مطالعـــات و پـــژوهش‌هـــای شـــهری و منطقـــه‌ای
سـال هفـتم، شـماره بیسـت و پـنجم، تابسـتان ۱۳۹٤

استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی مسأله مکانیابی-تخصیص چندمعیاره در محیط GIS (مطالعه موردی: ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۱۱ شهر تهران)

سـمیرا بلـوری: کارشناسی ارشد محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علـوم تحقیقـات، تهـران، ایـران *
علیرضـا وفـایی‌نـژاد: دانشـیار محـیط زیسـت و انـرژی، دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد علـوم تحقیقـات، تهـران، ایـران

دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۸ - پذیرش: ۱۳۹٤/۱/۲٤، صص ۲۰۲-۱۸۳

چکیده

مسأله مکانیابی-تخصیص به دنبال یافتن بهترین موقعیت و تخصیص ظرفیت بهینه به امکانات است. با توجه به رشد روز افزون شهرها، افزایش جمعیت و متراکم شدن بافت شهری، ضروری به نظر می‌رسد کـه تسـهیلات و امکانـات اضـطراری از قبیل آتش‌نشانی به طور بهینه تعیین موقعیت شوند تا بخوبی و به سرعت بتوانند پاسخگوی تقاضاها باشند. ایـن مسـأله از آن جهت حائز اهمیت است که این تسهیلات، برای خدمات‌رسانی امدادی ایجاد می‌شوند پس باید بخـوبی بتواننـد تمـام ناحیـه تقاضا را پوشش دهند. در این پژوهش منطقه ۱۱ شهر تهران به علت تراکم جمعیت و متراکم بودن بافت شـهری، بـه منظـور یافتن موقعیتهای بهینه و تخصیص ظرفیت بهینه به هر ایستگاه آتش‌نشانی برای مطالعه موردی انتخاب شد. بـراین اسـاس در چارچوب روش توصیفی- تحلیلی، پس از مشخص شدن معیارهای مؤثر در این مسـأله مکانیـابی-تخصـیص کـه از پیشـینه مرتبط با تحقیق و اطلاعات و داده‌های قابل دسترس انتخاب شد، اقدام به وزندهی معیارها، به صورت استفاده از یـک برنامـه وزندهی اتوماتیک می‌شود. سپس با استفاده از GIS، مدل ژنتیک چندمعیاره (چندمعیاره) و وزنهـای اختصـاص یافتـه بـه هـر معیار، خروجی مدل که موقعیتهای بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی است مشخص می‌شود. نتیجه استفاده از مدل نشـان مـی‌دهـد که این مدل، بخوبی می‌تواند موقعیتهای بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی را که با ظرفیت معلوم در نظر گرفته شده‌انـد، مشـخص کند. همچنین مدل، اهمیت معیار کمینه شدن زمان رسیدن به محل حادثه نسبت به سایر معیارها را نشان مـی‌دهـد. در نهایـت مدل، با استفاده از برنامه وزندهی اتوماتیک (که هر بار به هر معیار، بردار وزنـی تصـادفی نسـبت مـی‌دهـد)، مجموعـه‌ای از جوابهای غیرمسلط را تولید می‌کند که به تصمیم‌گیرندگان، فرصت می‌دهد، موقعیتهای مناسب را با توجه به اولویـت آنهـا بـه یک معیار، انتخاب کنند.

واژه‌های کلیدی: مکانیابی-تخصیص چندمعیاره، GIS، ایستگاه‌های آتش نشانی، الگوریتم ژنتیک، جوابهای غیرمسلط.

***نویسنده مسؤول:** E-mail: a.doreki@vru.ac.ir

۱- مقدمه

۱-۱ طرح مسأله

شهرها در هر سطحی که استقرار داشته باشند، نیازمند تاسیسات مختلف برای خدمات‌رسانی به شهرنشینان خواهند بود (کوکبی و قدیری معصوم، ۱۳۹۱: ۳۵). یکی از تاسیسات اضطراری، ایستگاه‌های آتش‌نشانی هستند. تعیین موقعیت و تخصیص ظرفیت بهینه به سرویسهای اضطراری، مسأله بزرگی تلقی می‌شود. زیرا این سرویسها، سالانه هزینه و بودجه فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند.

از طرفی این امکانات اورژانسی وظیفه خدمات‌رسانی به تقاضاهای تحت پوشش خود را بر عهده دارند بنابراین تعیین موقعیت بهینه و اینکه چه تعداد از این امکانات مورد نیاز است از جمله چالشهایی هستند که سیاست‌گزاران در شهرهای بزرگ با آن مواجه می‌شوند. بهترین موقعیت یک ایستگاه آتش‌نشانی به شرایطی مانند فاصله بهینه، ظرفیت امکانات، تراکم جمعیت، هزینه بهینه و...بستگی دارد.

موقعیت بد یک ایستگاه آتش‌نشانی، در سرویس‌دهی مؤثر برای آن ایستگاه، تأثیرمنفی خواهد داشت. اگر موقعیت یک ایستگاه، از فضاهای جمعیتی دور باشد، به خوبی قادر به سرویس‌دهی نخواهد بود. ظرفیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیز در سرویس‌دهی آنها مؤثر است. زمانیکه ایستگاه‌های آتش‌نشانی ایجاد شده‌اند تا به تقاضای مردم پاسخ دهند، ظرفیت آنها نباید نادیده گرفته شود.

طبق استانداردهای جهانی هر ایستگاه آتش‌نشانی دارای ظرفیت ۵۰۰۰۰ نفر است یعنی به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه لازم است. اما متأسفانه در شهر تهران هر ایستگاه باید جمعیت بیشتری را پاسخگو باشد. بنابراین به تعداد بیشتری ایستگاه، نیاز است که در صورت مکانیابی بهینه برای آنها، از تعداد آمار حوادث می‌تواند کاسته شود و نیز ایستگاه‌ها قادر به خدمات‌رسانی بهتر خواهند بود.

۱-۲ اهمیت و ضرورت

با توجه به رشد روز افزون، افزایش جمعیت و متراکم شدن بافت شهری، ضروری است که ایستگاه‌های آتش‌نشانی به طور بهینه تعیین موقعیت شوند تا بتوانند بخوبی پاسخگوی تقاضاها باشند. این مسأله از آن جهت حائز اهمیت است که این تسهیلات، باید به سرعت در منطقه مورد تقاضا حاضر شوند. بر طبق استانداردهای جهانی حداکثر زمان رسیدن به محل حادثه ۵ دقیقه است (نظریان و کریمی، ۱۳۸۸: ۱۱).

اما متأسفانه در شهر تهران ماشینهای آتش‌نشانی در زمان بیشتری به محل حادثه می‌رسند که این می‌تواند عمق حوادث و تلفات ناشی از آن را افزایش دهد. این مشکل می‌تواند ناشی از دور بودن فاصله ایستگاه تا محل حادثه، زمان‌بر بودن مسیر رسیدن به محل حادثه

(به علت ترافیک، یک طرفه بودن خیابان و ...) و حتی تحت پوشش نبودن محل حادثه توسط ایستگاه باشد.

بنابراین معیارهای زمان، فاصله و شعاع پوشش هر ایستگاه، در مکانیابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی بسیار مهم هستند. از طرفی مکانیابی از جمله تحلیل-های مکانی است که تأثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راه‌اندازی فعالیتهای مختلف دارد (کرمی و دیگران، ۱۳۹۱: ۲۲). بنابراین در صورت نیاز به احداث ایستگاه جدید تا حد زیادی از هزینه‌ها کاسته خواهد شد.

۱-۳ اهداف

هدف این تحقیق، تعیین موقعیت بهینه ایستگاههای آتش‌نشانی است به گونه‌ای که این ایستگاه‌ها با ظرفیت مشخص بتوانند به خوبی به تقاضاها پاسخ دهند. تعیین مکانهای مناسب جهت استقرار کاربری‌های گوناگون شهری به عوامل متعددی بستگی دارد (گیوه‌چی و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۶). این عوامل در این تحقیق شامل کمینه کردن فاصله بین تقاضا و ایستگاه‌های آتش‌نشانی، کمینه کردن زمان رسیدن به تقاضا از ایستگاه‌های آتش-نشانی و بیشینه کردن پوشش ایستگاهها است. همچنین شرط ظرفیت نیز برای ایستگاهها در نظر گرفته می‌شود.

