فصلنامه مطالعات مدیریت شهری
سال پنجم/ شماره شانزدهم/ زمستان ۱۳۹۲

استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی[1] برای بهینه‌سازی مسئله مکان‌یابی ـ تخصیص چند هدفه در محیط سیستم اطلاعات مکانی[2] (مطالعه موردی: ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۱۱ شهر تهران)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۲۲

سمیرا بلوری
دانشجوی کارشناسی ارشد GIS/RS دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
samira_boloori@yahoo.com (مسئول مکاتبات)
علیرضا وفایی‌نژاد
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات *a.r.v.afaeinezhad@yahoo.com*

چکیده

مقدمه و هدف پژوهش: در این مقاله مسئله Location–Allocation چندهدفه در محیطGIS برای تعیین موقعیت و تخصیص ظرفیت بهینه به ایستگاه‌های آتش-نشانی منطقه ۱۱ شهر تهران مورد نظر می‌باشد. اهداف این تحقیق شامل: ۱- کمینه کردن فاصله بین ایستگاه آتش‌نشانی و تقاضاها ۲- کمینه کردن زمان رسیدن به تقاضا از ایستگاه‌های آتش‌نشانی ۳- بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشد.

روش پژوهش: مسئله Location–Allocation یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی است و به دلیل پیچیدگی محاسباتی معروف به NP-Hard است. بنابراین روش‌های جبری رایج نمی‌توانند در حل مسائل Location–Allocation پیچیده با چندین شرط مختلف موفق باشند. برای حل این مسئله Location–Allocation از روش فوق ابتکاری شبیه‌سازی حرارتی استفاده می‌شود.

یافته‌ها: مدل با توجه به اهداف نامبرده، ایستگاه‌های بهینه آتش‌نشانی را در منطقه ۱۱ شهر تهران می‌یابد به گونه‌ای که این ایستگاه‌ها به خوبی قادر به پاسخگویی به تقاضاها (جمعیت) باشند.

نتیجه‌گیری: در این مدل ژنتیک چندهدفه، برای بررسی اثر هر هدف، ابتدا هر تابع به صورت تک هدفه اجرا می‌شود. در مرحله دوم، خروجی مدل با یک بردار وزن ثابت ارزیابی می‌شود و نتیجه نشان می‌دهد که مدل می‌تواند به طور مؤثری موقعیت‌های بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی را با شرط ظرفیت فراهم کند. در نهایت، برای ارزیابی مناسب بودن مدل، از یک برنامه وزن دهی اتوماتیک استفاده می‌شود. در این حالت هر بار به هر جواب، بردار وزنی تصادفی تعلق می گیرد و در نهایت مجموعه‌ای از جواب‌های غیر مسلط حاصل می‌گردد که به تصمیم‌گیرندگان با توجه به شروط مشخص و یا اولویتشان به یک هدف، فرصت انتخاب جواب‌های مناسب (Non-dominated) را می‌دهد.

واژگان کلیدی: Location–Allocation چندهدفه، GIS، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، الگوریتم ژنتیک، جواب‌های غیر مسلط

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

با توجه به رشد روز افزون شهرها، افزایش جمعیت و متراکم شدن بافت شهری، ضروری به نظر می‌رسد که تسهیلات و امکانات اضطراری از قبیل آتش‌نشانی به طور بهینه تعیین موقعیت شوند تا به خوبی بتوانند پاسخگوی تقاضاها باشند. این مسئله از آن جهت حائز اهمیت است که این تسهیلات، برای خدمات‌رسانی ایجاد می‌شوند پس باید به خوبی تمام ناحیه تقاضا را پوشش دهند. این مسئله یکی از چالش‌های مهم تصمیم‌گیرندگان می‌باشد.

تصمیم‌گیرندگان، برای تصمیم‌گیری صحیح در مورد مسائل بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص، به ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری نیاز دارند تا بتوانند بر اساس چند شرط، موقعیت امکانات را تعیین کنند. مسئله مکان‌یابی- تخصیص امروزه تنها، مسئله تعیین موقعیت یک امکان، مثلاً یک ایستگاه آتش‌نشانی در نزدیک‌ترین فاصله نیست. بلکه این مسئله سعی دارد تا شروط غیر فاصله‌ای و ترکیبی را نیز در نظر بگیرد تا راه‌حل بهینه را بیابد.

مسئله مکان‌یابی- تخصیص یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی است. محاسبه جواب‌های بهینه برای بسیاری از مسائل بهینه‌سازی از نظر محاسباتی دشوار است این مسائل معروف به توابع چندجمله‌ای غیرقطعی[3] هستند؛ اما معمولاً جواب‌های خوبی از روش‌های فوق ابتکاری به دست می‌آید (Talbi 2002). یکی از روش‌های فوق ابتکاری حل مسئله مکان‌یابی- تخصیص، روش شبیه‌سازی حرارتی می‌باشد. این الگوریتم برای مسائل بهینه‌سازی ترکیبی با سایز بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بیان مسئله و هدف پژوهش

بیش از صد سال است که مسئله مکان‌یابی- تخصیص مورد پژوهش و بررسی می‌باشد. وبر[4] به عنوان پدر مسئله مکان‌یابی- تخصیص مطرح است. او موقعیت یک فروشگاه را با کمینه کردن مجموع فاصله بین فروشگاه و مشتریها تعیین کرد. تحقیقات دیگری نیز در این زمینه، با اهداف دیگر انجام شده است. نتیجه‌ای که از این تحقیقات به دست می‌آید، این است که الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی به صورت موفقیت‌آمیزی مسئله مکان‌یابی- تخصیص را حل می‌کند.

این مسئله، دارای انواع و طبقه‌بندی‌هایی است. دو مدل رایج مسئله مکان‌یابی- تخصیص، مدل میانه و پوشش می‌باشند. مدل میانه، از میان نقاط مستعد و بالقوه، نقاط میانی را به گونه‌ای مشخص می‌کند که مجموع هزینه به وسیله 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 (Shamsul Arifin 2011, 14). مدل این تحقیق، تلفیقی از هر دو مدل می‌باشد.

تلفیق مدل‌های مختلف مسئله مکان‌یابی- تخصیص، این مسئله را واقعی‌تر می‌کند. مسلماً زمانی که چند هدف جای یک هدف را می‌گیرند، مسئله پیچیده‌تر می‌شود. مطابق با نظر چرچ[5]، تلفیق مدل‌ها، مدل محاسباتی را پیچیده‌تر می‌کند (Shamsul Arifin Church, cited in 2011, 16)؛ بنابراین با توجه به اینکه متغیرها و اهداف متعددی در تعیین موقعیت بهینه کاربری‌ها تأثیرگذار می‌باشند، امکان تحلیل آن‌ها به روش‌های سنتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا استفاده از ابزار توانمندی چون سیستم اطلاعات مکانی، در تعیین موقعیت کاربری‌ها ضروری می‌باشد.

سیستم اطلاعات مکانی مجموعه‌ای است سازمان‌یافته از سخت‌افزار و نرم‌افزار و اطلاعات جغرافیایی و نیروی انسانی متخصص که به منظور کسب، ذخیره، بهنگام‌سازی، پردازش، تحلیل و ارائه کلیه اشکالات اطلاعات جغرافیایی طراحی و ایجاد شده است (کاوسی، وظیفه‌دوست و قادری ۱۳۸۸). سیستم اطلاعات مکانی علاوه بر ایجاد، مدیریت، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های مکانی و توصیفی به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری نیز در نظر گرفته می‌شود. در واقع سیستم اطلاعات مکانی می‌تواند از برنامه‌ریزی مدیران حمایت کند و امکان استفاده از برنامه‌ها و الگوریتم‌ها را در داخل محیط خود امکان‌پذیر می‌کند.

در این تحقیق، تلفیق مسئله بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص و سیستم اطلاعات مکانی با اهدافی شامل کمینه کردن فاصله و زمان، بین تقاضا و ایستگاه آتش‌نشانی و بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش فوق ابتکاری شبیه‌سازی حرارتی مورد نظر می‌باشد. هدف نهایی، تعیین موقعیت بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. ایستگاه‌های بهینه باید به خوبی قادر به پاسخگویی به تقاضاهای هر ناحیه باشند. تاکنون در بین تمام تحقیقات، حل مسئله مکان‌یابی- تخصیص چندهدفه در تلفیق با موارد فوق انجام نگرفته است.

