بهینه‌سازی مکان استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان با استفاده از روش طبقه‌بندی و الگوریتم رقابت استعماری با رویکرد مدیریت بحران زلزله

کرامت‌الله زیاری[1]*، سعید گیوه‌چی [2]، محسن عادلی [3]

۱. استاد تمام گروه جغرافیای انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار دانشکده برنامه‌ریزی مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری روزانه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۹۶/۰۳/۰۱ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

چکیده

بهینه‌سازی مکان استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی یکی از فرایندهایی است که انجام آن می‌تواند نقش بسیار مؤثری در کیفیت خدمات‌رسانی به شهروندان داشته باشد. صیانت از کیفیت خدمات‌رسانی، بخصوص در مقطع زمانی بعد از وقوع زلزله که عملاً ساختار شهر نیز دستخوش تغییرات زیادی شده است، بسیار مهم می‌باشد. در حال حاضر تعداد ۵ ایستگاه، خدمات مرتبط با آتش‌نشانی را برای جمعیتی معادل نفر ۳۶۵۶۸۲ در شهر گرگان به انجام می‌رسانند. تحقیق حاضر در چهار بخش انجام پذیرفته است. در گام اول ضمن بررسی ساختمان‌های موجود در شهر، رفتار آن‌ها در خصوص زلزله و انسداد راه و نهایتاً تأخیر زمانی احتمالی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از GIS و انجام تحلیل شبکه و رعایت ملزومات آن به تهیه رستری از پتانسیل خطرپذیری شهروندان در بلوک‌های مختلف جمعیتی اقدام شده است. در گام بعد با استفاده از حل مسئله تخصیص HUB و الگوریتم ژنتیک و تخصیص اعداد خروجی مرحله قبل، به مدل‌سازی نحوه خدمات‌رسانی ایستگاه‌ها اقدام شده است. در پایان نیز بهینه‌سازی مکان استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رعایت شرط عدم اضافه کردن ایستگاه جدید، با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری صورت گرفته است.

واژگان کلیدی: ایستگاه آتش‌نشانی، حل مسئله تخصیص، الگوریتم رقابت استعماری، بهینه‌سازی، GIS.

* نویسنده مسئول: Zayyari@ut.ac.ir

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

۱- مقدمه

ایستگاه‌های آتش‌نشانی یکی از مراکز مهم خدمات‌رسانی در بستر مکانی شهر هستند که نقش تعیین‌کننده در حفاظت از جان و مال مردم بخصوص در زمان وقوع بحران ایفا می‌نمایند (تشکر، ۱۳۷۷: ۷). عملکرد این مؤلفه ساختاری شهر تا حد زیادی در ارتباط با شبکه راه‌های شهری و همچنین موقعیت قرارگیری آن‌ها بوده و این مهم از طریق تحلیل شبکه انجام می پذیرد (Derekenaris et all, 2001: 270). تحلیل شبکه برای جواب دادن به ۴ سؤال مهم به کار می‌روند که عبارت‌اند از: کد دهی به نشانی‌ها، یافتن مسیر بهینه، یافتن نزدیک‌ترین تجهیزات و تخصیص امکانات (ESRI, 2013).

عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی علاوه‌بر پیش‌فاکتور رعایت ضوابط و استانداردهای مورد نیاز، به علت ماهیت سیستماتیک آن، تحت تأثیر و کنترل ساختار شهرها از نظر وجود موانع و محدودیت‌های شهری و نیروهای ایجادکننده تأخیرات زمانی قرار دارد (آقا بابایی، ۱۳۸۸: ۳۸). محدوده خدماتی و فرایند بهینه‌سازی آن تعیین‌کننده منطقه تحت پوشش و خدمات هر ایستگاه بوده (Kevin, 2007: 108) و ارتباط مستقیمی با چگونگی توزیع فضایی آن ایستگاه‌ها دارد (Yassine and Adel, 2011: 2526و رکن‌الدین افتخاری، ۱۳۹۰: ۹۱). تعیین این محدوده در ارتباط مستقیم با مؤلفه‌ها و روش‌های مسیریابی و شبکه بستر شهر می‌باشد (Derekenaris et all, 2001: 270). بهینه‌سازی مکان ایستگاه‌ها و چگونگی توزیع فضای آن، نقش تعیین‌کننده در کاهش هزینه‌های زمانی و مکانی امدادرسانی بخصوص در شرایط وقوع بحران‌های طبیعی همچون زلزله خواهد داشت. درواقع، مفهوم توزیع فضایی، چگونگی پراکنش پدیده‌های فضایی را در فضای جغرافیایی نشان داده و ازجمله مفاهیمی است که چگونگی آن می‌تواند بر کیفیت زندگی مردم تأثیرگذار باشد (رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۱). در فرایند مدیریت بحران زلزله، درجه و میزان آسیب‌پذیری عرصه‌های مختلف فضایی موجود در شهر بسیار مهم می‌باشد (پریشان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵). کمی نمودن میزان آسیب‌پذیری به علت مفهوم انتزاعی و ماهیت غیرقطعی آن بسیار مشکل است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۰۶).

شهر گرگان علی‌رغم برخورداری از ۵ ایستگاه آتش‌نشانی، به علت عواملی همچون وجود گستره قابل‌توجهی از بافت‌های قدیم و فرسوده، کنتراست بالای ارتفاعی، تنوع فرهنگی (به مفهوم عام)، قدمت بالای مراکز امدادی، در زمینه ارائه خدمات مربوط به ایستگاه‌های آتش‌نشانی در برخی از مناطق شهر دچار نارسایی‌هایی بوده و این پژوهش در پی شناسایی مناطق دارای چالش و همچنین تدوین سناریوی بهینه‌سازی مکانی آن‌ها می‌باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

در تحقیق حاضر در ابتدا با استفاده از GIS و انجام تحلیل شبکه به تهیه رستر پتانسیل خطرپذیری شهروندان در برابر حوادث مرتبط با آتش‌نشانی اقدام گردیده و در گام بعد با استفاده از مسئله تخصیص HUB، به مدل‌سازی فرایند خدمات‌رسانی ایستگاه‌ها در شرایط پس از وقوع زلزله پرداخته شده است. اطلاعات ناشی از خروجی رستر خطرپذیری، به مراکز بلوک‌های جمعیتی تخصیص داده شده است. در این راستا و جهت حل مسئله تخصیص HUB به جهت ماهیت آن از الگوریتم ژنتیک به‌عنوان یکی از بهترین الگوریتم متاهیورستیک استفاده شده است. این الگوریتم در حل مسائلی که نیاز به زمان محاسباتی و پردازشی بالایی دارند و جزء مسائل NP-Hard هستند توانایی زیادی را جهت حصول به نتیجه دارد (Contreas et all, 2009: 3118). درنهایت نیز بهینه‌سازی استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رعایت شرط عدم اضافه کردن ایستگاه جدید، توسط الگوریتم رقابت استعماری صورت پذیرفته است.

نکته‌ای که در مورد نوآوری و خلاقیت پژوهش حاضر می‌توان به آن اشاره داشت، این است که مجموعه‌ای از مدل‌ها و الگوریتم‌های جدید ازجمله مدل‌های مکان محور (در قالب GIS) و الگوریتم‌های تکاملی و متاهیورستیک ازجمله ژنتیک و رقابت استعماری به‌صورت یکپارچه مورد استفاده قرار گرفتند. درواقع تلفیق قابلیت‌های مکانی و روش‌های هوشمند، بستری را جهت اجرای منطقی‌تر فرایند بهینه‌سازی مکان ایجاد کرده‌اند. بستری که در آن تعامل مکان و فرایندهای فضایی با اعمال یکسری از قواعد احتمالی، بهینه‌سازی عملکرد فضای جغرافیایی را شکل می‌بخشند.

نکته‌ای که در مورد نوآوری و خلاقیت پژوهش حاضر می‌توان اشاره داشت، آن است که در این پژوهش مجموعه ای از مدل ها و الگوریتم های جدید از جمله مدل های مکان محور (در قالب GIS) و الگوریتم‌های تکاملی و متاهیورستیک از جمله ژنتیک و رقابت استعماری به صورت یکپارچه مورد استفاده قرار گرفتند. در واقع تلفیق قابلیت‌های مکانی و روش‌های هوشمند، بستری را جهت اجرای منطقی تر فرایند بهینه‌سازی مکان ایجاد کرده‌اند. بستری که در آن تعامل مکان و فرایندهای فضایی با اعمال یکسری از قواعد احتمالی، بهینه‌سازی عملکرد فضای جغرافیایی را شکل می‌بخشند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

۲- پیشینه تحقیق

لیو[۱] و همکاران در سال ۲۰۰۶، در مقاله‌ای تحت عنوان «مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از الگوریتم مورچگان و سیستم اطلاعات مکانی» به تخصیص ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به ایستگاه‌های موجود و مکان‌های مناسب برای ایجاد ایستگاه‌های جدید پرداختند. ایشان در پایان ضمن انجام مکان‌یابی به این نتیجه رسیدند که الگوریتم مورچگان نسبت به الگوریتم ژنتیک در حل مسئله مکان‌یابی مناسب‌تر است.

