) دسترس‌پذیری مناسب، همچنان تقاضا برای مراکز جدید وجود دارد و لذا شاهد نزدیکی میان مراکز وضع موجود و پیشنهادی هستیم. با مراجعه به لایه‌های اطلاعاتی، که ورودی الگوریتم ژنتیک می‌باشند نیز مشخص می‌شود که محدوده‌هایی که با تراکم نقاط پیشنهادی مواجه هستند، زمین‌های پتانسیل‌داری می‌باشند که دارای تقاضا یا (و) دسترس‌پذیری بالایی بوده‌اند. این موضوع در رابطه با مناطق شمالی شهر نیز صادق می‌باشد، چرا که با وجود کمبود مراکز خرید، بدلیل دسترس‌پذیری و تراکم جمعیت پایین، مراکز خرید بسیار کمی در آن نواحی پیشنهاد شده است.

علاوه بر این که پایداری و صحت الگوریتم با تست‌های مختلف مورد سنجش قرار گرفتند؛ از روش هم‌پوشانی شاخص نیز که یک روش غیرابتکاری و متداول می‌باشد، برای اطمینان از صحت موقعیت مراکز خرید پیشنهادی استفاده شد. بدین صورت که با هم‌پوشانی لایه‌های معیارهای مد نظر در حل مسئله، که با روش AHP وزن‌دهی شده بودند، در نهایت به لایه‌ای دست یافتیم که میزان مطلوبیت حوزه‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج مربوط به مکان‌های پیشنهادی الگوریتم ژنتیک و خروجی روش هم‌پوشانی شاخص که در شکل ۱۴ و جدول ۴ آمده است، نشان می‌دهد که مکان‌های پیشنهادی برای احداث مراکز خرید از مطلوبیت بالایی برخوردار هستند. با این تفاوت که در روش ارائه شده، مکان‌های پیشنهادی به شکل دقیق و نه به صورت پهنه‌ای قابل دسترسی می‌باشد.

همچنین باید توجه شود که برخلاف روش‌های چند معیاری متداول که در آن‌ها جواب نهایی به کاربر ارائه می‌شود، در روش‌های چندهدفه که در اینجا نیز از آن استفاده شد، خروجی که به کاربر(کارشناس) ارائه می‌شود به صورت مجموعه جواب (نمودار پارتو) می‌باشد و کارشناس با توجه به شرایط حاکم و اولویت هر کدام از توابع هدف (بدون وزن‌دهی قبل از حل مسئله)، می‌تواند ترکیب nتایی مورد نظر خود را انتخاب کند. اگر توابع هدف دارای الویت تقریباً یکسانی باشد، با توجه به شکل ۱۰ انتخاب از میانه نمودار پارتو و چنانچه اولویت هر کدام از توابع جذب تقاضا و دسترس‌پذیری بیشتر باشد، انتخاب از انتهای نمودار صورت می‌گیرد.

از نقطه نظر کاربرد الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع، پارامترهای مختلفی مانند احتمال تقاطع و جهش، ماکزیمم جمعیت در هر تکرار، معیار توقف، نوع عملگرهای تقاطع و جهش و همچنین شیوه‌های رتبه‌بندی و انتخاب والدها، در الگوریتم مورد بررسی تأثیرگذار هستند. بنابراین با سعی و خطا می‌توان برای مسئله مکان‌یابی مراکز خرید و مسائل دیگر، بهترین حالت را برای این پارامترها به دست آورد تا نتایج با«کیفیت»تر و در زمان کمتر حاصل شوند.

در نهایت پیشنهاد می‌شود که:

ـ در مدل‌سازی، اهداف و معیارهای مختلفی می‌توان در نظر گرفت. اما به دلیل نبود داده‌های مناسب، به ناچار از آن‌ها صرف‌نظر شد. بنابراین با به دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی متنوع‌تر، می‌توان مدل‌سازی کامل‌تر و جواب‌های واقعی‌تر از مکان‌یابی مراکز خرید ارائه کرد.

ـ برای اعمال شرایط رقابتی، مدل استاتیک احتمالاتی مورد استفاده قرار گرفت. اما همان گونه که ذکر شد، مدل‌های با پیش‌بینی و مدل پویا نیز در این رابطه مطرح می‌باشند که بسته به شرایط مسئله مکان‌یابی می‌توان از آن‌ها نیز استفاده نمود.