پیشینه پژوهش

مسئله بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص از نوع میانه به وسیله الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی، ابتدا توسط موری

Archive of SID
www.SID.ir

و چرچ[6] طراحی شد (Murray and Church 1986, cited in Dong 2008, 44). موری و چرچ بیان کردند که نتیجه نخستین تحقیق مسئله مکان‌یابی- تخصیص به وسیله شبیه‌سازی حرارتی، زمان بسیار زیادی را در مقایسه با روش‌های دیگر صرف کرد (Murray and Church 1995, cited in Shamsul Arifin 2011, 40). آسولان و سلیم[7] با یک رویکرد متفاوت اما مشابه دسته‌بندی الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی، توانستند در رسیدن به جواب بهینه به نتیجه خوبی دست یابند (Asulan and Selim 1995, cited in Shamsul Arifin 2011, 40).

موری و چرچ ، روش شبیه‌سازی حرارتی را برای دو نوع مسئله مکان‌یابی- تخصیص (میانه و پوشش)، دوباره آنالیز و پردازش کردند. مطابق با نظر آن‌ها این دو نوع مسئله وابسته به یکدیگر هستند اما از نظر ساختار و ماهیت متفاوت از هم می‌باشند (Murray and Church 1995, cited in Shamsul Arifin 2011, 40). بعضی از مسائل مکان‌یابی- تخصیص بجای یک هدف، نیازمند در نظر گرفتن چندین هدف هستند. مسلماً زمانی که چند هدف جای یک هدف را می‌گیرند، مسئله پیچیده‌تر می‌شود.

روش‌های مختلفی برای حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه وجود دارد. روش کلاسیک، که تلاش می‌کند مسئله چندهدفه را به یک مسئله تک‌هدفه تبدیل کند و مسئله تک‌هدفه جدید را بهینه کند. روش‌های بهینه پرتو[8]، که زمانی که مسئله حل می‌شود، 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 چند هدفه[9]، الگوریتم ژنتیک مرتب غیر مسلط[10] و غیره می‌باشند (Zanjirani Farahani, Steadieseifi and Asgari 2010).

در سال ۱۳۸۷ یک مدل ریاضی جهت حل مسئله مکان‌یابی- تخصیص چندهدفه با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی ارائه شد. هدف این تحقیق، کمینه کردن هزینه استقرار تسهیلات و افزایش تأمین فرکانس تقاضا در ساختار مورد نظر بود به طوری که هر مشتری حداقل تحت پوشش یک تسهیل قرار گیرد. این تحقیق بیان می‌کند که الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی طراحی شده، برای حل مسائل بزرگ و کوچک مناسب می‌باشد (تقوی‌فرد و شهسواری ۹۴).

الغریب[11]، پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در شهر کویت را مورد ارزیابی قرار داد. پس از ارزیابی توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود با استفاده از مدل‌های مکان‌یابی- تخصیص در محیط سیستم اطلاعات مکانی، این نتیجه به دست آمد که بعضی از بخش‌ها، خارج از مناطق سرویس‌دهی تعریف شده با استاندارد زمان حضور ۴ دقیقه هستند. او از مدل‌های مکان‌یابی- تخصیص موجود در محیط نرم‌افزار آرک جی آی اس۱۰[12] استفاده کرد و این مدل‌ها را با هم مقایسه کرد (۲۰۱۱).

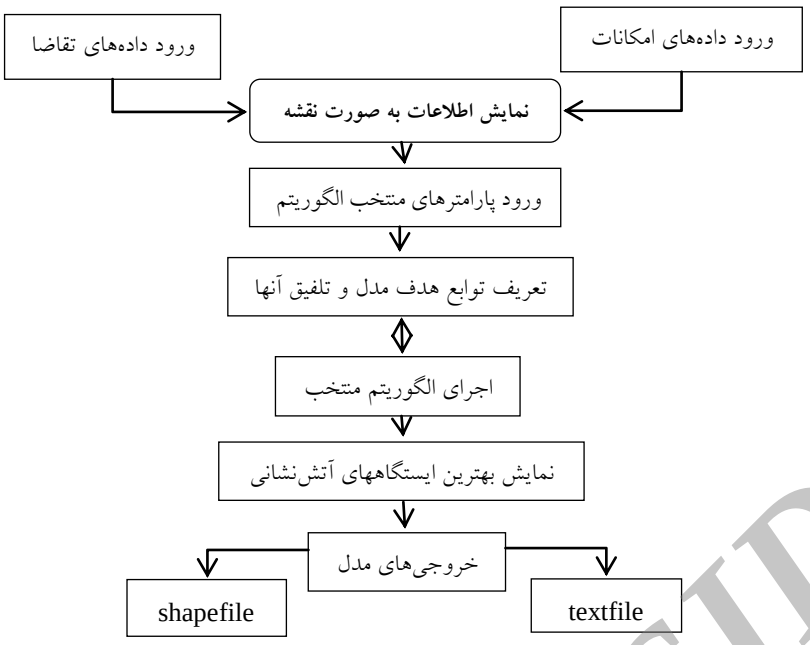
در سال ۲۰۱۱، مسئله بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص تک‌هدفه در تلفیق با سیستم اطلاعات مکانی و به کمک الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی حرارتی حل شد. هدف در حل این مسئله، بهینه کردن فاصله بین تقاضا و مدارس بود. در نهایت نیز، حل مسئله بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص چندهدفه پیشنهاد شد (Shamsul Arifin1 1). اما این تحقیق، به حل مسئله بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص چندهدفه در محیط سیستم اطلاعات مکانی و در تلفیق با الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی (با در نظر گرفتن ظرفیت برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی) می‌پردازد که تاکنون انجام نشده است.

روش پژوهش

برای حل مسائل بهینه‌سازی مکان‌یابی- تخصیص، نیاز به داده‌های امکانات و تقاضاها می‌باشد. منظور از امکانات یا تسهیلات، همان ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشند. به عبارت بهتر برای یافتن موقعیت‌های بهینه برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نیاز به داده‌های تقاضا می‌باشد. منظور از داده‌های تقاضا نیز جمعیتی هستند که از این امکانات استفاده می‌کنند. این داده‌های تقاضا و امکانات باید در فرمت شیپ فایل[13] وارد محیط سیستم اطلاعات مکانی شده و به صورت نقشه نمایان گردند.

انتخاب مؤلفه‌های متعدد و در نتیجه تعدد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیرندگان را به طور ناخودآگاه به سمت استفاده از سیستم اطلاعات مکانی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات در حد بالا قرار دارد (پوراحمد، رنجبر، رجایی و همتی‌زاده ۱۳۸۹). با توجه به اینکه نرم‌افزار آرک جی آی اس نمی‌تواند با مسائل بهینه‌سازی ترکیبی چندهدفه مکان‌یابی- تخصیص روبرو شود، در نتیجه برای پاسخگویی و حل انواع مختلف مسائل بهینه‌سازی ترکیبی مکان‌یابی- تخصیص می‌توان از راه‌حل متاهیورستیک استفاده نمود.

Archive of SID
www.SID.ir

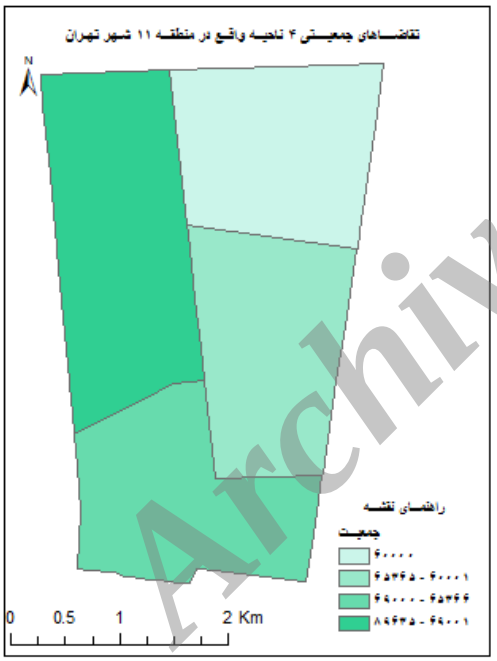


شکل۱. نمایش روش اجرای مدل

پس از ورود داده‌ها، لازم است که پارامترهای مربوط به مدل تنظیم گردند. الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی در جستجوی اطلاعات، موقعیت‌های بهینه را می‌یابد. نتیجه جستجوی الگوریتم که در حقیقت همان موقعیت‌های بهینه برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی است، در محیط سیستم اطلاعات مکانی ، به صورت نقشه نمایان می‌گردد. شکل ۱ مراحل اجرا را نشان می‌دهد.