ایروانشی و هارتتی[۲] در سال ۲۰۱۴، در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری ایجادشده توسط زلزله با تلفیق FNN و GIS» به انجام این مهم در کشور اندونزی پرداختند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ۹۷ درصد از ساختمان‌های مسکونی محدوده موردمطالعه از ریسک پایینی در برابر زلزله برخوردارند.

غفاری نسب و همکاران در سال ۱۳۹۲ در مقاله‌ای با عنوان «طراحی شبکه لجستیک هاب استوار با درنظرگرفتن تقاضای تصادفی برای شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات لجستیکی» به انجام این موضوع برای یک شرکت ارائه‌دهنده خدمات لجستیک پرداختند که وظیفه توزیع کالا از چند مبدأ به چند مقصد را به نیابت از مشتریان خود به عهده دارد. هدف از انجام این تحقیق طراحی یک شبکه لجستیک هاب مشتمل بر تعیین تعداد، مکان و ظرفیت هاب و تخصیص گره‌های شبکه به هاب بوده است که علاوه‌بر تحویل کالا از مبادی به مقاصد بدون تخطی از ظرفیت‌های تعیین‌شده، به‌گونه‌ای عمل نماید که مجموع هزینه‌های لجستیک نیز کمینه گردد. نتایج به‌دست‌آمده تا حد زیادی قابلیت مدل در انجام این فرایند یعنی عدم‌تخطی از شرایط تعیین‌شده و همچنین کمینه کردن هزینه توزیع را نشان می‌دهد.

عرب امیری و همکاران در سال ۱۳۹۲ در پژوهشی با عنوان «مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها و GIS مطالعه موردی شهر تهران»، به مسئله مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در پنج منطقه شهر تهران با استفاده از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچه‌ها پرداختند. در این تحقیق در ابتدا با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تصمیم‌گیری چندمعیاره، مناطق مناسب مشخص‌شده و در ادامه با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، ایستگاه‌های مناسب از میان گزینه‌های مستعد ضمن در نظر داشتن پوشش حداکثری جمعیت انتخاب

---

۱. Liu

۲. Irwansya & Hartati

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

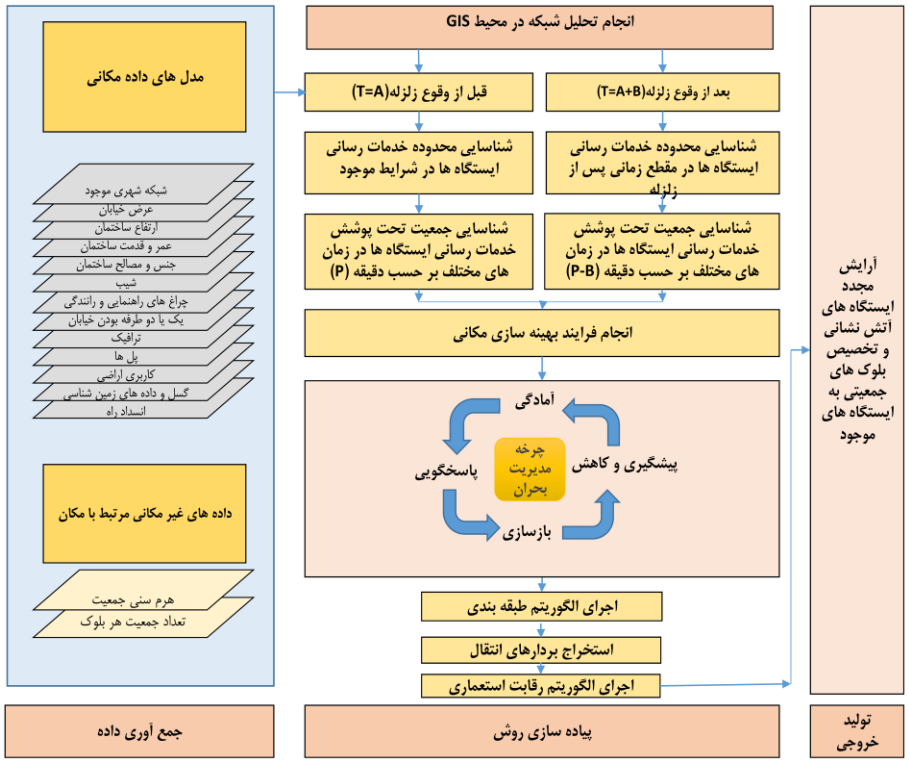
شدند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم فراابتکاری ارائه‌شده می‌تواند جواب‌های باکیفیتی را برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی فراهم نماید.

صابری فر و مزرعه در سال ۱۳۹۳ و در تحقیقی با عنوان «تحلیل تناسب توزیع فضایی و مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با استفاده از تلفیق مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)»، به انجام موضوع مطالعه در شهر اهواز پرداختند. ایشان از GIS و AHP برای انجام این فرایند استفاده کردند. نتایج حاصل از تلفیق لایه‌ها، گزینه‌های موردنظر را در پنج دامنه بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی نامناسب قرار داده است.

۳- مبانی تئوری تحقیق

در حال حاضر بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها سکونت دارند. تجمع جمعیت در یک مکان خاص، از یک منظر باعث ایجاد هم‌افزایی جنبه‌های فرهنگی (به مفهوم عام) می‌گردد و از منظری دیگر پتانسیل آسیب‌پذیری در برابر حوادث را نشان می‌دهد. یکی از خدماتی که می‌بایست به موازات رشد شهرها، گسترش یابد خدمات مرتبط با ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشد. علاوه بر بعد ساختاری مکان استقرار ایستگاه‌ها، باید به بعد عملکردی آن مکان نیز توجه داشت. اهمیت این موضوع، بخصوص در زمان بروز بحران‌های طبیعی همچون زلزله دوچندان می‌شود. در شکل(۱)، مدل مفهومی فرایند بهینه‌سازی مکانی ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد، مجموعه‌ای از ضوابط مکانی و زمانی به عنوان نیروهای ساختاری، عملکرد خدمات‌رسانی را با رویکرد مدیریت بحران در زمان قبل و بعد از زلزله شکل می‌بخشند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]



شکل ۱ فرایند بهینه سازی مکان استقرار ایستگاه های آتش نشانی. منبع: نگارندگان

۳-۱- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی هستند (Cooray and Thashika, 2017: 4). از اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی تلاش‌هایی در زمینه شبیه‌سازی فرایندهای تکاملی بر روی کامپیوتر صورت گرفته است. ایده اولیه این الگوریتم به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های تکاملی[1] در دهه ۱۹۶۰ و توسط ریچنبرگ[2] ارائه گردید. در ادامه در اواسط دهه ۱۹۷۰ پروفسور جان هالند[3] از اساتید دانشگاه میشیگان در کتابی، الگوریتم ژنتیک را به‌عنوان یکی از ابزارهای عمومی قدرتمند در زمینه حل مسائل بهینه‌سازی مطرح نمود (Tzung-Pei Hong et all, 2017: 67). این الگوریتم از نظر انجام محاسبات نسبت به سایر الگوریتم‌ها پیچیده‌تر و درعین‌حال انعطاف‌پذیرتر بوده (Kumar et all, 2009: 465) و یک تغییر کوچک در مسیر

1. Evolutionary Algorithm
2. Rechenberg
3. John Holland

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

شبکه می‌تواند کل شبکه را تحت تأثیر قرار دهد (Raichaudhuri and Jain, 2010: 206). این الگوریتم از قواعد انتقال احتمالی به‌جای قواعد انتقال قطعی استفاده کرده و می‌تواند برای حل مسائل چندهدفه و محیط‌های نویزی مورد استفاده قرار گیرد.

ایده اصلی این الگوریتم که مبتنی بر هوش مصنوعی می‌باشد از طبیعت برداشت شده است (Kumar et all, 2009: 465 and Behzadi and Alesheikh, 2008: 28) و سعی دارد تا یک مجموعه از اعداد تصادفی مربوط به جواب‌های اولیه را در حین رسیدن به تکامل بهینه‌سازی نماید. (Bin Jubeir et all, 2017: 72).