۱-٤ پیشینه پژوهش

مسأله بهینه‌سازی مکانیابی-تخصیص بوسیله الگوریتم ژنتیک، ابتدا بوسیله Hosage وGoodchild در سال ۱۹۸٦ حل شد. آنها از این الگوریتم برای حل مسأله مکانیابی-تخصیص از نوع P-Median استفاده کردند (Shamsul Arifin, 2011: 36). نوشته‌های محدودی درباره استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تعیین موقعیت وجود دارد. حدوداً سه دهه است که مسأله مکانیابی-تخصیص به صورت موفقیت‌آمیز، بوسیله الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shamsul 2011 Arifin 36,).

بعضی از مسائل مکانیابی-تخصیص بجای یک معیار، نیازمند در نظر گرفتن چندین معیار هستند. مسأله مکانیابی-تخصیص در تحقیقی بوسیله Li وYeh برای تعیین موقعیت چند امکان، با سه معیار با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفت. آنها بیان کردند که جستجوی دقیق ناآگاهانه برای داده‌های مکانی با ابعاد بزرگ در حل مسائل بهینه‌سازی به دلیل فضای ترکیبی گسترده جوابها، غیرممکن است. الگوریتمهای جستجوی هوشمند می‌توانند به بهبود اجرای جستجوی مکانی کمک کنند (Li and Yeh, 2005: 581-601).

تحقیقات دیگری نیز در این زمینه با اهداف مختلف دیگر انجام شد. نتیجه‌ای که از این تحقیقات گرفته می شود این است که الگوریتم ژنتیک به صورت موفقیت-آمیزی مسأله مکانیابی-تخصیص چندمعیاره را حل می-کند. اما حتی اگر الگوریتم ژنتیک بتواند مسأله مکانیابی-تخصیص چندمعیاره را حل کند زمانیکه

بخواهد در حل مسأله، ظرفیت امکان را نیز در نظر بگیرد، از نظر محاسباتی بسیار وقت‌گیر و زمان‌بر خواهد بود.

عباسپور در سال ۱۳۹۰ برای تخصیص بهینه شهروندان در مکانهای از پیش تعیین شده به منظور مدیریت سوانح در حوادث غیر مترقبه از مدل عرضه و تقاضا استفاده کرد. او جهت ارزیابی روش پیشنهادی از لایه-های ساختمانهای مسکونی (نقاط تقاضا)، فضای سبز (نقاط عرضه) و معابر شهری و اطلاعات توصیفی استفاده کرد. مدل پیشنهادی او سعی دارد خانوارهای ساکن در مناطق مسکونی را به نزدیکترین فضای سبز موجود در منطقه منتسب کند. (عباسپور، ۱۳۹۰: ٦۱).

لازم به ذکر است که تا قبل از سال ۲۰۱۱ هیچ تحقیقی در مورد مسأله بهینه‌سازی مکانیابی-تخصیص در تلفیق با GIS و الگوریتم ژنتیک یافت نشد. اما Shamsul Arifin در سال ۲۰۱۱ مسأله بهینه‌سازی مکانیابی-تخصیص تک معیاره را در تلفیق با GIS و به کمک الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی حرارتی انجام داد. هدف او در حل این مسأله، بهینه کردن فاصله بین تقاضا و امکان بود. او در تحقیق خود شرایطی مانند نوع امکان و ظرفیت امکان را نیز مورد توجه قرار داد (Shamsul Arifin, 2011: 1-92).

تاکنون در بین تحقیقاتی که صورت گرفته است حل مسأله مکانیابی-تخصیص چند معیاره در تلفیق با GIS و با کمک الگوریتم ژنتیک انجام نگرفته است. در این تحقیق سه معیار و یک شرط (ظرفیت ایستگاه‌ها) مورد توجه قرار خواهد گرفت. GIS ابزار توانمندی است که امکان استفاده از برنامه‌ها و الگوریتمها و نمایش اطلاعات را در داخل محیط خود امکانپذیر می‌کند. در نهایت الگوریتم ژنتیک ایستگاه‌های آتش‌نشانی بهینه را با توجه به معیارها می‌یابد.

۱-۵ سؤال‌ها و فرضیه‌ها

سؤالاتی که در قالب این تحقیق مطرح می‌شوند عبارتند از:

۱- مهمترین معیار در حل مسأله مکانیابی-تخصیص چندمعیاره ایستگاه‌های آتش‌نشانی چیست؟

۲- چه زمانی الگوریتم ژنتیک به جواب بهینه می‌رسد؟

فرضیه این تحقیق که با مطالعه اجمالی ادبیات موضوع و ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه در جواب سوال تحقیق مطرح گردیده عبارت است از:

به نظر می‌رسد معیار کمینه کردن زمان رسیدن به محل تقاضا در مسأله مکانیابی-تخصیص ایستگاه‌های آتش-نشانی به عنوان مهمترین معیار به شمار می‌آید.

۱-٦ روش تحقیق

۱-٦-۱ روش و ابزار گردآوری اطلاعات

روش انجام این پژوهش توصیفی-تحلیلی خواهد بود. در این راستا در مرحله جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اولیه، از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین مطالعات و

برداشتهای میدانی، آمارهای موجود در زمینه جمعیت و شمار حوادث و آتش‌سوزیها، اطلاعات و نقشه‌های موجود از منطقه مورد مطالعه، استفاده فراوان خواهد شد.

۱-۶-۲ جامعه آماری و متغیرهای مورد مطالعه

جامعه آماری در این مطالعه منطقه ۱۱ شهر تهران و متغیرهای مورد مطالعه کلیه معیارهای مؤثر در مسأله مکانیابی-تخصیص ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه مورد مطالعه است که در ادامه به تفصیل بدان پرداخته خواهد شد. علت انتخاب این محدوده از شهر ناشی از ویژگی‌های زیر است:

-جمعیت قابل توجه ساکن در منطقه

-متراکم بودن بافت شهری و پیچیدگی شبکه راهها

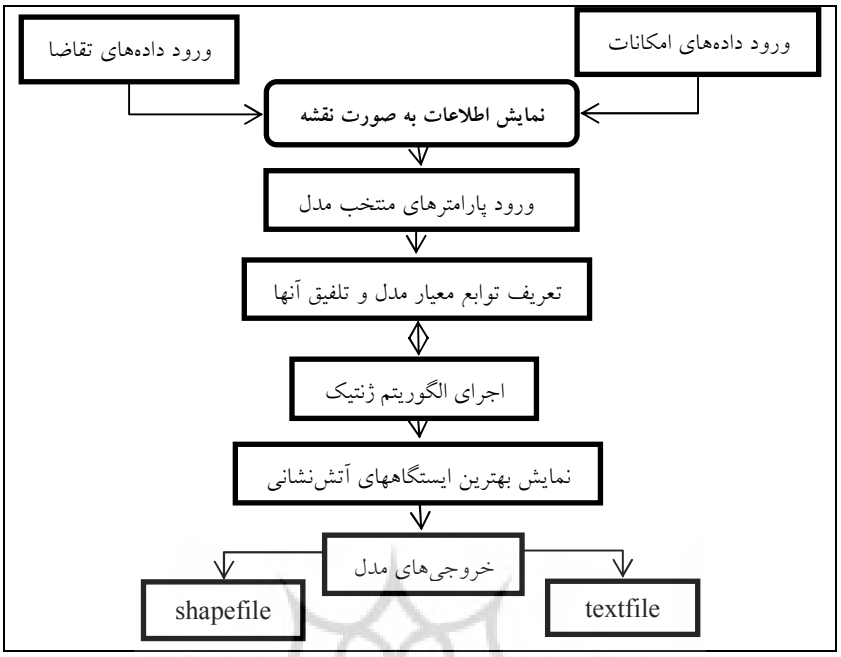
-کم بودن تعداد ایستگاه‌های امداد و نجات

۱-۶-۳ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک چندمعیاره و GIS خواهد بود. ابتدا موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی که بوسیله شبیه-سازی در نقشه منطقه ایجاد شدند (۱۳۹۱، http://www.125.ir) و جمعیت متقاضی در فرمت shapefile وارد محیط GIS شده و به صورت نقشه نمایان می‌گردند. ظرفیت این ایستگاه‌ها مطابق با استانداردهای جمعیتی، ۵۰۰۰۰ نفر منظور می‌شود (مشکینی و دیگران، ۱۳۸۹: ۹۳).