ـ الگوریتم‌های تکاملی سعی در ارائه جواب‌های بهینه و سریع دارند. همان گونه که الگوریتم ژنتیک پارتوی سریع با اعمال تغییراتی بر روی روش NSGA-II، برای حصول نتایج بهتر و سریع‌تر ارائه شد، با اعمال تغییرات بر روی الگوریتم مورد استفاده و پارامترهای دخیل در آن نیز ممکن است بتوان به نتایج مناسب‌تری نائل شد.

پی‌نوشت

1. Genetic Algorithm (GA)
2. Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)
3. Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II (NSGA-II)
4. Geographical Information System (GIS)
5. Fast Pareto Genetic Algorithm (FastPGA)
6. Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA)
7. Fitness Function
8. Crossover
9. Mutation
10. Binary Tournament Selection
11. Binary Tournament Selection Scheme
12. Crowded Tournament Selection Operator
13. Analytic Hierarchy Process (AHP)

References

- Beasley, D., R. Bull, D., Ralph, M. (1993). *An Overview of Genetic Algorithms,* Inter University of Committee on Computing (Part1 and 2).
- Boloori Arabani, A., Zandieh, M., Fatemi Ghomi, S.M.T. (2011). Multi-objective Genetic-based Algorithms for Cross-docking Scheduling Problem, *Applied Soft Computing*, 11, 4954-4970.
- Cheng, E., Li, H., Yu, L. (2005). A GIS Approach to Shopping Mall Location Selection, *Building and Environment*, 42, 884-892.
- Deb K, Pratab A, Agarwal S, Meyarivan T. (2001). A Fast and Elitist Multi-objective Genetic Algorithm: NS-GA-II, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6, 182-197.
- Dias, J., Captivo E, Climaco J. (2007). *A Mementic Algorithm for Dynamic Location Problems*, Centro de Investigacao Operacional, Chapter 12, 225-244.
- Ehrgott, M., Wiecek, M. (2004). *Multi Objective Programming,* Department of Engineering Science, Chapter 17, 667- 722.
- Eskandari, H., Geiger, Ch. (2007). A Fast Pareto Genetic Algorithm Approach for Solving Expensive Multi Objective Optimization Problems, *Journal of Heuristics,* 203-241.
- Farahani, R., Hekmatfar, M. (2009). *Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*, Contributions to Management Science, Chaper 20, 473-503.
- Haupt, R., Haupt Sue, E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*, John Wiley and Sons.
- Jaramillo, J., Bhadury, J., Batta, R. (2002). On the Use of Genetic Algorithms to Solve Location Problems, *Computers & Operations Research,* 29, pp 761-779.
- Khoshamooz, G. (2011). *Development of A Spatial Multiple Objective Decision Making Model for Industrial Planning,* Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in GIS.
- Modares, A. (2009), A Tabu Search Algorithm for Vehicle Routing and Scheduling Problem, *Journal of Transportation Research* 4.
- Onut, S., Efendigil, T., Soner, K. S. (2009). A Combined Fuzzy MCDM Approach for Selecting Shopping Center Site: An Example from Istanbul, Turkey, *Expert Systems with Applications*, 37, 1973-1980.
- Rahmani, M., Saeidian, T. M. (2009). Introducing Park and Ride Location Model and Solving with Genetic Algorithms, *Journal of Transportation Research*, 3, 245-255.
- Rezaei, J., Davoudi, M. M. (trans.) (2008). *Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*, University of Vali Asr, Rafsanjan, Publisher Pelk.
- Srinivas, N., Deb, K. (1994). Multi Objective Function Optimization Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithms, *Evolutionary Computation*, 2, 221-248.
- Talebi, R. (2010). Optimum Setting of Parking Places in Tehran City; Case Study: Seven Area of Tehran, *Urban Management*, 26, 119-132.
- Zanjirani Farahani, R., Asgari, N. (2006). Combination of MCDM and Covering Techniques in a Hierarchical Model for Facility Location: A Case Study, *European Journal of Operational Research*, 176, 1839-1858.