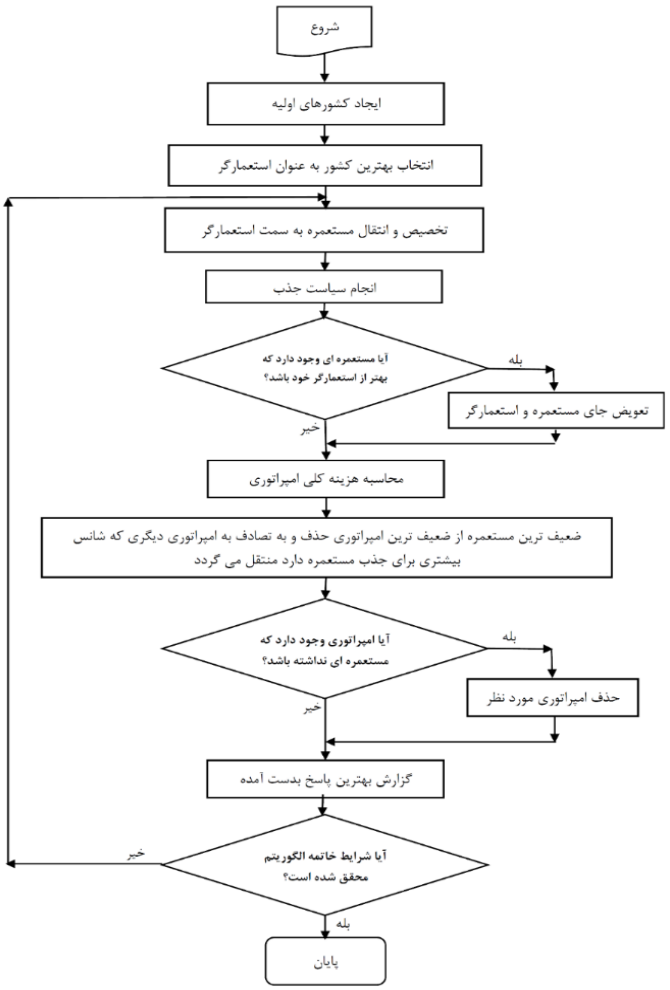
مفاهیم بهینه‌سازی در الگوریتم ژنتیک دو قالب عمده خواهند داشت. در برخی از مسائل هدف بیشترسازی[1] است که در این حالت، تابع برازش[2] یا تابع سود[3]، مدنظر قرار می‌گیرد. مسئله موردنظر این تحقیق، از نوع کمینه‌سازی[4] و بالتبع تابع آن نیز تابع هزینه[5] خواهد بود و الگوریتم سعی در کمینه‌سازی آن را خواهد داشت.

1. Maximization
2. Fitness Function
3. Profit Function
4. Minimization
5. Cost Function

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

۳-۲- الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم رقابت استعماری[1] از فرایندهای اجتماعی، سیاسی و فرهنگی بشر الهام گرفته‌شده و ازنظر نسل در گروه الگوریتم‌های نسل دوم می‌باشد (Bahrami et al, 2012: 49). این الگوریتم ازنظر مفهومی مشابه با الگوریتم‌های تکاملی که از طبیعت الگو گرفته‌اند، می‌باشد. این الگوریتم درواقع به شبیه‌سازی فضای موجود سیاسی جامعه اقدام می‌کند. فرایند کلی جریان الگوریتم رقابت استعماری براساس شکل (۱)، می‌باشد.



شکل ۱ فرایند کلی جریان الگوریتم رقابت استعماری

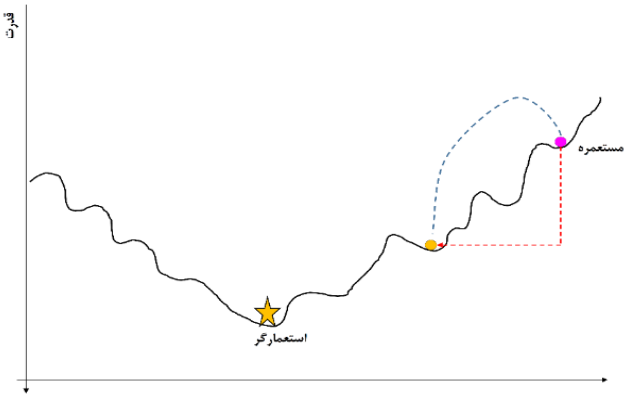
1. Imperialist Competitive Algorithm

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

الگوریتم حاضر با تعدادی جمعیت به‌عنوان جمعیت اولیه آغاز می‌شود (Mousavi Rad et all, 2012: 43). هر عنصر جمعیت در این الگوریتم، یک کشور نامیده می‌شود. کشورها نیز خود به دو دسته مستعمره و استعمارگر تقسیم‌شده و هر یک در فکر بهینه‌سازی خصوصیات خود می‌باشند (Bahrami et al, 2012: 51). در این الگوریتم هر استعمارگر با توجه به قدرت خود دارای تعدادی کشور به‌عنوان مستعمره است و هر چه این قدرت بیشتر باشد، تعداد مستعمرات نیز بیشتر می‌گردد (رضایی صدرآبادی و طالبی،۱۳۹۰: ۸۹). کشورهای برتر به دنبال جذب مستعمره هستند (Bagheri Tolabi et all, 2013: 959). در این الگوریتم نوعی همکاری داخلی بین کلونی‌ها وجود دارد تا بتوانند وضعیت کلی امپراتوری را بهینه‌سازی کنند. افراد گروه سعی می‌کنند تا حد امکان خود را به شرایط نفرات برتر و الگو برسانند (شکل ۲).

شکل ۲ رقابت کشورها جهت رسیدن به امپراتوری

از طرفی دیگر نوعی رقابت درون‌گروهی نیز بین کلونی‌ها وجود دارد اما به‌هرحال رقابت اصلی در بیرون از گروه‌ها اتفاق می‌افتد. حرکت به سمت کشور برتر فرایندی است که جزء فرایند بهینه‌سازی محسوب می‌شود (Duan et al, 2010: 1869)(شکل ۳).



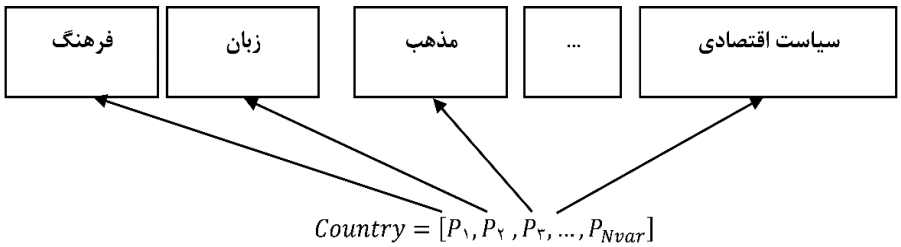
شکل ۳ اعمال سیاست جذب مستعمرات از سوی استعمارگران

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

در الگوریتم رقابت استعماری، استعمارگر سعی در توسعه قدرت و نفوذ مؤلفه‌های کشور خود در سایر کشور با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دارد. انحصار کالا و مواد خام، اشاعه فرهنگی کشور، غارت منابع زمینی، تحمیل اقتصاد و نفوذ سیاسی و نظامی ازجمله نمونه‌های این نفوذ می‌باشند.

این الگویتم فارغ از پوشش ظاهری مناسب و باطن نامناسب، به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، تعدادی از کشورها را از حوزه مینیمم و معمول خود خارج کرده و به یک حوزه مینیمم بهتر از موقعیت قبلی انتقال می‌دهد. این حرکت نوعی پیشرفت برای کشور مستعمره محسوب می‌گردد زیرا مؤلفه‌های ساختار فرهنگی (به مفهوم عام) در راستای مؤلفه‌های کشور امپریالیست که قوی‌تر هستند قرار می‌گیرد. هزینه انجام این انتقال، نزدیکی به کشور استعمارگر می‌باشد.

هر امپراتوری که نتواند در جذب مستعمره موفق عمل نماید به‌مرورزمان از صحنه رقابت استعماری حذف‌شده و جای خود را به سایر امپراتوری‌ها می‌دهد؛ بنابراین امپراتوری‌ها به ناگزیر سعی در افزایش قدرت و بالتبع آن جذب مستعمره و اعمال مؤلفه‌های اجتماعی خود خواهند داشت (شکل ۴).



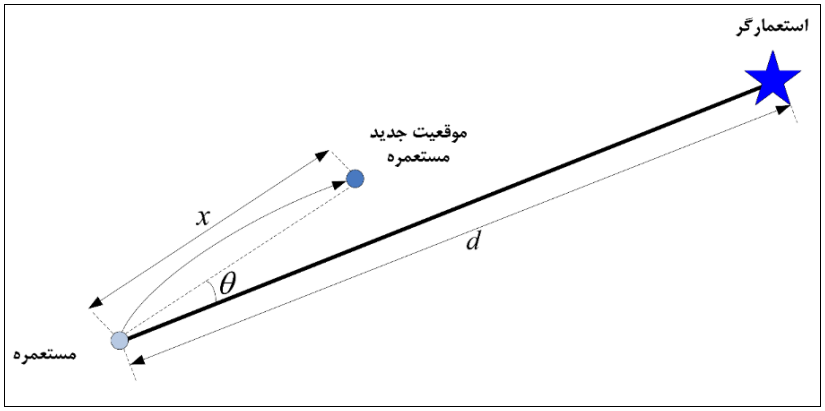
شکل ۴ تعدادی از مؤلفه‌های اجتماعی مورد استفاده در الگوریتم رقابت استعماری

درگذر زمان و در جریان رقابت بین امپراتوری‌ها، درنهایت یک نوع همگرایی در سطح کلی ایجاد شده و امپراتوری واحدی که دارای مستعمرات مناسب هستند شکل می‌گیرد (Saif, 2016: 24).