پس از ورود داده‌ها، لازم است که پارامترهای مربوط به مدل یا روش متاهیورستیک تنظیم گردد. برای هر معیار نیز، تابع ریاضی با استفاده از منابع موجود، در نظر گرفته می‌شود. سپس الگوریتم ژنتیک اطلاعات را پردازش می‌کند و بر اساس اهداف مورد نظر مسأله، به دنبال بهترین موقعیت برای یک یا چند ایستگاه آتش-نشانی می‌گردد. این ایستگاهها در محیط GIS، به صورت نقشه نمایان می‌گردند. شکل ۱ روش اجرای مدل را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که یک بار، هر معیار به طور جداگانه در تولید ایستگاه‌های بهینه شرکت می‌کند. این کار کمک می‌کند که بتوان مهمترین معیار را در منطقه مورد مطالعه یافت. بار دیگر هر سه معیار به کمک جمع وزنی با هم جمع می‌شوند سپس از یک برنامه وزن‌دهی استفاده می‌شود که هر بار به صورت تصادفی، وزنی به هر معیار تعلق می‌گیرد و مجموعه‌ای از جوابهای غیرمسلط تولید می‌شود که به تصمیم‌گیرندگان، فرصت می‌دهد، جوابهای مناسب را با توجه به اولویت آنها به یک معیار، انتخاب کنند.



شکل ۱. نمایش روش اجرای مدل

۱-۷ معرفی متغیرها و شاخص‌ها

نگارندگان برای دستیابی به معیارها و شاخص‌های مؤثر در مسأله مکانیابی-تخصیص ایستگاه‌های آتش-نشانی، پژوهشهای صورت گرفته مرتبط با موضوع را مورد مطالعه قرار داده‌اند. معیارهای موردنظر جهت انتخاب ایستگاه‌های بهینه آتش‌نشانی (که متغیرهای مسأله می‌باشند) از میان ایستگاه‌های پتانسیل و موجود، شامل کمینه کردن فاصله بین تقاضا و ایستگاه‌های آتش‌نشانی، کمینه کردن زمان رسیدن به تقاضا از ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشند. ظرفیتی معادل ۵۰۰۰۰ نفرمطابق با استاندارد برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نظر گرفته می‌شود (مشکینی و دیگران، ۱۳۸۹: ۹۳). از طرفی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود و پتانسیل و جمعیتی که تحت عنوان تقاضا از آن یاد می‌شود نیز شاخص‌های مدل می‌باشند.

۱-۸ محدوده مورد مطالعه

منطقه ۱۱ شهر تهران از شمال به میدان انقلاب و خیابان آزادی، از شرق به خیابانهای وحدت اسلامی و حافظ، از جنوب به میدان راه‌آهن و خیابان شوش و از غرب به خیابانهای شهید نواب صفوی و شهید ابراهیمی و میدان حق‌شناس محدود می‌شود. مساحت این منطقه ۱۲.٦ کیلومترمربع است. این منطقه دارای چهار ناحیه است. مجموع جمعیت این ٤ ناحیه، بالغ بر ۲۸۰۰۰۰ نفر است (http://www.region11.tehran.ir،۱۳۹۱).

این منطقه به لحاظ موقعیت مرکزی و وجود فعالیتهای کارگاهی و بازاری از جمله مناطق پرجمعیت و پرتردد این شهر محسوب می‌شود. وجود مراکز مهم اقتصادی و بازارهای تخصصی با عملکرد فرامنطقه‌ای و فراشهری، مراکز مهم سیاسی و نظامی، مراکز نشر کتاب و... بدان مرکزیت خاصی داده است. وجود بافت قدیمی و کهن لزوم انجام عملیات عمرانی و نوسازی در منطقه را دوصد چندان کرده است. تمام این عوامل دسترسی نیروهای امدادی به منطقه را با مشکل روبرو می‌کنند

شکل ۲ تقاضاهای جمعیتی این منطقه به تفکیک نواحی آن را نشان می‌دهد. در این منطقه ٤ ایستگاه آتش‌نشانی وظیفه خدمات‌رسانی را به عهده دارند که بوسیله شبیه‌سازی در نقشه منطقه ایجاد شدند (http://www.125.ir،۱۳۹۱). ظرفیت این ایستگاه‌ها مطابق با استانداردهای جمعیتی، ۵۰۰۰۰ نفر منظور می‌شود (مشکینی و دیگران، ۱۳۸۹: ۹۳). همانطور که مشخص است در این منطقه حداقل وجود دو ایستگاه دیگر ضروری است.

۲- مفاهیم و مبانی نظری

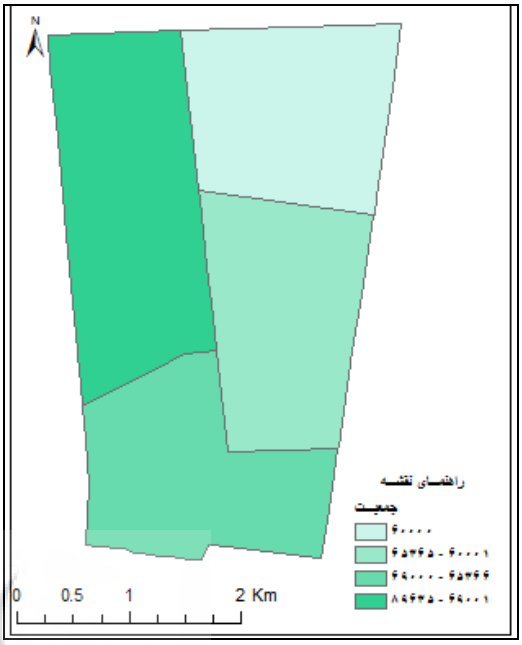
۲-۱ تعریف مسأله مکانیابی-تخصیص

در مسأله مکانیابی-تخصیص به طور کلی تصور می‌شود که چندین نقطه تقاضا وجود دارد و امکاناتی که باید بر روی چندین مکان کاندید تعیین موقعیت شوند (Moheb-Alizadeh and etal, 2011: 5689). در واقع هدف مکانیابی-تخصیص یافتن موقعیت بهینه برای امکانات، از میان تعدادی موقعیت مشخص و تعریف شده است به گونه‌ای که به خوبی بتوانند به تقاضاها پاسخ دهند. منظور از تخصیص نیز تقاضاها یا جمعیت اختصاص یافته به یک امکان می‌باشند.

واژه امکان برای تعریف شیئی به کار می‌رود که موقعیت مکانی آن از طریق مدل یا الگوریتم بهینه می‌شود مانند ایستگاه آتش‌نشانی. متقاضی و یا مشتری نیز شخصی است که نیازمند خدمات‌رسانی است.امروزه مسأله مکانیابی-تخصیص دارای انواع و طبقه‌بندی‌هایی است. دو مدل رایج مسأله مکانیابی-تخصیص، مدل میانه[1] و پوشش[2] هستند.

مدل میانه از میان نقاط مستعد و بالقوه، نقاط میانی را به گونه‌ای مشخص می‌کند که مجموع هزینه بوسیله تابع هدف کمینه شود. هدف مدل پوشش، یافتن امکانات برای مشتریهاست، به گونه‌ای که امکان دسترسی به سرویس، در یک فاصله مشخص را فراهم کند. مطابق با نظر Church، تلفیق مدلها، مدل محاسباتی را پیچیده‌تر می‌کند (Shamsul Arifin, 2011: 13-15). مدل این تحقیق، تلفیقی از هر دو مدل است.

[1] . P – Median
[2] . Covering



شکل۲. تقاضاهای جمعیتی واقع در منطقه ۱۱ شهر تهران

۲-۲ مسأله مکانیابی-تخصیص چندمعیاره (چند معیاره)

این مسأله سعی دارد که به کمک چندین معیار، موقعیت بهینه امکاناتی مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی را بیابد. در واقع مسأله مکانیابی-تخصیص، امروزه تنها، مسأله تعیین موقعیت یک امکان مثلاً یک ایستگاه آتش-نشانی در نزدیکترین فاصله نیست بلکه این مسأله سعی دارد تا شروط غیرفاصله‌ای را نیز در نظر بگیرد (Shamsul Arifin, 2011: 7).

معیارهای مختلف و متفاوتی برای حل هر نوع مسأله مکانیابی-تخصیص می‌تواند استفاده شود. این معیارها می‌توانند شامل کمینه کردن زمان، کمینه کردن هزینه، بیشینه کردن پوشش امکانات و ... باشند. به طور قطع زمانیکه تعداد معیارها در یک مسأله مکانیابی-تخصیص افزایش می‌یابد، پیچیدگی مسأله نیز افزایش می‌یابد.