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۱۱ شهر تهران به لحاظ موقعیت مرکزی و وجود فعالیت‌های کارگاهی و بازاری از جمله مناطق پرجمعیت این شهر محسوب می‌شود. این منطقه دارای چهار ناحیه می‌باشد. مجموع جمعیت این ۴ ناحیه بالغ بر ۲۸۰۰۰۰ نفر می‌باشد (http://www.mantagheh.tehran.ir۱۳۹۱). شکل ۲ تقاضاهای جمعیتی این منطقه را نشان می‌دهد.



شکل۲. تقاضاهای جمعیتی واقع در منطقه ۱۱ شهر تهران

الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی چندهدفه

مراحل الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی چندهدفه به صورت زیر می‌باشد:

گام اول : مرحله اولیه

انتخاب چند جواب اولیهs از مجموعه جوابهایS

انتخاب یک درجه حرارت اولیهT_0

تنظیم درجه حرارت مطلق T_a

تنظیم نرخ پایین آمدن درجه حرارتδT (δT می‌تواند هر عدد اعشاری بین ۰ و۱ باشد).

گام دوم : بهبود جواب

تنظیم شمارنده تعداد دفعات تکرار n=0

تکرار عملیات بالا تا زمانی که$T_a \geq T_0$

ایجاد یک جواب ’sدر همسایگی هر جواب(s)N به صورت تصادفی

محاسبه(s’) – f(s) برای هرتابع و در ازای هر L=f جواب

Archive of SID
www.SID.ir

۱-اگر $L \leq 0$ برای هر تابع (در صورت مناسب بودن جواب‌های همسایه) پس s=s'

۲-در صورت مناسب نبودن همسایگی‌های جدید ($L > 0$ برای هر تابع)، انتخاب یک عدد تصادفیx، از (۰ و ۱)U. اگر $x < exp(-L/T)$ پس s = s' و در غیر این صورت ایجاد همسایگی‌های جدید

۳-در صورت برقرار نبودن هر کدام از شرایط ذکر شده در بالا (بهبود در یک تابع و عدم بهبود در توابع دیگر) پس ذخیره شدن هر دوs و's سپس حذف جواب‌های غیر مسلط در مجموعه جواب‌های ذخیره شده (تقوی‌فرد و شهسواری، ۱۳۸۷).

تنظیم n = n+1

تنظیم t = t+1T = T × δT

در صورت برقرار بودن شرایط توقف، توقف الگوریتم و در غیر این صورت رفتن به گام ۲.

در مرحله اول، بعضی از متغیرهای مدل مانند درجه حرارت اولیه، درجه حرارت مطلق و نرخ سرد شدن و... ارزش‌گذاری می‌شوند و تعداد تکرار را مشخص می‌کنند. در مرحله دوم، جواب‌های کاندید، به صورت تصادفی از جواب‌های همسایه تولید می‌شوند. تنها جواب‌هایی به عنوان جواب‌های جاری پذیرفته می‌شوند، که از جواب‌های قبلی بهتر باشند. اگر جواب‌های جاری بدتر از جواب‌های قبلی باشند، با یک احتمال ویژه می‌توانند انتخاب شوند.

مرحله دوم ادامه می‌یابد تا زمانی که درجه حرارت بالای اولیه به درجه حرارت مطلق برسد. در این حالت مجموعه‌ای از جواب‌ها حاصل می‌شود. به دلیل تصادفی بودن وزن هر تابع و عدم وجود دید کارشناسانه نسبت به مناسب بودن هر جواب، در انتها در بین جواب‌های ذخیره شده در هر مرحله، رابطه جواب‌های غیر مسلط اجرا می‌شود تا جواب‌های نهایی حاصل گردد.

توابع هدف مدل

۱-کمینه کردن فاصله بین تقاضا و ایستگاه‌های آتش‌نشانی

با فرض نزدیک‌ترین ایستگاه برای پاسخگویی به تقاضا، تابع هدف به صورت زیر خواهد بود:

رابطه۱ $\min f_1(v) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r} d_{ij} w_i x_{ij}$

رابطه۲ $\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1$ و $C_j \geq A_j \; j = 1,2,\ldots,r$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری j‌ام به امکان i‌ام اختصاص یابد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

رابطه۳

r تعداد امکانات، m تعداد تقاضاها، d_{ij} فاصله بین نقطه امکان j‌ام و نقطه تقاضای i‌ام (فاصله می‌تواند اقلیدسی یا شبکه‌ای باشد)، w_i وزن تقاضا در نقطه i‌ام، C_j بیشینه ظرفیت j‌امین امکان و A_j تعداد تقاضاهای تخصیص یافته به j‌امین امکان می‌باشد (Zhou, Min and Gen 2003).

۲-کمینه کردن زمان رسیدن به تقاضا از ایستگاه‌های آتش‌نشانی

فرمول کمینه کردن زمان سفر به صورت زیر می‌باشد:

رابطه۴ $\min f_2(v) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r} t_{ij} x_{ij}$

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

رابطه۵

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری j‌ام به امکان i‌ام اختصاص یابد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

رابطه۶

t_{ij} زمان سفر بین نقطه تقاضای i‌ام و نقطه امکان j‌ام می‌باشد (Zhou, Min and Gen, 2003). لازم به ذکر است که در محاسبه فاصله، جهت راه‌ها و درمحاسبه زمان، عرض راه‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

۳-بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی

فرمول بیشینه کردن پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی به صورت زیر می‌باشد:

رابطه۷ $\max f_3(v) = \sum_{i=1}^{m} a_i \times y_i$

$$C_j \geq A_j \text{ و } y_i = \begin{cases} 1 & \text{اگرمشتری j‌ام پوشش یابد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

رابطه۸

a_i جمعیت یا تعداد آتش‌سوزی‌ها در نقطه i‌ام می‌باشد (Karaman, 2008, pp. 7-8).

در ضمن در این تحقیق شعاع عملکرد ۴ دقیقه (با احتساب هدر رفتن ۱ دقیقه)، مطابق با (نظریان و کریمی، ۱۳۸۸) در نظر گرفته شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

تبدیل چند هدف به یک هدف

اکنون برای اینکه این ۳ هدف به یک هدف تبدیل شوند، از طریق تابع هدف وزنی با هم جمع می‌شوند. این تابع جمع وزن دار مطابق زیر خواهد بود:

رابطه۹ $\min f(x) = [f_1' f_2' f_3'](W_1 W_2 W_3)^T$

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

استراتژی دوم: روش وزن دهی تصادفی می‌باشد که وزن‌ها در هر گام، 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 و تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد جواب‌های بهینه را در همه جهات در امتداد پرتو فرونگیر[۱۴] بیابد (Zhou, Min and Gen, 2003).

برای ایجاد وزن‌های تصادفی اتوماتیک، برای به دست آوردن جواب‌های بهینه پرتو غیر مسلط، از یک برنامه وزن دهی اتوماتیک استفاده می‌شود. این وزن‌های تصادفی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

رابطه ۱۰ $W_h = \frac{r_h}{r_1+r_2+\cdots+r_k} \quad h = 1,2,\ldots,k$

r_h یک عدد تصادفی بین ۰ و۱ می‌باشد که برای hامین تابع هدف تولید شده است. hتعداد توابع هدف می‌باشد (Neema and Ohgai 2010, 362). در این تحقیق از استراتژی دوم و روش وزن دهی اتوماتیک استفاده می‌شود. اگرچه برنامه‌های وزن دهی دیگری نیز وجود دارد (Zhou, Min and Gen 2003).