مطابق شکل (۵)، کشور مستعمره در راستای محورهای X و Y که ممکن است مربوط به یک بعد خاص (اجتماعی، اقتصادی، زبان، فرهنگ و ...) باشد، سعی دارد به کشور استعمارگر نزدیک شود (Bernal rt all, 2017: 3). در این شکل، فاصله بین مستعمره و استعمارگر با حرف d نشان داده شده است. جهت رسیدن مستعمره به استعمارگر ممکن است که کاملاً منطبق بر الگوی حرکت استعمارگر به سمت توسعه نباشد بلکه در همان مسیر اما با انحرافی به

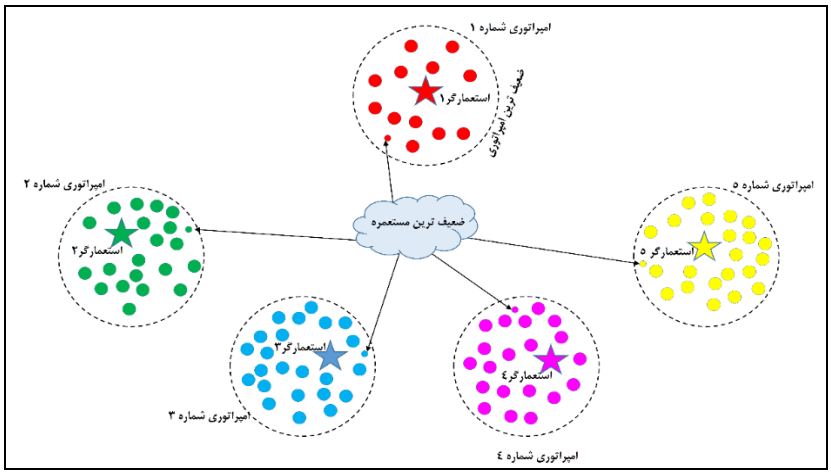
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

میزان θ صورت گیرد. θ درواقع میزان تابع بهره‌برداری و جستجو را تعیین می‌نماید. افزایش و یا کاهش این تابع می‌تواند سبب کاهش و یا افزایش فضای جستجو و تنوع گردد.



شکل ۵ حرکت مستعمره به‌سوی مؤلفه‌های استعمارگر (Gargari and Lucas, 2007)

این الگوریتم تا زمان رسیدن به یک همگرایی کلی ادامه پیدا می‌کند (شکل ۶) و درنهایت پس از تعداد تکرارهای لازم، همه امپراتوری‌ها سقوط کرده و به‌صورت تک‌قطبی یک امپراتوری واحد وجود خواهد داشت. در این محیط جدید، همه مستعمرات توسط یک امپراتوری واحد اداره می‌شوند و موقعیت و هزینه‌های مترتب بر مستعمرات برابر با موقعیت و هزینه کلی امپریالیست می‌شود. در این هنگام و در صورت تحقق شروط خاتمه، الگوریتم رقابت استعماری به پایان می‌رسد.



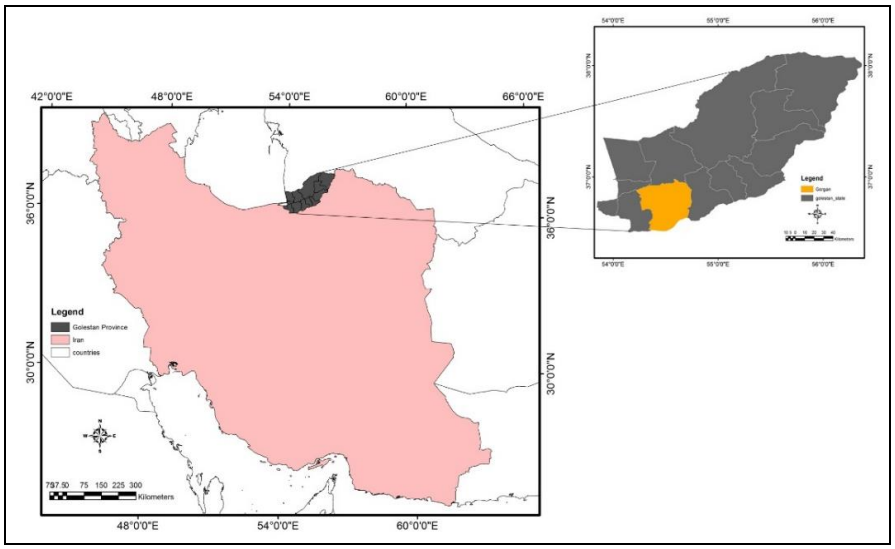
شکل ۶ رقابت امپراتوری‌ها به‌صورت داخلی و خارجی جهت رسیدن به یک همگرایی واحد (Safari Mamaghani and Meybodi, 2011: 563)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

۴- مواد و روش‌ها

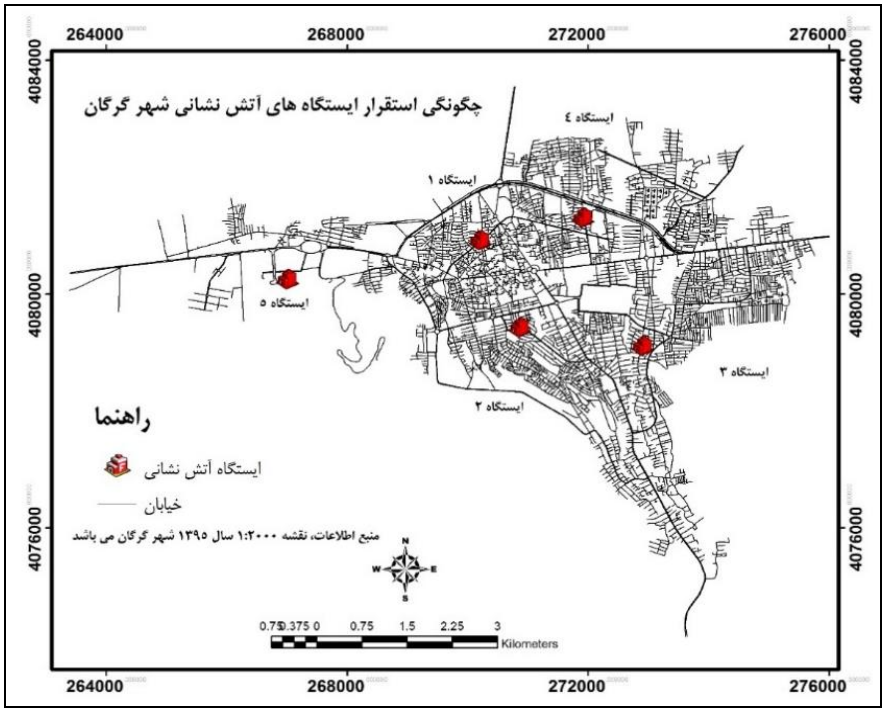
۴-۱- محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه این تحقیق، شهر گرگان می‌باشد. این شهر پس از تأسیس استان گلستان در دی‌ماه سال ۱۳۷۶ به‌عنوان مرکز استان گلستان تعیین گردیده است. گستره جغرافیایی این شهر براساس محدوده خدماتی بین طول "۱۲ '۲۲ ˚۵۴ تا "۴۷ '۲۹ ˚۵۴ طول شرقی و عرض "۵۹ '۴۵ ˚۳۶ تا "۵۷ '۵۱ ˚۳۶ عرض شمالی واقع شده است. از نگاهی دیگر، شهر گرگان، در قسمت جنوبی و مرکزی مخروط افکنه زیارت قرار دارد. این شهر از شمال به شهرستان آق‌قلا، از سمت شمال‌غرب با شهرستان بندر ترکمن، از سمت غرب با شهرستان کردکوی، از سمت شرق با شهرستان علی‌آباد و از سمت جنوب نیز با استان سمنان در ارتباط می‌باشد (شکل ۷). شهر گرگان دارای ۵ ایستگاه آتش‌نشانی می‌باشد که چگونگی پراکنش آن‌ها در شکل (۸) ارائه شده است. جمعیت شهر براساس آمارهای موجود در سال ۱۳۹۵ برابر با ۳۶۵۶۸۲ نفر عنوان گردیده است (استانداری استان گلستان، ۱۳۹۶: ۱۴).