مسأله مکانیابی-تخصیص یک مسأله بهینه‌سازی ترکیبی است و محاسبه جوابهای بهینه برای آن دشوار است. اما روشهای مختلفی برای حل مسائل بهینه‌سازی چندمعیاره وجود دارد. ۱. روش کلاسیک که مسأله چندمعیاره را تبدیل به یک مسأله تک‌معیاره تبدیل می-کند و مسأله تک معیاره جدید را بهینه می‌کند. ۲. روشهای بهینه پرتو۳، که زمانیکه مسأله حل می‌شود در نهایت مجموعه‌ای از جوابها حاصل می‌شود.

اگر مسائل دسته اول و دوم پیچیده باشند می‌توانند با استفاده از الگوریتمهای انقلابی حل شوند. بعضی از این روشها شامل: الگوریتم ژنتیک چندمعیاره٤، الگوریتم ژنتیک غیرمسلط مرتب۵ و غیره هستند (Zanjirani Farahani etal, 2010: 1691). روش مورد استفاده در این تحقیق الگوریتم ژنتیک چندمعیاره است زیرا مسأله مکانیابی-تخصیص این تحقیق مسأله بهینه-سازی ترکیبی است و محاسبه جوابهای بهینه برای آن دشوار است.

---

3 . Pareto Optimal
4 . MOGA
5 . NSGA

۳- تحلیل یافته‌ها

۳-۱ وزن‌دهی معیارها

برای انتخاب معیارها و شاخص‌های مؤثر در مسأله مکانیابی-تخصیص ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پژوهشهای صورت گرفته مرتبط با موضوع، مورد مطالعه قرار گرفتند. این معیارها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

۱-کمینه کردن فاصله بین تقاضا و ایستگاه‌های آتش‌نشانی با فرض نزدیکترین ایستگاه برای پاسخگویی به تقاضا، تابع معیار به صورت زیر خواهد بود:

رابطه ۱

$$\min f_1(v) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r} d_{ij} w_i x_{ij}$$

رابطه۲

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \text{ و } j = 1,2,\dots,r \text{ و } C_j \geq A_j$$

رابطه۳

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری } j \text{ ام به امکان } i \text{ ام اختصاص یابد} \\ 0 & \text{در غیراین صورت} \end{cases}$$

r تعداد امکانات، m تعداد تقاضاها، d_{ij} فاصله شبکه‌ای بین نقطه امکان j ام و نقطه تقاضای i ام (فاصله می‌تواند اقلیدسی یا شبکه‌ای باشد)، w_i وزن تقاضا در نقطه i ام (در محاسبه وزن تقاضا، جهت مسیر مورد توجه قرار گرفته است یعنی مسیر هم‌جهت با حرکت ماشینهای آتش‌نشانی وزن یک و غیر هم‌جهت وزن صفر را می‌گیرد)، C_j بیشینه ظرفیت j امین امکان و A_j تعداد تقاضاهای تخصیص یافته به j امین امکان است (Shamsul Arifin, 2011: 48).

۲-کمینه کردن زمان رسیدن به تقاضا از ایستگاه‌های آتش‌نشانی

فرمول کمینه کردن زمان سفر مطابق با Zhou و دیگران به صورت زیر است:

رابطه ٤

$$\min f_2(v) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r} t_{ij} x_{ij}$$

رابطه۵

$$C_j \geq A_j \text{ و } \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \text{ و } j = 1,2,\dots,r$$

رابطه٦

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری } j \text{ ام به امکان } i \text{ ام اختصاص یابد} \\ 0 & \text{در غیراین صورت} \end{cases}$$

t_{ij} زمان سفر بین نقطه تقاضای i ام و نقطه امکان j ام است (Zhou etal, 2003: 37). لازم به ذکر است که در محاسبه زمان، عرض راهها مورد توجه قرار می‌گیرد. در جاده‌های چهاربانده تفکیک نشده با پهنای متفاوت، چنانچه عرض پهنای باندها به اندازه ۱ فوت کاسته شود در حالیکه دیگر فاکتورها ثابت نگه داشته شوند، سرعت به میزان ۰.٦ مایل بر ساعت کاهش (در زمان غیر از اوج ترافیک) می‌یابد (Heimbach etal, 1983: 6).

۳-بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی

فرمول بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی مطابق با (Karaman , 2008: 7)، به صورت زیر است:

رابطه۷

$$\max f_3(v) = \sum_{i=1}^{m} a_i \times y_i$$

رابطه۸

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری } j \text{ ام پوشش یابد} \\ 0 & \text{درغیر این صورت} \end{cases}$$

$$C_j \geq A_j \text{ و}$$

a_i جمعیت یا تعداد آتش سوزیها در نقطه i ام است. این متغیر از تحقیق Algharib به دست آمده است (Algharib, 2011: 54).

رابطه۹

$$FPDI = \left(\frac{F}{TF}\right) * 100 + \left(\frac{P}{TP}\right) * 100$$

(Fire Population Density Index)

P تعداد جمعیت در هر ناحیه، TP تعداد کل جمعیت، F تعداد آتش‌سوزی در هر ناحیه و TF تعداد کل آتش-سوزی‌ها است. این متغیر در مسأله بیشینه پوشش، زمانیکه از مدلهای مکانیابی-تخصیص برای بررسی موقعیتهای جاری و انتخاب موقعیتهای بهینه از میان مجموعه‌ای از موقعیتهای کاندید استفاده شود، بهترین متغیر است (Algharib, 2011: pp 74). در ضمن در این تحقیق، شعاع عملکرد مطابق با (نظریان و کریمی، ۱۳۸۸: ۱۱) ٤ دقیقه (با احتساب هدر رفتن ۱ دقیقه) در نظر گرفته شده است.

اکنون برای اینکه این ۳ معیار به یک معیار تبدیل شوند، از طریق تابع وزنی با هم جمع می‌شوند که این تابع جمع وزندار مطابق زیر خواهد بود:

رابطه۱۰

$$\min f(x) = [f_1' \quad f_2' \quad f_3'](W_1 \quad W_2 \quad W_3)^T$$

f' تابع نرمالیزه شده، T به معنای ماتریس ترانسپوزه و W وزن هر تابع معیار است. در ضمن $W_1 + W_2 + W_3 = 1$ است. برای تعیین وزن برای هر تابع معیار و ارزیابی آن، ۲ استراتژی وجود دارد. استراتژی اول: روشی است که وزنهایی را برای معیارها، بر اساس اطلاعات قبلی از آن معیارها تعیین می‌کند. در این روش وزنها در طول پروسه تغییر نمی-کنند و ثابت هستند. این استراتژی با ثابت نگهداشتن جهت جواب بوسیله وزنهای از پیش تعیین شده، بهترین جواب را به سرعت جستجو می‌کند.

استراتژی دوم: روش وزندهی تصادفی است که وزنها در هر گام پروسه به صورت تصادفی تنظیم می‌شوند تا تمام ترکیبات ممکن جوابها حاصل شود. این استراتژی به منظور اجتناب از بهینه‌های محلی، تمام ناحیه جستجو را بررسی می‌کند. این استراتژی تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد جوابهای بهینه را در همه جهات در امتداد پرتو فرونتیر٦ بیابد (Zhou etal, 2003: 38).

بنابراین برای ایجاد وزنهای تصادفی اتوماتیک، برای به دست آوردن جوابهای غیرمسلط ۷ از یک برنامه وزندهی اتوماتیک، مطابق با Murata و دیگران در سال ۱۹۹٦ استفاده می‌شود. این وزنهای تصادفی از رابطه زیر حاصل می‌شوند:

رابطه۱۱

$$W_h = \frac{r_h}{r_1 + r_2 + \cdots + r_k}$$

$$h = 1,2, \ldots, k$$

6 . Pareto Frontier
7 . Non- dominated

r_h یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ می باشد که برای h امین تابع معیار تولید شده است. h تعداد توابع معیار است (Neema and Ohgai, 2010: 362). در این تحقیق از استراتژی دوم و روش وزندهی اتوماتیک استفاده می‌شود. اگرچه برنامه‌های وزندهی دیگری نیز وجود دارد (Zhou etal, 2003: 39).