همان‌گونه که ذکر شد منظور از f'، تابع نرمالیزه شده f می‌باشد. روش‌های مختلفی برای نرمالیزه کردن توابع هدف وجود دارد. در این تحقیق از میان روش‌های مختلف نرمالیزه کردن (Prakash and Deshmukh 2011) روش زیر که مرسومتر است استفاده می‌شود:

رابطه۱۱ $f_k' = \frac{f_k - min\, f_k}{\max f_k - \min f_k}$

هدف کلی، کمینه کردن تابع چندهدفه می‌باشد اما در این بین یکی از اهداف از نوع بیشینه است. بنابراین با ضرب عدد منفی یک در تابع هدف بیشینه، تابع کمینه حاصل خواهد شد (Erkut, Karagiannidis, Perkoulidis and Tjandra, 2008, p. 1411).

جواب‌های بهینه پرتو (غیر مسلط)

در یک مسئله بهینه‌سازی چندهدفه، مجموعه‌ای از جواب‌ها حاصل می‌شود که هیچ‌کدام از این جواب‌ها برای تمام اهداف نمی‌توانند بهتر از دیگری باشند (Liao, Hsieh and Lai, 2011). جواب‌ها، غیر مسلط نامیده می‌شوند اگر هیچ یک نتوانند بر دیگری غلبه کنند:

$a \not\succeq b \;\forall\, a, b \in S$

جوابb ، بهینه پرتو نامیده می‌شود اگر و فقط اگر هیچ جوابی مانند a وجود نداشته باشد به طوری که:

$f(a)_i \neq f(b)_i$ و $f(a)_i \leq f(b)_i$

در این حالت هم به bو$f(b)_i$، غیر مسلط گفته می شود (Erkut, Karagiannidis, Perkoulidis and Tjandra 2008, 1408).

به مجموعه جواب‌های بهینه در فضای تصمیم، مجموعه بهینه پرتو و به تصویر آن در فضای هدف، پرتو فرونت[۱۵] گفته می‌شود. در عمل در مسائل بهینه‌سازی چندهدفه، یافتن یک جواب یکه که بر دیگر جواب‌ها غلبه کند غیر ممکن است. در عوض انتظار می‌رود که تعدادی از جواب‌های بهینه پرتو (غیر مسلط) یافت شود. در بین این جواب‌ها که توازن‌های مختلفی را بین اهداف نشان می‌دهند، تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک جواب مناسب را انتخاب کند (Neema and Ohgai 2010, 361).

یافته‌های پژوهش

آنالیز تنظیم پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی

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 شبیه‌سازی حرارتی شامل درجه حرارت اولیه، نرخ سرد شدن و درجه حرارت مطلق و تعداد تکرار به خوبی تنظیم شوند و تأثیر آن‌ها بر روی جواب تست شود. برای تنظیم نمودن پارامترها، ابتدا به همان تعداد تقاضاهای (جمعیت) موجود، در منطقه ۱۱ شهر تهران

Archive of SID
www.SID.ir

به وسیله نرم‌افزار آرک جی آی اس ۹،۳، نقطه تصادفی (نمایانگر تقاضاها) ایجاد می‌شود. هر نقطه تقاضا بیانگر ۳۸ نفر می‌باشد

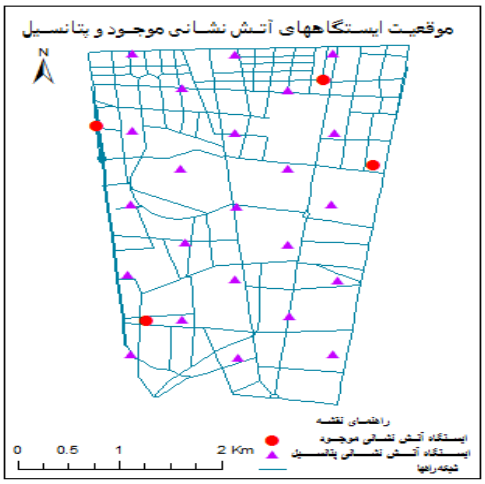
در منطقه مورد نظر ۴ ایستگاه آتش‌نشانی وجود دارد (http://www.125.ir 1391). اما با توجه به جمعیت منطقه(۲۸۰۰۰۰نفر) و ظرفیت ایستگاه‌ها که معادل ۵۰۰۰۰ نفر(نظریان و کریمی، ۱۳۸۸، ص ۸) می باشد مشخص است که در این منطقه حداقل ۶ ایستگاه آتش‌نشانی مورد نیاز می‌باشد. بنابراین هدف انتخاب ۶ ایستگاه از میان ۲۷ ایستگاه می‌باشد. موقعیت ۲۳ ایستگاه آتش‌نشانی پتانسیل و ۴ ایستگاه موجود، در شکل ۳ نشان داده شده است. نقاط تقاضاهای تصادفی نیز در اطراف ۶ ایستگاه آتش‌نشانی ایجاد می‌شود که در شکل ۴ نشان داده شده است. بنابراین انتظار می‌رود که خروجی مدل ضمن تنظیم پارامترها، همین ۶ ایستگاه را با همگرا شدن نمودار برازش، به عنوان بهینه نشان دهد.

در تحقیق‌های مختلف، مقادیر متفاوتی برای درجه حرارت اولیه استفاده شده است. موری و چرچ در مسائل مختلف میانه، از مقادیر ۴۰ و ۶۰ استفاده کردند. در این تحقیق مطابق با شمسول آریفین از درجه حرارت اولیه نزدیک به موری و چرچ یعنی ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ استفاده می‌شود (Murray and Church 1995, cited in Shamsul Arifin 2011, 65). نرخ سرد شدن ۰،۹۵ (تقوی فرد و شهسواری ۱۳۸۷، ۱۰۲) و درجه حرارت مطلق نیز ۰،۰۱ (Shamsul Arifin 2011, 65) در نظر گرفته می‌شود.

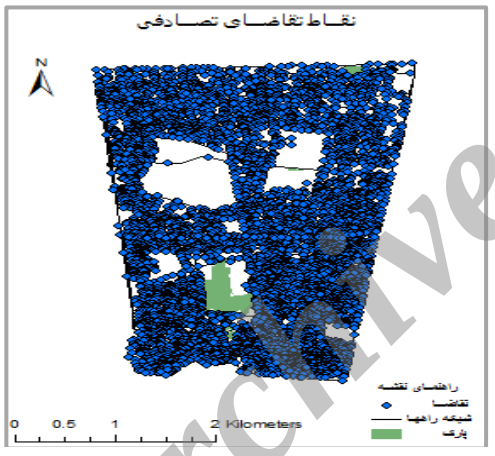
جدول ۱. بهترین درجه حرارت اولیه برای الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی

برازش[۱۶]	درجه حرارت اولیه
۰/۳۲۲۲	۵۰
۰/۲۹۱۴	۱۰۰
۰/۲۹۰۵	۲۰۰
۰/۲۷۶۴	**۳۰۰**

جدول ۱ نشان می‌دهد که بهترین درجه حرارت اولیه در دمای ۳۰۰ اتفاق می‌افتد. شکل ۵، موقعیت ایستگاه‌های بهینه، با استفاده از بهترین پارامترها برای الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی را در نرم‌افزار آرک جی آی اس ۹،۳ نشان می‌دهد. نمودار خروجی، همگرا شدن ارزش برازش، به ازای ۱۵۰ بار تکرار را نشان می‌دهد. شکل۶، ظرفیت و تخصیص به ازای تابع f_1، f_2 و f_3 را نشان می‌دهد.