شکل ۷ محدوده موردمطالعه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

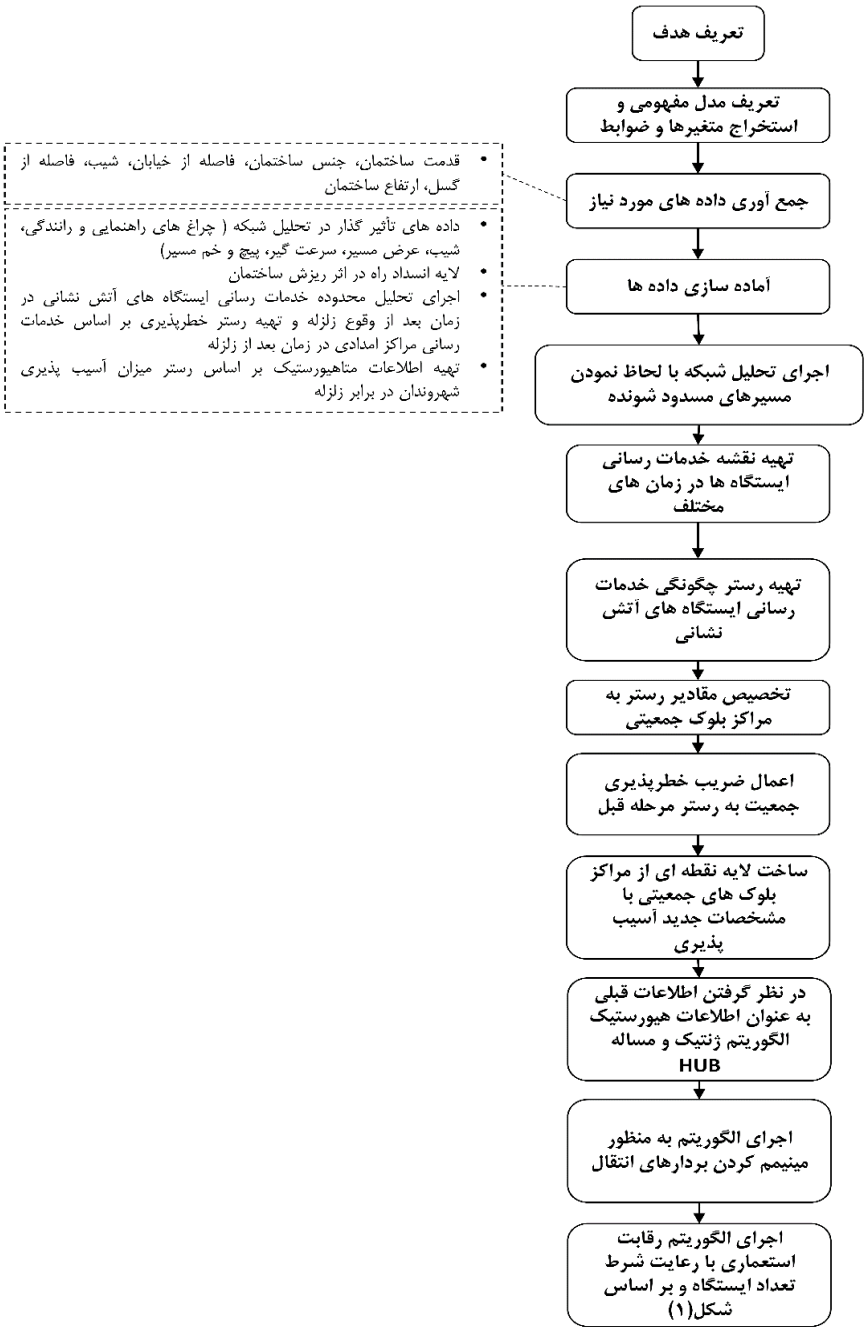


شکل ۸ چگونگی استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان

۴-۲- الگوریتم تحقیق

همان‌گونه که در شکل (۹)، مشاهده می‌گردد، تحقیق حاضر در چهار گام انجام شده است. در ابتدا رفتار ساختمان‌های موجود شهر در برابر زلزله و تأثیراتی که می‌توانستند در زمینه انسداد راه ایجاد نمایند موردبررسی قرار گرفت. در گام دوم پس از تعیین مسیرهایی که احتمالاً در مقطع زمانی بعد از زلزله دچار انسداد می‌شوند، تحلیل شبکه و همچنین تعیین محدوده خدماتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شرایط مکانی فعلی به انجام رسید. خروجی این مرحله به رستر تبدیل‌شده و داده‌های رستر تولیدشده به نقاط مراکز بلوک با اعمال شرایط سنی و احتمال آسیب‌پذیری تخصیص پیدا نمود. داده‌های نقطه‌ای حاصل از این مرحله به‌عنوان اطلاعات هیورستیک به الگوریتم ژنتیک و مسئله هاب در محیط نرم‌افزار MATLAB فراخوانی شدند. پس از اجرای این الگوریتم و مینیمم سازی بردار انتقال خدمات‌رسانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به مراکز بلوک‌های جمعیتی و بررسی آن، درنهایت با پیش‌فرض حفظ تعداد ایستگاه‌های موجود، با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری به بهینه‌سازی مکان ایستگاه‌های آتش‌نشانی اقدام شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

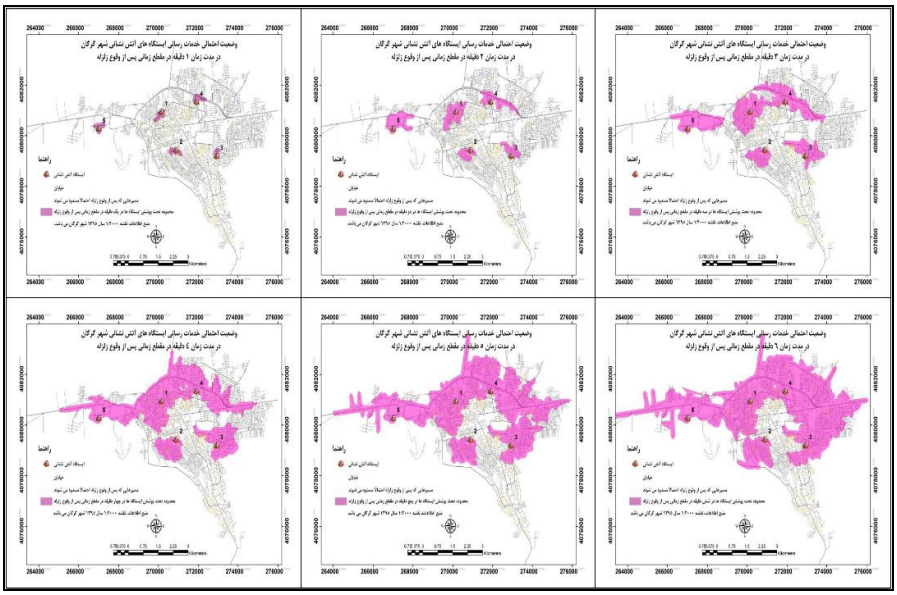


شکل ۹ الگوریتم اجرای تحقیق

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

۵- بحث و یافته‌ها

محدوده احتمالی پوشش خدمات ایستگاه‌های آتش‌نشانی در مقطع زمانی پس از زلزله در مدت‌زمان یک تا ۶ دقیقه در شکل (۱۰) ارائه شده است. البته ذکر این مطلب لازم است که با توجه به شرایط خاص ساختار شهر در زمان پس از وقوع زلزله و ازدحام قابل‌توجه ماشین‌آلات و نیروی انسانی، عملاً تخمین دقیقی از شرایط خدمات‌رسانی لحظه‌ای نمی‌توان انجام داد ولی به‌هرحال مدل‌سازی فرایند و پیش‌بینی آن می‌تواند تا حدودی شرایط بهتری را برای دستگاه‌های امدادرسان ایجاد نماید. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، با توجه به آرایش کنونی ایستگاه‌ها و همچنین وضعیت شبکه ارتباطی، نیمه شمالی شهر گرگان در زمینه دسترسی به خدمات آتش‌نشانی نسبت به نیمه جنوبی از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بوده و بیش از ۸۰ درصد ساکنین این بخش شهر در مدت‌زمان کمتر از ۶ دقیقه تحت پوشش حداقل یک ایستگاه قرار خواهند گرفت. ولی متأسفانه مناطق مرکزی (به علت قدیمی بودن بافت و همچنین نارسایی شبکه حمل‌ونقل) و مناطق جنوبی (انسداد راه درنتیجه ریزش آوار ساختمان‌ها) احتمالاً با مشکلاتی روبرو خواهند شد. جدول (۱)، جمعیت احتمالی تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان در مدت‌زمان یک تا پنج دقیقه در مقطع زمانی پس از وقوع زلزله و همچنین جدول (۲)، جمعیت تحت پوشش مشترک ایستگاه‌های آتش‌نشانی را به‌صورت دودویی ارائه کرده‌اند.