همانگونه که ذکر شد منظور از f'، تابع نرمالیزه شده f است. به این دلیل که معیارها در این تحقیق دارای واحدهای مختلفی هستند، نمی‌توانند با هم جمع شوند مگر اینکه هر کدام از توابع قبل از جمع شدن نرمالیزه شوند (Rakas etal , 2004: 130). در این تحقیق از میان روشهای مختلف نرمالیزه کردن مطابق با (Özcan etal, 2011: 9778) روش زیر که مرسومتر است، استفاده می‌شود:

رابطه۱۲

$$f'_k = \frac{f_k - \min f_k}{\max f_k - \min f_k}$$

هدف کلی، کمینه کردن تابع چندمعیاره است اما در این بین یکی از معیارها از نوع بیشینه است. بنابراین با ضرب عدد ۱- در تابع معیار بیشینه، تابع کمینه حاصل خواهد شد (Erkut etal, 2008: 1411).

منظور از جوابهای غیرمسلط: در یک مسأله بهینه‌سازی چندمعیاره، مجموعه‌ای از جوابها حاصل می‌شود که هیچکدام از این جوابها برای تمام معیارها نمی‌توانند بهتر از دیگری باشند (Liao etal, 2011: 6772). بنابراین جواب b ، بهینه پرتو نامیده می‌شود اگر و فقط اگر هیچ جوابی مانند a وجود نداشته باشد به طوریکه: $f(a)_i \leq f(b)_i$ و $f(a)_i \neq f(b)_i$. در این حالت هم b و $f(b)_i$ ، غیرمسلط گفته می‌شود (Erkut etal, 2008: 1408).

به مجموعه جوابهای بهینه در فضای تصمیم، بهینه پرتوو به تصویر آن در فضای هدف، پرتو فرونت گفته می‌شود. در عمل در مسائل بهینه‌سازی چند معیاره، یافتن یک جواب یکه که بر دیگر جوابها غلبه کند، غیر ممکن است. در عوض انتظار می‌رود که تعدادی از جوابهای بهینه پرتو(غیرمسلط) یافت شوند. هدف بهینه‌سازی چند معیاره یافتن جوابهای ممکنی است که بر روی پرتو فرونت یا نزدیک به آن هستند. در بین این جوابها که موازنه‌های مختلفی را بین اهداف نشان می‌دهند تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک جواب مناسب را انتخاب کند (Neema and Ohgai, 2010: 361).

۳-۲ تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک چندمعیاره

ابتدا مدل با استفاده از داده‌های تصادفی، صحت‌سنجی می‌شود تا مقادیر پارامترهای مدل که بهترین نتیجه را می‌دهند به دست آیند. برای دستیابی به نتیجه مطلوب در حین اجرای مدل، لازم است که پارامترهای الگوریتم ژنتیک شامل تقاطع، سایز جمعیت، جهش و تعداد تکرار به خوبی تنظیم شوند و تأثیر آنها بر روی جواب تست شود. بنابراین به تعداد تقاضاهای موجود

در منطقه، بوسیله نرم‌افزار ArcGIS 9.3، نقطه تصادفی (نمایانگر تقاضاها) ایجاد می‌شود.

در منطقه موردنظر ٤ ایستگاه آتش‌نشانی وجود دارد. اما با توجه به جمعیت منطقه (۲۸۰۰۰۰نفر) و ظرفیت ایستگاهها که معادل ۵۰۰۰۰ نفر(مطابق با استانداردهای جهانی) است، مشخص است که در این منطقه حداقل ٦ ایستگاه آتش‌نشانی مورد نیاز است. با توجه به اینکه دید کارشناسانه‌ای نسبت به موقعیت مناسب برای ایستگاه‌های پتانسیل وجود ندارد با ایجاد یک گرید یک کیلومتری در نرم‌افزارArcGIS 9.3 تعداد ۲۳ ایستگاه آتش‌نشانی پتانسیل نیز ایجاد می‌شود.

بنابراین هدف انتخاب ٦ ایستگاه از میان ۲۷ ایستگاه است. موقعیت ۲۳ ایستگاه آتش‌نشانی پتانسیل و ٤ ایستگاه موجود، در شکل ۳نشان داده شده است. برای بررسی صحت مدل، نقاط تقاضاهای تصادفی در اطراف ٦ ایستگاه آتش‌نشانی موردنظر ایجاد می‌شود.

بنابراین انتظار می‌رود که خروجی مدل ضمن تنظیم پارامترها، همین ٦ ایستگاه را با همگرا شدن نمودار برازش، به عنوان بهینه نشان دهد.

Geroliminis و دیگران میزان جهش ۰.۰۵–۰.۱ و ۰.۲ را امتحان کردند. آنها بهترین نتیجه را از میزان تقاطع ۰.٤ و جهش ۰.۱ به دست آوردند. (Geroliminis etal, 2011: 295). در این تحقیق از تلفیق موارد فوق استفاده می‌شود. برای کاهش تعداد ترکیبات در بین تمام این پارامترها، ابتدا سایز جمعیت ثابت نگهداشته می‌شود. با قرار دادن سایز جمعیت برابر ۱۰، چندین نتیجه از ترکیب دو پارامتر دیگر حاصل می‌شود. جدول ۱ بهترین مقدار تقاطع و جهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱. انتخاب میزان تقاطع و جهش در الگوریتم ژنتیک ($w_1 = w_2 = w_3 =$۰.۳۳۳۳)

برازش۸	سایز جمعیت	میزان جهش	میزان تقاطع
۰.۲۵۸۹	۱۰	۰.۱	۰.٤
۰.۲٤۹۲	۱۰	۰.۲	۰.٤
۰.۱۸۹۵	۱۰	۰.٤	۰.٤
۰.۲۷۵۳	۱۰	۰.۱	۰.۷
۰.۲۵٦۸	۱۰	۰.۲	۰.۷
۰.۲۵۹٦	۱۰	۰.۱	۰.۸

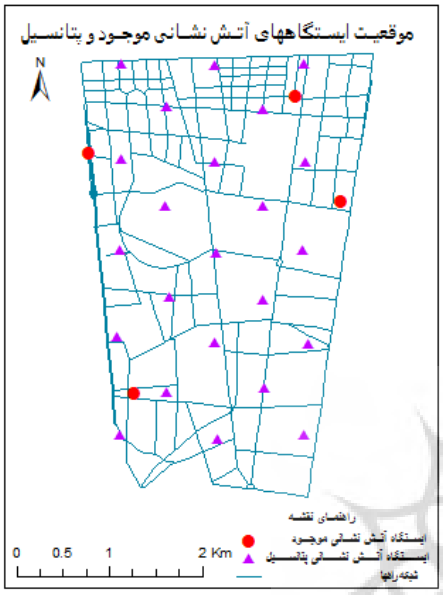
[8] . Fitness

برای رسیدن به نتیجه مطلوب، سایز جمعیت ۱۰ پیشنهاد می‌شود (Li and Yeh, 2005: 594). Gong و دیگران نیز سایز جمعیت ۱۰ را پیشنهاد می‌کنند. Shamsul Arifin سایز جمعیت ۱۰ ، ۳۰ و ۵۰ را در تحقیق خود استفاده کرد (Shamsul Arifin, 2011: 63). در این تحقیق از سایز جمعیت ۱۰ و ۲۰ استفاده می‌شود و میزان تکرار نیز تا ۱۵۰ تکرار (برازش ثابت می‌شود) بالا می‌رود. در جدول ۱ مقادیر تقاطع و جهشی که بهترین برازش را ایجاد کردند، انتخاب می‌شوند تا در جدول ۲ برای سایز جمعیت ۱۰ و ۲۰ استفاده شوند.