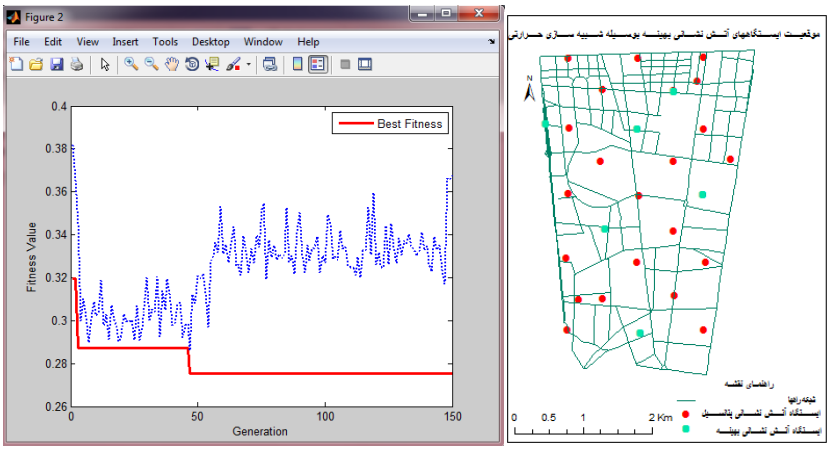
شکل ۳. موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود و پتانسیل



شکل ۴. نمایش نقاط تقاضای تصادفی

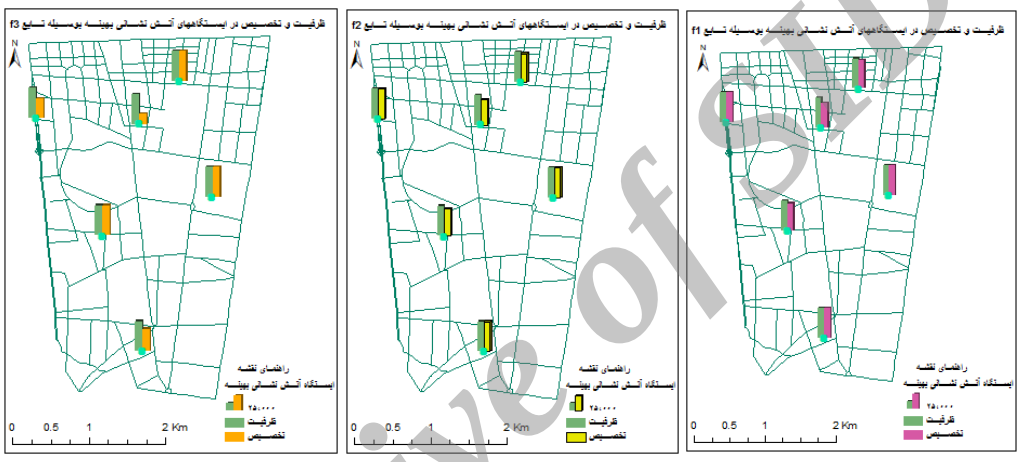
شکل۶، نشان می‌دهد که تخصیص‌های دو تابع f_1 و f_2 مشابه هستند. اما مجموع کل تخصیص‌ها برای تابع f_3 برابر با تقاضاهای موجود در منطقه نمی‌باشد. این به این معناست که تعدادی نقطه تقاضا بدون پوشش باقی مانده‌اند. این مسئله به این دلیل است که زمان بین آن نقاط تقاضا و هر ایستگاه آتش‌نشانی بهینه، بیش از چهار دقیقه می‌باشد. پس برای پوشش کل نقاط، تعداد ایستگاه‌های بهینه در مطالعه موردی افزایش می‌یابد. بنابراین هدف، انتخاب هفت ایستگاه آتش‌نشانی از میان بیست و هفت ایستگاه پتانسیل و موجود می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir



الف ب

شکل ۵. الف) موقعیت ایستگاه‌های بهینه شبیه‌سازی حرارتی در نرم‌افزار آرک جی آی اس ۹،۳ و ب) خروجی برازش شبیه‌سازی حرارتی



الف ب ج

شکل ۶. ظرفیت و تخصیص به ازای الف) تابع f_1، ب) f_2 و ج) f_3

اجرای مدل در منطقه مورد مطالعه

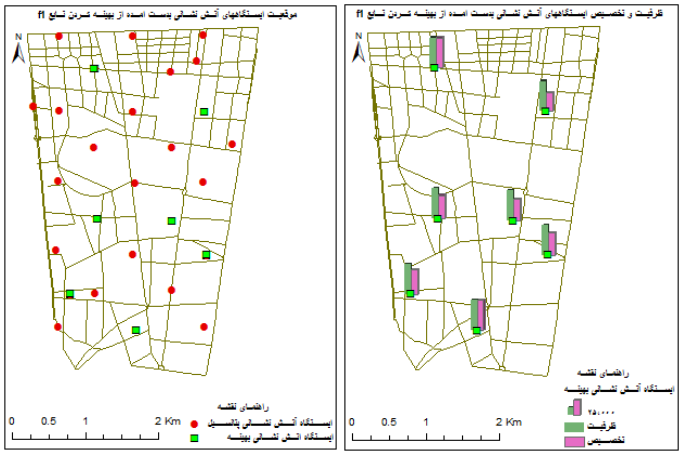
۱-بهینه‌کردن توابع تک هدفه

هدف، انتخاب هفت ایستگاه آتش‌نشانی از میان بیست و سه ایستگاه پتانسیل و چهار ایستگاه موجود می‌باشد. ظرفیت این ایستگاه‌های پتانسیل نیز معادل ۵۰۰۰۰ نفر در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور ابتدا نتایج به دست آمده از مدل به ازای توابع تک هدفه آنالیز می‌شود. شکل۷، موقعیت ایستگاه‌های بهینه و تخصیص‌های به دست آمده از توابع f_1، f_2 و f_3 را نشان می‌دهد. شکل۸، مقدار برازش تابع f_1 (کوتاه‌ترین فاصله)، f_2 (کمترین زمان) و f_3 (بیش‌ترین پوشش) را نشان می‌دهد.

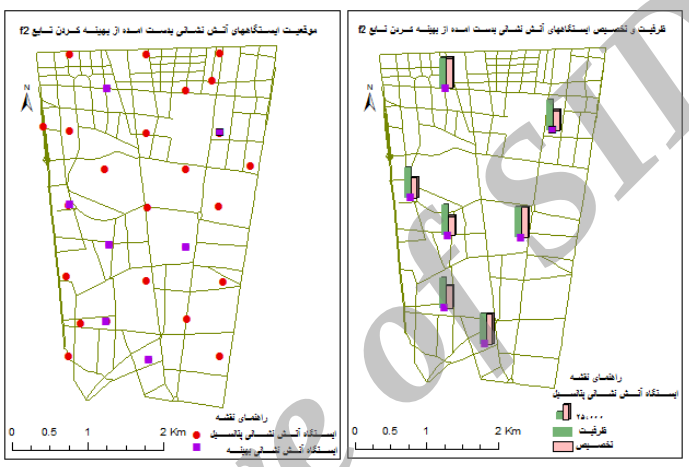
بنابراین زمانی که تنها کوتاه‌تر شدن فاصله بین ایستگاه آتش‌نشانی و نقاط تقاضا مطرح باشد ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل۷ الف، کوتاه‌تر شدن زمان بین ایستگاه آتش‌نشانی و نقاط تقاضا مطرح باشد ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل۷ ب و بیش‌ترین پوشش تقاضا مطرح باشد ایستگاه‌های نشان داده شده در شکل۷ ج، به مسئولان طراحی پیشنهاد می‌شوند.

از مقایسه سه تابع در شکل۷، می‌توان یافت که توابع f_2 و f_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 آن، متناسب با جمعیت منطقه، اختصاصات بهتری دارند.

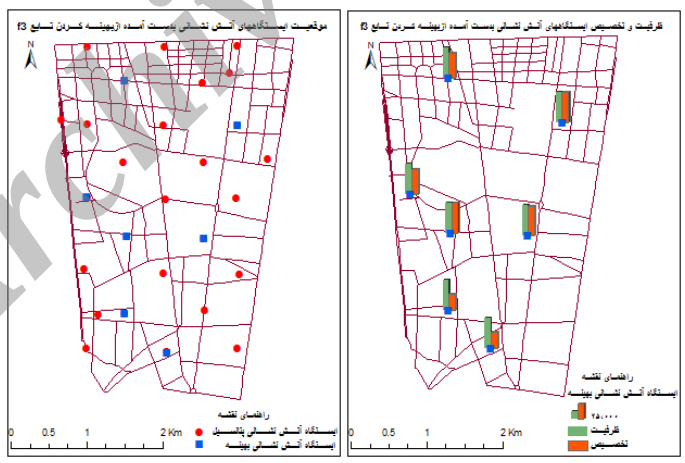
Archive of SID
www.SID.ir



الف



ب

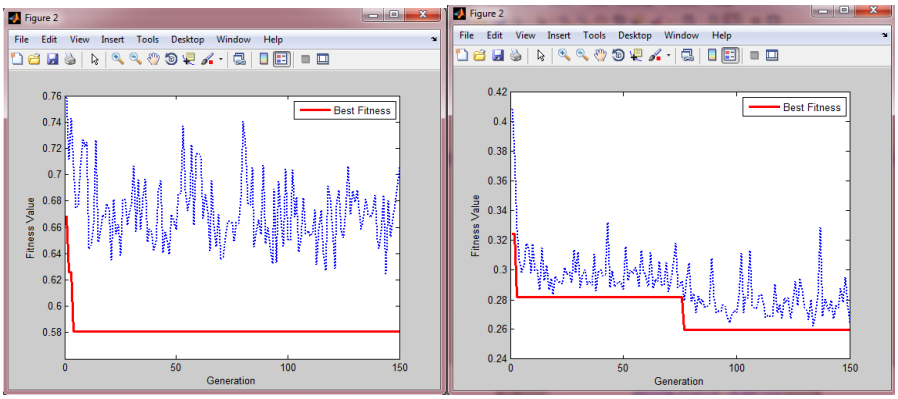


ج

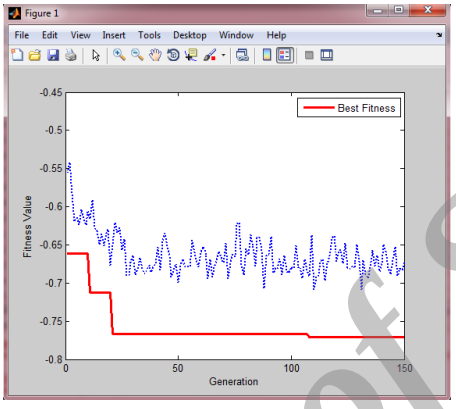
شکل ۷. موقعیت ایستگاه‌های بهینه و تخصیص‌های به دست آمده از الف) تابع f_1(کوتاه‌ترین فاصله) ب) f_2(کمترین زمان) ج)f_3(بیش‌ترین پوشش)

Archive of SID

www.SID.ir



الف ب



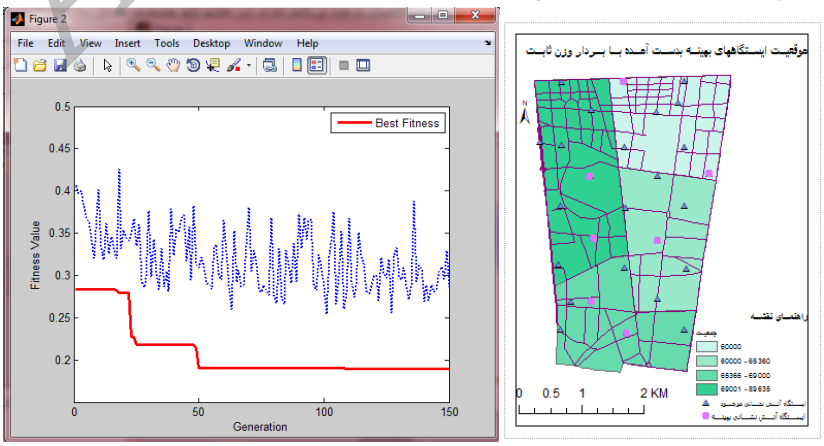
ج

شکل ۸. مقدار برازش الف) تابع f_1 (کوتاه‌ترین فاصله) ب) f_2 (کمترین زمان) ج)f_3(بیش‌ترین پوشش)

اگرچه تابع f_3 از نوع بیشینه است، اما چون هدف کلی کمینه کردن تابع برازش می‌باشد با ضرب عدد منفی یک، این تابع نیز از نوع کمینه خواهد شد.

۲-بهینه کردن توابع چندهدفه با بردار وزن ثابت

در این حالت نیز هدف، انتخاب هفت ایستگاه آتش-نشانی از میان بیست و سه ایستگاه پتانسیل و چهار ایستگاه موجود می‌باشد. اما در این حالت، تابع چندهدفه مطابق با رابطه ۹ در نظر گرفته می‌شود. مقدار بردار وزن نیز $W_1 = W_2 = W_3 =$ ۰/۳۳۳۳ در نظر گرفته می-شود. پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی نیز مطابق با پارامترهای تنظیم شده در بالا و تعداد تکرار نیز ۱۵۰ مرتبه می‌باشد. شکل۹، موقعیت هفت ایستگاه آتش-نشانی بهینه به دست آمده از تابع چندهدفه و برازش تابع چندهدفه را نشان می‌دهد.



شکل ۹. موقعیت ۷ ایستگاه آتش‌نشانی بهینه به دست آمده از تابع چندهدفه به ازای بردار وزن ثابت $W_1 =$ ۰/۳۳۳۳ $= W_2 = W_3$ و برازش تابع چندهدفه

Archive of SID

www.SID.ir

شکل۹ نشان می‌دهد که از بین این ۷ ایستگاه بهینه، ۵ ایستگاه در دو ناحیه پرجمعیت قرار گرفته‌اند.

۳- بهینه‌کردن توابع چندهدفه با روش وزن دهی تصادفی(جواب‌های بهینه غیر مسلط)

دادن وزن‌های مختلف به اهداف، باعث روبرو شدن با جنبه‌های مختلف مسئله می‌شود. با یک بردار وزن ثابت، مشاهده توازن‌های کلی بین اهداف مسئله، دشوار است. بنابراین برای تصمیم‌گیرندگان، بیشتر وزن‌ها ضروری است که با توازن‌های مختلفی ایجاد شوند (Neema and Ohgai 368 , 2010, p.). در این بخش با یک برنامه وزن دهی تصادفی در هر بار تکرار، بردار وزنی به صورت تصادفی تولید می‌شود. در این مرحله نیز الگوریتم چندهدفه مجموعه جواب‌های بهینه غیر مسلط را تولید می‌کند.

در اینجا پارامترهای الگوریتم چندهدفه دوباره تنظیم می‌شوند. تعداد تکرار برابر ۱۵۰مرتبه در نظر گرفته می‌شود. جواب‌های هفت بار اجرای غیرمستقل مدل، با ۱۵۰مرتبه تکرار در جدول۲ نشان داده شده است. این جواب‌ها، جواب‌های بهینه پرتو نامیده می‌شوند. این جدول تعداد جواب‌های بهینه غیر مسلط هر بار تکرار، مقدار هر تابع هدف، بردار وزن و مقدار نرمالیزه شده هر تابع هدف به ازای هر جواب را نشان می‌دهد.

نتیجه محاسبات آماری جواب‌های توافقی غیر مسلط در جدول۳ نشان داده شده است که به وسیله آن می‌توان بهترین اجرای مدل را مشاهده کرد. اجرایی که بیش‌ترین تعداد جواب غیر مسلط با کمترین مقدار مجموع مقادیر متوسط سه تابع هدف (Sum) را داشته باشد، به عنوان بهترین اجرا شناخته می‌شود (Neema and Ohgai 368 , 2010). در اینجا اجرای ۴ بهترین اجرا می‌باشد. جواب‌های بهترین اجرای مدل به پرتو فرونت نامیده می‌شوند.

به دلیل اینکه امکان نمایش این تعداد جواب بر روی منطقه مورد نظر میسر نیست، به خصوص اگر تعداد اجرای برنامه برای دستیابی به گزینه‌های مختلف زیاد باشد، از نمودار پراکندگی[۱۷] برای نمایش جواب‌ها استفاده می‌شود. هیچ یک از این جواب‌ها نمی‌توانند بهتر از دیگری باشند و این تصمیم‌گیرنده است که می‌تواند بنا به اهداف خود یکی از این جواب‌ها را برگزیند.

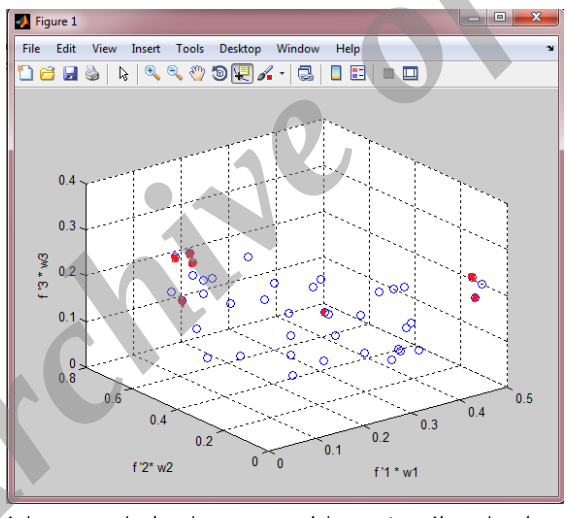
جدول ۲.جواب‌های توافقی غیر مسلط ۷ اجرای غیر مستقل با ۱۵۰ تکرار

تکرار	جواب	$\mathbf{w_1 f_1'(v)}$	$\mathbf{w_2 f_2'(v)}$	$\mathbf{w_3 f_3'}$	$\mathbf{w_1}$	$\mathbf{w_2}$	$\mathbf{w_3}$
۱	۱	۰/۲۱۰۸	۰/۳۵۰۷	-۰/۱۶۱۷	۰/۲۶۶۴	۰/۴۴۶۵	۰/۲۸۶۹
	۲	۰/۳۰۱۸	۰/۰۵۰۲	-۰/۱۲۲۵	۰/۴۱۰۳	۰/۰۶۸۴	۰/۵۲۱۲
	۳	۰/۳۳۵۷	۰/۱۰۶۳	-۰/۲۳۹۶	۰/۴۵۶۴	۰/۱۴۴۹	۰/۳۹۸۵
	۴	۰/۴۵۶۹	۰/۰۱۸۳	-۰/۲۳۳۱	۰/۶۱۳۸	۰/۰۲۴۵	۰/۳۶۱۵
	۵	۰/۳۱۶۸	۰/۲۵۹۰	-۰/۱۴۹۱	۰/۳۶۷۰	۰/۳۰۱۱	۰/۳۳۱۸
۲	۱	۰/۳۸۳۲	۰/۱۷۶۰	-۰/۱۳۲۴	۰/۵۳۴۳	۰/۲۴۵۴	۰/۲۲۰۲
	۲	۰/۱۷۲۶	۰/۴۴۷۰	-۰/۲۷۳۷	۰/۱۷۷۳	۰/۴۵۹۳	۰/۳۶۳۳
	۳	۰/۲۰۷۰	۰/۲۰۲۰	-۰/۲۷۰۷	۰/۲۹۵۳	۰/۲۸۸۰	۰/۴۱۶۶
	۴	۰/۰۷۷۳	۰/۴۰۷۸	-۰/۲۶۱۹	۰/۰۸۹۴	۰/۴۷۲۵	۰/۴۳۸۰
	۵	۰/۳۲۱۳	۰/۱۸۵۱	-۰/۲۱۶۳	۰/۳۴۳۵	۰/۱۹۷۴	۰/۴۵۸۹
۳	۱	۰/۱۰۲۳	۰/۳۷۷۶	-۰/۲۰۷۷	۰/۱۳۱۰	۰/۴۸۳۲	۰/۳۸۵۶
	۲	۰/۰۲۵۲	۰/۴۷۵۸	-۰/۲۳۲۰	۰/۰۴۰۶	۰/۰۹۳۸	۰/۸۶۵۴
	۳	۰/۳۱۰۷	۰/۳۵۴۷	-۰/۰۸۴۹	۰/۳۹۲۷	۰/۴۴۹۶	۰/۱۵۷۶
	۴	۰/۲۴۲۴	۰/۲۶۲۳	-۰/۰۷۰۵	۰/۳۱۰۶	۰/۳۳۵۷	۰/۳۵۳۶
	۵	۰/۱۸۱۴	۰/۲۷۰۸	-۰/۰۵۲۹	۰/۲۴۳۷	۰/۳۶۶۹	۰/۳۸۹۳
	۶	۰/۱۹۸۸	۰/۳۸۸۴	-۰/۲۲۲۳	۰/۲۶۷۰	۰/۳۹۰۶	۰/۳۴۲۲
۴	۱	۰/۰۱۷۰	۰/۳۶۵۹	-۰/۳۲۲۳	۰/۰۲۲۳	۰/۴۸۱۵	۰/۴۹۶۱
	۲	۰/۲۶۶۴	۰/۳۰۸۸	-۰/۱۵۷۷	۰/۳۵۰۸	۰/۴۰۶۴	۰/۲۴۲۷
	۳	۰/۴۳۲۱	۰/۰۰۸۴	-۰/۲۵۷۲	۰/۵۱۱۶	۰/۰۱۰۰	۰/۴۷۸۳
	۴	۰/۰۱۵۵	۰/۴۰۹۷	-۰/۲۳۰۰	۰/۰۲۱۲	۰/۵۵۹۲	۰/۴۱۹۴
	۵	۰/۰۰۲۰	۰/۴۱۱۰	-۰/۳۳۰۰	۰/۰۱۴۹	۰/۶۵۱۲	۰/۳۳۳۳
	۶	۰/۴۳۵۹	۰/۰۰۳۷	-۰/۲۱۱۱	۰/۶۱۵۸	۰/۰۰۸۷	۰/۳۷۵۵

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲.جواب‌های توافقی غیر مسلط ۷ اجرای غیر مستقل با ۱۵۰ تکرار

تکرار	جواب	$\mathbf{w_1 f_1'(v)}$	$\mathbf{w_2 f_2'(v)}$	$\mathbf{w_3 f_3'}$	$\mathbf{w_1}$	$\mathbf{w_2}$	$\mathbf{w_3}$
	۷	۰/۰۲۵۰	۰/۳۹۴۴	-۰/۳۳۴۹	۰/۰۵۹۸	۰/۵۳۲۵	۰/۴۰۷۷
	۱	۰/۱۹۲۱	۰/۳۰۴۰	-۰/۰۸۷۸	۰/۲۵۶۶	۰/۵۳۹۹	۰/۲۰۳۴
	۲	۰/۰۳۱۱	۰/۳۹۴۴	-۰/۲۸۵۹	۰/۰۴۰۹	۰/۵۱۹۰	۰/۴۴۰۰
۵	۳	۰/۲۲۳۴	۰/۳۶۹۰	-۰/۱۰۴۷	۰/۳۰۵۲	۰/۵۰۳۶	۰/۱۹۱۱
	۴	۰/۲۷۳۶	۰/۳۰۷۰	-۰/۱۵۳۲	۰/۳۵۹۹	۰/۴۰۳۸	۰/۲۳۶۲
	۵	۰/۳۲۱۶	۰/۱۲۱۶	-۰/۲۳۶۷	۰/۳۸۷۳	۰/۱۴۷۲	۰/۴۶۵۴
	۱	۰/۱۴۷۰	۰/۶۲۱۳	-۰/۰۸۳۵	۰/۱۶۰۲	۰/۶۷۸۷	۰/۱۶۱۰
	۲	۰/۱۵۵۴	۰/۴۴۵۹	-۰/۰۶۲۲	۰/۲۲۰۵	۰/۶۳۱۸	۰/۱۴۷۵
	۳	۰/۴۰۹۳	۰/۴۳۴۸	-۰/۰۰۰۶	۰/۴۲۲۶	۰/۵۷۶۰	۰/۰۰۱۲
۶	۴	۰/۳۹۰۷	۰/۲۱۰۸	-۰/۱۱۰۷	۰/۵۰۲۷	۰/۲۷۳۰	۰/۲۲۴۱
	۵	۰/۲۲۲۴	۰/۴۸۰۰	-۰/۱۵۹۲	۰/۱۸۶۰	۰/۴۰۰۶	۰/۴۱۳۲
	۶	۰/۰۸۸۹	۰/۴۵۰۸	-۰/۰۷۶۶	۰/۰۹۸۴	۰/۳۸۷۶	۰/۵۱۳۸
	۷	۰/۳۰۵۷	۰/۴۴۰۲	-۰/۱۷۲۱	۰/۴۲۸۶	۰/۲۸۲۷	۰/۲۸۸۵
	۱	۰/۴۳۸۳	۰/۲۵۳۸	-۰/۰۳۹۶	۰/۵۸۶۸	۰/۳۴۲۹	۰/۰۷۰۲
	۲	۰/۳۹۸۸	۰/۲۹۲۴	-۰/۰۲۱۷	۰/۵۵۶۱	۰/۴۰۷۷	۰/۰۳۶۱
۷	۳	۰/۴۳۶۲	۰/۳۴۰۵	-۰/۰۲۱۹	۰/۵۴۸۹	۰/۴۲۸۹	۰/۰۲۲۰
	۴	۰/۰۳۴۵	۰/۳۵۵۱	-۰/۲۵۲۶	۰/۳۷۰۳	۰/۱۲۳۱	۰/۵۰۶۴
	۵	۰/۰۷۳۵	۰/۴۳۶۹	-۰/۲۵۳۰	۰/۰۸۳۵	۰/۴۹۷۶	۰/۴۱۸۷