شکل ۱۰ محدوده خدماتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان در مقطع زمانی پس از وقوع زلزله

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

جدول ۱ جمعیت احتمالی تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان در مدت‌زمان یک تا پنج دقیقه در مقطع زمانی پس از وقوع زلزله

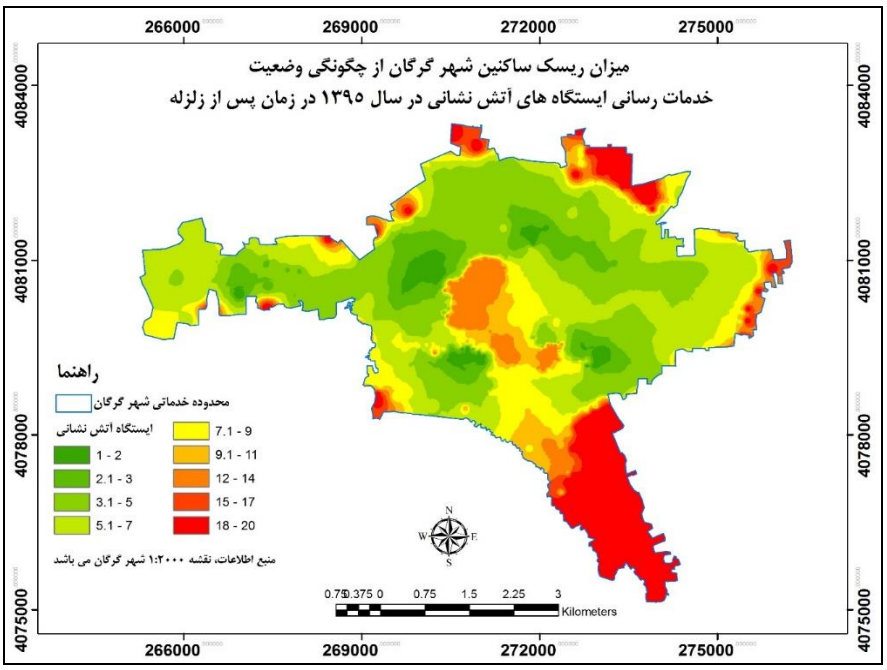
	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	پوشش کل
جمعیت تحت پوشش در ۱ دقیقه	۳۰۵	۸۸۳	۹۳۷	۵۲۶	۰	۲۶۴۸
جمعیت تحت پوشش در ۲ دقیقه	۴۹۶۰	۳۱۸۳	۳۱۴۶	۲۳۲۳	۱۶۱	۱۳۷۷۳
جمعیت تحت پوشش در ۳ دقیقه	۱۴۳۶۲	۷۶۷۶	۸۴۸۳	۱۱۲۱۱	۱۰۳۵	۴۲۷۶۷
جمعیت تحت پوشش در ۴ دقیقه	۲۲۱۰۳	۹۹۲۲	۱۸۸۹۷	۲۳۹۷۰	۳۵۸۰	۷۸۴۷۲
جمعیت تحت پوشش در ۵ دقیقه	۲۴۳۸۸	۱۱۱۶۴	۳۲۰۲۹	۴۳۵۸۰	۱۱۹۵۴	۱۲۳۱۱۵

جدول ۲ جمعیت تحت پوشش مشترک ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌صورت دودویی

	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
ایستگاه ۱		۰	۰	۴۱۸۱	۵۳۲۳
ایستگاه ۲			۰	۰	۰
ایستگاه ۳				۱۶۲	۰
ایستگاه ۴					۱۶
ایستگاه ۵					

همان‌گونه که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود، با آرایش موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مناطق جنوبی و همچنین نوارهای حاشیه‌ای شمالی و شرقی شهر گرگان در دریافت خدمات آتش‌نشانی دارای محدودیت می‌باشند. پس از مناطق مذکور، ساکنین مستقر در مناطق مرکزی شهر و علی‌الخصوص بافت‌های قدیمی و تاریخی شهر از این تنگنا رنج می‌برند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

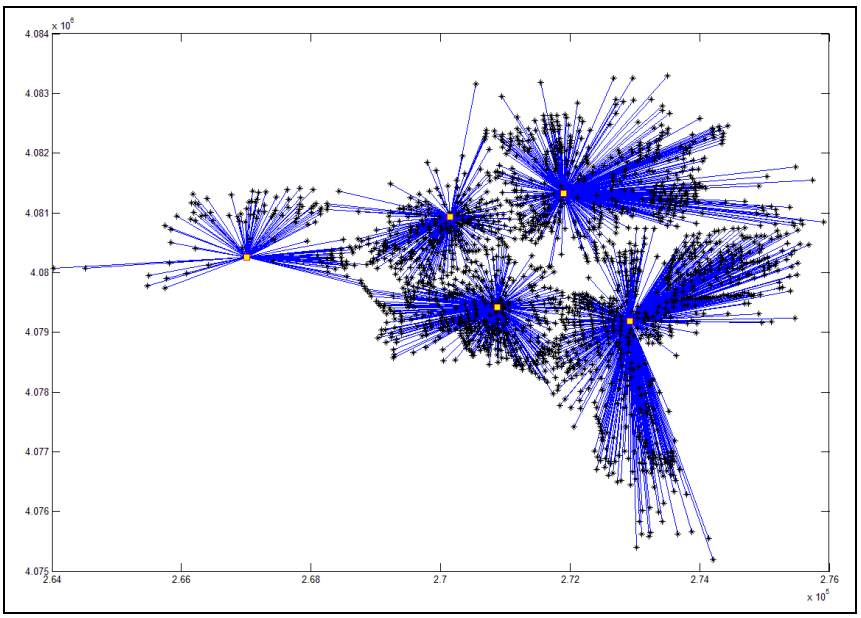


شکل ۱۱ میزان ریسک ساکنین شهر گرگان از وضعیت خدمات‌رسانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در مقطع زمانی پس از وقوع زلزله

۵-۱- اجرای الگوریتم HUB

الگوریتم HUB نوعی خوشه‌بندی از موقعیت قرارگیری گره‌ها ایجاد می‌نماید (Gavuoti et all, 2014: 14). هدف عمده این الگوریتم کمینه‌سازی هزینه‌ای انتقال بین مبدأ و مقصد بوده به‌طوری‌که شرط پوشش همه مشتریان نیز تأمین گردد. در تحقیق حاضر و برای انجام مسئله هاب، مراکز بلوک شهر به‌عنوان نقاط مشتری انتخاب شده و اطلاعات هیورستیک مورد نیاز برای حل مسئله از رستر خروجی میزان آسیب‌پذیری ناشی از خدمات آتش‌نشانی استخراج گردیده است. علاوه‌بر انجام فرایند فوق، مقادیر خروجی رستر مذکور در ضریبی خاص ضرب شده (میزان جمعیت موجود در رده سنی ۱۵ تا ۵۵ سال × ۳۵ درصد + میزان جمعیت موجود در رده سنی ۱ تا ۱۵ و ۵۵ به بالا × ۶۵ درصد) و بدین ترتیب مقادیر هیورستیک نهایی جهت اجرای قسمت مربوط به مشتریان نهایی گردید. همچنین میزان تجهیزات و تعداد پرسنل ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیز به‌عنوان ظرفیت مراکز سرور در نظر گفته شد. الگوریتم مورداستفاده سعی در کمینه‌سازی هزینه انتقال خدمت از ایستگاه‌های موجود به مشتریان با پیش‌فرض پوشش تمام مشتریان را دارد (شکل ۱۲).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]



شکل ۱۲ حل مسئله تخصیص بلوک‌های جمعیتی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی با حداقل‌سازی مسیر انتقال

۵-۲- اجرای الگوریتم رقابت استعماری

فرض اولیه در اجرای الگوریتم رقابت استعماری و فرایند تخصیص مشتریان (مراکز بلوک‌های جمعیتی) به سرورهای خدماتی (ایستگاه‌های آتش‌نشانی) این موضوع بوده است که فقط تعداد مراکز خدماتی و همچنین چگونگی پراکنش مشتریان که مراکز بلوک‌های جمعیتی هستند برای الگوریتم معلوم می‌باشد. هر چه فاصله مراکز آتش‌نشانی موجود با مراکز پیشنهادی الگوریتم کمتر باشد، بدین معنی است که پراکنش ایستگاه‌های موجود بهینه بوده است و هر چه این فواصل و درنهایت هزینه دسترسی بیشتر باشد، بدین مفهوم است که پراکنش ایستگاه‌ها به‌صورت بهینه انجام نگرفته است. در جدول (۳) پارامترهای مورد استفاده الگوریتم در قالب چهار سناریوی مختلف ارائه گردیده است. کمترین میزان هزینه، مؤید تنظیم بهینه پارامترهای مؤثر در فرایند اجرای الگوریتم رقابت استعماری می‌باشد. شکل (۱۳) نیز منحنی جواب‌های بهینه را در تعداد تکرارهای مختلف ارائه کرده است. خروجی الگوریتم نیز در شکل (۱۴) مشاهده می‌گردد. بر این اساس تعداد ایستگاه‌های خدمات رسان با تعداد ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی برابر است ولی چگونگی پراکنش آن‌ها نسبت به شرایط موجود (شکل ۸) متفاوت است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