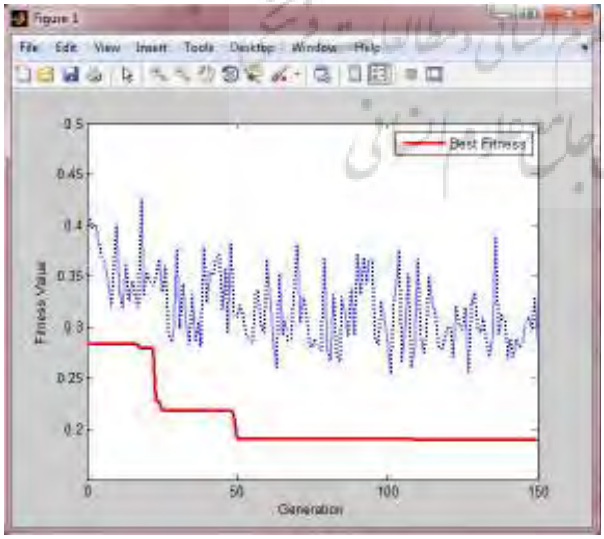
شکل٤ موقعیت ایستگاه‌های بهینه در نرم‌افزار9.3 ArcGIS با استفاده از بهترین پارامترهای مدل را نشان می‌دهد. برای تست کردن مدل مربع‌های سبز رنگ به عنوان ایستگاه‌های بهینه انتخاب شده بودند و تقاضاهای جمعیتی نیز در اطراف آنها ایجاد شده بود که خروجی مدل، ضمن همگرا شدن نمودار برازش، دقیقا همین ایستگاه‌ها را به عنوان بهینه نشان می‌دهد

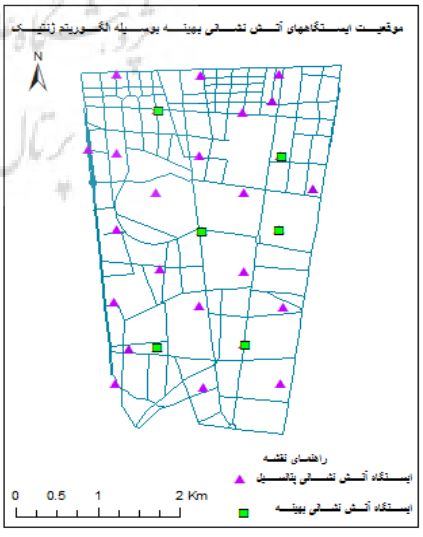
جدول۲. انتخاب سایز جمعیت در الگوریتم ژنتیک

برازش	سایز جمعیت	میزان جهش	میزان تقاطع
۰.۱۸۹۵	۰.٤	۰.٤	۱۰
۰.۲۲۱۵	۰.٤	۰.٤	۲۰



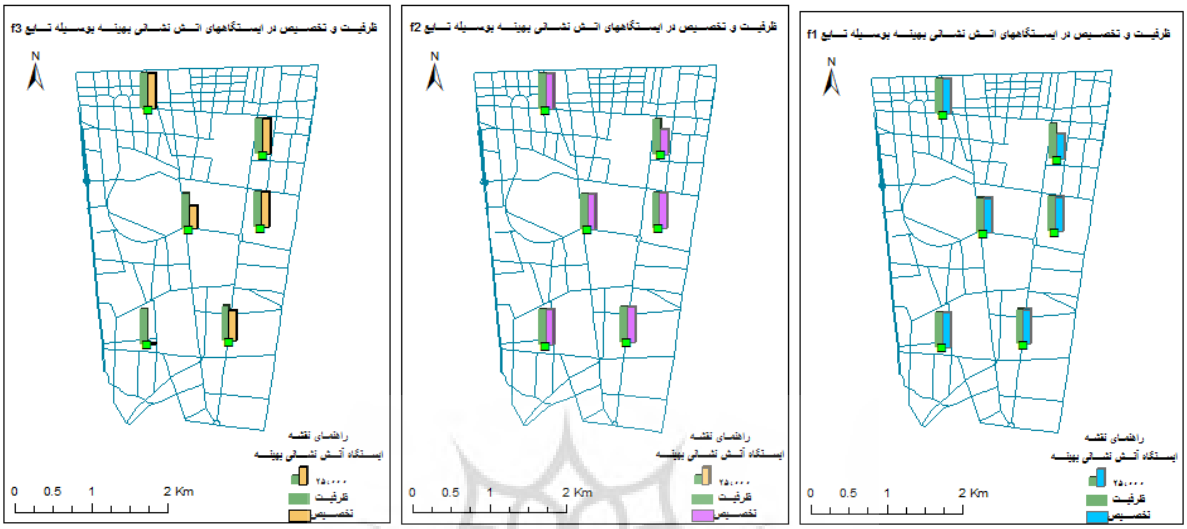
شکل۳. موقعیت ایستگاه‌های آتش نشانی موجود و پتانسیل.





شکل٤. موقعیت ایستگاه‌های بهینه مدل با بهترین پارامترها در نرم‌افزار9.3 ArcGIS و خروجی برازش الگوریتم ژنتیک

در حالیکه تعداد تکرار بالا می‌رود تا به ۱۵۰ برسد مقدار برازش نیز به کمترین مقدار خود می‌رسد. شکل ۵ ظرفیت هر ایستگاه آتش‌نشانی و تخصیص به ازای سه معیار f_1، f_2 و f_3 را نشان می‌دهد.



الف ب ج

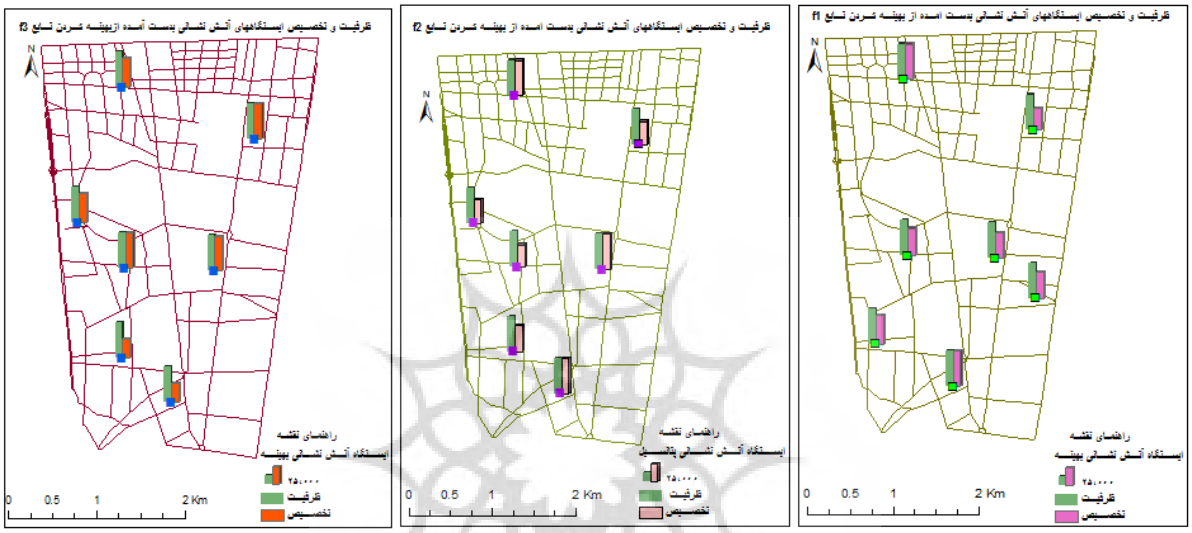
شکل۵.ظرفیت و تخصیص به ازای الف) تابع f_1 ب) تابع f_2 و ج) تابع f_3

تخصیص‌های دو تابع f_1 و تابع f_2 بسیار مشابه هستند و مجموع کل تخصیص‌های هر دو برابر تقاضاهای موجود در منطقه است. اما مجموع کل تخصیصها برای تابع f_3، برابر با تقاضاهای موجود در منطقه ناست و این به این معناست که تعدادی نقطه بدون پوشش باقی مانده‌اند. زیرا زمان بین تقاضاها و هر ایستگاه بهینه، بیش از ٤ دقیقه است. بنابراین در آنالیز اصلی باید تعداد ایستگاه‌های بهینه انتخابی را در حداقل ممکن افزایش داد.

۳-۳ بهینه‌کردن توابع تک معیاره

هدف، انتخاب ۷ ایستگاه آتش‌نشانی از میان ۲۳ ایستگاه پتانسیل (ایجاد شده بوسیله گرید) و ٤ ایستگاه موجود است (همانگونه که بیان شد ٦ ایستگاه قادر به پوشش منطقه نبود). ظرفیت این ایستگاه‌های پتانسیل نیز معادل ۵۰۰۰۰ نفر در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب هر معیار به صورت جداگانه آنالیز می‌شود یعنی هربار تصور می‌شود که در انتخاب ایستگاه‌های بهینه تنها یک معیار دخالت دارد. شکل ٦ موقعیت ایستگاه‌های بهینه و تخصیص‌های به دست آمده از توابع f_1، f_2 و f_3 را نشان می‌دهد.