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

جدول ۳. نتیجه محاسبات آماری جواب‌های توافقی غیر مسلط

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱ε	۰/۳۲۴۴	۰/۲۳۲۳	۰/۱۷۶۸	۰/۱۷۰۶	۰/۲۰۸۴	۰/۲۴۵۶	۰/۲۷۶۳
۲ε	۰/۱۵۶۹	۰/۲۸۳۶	۰/۳۵۴۹	۰/۲۷۱۷	۰/۲۹۹۲	۰/۴۴۰۵	۰/۳۳۵۷
۳ε	۰/۱۸۱۲	۰/۲۳۱۰	۰/۱۴۵۱	۰/۲۶۳۳	۰/۱۷۳۷	۰/۰۹۵۰	۰/۱۱۷۸
Sum	۰/۳۰۰۱	۰/۲۸۴۹	۰/۳۸۶۷	۰/۱۷۸۹	۰/۳۳۳۹	۰/۵۹۱۲	۰/۴۹۴۲
Num	۵	۵	۶	۷	۵	۷	۵

Sum:مجموع مقادیر میانگین سه هدف

Num:تعداد جواب‌های توافقی غیر مسلط

:مقدار میانگین همه جواب‌های توافقی غیر مسلط بعد از یک اجرای عملی مدل، بر روی منطقه ۱۱ شهر تهران انجام گرفت.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱۰ جواب‌های توافقی غیر مسلط 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 غیر مسلط اجرای ۴ به صورت نقاط قرمز مشخص شده‌اند که این جواب‌ها به عنوان پرتو فرونت نامیده می‌شود

هدف نهایی، مشخص کردن موقعیت و اختصاصات هر ایستگاه آتش‌نشانی می‌باشد. این مدل در سه حالت اجرا شد. در هر سه حالت نیز شرط ظرفیت برای ایستگاه‌ها در نظر گرفته شده است. ابتدا مدل به صورت تک‌هدفه بکار برده شد و نتیجه نشان داد که تابع f_3، نسبت به دیگر توابع اهمیت بیشتری دارد زیرا ایستگاه‌های بهینه آن، متناسب با جمعیت منطقه، اختصاصات بهتری دارند. در این خصوص، نمودار برازش صحت عملکرد مدل را نشان داد.

در مرحله دوم خروجی مدل با یک بردار وزن ثابت، ارزیابی شد و نتیجه نشان داد که مدل می‌تواند به طور مؤثری موقعیت‌های بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی را با شرط ظرفیت فراهم کند. در این حالت نیز نمودار برازش، صحت عملکرد مدل را نشان داد. در نهایت، برای ارزیابی مناسب بودن مدل از یک برنامه وزن دهی اتوماتیک استفاده شد. نتیجه نشان داد که مدل می‌تواند مجموعه‌ای از جواب‌های غیر مسلط پیشنهادی را که پرتو فرونت را برای این مسئله تضمین می‌کند، جمع-آوری کند (شکل ۱۰).

هیچ یک از این جواب‌ها نمی‌توانند بهتر از دیگری باشند. در واقع این مجموعه جواب‌ها به تصمیم‌گیرندگان فرصت می‌دهد تا جواب‌های مناسب را با توجه به شروط مشخص و یا اولویتشان به یک هدف، انتخاب کنند. 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 چندهدفه‌ای را پیشنهاد داد که بر روی داده‌های رستری اجرا شود و ناحیه‌ای را به عنوان جواب معرفی کند.

منابع و مآخذ

پوراحمد، ا. رنجبر، م. رجایی، ع. و همتی زاده، م.، پاییز ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت دفن و راهبردهای مدیریت پسماندهای جامد در شهر شوشتر با استفاده از GIS. فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، سال دوم، شماره سوم، صفحه ۳.

تقوی‌فرد، م. و شهسواری، آ.، زمستان ۱۳۸۷. ارائه یک مدل ریاضی جهت حل مسئله مکان‌یابی –تخصیص چندهدفه با استفاده از روش فوق ابتکاری شبیه‌سازی تبرید. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران، جلد ۱۹، شماره ۵، صفحات ۹۷-۹۸.

کاوسی، ا. وظیفه‌دوست، ح. و قادری، ع.، زمستان ۱۳۸۸. شناسایی موانع توسعه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوزه خدمات شهری و ارائه راهکارهای اجرایی (مورد مطالعه – شهرداری شیراز). فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، سال اول، پیش شماره سوم، صفحه ۸۳.

نظریان، ا. و کریمی، ب.، زمستان ۱۳۸۸. ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز با استفاده ازGIS. فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، سال اول، شماره ۲ ، صفحه ۱۱.

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

Dong, J., 2008. GIS and Location Theory Based Bioenergy Systems Planning. For the Degree of Master of Applied Science in System Design Engineering. University of Waterloo, Ontario, Canada.

Erkut, E. Karagiannidis, A. Perkoulidis, G. and Tjandra, S.A., 2008. A Multicriteria Facility Location Model for Municipal Solid Waste Management in North Greece. European Journal of Operational Research, 182, pp. 1408-11.

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

http://www.mantagheh.tehran.ir/default.aspx?tabid=333&Articled=922, 1391.

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

Liao, S.H. Hsieh, C.L. and Lai, P.J., 2011. An Evolutionary Approach for Multi-Objective Optimization of the Integrated Location-Inventory Distribiution Network Problem in

Archive of SID
www.SID.ir

Vendor-Managed Inventory. Expert Systems with Applications, 38, p. 6771.
Neema, M.N. and Ohgai, A., 2010. Multi-Objective Location Modeling of Urban Parks and Open Spaces: Continuous Optimization. Computers, Environment and Urban Systems, 34, pp. 361-8.
Prakash, A. and Deshmukh, S.G., 2011. A Multi-Criteria Customer Allocation Problem in Supply Chain Environment:An Artifical Immune System with Fuzzy Logic Controller Based Approach. Expert Systems with Applications, 38, p. 3201.
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.
Talbi, E.G., 2002.A Taxonomy of Hybrid Metaheuristics. Journal of Heuristics, 8, p. 541.
Zanjirani Farahani, R. Steadieseifi, M. and Asgari, N., 2010. Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey. Applied Mathematical Modelling, 34, p. 1691.
Zhou, G. Min, H. and Gen, M., 2003. A Genetic Algorithm Approach to the Bi-Criteria Allocation of Customers to Warehouses. International Journal of Production Economics, 86, pp. 37-9.

یادداشت‌ها

[1] Simulated Annealing
[2] GIS (Geospatial Information System)
[3] Nondeterministic Polynomial- Hard (NP-Hard)
[4] Weber
[5] Church
[6] Murray and Church
[7] Asulan and Selim
[8] Pareto Optimal
[9] MOGA (Muiti Objective Genetic Algorithm)
[10] NSGA (Nondominated Sorting Genetic Algorithm)
[11] Algharib
[12] ArcGIS 10
[13] Shapefile
[14] Pareto Frontier
[15] Pareto Front
[16] Fitness
[17] Scatter

Archive of SID

www.SID.ir