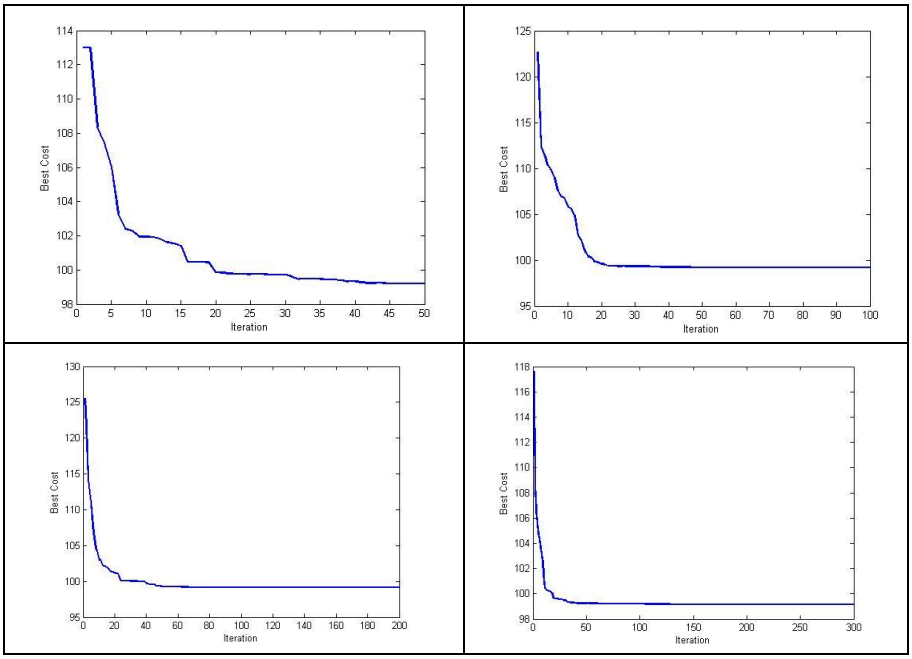
نکته‌ای که در مورد پراکنش کنونی ایستگاه‌ها قابل‌ذکر است، این می‌باشد که موقعیت قرارگیری مکانی موجود ایستگاه‌ها با توجه به قدمت بنای هر یک از آن‌ها و شرایط تکنیکی و فنی زمان ساخت، نسبتاً منطقی به نظر می‌رسد ولی مسئله مهم این است که نگرش بلندمدت به شرایط توسعه آتی شهر و همچنین نوع ساختار شهر که توسعه افقی آن را در برخی از محورها عملاً غیرممکن می‌ساخته است، اعمال نشده است. به بیانی دیگر دیدگاه آمایشی و سیستماتیک به ماهیت مکان اعمال نشده و در نحوه استقرار کنونی ایستگاه‌ها، نیروهای پیشران و پسران طبیعی و فرهنگی (به مفهوم عام) مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند.

با آرایش موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی و با شرط عدم تخریب فیزیکی ساختمان آن‌ها، ایستگاه‌ها قادر خواهند بود به جمعیتی معادل ۱۱۷۰۰۰ نفر در مقطع زمانی پس از وقوع زلزله و در زمان کمتر از ۵ دقیقه امدادرسانی نمایند ولی با آرایش پیشنهادی و بهینه‌شده، مقدار پوشش خدماتی احتمالی ایستگاه‌ها، به جمعیتی معادل ۲۴۵۰۰۰ نفر قابل بسط خواهد بود.

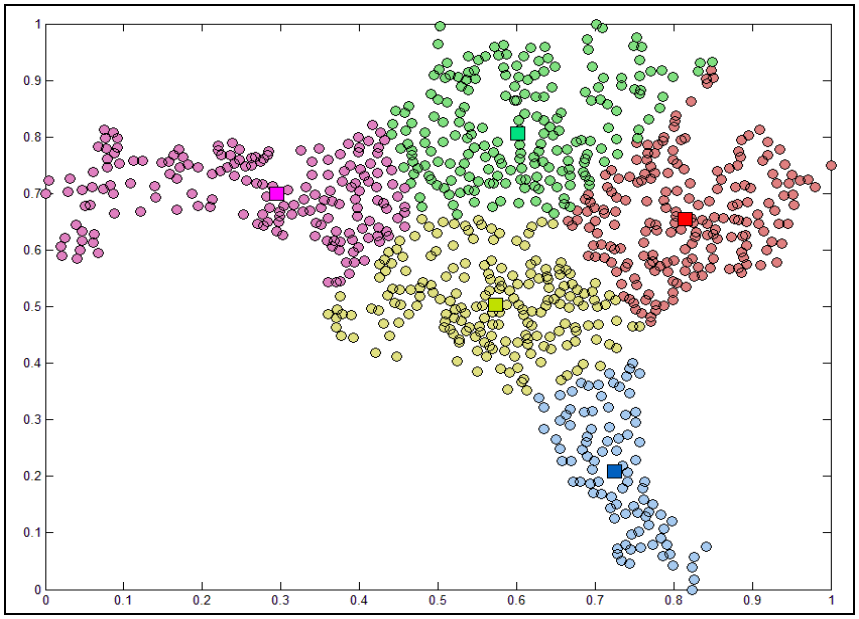
جدول ۳ بهترین هزینه در شرایط مسئله مختلف

	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ۴
Maximum Number of Iterations (MaxIt)	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۳۰۰
Population Size (nPop)	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰
Number of Empires/Imperialists (nEmp)	۱۰	۲۰	۲۰	۲۰
Selection Pressure (alpha)	۱	۰/۸	۰/۸	۰/۸
Assimilation Coefficient (beta)	۲	۲	۰/۷	۱/۲
Revolution Probability	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
Revolution Rate	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
zeta	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
Best cost	۹۹/۱۶۷۵	۹۹/۱۶۷۹	۹۹/۱۹۶۹	۹۹/۱۶۷۵

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]



شکل ۱۳ چگونگی منحنی بهترین هزینه در تکرارهای مختلف



شکل ۱۴ بهینه‌سازی مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

در زمینه مکان‌یابی و بهینه‌سازی مکانی مراکز آتش‌نشانی، مطالعات متعددی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است. در ذیل به تعدادی از مواردی که وجه تمایز تحقیق حاضر از مطالعات پیشین می‌باشد، اشاره می‌گردد:

- در تحقیق حاضر علاوه بر اینکه نحوه خدمات‌رسانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در موقعیت کنونی مورد بررسی قرار گرفته، به موضوع بهینه‌سازی مکان با پیش شرط عدم اضافه کردن ایستگاه جدید اقدام شده است.
- در مطالعه حاضر، ترکیبی هم افزا از نرم‌افزارهای GIS و MATLAB و الگوریتم‌های طبقه‌بندی، رقابت استعماری و ژنتیک مورد استفاده قرار گرفتند. ماهیت مدل‌های مورد استفاده و فلسفه ایجاد آن‌ها، تلفیقی یکپارچه از ضوابط مکانی و فرهنگی(به مفهوم عام) را ایجاد کرده‌اند.
- منظور از فاصله و طول در تحقیق حاضر، فاصله عملکردی بوده، نه فاصله اقلیدوسی. بنابراین با اعمال نگرش شیءگرا به عوارض موجود در شهر، زمان تعیین کننده فاصله بین عوارض است و این موضوع فاصله عملکردی یا به عبارتی فاصله‌ای که در آن مکان به فضای جغرافیایی تغییر می‌یابد را شکل بخشیده است.
- اطلاعات هیورستیک مورد نیاز جهت بهینه‌سازی مدل، از رستر میزان خطرپذیری ناشی از چگونگی دسترسی به بلوک های جمعیتی استخراج شده است. علاوه بر این، با بررسی هرم سنی، نوع نگاه به ساختار سنی جمعیت در موضوع آسیب پذیری نیز متفاوت در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

منابع

استانداری استان گلستان (۱۳۹۶) «چکیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استان گلستان»، *سازمان برنامه‌وبودجه*، معاونت آمار و اطلاعات، صص ۲۰-۱.

آقابابایی، محبوبه (۱۳۸۸) «تحلیل فضایی ایستگاه‌ها و خدمات آتش‌نشانی شهر خمینی‌شهر با استفاده از GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.

پریشان، مجید؛ پورطاهری، مهدی؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا و عسکری، علی (۱۳۹۲) «رتبه‌بندی و سنجش سطح آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر ریسک زلزله (مطالعه موردی: مناطق روستایی استان قزوین)»، *مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، دوره هفدهم، شماره ۳، صص ۲۵-۱.

تشکر، زهرا (۱۳۷۷) «آتش‌نشانی و کاستی‌های ساختاری»، *مجله شهرداری‌ها*، شماره ۱۰.

رضایی صدرآبادی، زهرا و طالبی، داوود (۱۳۹۰) «ارائه یک مدل کنترل موجودی دوسطحی (R,Q) و حل آن با الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری». *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، شماره ۱- بهار، صص ۹۴-۷۹.

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ فتاحی، احدالله و حاجی‌پور، مجتبی (۱۳۹۰) «ارزیابی توزیع فضایی کیفیت زندگی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان دلفان)»، *پژوهش‌های روستایی*، سال دوم، شماره دوم، صص ۹۴-۶۹.

صابری‌فر، رستم و مزرعه، مسعود (۱۳۹۳) «تحلیل تناسب توزیع فضایی و مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با استفاده از تلفیق مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)»، *فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی*، سال سوم، شماره نهم، صص ۹۰-۷۷.

عرب امیری، محمد؛ رفیع‌پور، مهرداد و مسگری، محمد سعدی (۱۳۹۲) «مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش-نشانی با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه و GIS (مطالعه موردی: شهر تهران)»، *فصلنامه آمایش محیط*، سال ششم، شماره ۲۵، صص ۴۸-۲۳.

غفاری‌نسب، نادر؛ غضنفری، مهدی و تیموری، ابراهیم (۱۳۹۲) «طراحی شبکه لجستیک هاب استوار با درنظرگرفتن تقاضای تصادفی برای شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات لجستیکی»، *نشریه پژوهش-های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید*، شماره ۲، جلد ۱، صص ۱۰۷-۹۷.

ملکی، سعید؛ مودت، الیاس و فیروزی، محمدعلی (۱۳۹۳) «ارزیابی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله با مدل TOPSIS و GIS (نمونه موردی شهر یزد)»، *مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، دوره هیجدهم، شماره ۳، صص ۱۲۳-۹۹.

Aqababaei, M, (2009) "Spatial Analysis of Stations and Fire Services of Khomeini City Using GIS". Master's Degree in Isfahan University. [In Persian]

Arab Amiri, M., RafiPour, M and Mesgari, M, S. (2013) "Allocation of fire stations using ant colony algorithm and GIS (case study: Tehran city)". *Quarterly Journal of Environment*, Sixth Year, No. 25. pp. 23-48. [In Persian].

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

Bagheri Tolabi, H; Moradi, M.H., Shahrin Bin, M.A and Zandebasiri, M.R., (2013)"New Technique for Global Solar Radiation Prediction using Imperialist Competitive Algorithm". *Journal of Basic and Applied Scientific Research*. 3(3)958-964.

Bahrami, H. Faez, K. Abdechiri, M. (2010) "Imperialist Competitive Algorithm using Chaos Theory for Optimization," *UKSim-AMSS 12th International Conference on Computer Modeling and Simulation*.

Bahrami, H., Abdechiri. M., Meybodi, M.R., (2012) "Imperialist Competitive Algorithm with Adaptive Colonies Movement". I.J. *Intelligent Systems and Applications*. 2, 49-57.

Behzadi,S. and Alesheikh. Ali A. (2008) "developing a genetic algorithm for solving shortest path problem, *wseas International Conference on urban planning and transportation* (UPT'07), Heraklion, Crete Island, Greece, July. Pp. 28-32.

Bernal. E, Castillo. O, Soria. J and Valdez. F. (2017) "Imperialist Competitive Algorithm with Dynamic Parameter Adaptation Using Fuzzy Logic Applied to the Optimization of Mathematical Functions". *Algorithms 2017*, 10, 18; doi: 10.3390/a10010018. www.mdpi.com/journal/algorithms.

Bin Jubeir, M. Almazrooie, M & Abdullah, R. (2017) "Enhanced selection method for genetic algorithm to solve traveling salesman problem", *Proceedings of the 6th International Conference on Computing and Informatics*, ICOCI 2017 25-27April, 2017 Kuala Lumpur. Universiti Utara Malaysia (http://www.uum.edu.my). Pp 69 – 76.

Cavuoti, S., Garofalo, M., Brescia, M., Paolillo, M., Pescape, A., Longo, G., and Ventre, G., (2014) "Astrophysical data mining with GPU a case study: Genetic classification", *Journal of New Astrophysical*., pp 26, 12-22.

Contreras, I, Fernándeza, E, Maríin, A, (2009) "Tight bounds from a path based formulation for the tree of hub location problem", Journal *of Computers & Operations Research*,36, pp.3117-3127.

Cooray P. L. N. U. And Thashika D. Rupasinghe (2017) "Machine Learning-Based Parameter Tuned Genetic Algorithm for Energy Minimizing Vehicle Routing Problem". *Journal of Industrial Engineering*. Volume 2017 (2017), Article ID 3019523, 13 pages.

Derekenaris, G., Garofalakis, J., Makris, C., Prentzas, J., Sioutas, S., and Tsakalidis, A. (2017) "Integrating GIS, GPS and GSM Technologies for the Effective Management of Ambulances". *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(3), pp 267-278.

Duan,H, Chunfang Xu, Senqi Liu, Shan Shao. (2010) "Template matching using chaotic imperialist competitive algorithm". *Pattern Recognition Letters* 31. 1868–1875.

Gargari, A., Lucas, E., (2007) "Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization spired by imperialistic competition". *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, p.4661-4667. [doi:10.1109/CEC.2007.442 5083].

Ghaffari Nasab, N., Ghazanfari, M and Teymouri, I. (2013) "Hub Logistics Network Design Considering Random Demand for Logistics Services Companies." *Journal of Industrial Engineering Researches in Manufacturing Systems*, No. 2, Vol. 1, pp. 97-107. [In Persian].

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

Governorate of Golestan Province, (2017) "Abstract of the Census of the Population and Housing Year of 2017 in Golestan Province". *Planning and Budget Organization*, office of Information and Statistics, pp 1 - 20. [In Persian].

Irwansyah. E, Sri Hartati. (2014) "Assessment of Building Damage Hazard Caused by Earthquake: Integration of FNN and GIS". *IERI Procedia*. 10. 196- 202.

Kevin M. Curtin. (2007) "Network Analysis in Geographic Information Science: Review, Assessment, and Projections". *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 34, No. 2, pp. 103-111.

Kumar. J, Arunadevi. J, Mohan. V. (2009) "Intelligent Transport Route Planning Using Genetic Algorithms in Path Computation Algorithms", *European journal of scientific research*, vol.25 no.3, pp.463-468.

Liu, N., Huang, B., Chandramouli, M. (2006) "Optimal siting of fire stations using GIS and ANT algorithm". *Journal of Computing in Civil Engineering*. 20(5): 361-369.

Maleki, S., Mavaddat, E and Firoozi, M, A. (2014) "Evaluation and ranking of social vulnerability of cities against earthquake using TOPSIS and GIS model (Case study: Yazd city)". *The Journal of Spatial Planning*, Eighteenth Volume, No. 3, pp 99- 123. [In Persian].

Mousavi Rad S. J; Akhaghian Tab, F and Mollazade, K. (2012) "Application of Imperialist Competitive Algorithm for Feature Selection: A Case Study on Bulk Rice Classification". *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 40 – No.16. 41 – 48.

Parishan, M., Pourtaheri, M., Rokneddin Eftekhari, A and Askari, A. (2013) "Ranking and assessing the vulnerability level of rural settlements against earthquake risk (Case study: rural areas of Qazvin province)". *The Journal of Spatial Planning*, Volume 17, Issue 3, pp 1-25. [In Persian].

Raichaudhuri. A, Jain. A. (2010) "Genetic Algorithms based Logistics Route Planning. International Journal of Innovation", *Management and Technology*, Vol. 1, No. 2, June 2010. pp. 205-208.

Rezaei Sadrabadi, Z and Talebi, D. (2011) "Presenting a two-level inventory control model (R, Q) and solving it with genetic algorithms and imperialist competition." *Industrial Management landscape*, No. 1- Spring, pp. 79-94. [In Persian].

Rokneddin Eftekhari, A., Fatahi, A and Hajipour, M. (2012) "Evaluation of spatial distribution of quality of life in rural areas (case study: central part of Delfan city)". *Rural Research*, Second Year, No. II, pp. 69-94. [In Persian].

Saberifar, R and Mazraeh, M. (2014) "Analysis of Spatial Distribution and allocating of Fire Station Using the Integration of the Analytical Hierarchy Process (AHP) Model in the Geographic Information System Environment (GIS)". *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, Third Year, No. 9, pp. 77-90. [In Persian].

Safari Mamaghani, A., Meybodei, M. R. (2011) "An Application of Imperialist Competitive Algorithm to Solve the Quadratic Assignment Problem". *6th International Conference on Internet Technology and Secured Transaction*, 11 – 14 December, Abu Dhabi, United Arab Emirates.562 – 565.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]

Saif. S.M. (2016) "An Improved Imperialist Competitive Algorithm Based on a New Assimilation Strategy". *Journal of Advances in Computer Engineering and Technology*, 2(2) 2016. PP 23 – 32.

Tashakkor, Zahra, (1998) "Fire stations and Faulty Structures", *Journal of Municipalities*, No. 10. [In Persian]

Tzung-Pei Hong, Yuan-Ching Peng, Wen-Yang Lin & Shyue-Liang Wang. (2017) "Empirical comparison of level-wise hierarchical multi-population genetic algorithm". *JOURNAL OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION*, VOL. 1, NO. 1, 66–78. http://dx.doi.org/10.1080/24751839 .2017.1295662.

Yassine, C., Adel. G. (2011) "PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation". *Renewable Energy*.36, 2554–2561.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-04]