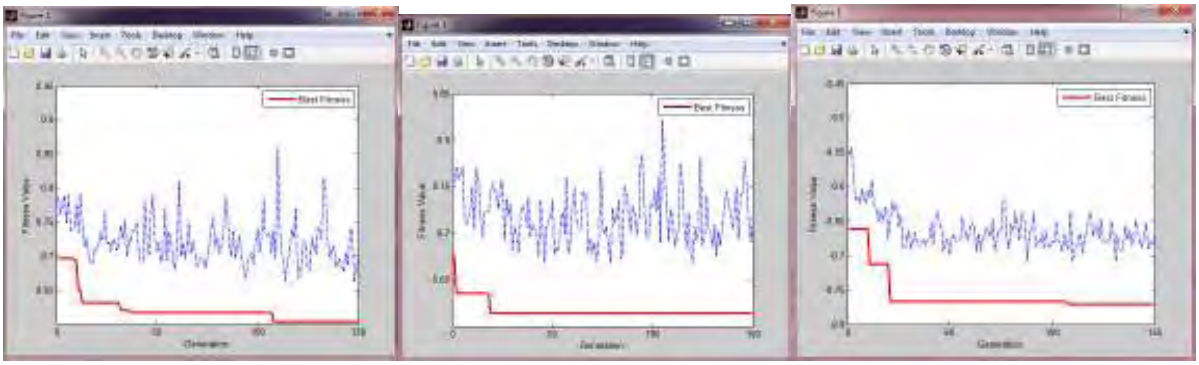
شکل ۷ مقدار برازش تابع f_1 (کوتاهترین فاصله)، f_2 (کمترین زمان) و f_3 (بیشترین پوشش) را نشان می‌دهد.بنابراین زمانیکه تنها کوتاهتر شدن فاصله بین ایستگاه آتش‌نشانی و نقاط تقاضا مطرح باشد، ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل٦ الف، کوتاهترشدن زمان بین ایستگاه آتش‌نشانی و نقاط تقاضا مطرح باشد، ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل ٦ ب و بیشترین پوشش تقاضا مطرح باشد، ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل ٦ ج، می‌توانند به مسئولان طراحی پیشنهاد شوند.



الف ب ج

شکل٦. موقعیت ایستگاه‌های بهینه و تخصیص‌های به دست آمده از الف) تابع f_1 (کوتاهترین فاصله) ب) f_2 (کمترین زمان) ج)f_3 (بیشترین پوشش)

از مقایسه سه تابع در شکل٦، می‌توان یافت که توابع f_2 وf_3 از اهمیت بیشتری برخوردارند زیرا ایستگاه‌های بهینه آنها در مناطقی با جمعیت بیشتر واقع شده‌اند. تابع f_2 نیز نسبت به تابع f_3 اهمیت بیشتری دارد زیرا ایستگاه‌های بهینه تابع مذکور، در مناطق پر جمعیت‌تر، تقاضاهای بیشتری را به خود اختصاص داده است.



شکل ۷. مقدار برازش الف) تابع f_1 (کوتاهترین فاصله) ب) f_2 (کمترین زمان) ج)f_3 (بیشترین پوشش)

٤-۳ بهینه کردن توابع چندمعیاره با روش وزندهی تصادفی(جوابهای بهینه غیرمسلط)

در بخش قبلی اثر هر تابع معیار به تنهایی بررسی شد، اما در این حالت هر سه تابع به یک تابع معیار تبدیل می‌شوند. دادن وزنهای مختلف به معیارها، باعث روبرو شدن با جنبه‌های مختلف مسأله می‌شود. با استفاده از یک بردار وزن ثابت، جمع کردن توازنهای کلی بین اهداف مسأله دشوار است. بنابراین برای تصمیم-گیرندگان ضروری است که وزنها، با توازنهای مختلف ایجاد شوند (Neema and Ohgai, 2010: 368).

یعنی پس از اینکه چند معیار به یک معیار ترکیبی تبدیل شدند، یک برنامه وزندهی تصادفی در هر بار تکرار برنامه، بردار وزنی را به صورت تصادفی تولید می‌کند. بنابراین الگوریتم ژنتیک چندمعیاره به جای تولید یک جواب، مجموعه جوابهای بهینه غیرمسلط را تولید می‌کند. در اینجا پارامترهای الگوریتم ژنتیک چندمعیاره دوباره تنظیم می‌شوند.

سایز جمعیت برابر ۱۰ و تعداد تکرار برابر ۱۵۰ مرتبه در نظر گرفته می‌شود. جوابهای ۱۰ بار اجرای غیرمستقل مدل با ۱۵۰ تکرار در جدول ۳ نشان داده شده است. این جوابها، جوابهای بهینه پرتونامیده می-شوند. این جدول تعداد جوابهای بهینه غیرمسلط هر بار تکرار، مقدار هر تابع معیار، بردار وزن و مقدار نرمالیزه شده هر تابع معیار به ازای هر جواب را نشان می‌دهد.

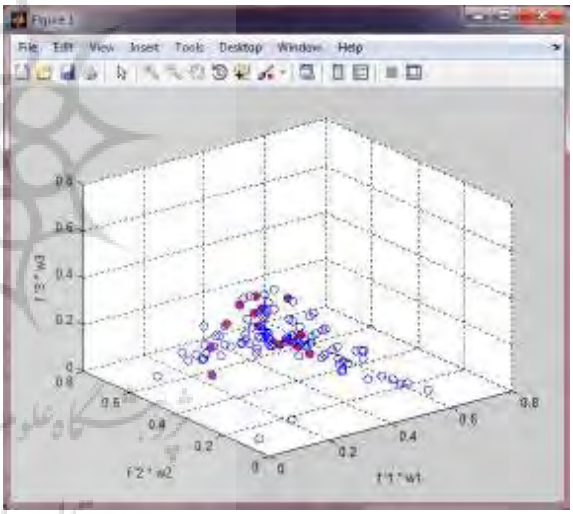
نتیجه محاسبات آماری جوابهای توافقی غیرمسلط در جدول ٤ نشان داده شده است که بوسیله این جدول می‌توان به بهترین اجرای مدل دست یافت. اجرایی که بیشترین تعداد جواب غیرمسلط با کمترین مقدار مجموع مقادیر متوسط سه تابع معیار (Sum) را داشته باشد، به عنوان بهترین اجرا شناخته می‌شود (Neema and Ohgai, 2010: 369). در اینجا اجرای ۵ بهترین اجرا است. جوابهای بهترین اجرای مدل به عنوان پرتو فرونت نامیده می‌شوند.

به دلیل اینکه امکان نمایش این تعداد جواب بر روی منطقه موردنظر میسر نیست به خصوص اگر تعداد اجرای برنامه برای دستیابی به گزینه‌های مختلف زیاد باشد، از نمودار پراکندگی۹ برای نمایش جوابها استفاده

[9] . Scatter

می‌شود. هیچیک از این جوابها نمی‌توانند بهتر از دیگری باشند و این تصمیم‌گیرنده است که می‌تواند بنا به اهداف خود یکی از این جوابها را برگزیند.

شکل ۱۰، جوابهای توافقی غیرمسلط با بردارهای وزن متفاوت، حاصل شده از اجراهای مختلف برنامه را نشان می‌دهد. بنابراین جوابهای بهینه مختلفی می‌تواند ایجاد شود که هر تصمیم‌گیرنده با توجه به ایده خود می‌تواند یکی از این جوابها را برگزیند. در این شکل، جوابهای توافقی غیرمسلط اجرای ۵ به صورت نقاط قرمز مشخص شده‌اند که این جوابها به عنوان پرتو فرونت نامیده می‌شوند.



شکل ۱۰. نمایش تنوع در جوابهای پیشنهادی غیرمسلط بهینه پرتو با بردارهای وزن تصادفی و نمایش پرتو فرونت‌ها (نقاط قرمز رنگ)

شکل ۱۰ بیانگر این است که مدل توسعه یافته در این مطالعه، به طور موفقیت‌آمیزی می‌تواند پرتو فرونت‌ها را برای مسأله بهینه‌سازی چندمعیاره مکانیابی-تخصیص ایستگاه‌های آتش‌نشانی تضمین کند.

٤- نتیجه‌گیری

ایستگاه‌های آتش‌نشانی از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند که نقش مهمی در تأمین ایمنی و آسایش شهروندان و توسعه اقتصادی شهرها ایفا می‌کنند. این اهمیت فراوان باعث می‌شود که اتخاذ فرایندی صحیح برای مکانیابی این ایستگاه‌ها ضروری به نظر برسد. بنابراین تحقیق حاضر، منطقه ۱۱ شهر تهران را با توجه به حجم جمعیتی، مورد پژوهش موردی قرار داده است.

بر این اساس با توجه به محاسبات و تجزیه و تحلیل-های صورت گرفته مشخص شد که پس از همگرا شدن نمودار برازش (که خود بیانگر صحت مدل است)، مدل بخوبی می‌تواند موقعیت ایستگاه‌های بهینه را با در نظر گرفتن ظرفیت مشخص برای هر ایستگاه تعیین کند. از طرفی پس از تجزیه و تحلیل هر معیار به تنهایی، مشخص شد که معیار کمینه کردن زمان رسیدن به محل حادثه در بین سایر معیارها اهمیت بیشتری دارد.

با توجه به جمعیت این منطقه که حدود ۲۸۰۰۰۰ نفر است به نظر می‌رسد که ٦ ایستگاه هم می‌تواند پاسخگوی نیاز منطقه باشد. اما نتیجه بررسی مدل نشان می‌دهد که در صورت مکانیابی ٦ ایستگاه بهینه، تعدادی از جمعیت منطقه تحت پوشش هیچ ایستگاهی قرار نمی‌گیرند زیرا مطابق با استانداردها که شعاع

عملکرد هر ایستگاه را ٤ دقیقه معرفی می‌کنند، تعدادی تقاضا خارج از شعاع عملکرد ایستگاه‌ها قرار می‌گیرند. بنابراین هدف کلی تحقیق یافتن ۷ ایستگاه آتش‌نشانی بهینه در منطقه است.

در نهایت، با توجه به اینکه دید کارشناسانه‌ای نسبت به اختصاص دادن وزنهای مناسب به هر معیار وجود ندارد، برای ارزیابی تمام نتایج حاصل از مدل، از یک برنامه وزندهی اتوماتیک استفاده می‌شود. نتیجه نشان می‌دهد که مدل می‌تواند مجموعه‌ای از جوابهای غیرمسلط پیشنهادی را جمع‌آوری کند (شکل ۱۰). این مجموعه جوابها به تصمیم‌گیرندگان فرصت می‌دهد که جوابهای مناسب را با توجه به شروط مشخص خود و یا اولویتی که برای هر معیار در نظر می‌گیرند انتخاب کنند.

۵- پیشنهادها

در این تحقیق ایستگاه‌هایی که پتانسیل تبدیل شدن به ایستگاه آتش‌نشانی را دارند بر روی یک گرید یک کیلومتری (افزایش تعداد ایستگاه‌های پتانسیل باعث نزدیک‌تر شدن نتیجه خروجی مدل به واقعیت می‌شود) و بدون دید کارشناسانه انتخاب شدند که در صورت انتخاب این ایستگاه‌ها توسط کارشناسان مربوطه، نتایج بهتر و واقعی‌تری از مدل حاصل می‌شود و همچنین باعث می‌شود که ایستگاه‌های بهینه در مناطق ممنوعه نظیر میدان، بوستان و ... واقع نشوند.

جهت وزن‌دهی به هر معیار می‌توان اثر سایر پارامترهای مؤثر بر آن معیار را در نظرگرفت. برای نمونه برای وزن دادن به معیار کمینه شدن زمان علاوه بر در نظر گرفتن عرض مسیر، پارامترهایی از قبیل شیب مسیر، سرعت مسیر و ... را در نظر گرفت.

مدل ارائه شده در این تحقیق تنها بر روی داده‌های برداری قابل استفاده است و تنها یک نقطه را به عنوان بهینه معرفی می‌کند. می‌توان مدل چندمعیاره‌ای را پیشنهاد داد که بر روی داده‌های رستری اجرا شود و ناحیه‌ای را به عنوان جواب معرفی کند.

منابع

عباسپور، رحیم علی، (خرداد ۱۳۹۰)، تخصیص بهینه شهروندان در مکانهای از پیش تعیین شده به منظور مدیریت سوانح پس از زمین لرزه، نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره دوم، شماره۲، صفحه ٦۱-۷۰.

کوکبی، لیلا و مجتبی قدیری معصوم، (۱۳۹۱)، دستیابی به توسعه پایدار به کمک مکان‌یابی بهینه تاسیسات بر اساس پهنه‌بندی در مقیاس منظر، آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه پردیس قم، دانشگاه تهران، سال چهارم، شماره ششم، صفحه ۳۵-٥٤.

کرمی، مهرداد، شهلا چوبچیان و خلیل کلانتری، (۱۳۹۱)، برنامه‌ریزی فضایی به منظور مکان‌یابی

بازارچه‌های صنایع دستی (مطالعه موردی استان خراسان جنوبی)، مطالعات و پژوهشهای شهری و منطقه‌ای، دانشگاه اصفهان، صفحه ۲۱-۳۶.

گیوه‌چی، سعید، محمدامین عطار، اصغر رشیدی ابراهیم حصاری و نسترن نصبی، (۱۳۹۲)، مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از GIS و تکنیک AHP مطالعه موردی: منطقه شش شهر شیراز، مطالعات و پژوهشهای شهری و منطقه‌ای، دانشگاه اصفهان، صفحه ۱۰۱-۱۱۸.

مشکینی، ابوالفضل، کیومرث حبیبی و اکرم تفکری، (زمستان ۱۳۸۹)، تحلیل فضایی- مکانی تجهیزات شهری و کاربست مدل تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: ایستگاه‌های آتش-نشانی هسته مرکزی تهران)، پژوهشهای جغرافیای انسانی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، شماره ۷٤، صفحه ۹۱-۱۰۱.

نظریان، اصغر و ببراز کریمی، (زمستان ۱۳۸۸)، ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز با استفاده از GIS، فصل نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس سال اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، شماره ۲، صفحه ۵-۱۹.

Algharib, S.M., 2011, Distance and Coverage: An Assessment of Location-Allocation Modeles for Fire Stations in Kuwait City, Kuwait, Doctor of Philosophy, Kent State University.

Erkut, E., A. Karagiannidis, G. Perkoulidis and S. A.Tjandra, (2008), A Multicriteria Facility Location Model for Municipal Solid Waste Management in North Greece, European Journal of Operational Research, Vol. 182, PP. 1402-1421.

Geroliminis, N., K. Kepaptsoglou and M. Karlaftis, (2011), A Hybrid Hypercube-Genetic Algorithm Approach for Deploying Many Emergency Response Mobile Units in an Urban Network, European Journal of Operational Research, Vol. 210, PP. 287-300.

Heimbach, Clintoun L., P.D. Cribbins and M.S. Chang, (1983), Some Partial Concequences of Reduced Traffic Lane widths on Urban Arterials, Highway Geometrics, Interactives Graphics and Laser Mapping, Transportation Research Record 923, Transportation Research Board, PP. 1-97.

Karaman, M., (2008), A Genetic Algorithm for the Multi-Level Maximal Covering Ambulance Location Problem, Master of Science in Industrial Engineering, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.

Li, X. and A. Yeh, (2005), Integration of Genetic Algorithms and GIS for Optimal Location Search, International Geographical Information Science, Vol. 19, No. 5, PP. 581, 601.

Liao, S.H., C.L. Hsieh and P.J. Lai, (2011), An Evolutionary Approach for Multi-Objective Optimization of the Integrated Location-Inventory Distribiution Network Problem in Vendor-Managed Inventory, Expert Systems with Applications, Vol. 38, PP. 6768-6776.

Moheb-Alizadeh, H.S, M. Rasouli and R. Tavakkoli-Moghaddam. (2011). The Use of Multi-Criteria Data Evelopment Analysis (MCDEA) for Location-Allocation Problems

Özcan,T., N. Çelebi, and Ş. Esnaf, (2011), Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methodologies and Implementation of a Warehouse Location Selection Problem, Expert Systems and Applications, Vol. 38, PP. 9773-9779.

Zanjirani Farahani, R., M. Steadieseifi, and N. Asgari, (2010). Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey. Applied Mathematical Modelling, Vol. 34, PP. 1691.

Zhou, G., H. Min, and M. Gen, (2003), A Genetic Algorithm Approach to the Bi-Criteria Allocation of Customers to Warehouses, International Journal of Production Economics, Vol. 86, PP. 35-45.

http://www.125.ir/Default.aspx? tabid=67, 1391.

http://www.region11.tehran.ir/ default.aspx?tabid=127, 1391..

in a Fuzzy Environment. Expert Systems with Applications. Vol. 38, PP. 5678-5695.

Neema, M.N. and A. Ohgai, (2010), Multi-Objective Location Modeling of Urban Parks and Open Spaces: Continuous Optimization, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 34, PP. 359-376.

Rakas, J., D. Teodorović, and T. Kim, (2004), Multi-Objective Modeling for Determining Location of Undesirable Facilities, Transportation Research Part D, Vol. 9, PP. 125-138.

Shamsul Arifin, MD., (2011), Location Allocation Problem Using Genetic Algorithm and Simulated Annealing: A Case Study Based on School in Enschede, Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation, University of Twente.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی