پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸
ص ۳۳۱-۳۱۱

ارزیابی مکانی دسترسی به فضاهای باز شهری در مقطع زمانی پس از زلزله با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هاب و ژنتیک (مطالعهٔ موردی: شهر گرگان)

محمدحسین سرایی* – دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد
محمدرضا رضایی– دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد
محسن عادلی– دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۴ تأیید مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

چکیده

آگاهی از وضعیت دسترسی به فضاهای باز شهری برای اسکان موقت پس از زلزله، از مواردی است که می‌تواند در مدیریت بحران بسیار حیاتی باشد. شناسایی این نقاط پیش از وقوع زلزله سبب می‌شود مدیران در مقطع زمانی ناپایدار و غیرقطعی پس از زلزله تصمیم‌گیری منطقی داشته باشند. همچنین این مسئله تأثیر محدودیت‌های خاص مکانی و زمانی آن مقطع را کم‌رنگ‌تر می‌کند. در مطالعهٔ حاضر، به ارزیابی چگونگی دسترسی شهروندان شهر گرگان به فضاهای باز شهری پرداخته شده است. بدین‌منظور از الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله‌ای مکان‌محور که داده‌های ورودی آن از GIS گرفته شده، استفاده شد. در زمینهٔ تخصیص بهینهٔ مکان در محیط GIS، دو سناریوی سخت‌گیرانه و سهل‌گیرانه با اعمال و بدون اعمال محدودیت انسداد راه مدنظر قرار گرفتند؛ از این‌رو برای سناریوی اول ۴۸ قطعه و برای دیگری ۱۵۳ قطعه زمین به‌عنوان زمین‌هایی با قابلیت بالقوهٔ اسکان موقت درنظر گرفته شد. در زمینهٔ حل مسئلهٔ تخصیص با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیز با اعمال تغییرات در پارامترهای حل مسئله و در قالب دو سناریوی فوق، شش گزینهٔ مختلف انتخاب شدند که کمترین مقدار هزینهٔ انتقال جمعیت از مراکز بلوک‌های جمعیتی را به فضاهای باز داشتند. با پذیرش احتمالی‌بودن شرایط پس از وقوع زلزله، نتایج کلی پژوهش نشان می‌دهند در صورت وقوع زلزلهٔ شدید با احتساب انسداد راه در حالت سخت‌گیرانه، ۲۴ و در حالت سهل‌گیرانه، ۳۵ درصد از جمعیت به فضاهای باز دسترسی دارند. این موضوع در سناریوی سهل‌گیرانه به‌ترتیب ۳۵ و ۴۷ درصد خواهد بود. نتایج حل مسئلهٔ هاب با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیز مشابه حالات سهل‌گیرانه و سخت‌گیرانه بدون احتساب انسداد راه است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، حل مسئلهٔ هاب، زلزله، شهر گرگان فضاهای باز.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۳۵۹۰۶۵۹ Email: msaraei@yazd.ac.ir

مقدمه

چگونگی دسترسی به فضاهای باز شهری برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان زلزله یکی از مهم‌ترین مباحث در مدیریت بحران زلزله است. به همین منظور بخش مهمی از فرایند برنامه‌ریزی جامع و ملی در کشورهای توسعه‌یافته، به موضوع آمادگی و امنیت در برابر حوادث غیرمترقبه اختصاص دارد (خمر و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۰). در میان تمام حوادث طبیعی و غیرطبیعی، زلزله یکی از مخرب‌ترین سوانح طبیعی محسوب می‌شود که همواره ساکنان شهرها و روستاها را تهدید می‌کند (همان: ۲۹)؛ به‌طوری‌که وقوع این پدیده در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶، سبب مرگ ۷۱۴.۷۷۰ نفر در سطح جهان شده است (EmDat, 2017). در ایران طی قرن گذشته، ۱۳ زلزله به بزرگی بیش از ۷ ریشتر رخ داده است؛ درحالی‌که در بیشتر مواقع روستاهای ایران در برابر زلزلهٔ ۵ ریشتری و شهرهای ایران نیز در برابر زلزلهٔ ۶ ریشتری آسیب‌پذیرند (قطب‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲).

یکی از دلایل اصلی آسیب‌دیدگی و گستردگی ابعاد زلزله، امدادرسانی‌نکردن ناشی از نقصان شبکهٔ معابر است (مختارزاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۹). شبکهٔ معابر یکی از عناصر اصلی کالبد شهر است که نقشی کلیدی در زمان وقوع زلزله و پس از آن دارد (عزیزی و همافر، ۱۳۹۱: ۵–۶). در این مقطع، عملکرد و کارایی شبکه‌های ارتباطی به‌دلیل فروریختن ساختمان‌های اطراف شبکه و احتمال بسته‌شدن مسیرها به‌شدت کاهش می‌یابد (Yung et al., 2007). عملکرد و نقش فضاهای باز شهری، همچنین نحوهٔ عملکرد و واکنش بافت‌های شهری در برابر زلزله، در صورتی با اهداف مدیریت بحران همسو می‌شود که در شبکهٔ ارتباطی شهر نیز امکان دسترسی مطلوب و بهینه به آن مکان‌ها یافت شود (Central U.S Earthquake Consortium, 2000: 6). درواقع مسیرهای حمل‌ونقل و شبکهٔ ارتباطی درون‌شهری باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که در زمان وقوع بحران، کمترین حادثه را ببینند (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۶).

با توجه به اینکه در زمان وقوع زلزله ساختار شهر تغییرات بسیاری می‌کند، عملکردهای قابل‌انتظار از این ساختار نیز تغییر می‌یابد. در این شرایط، مکان‌یابی بهینهٔ شهروندان در مکان‌های مناسب به‌دلیل دخالت ضوابط متعدد مکانی و زمانی بسیار پیچیده است (صمدزادگان و همکاران، ۱۳۸۴).

از سوی دیگر، به دلایل گوناگون اقتصادی، فنی و اجرایی امکان تأمین مسکن برای مرتفع‌کردن نیازهای اولیهٔ آسیب‌دیدگان در ساعت‌ها و روزهای ابتدایی پس از بحران زلزله میسر نیست؛ بنابراین دسترسی به فضاهای باز شهری می‌تواند تا حد زیادی فرایند اسکان موقت آسیب‌دیدگان را تسهیل کند (خمر و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۱). این فضاها می‌توانند در ابتدایی‌ترین حالت خود، سبب تفکیک مناطق دارای پتانسیل خطر از سایر نواحی شوند و به تمرکززدایی آسیب بینجامند (اصغری زمانی، ۱۳۹۳: ۱).

نحوهٔ دسترسی به فضاهای باز و بهینه‌سازی مسیر آن‌ها، همچنین تخصیص تأسیسات اضطراری امدادی یکی از مواردی است که همواره توجه مدیران بحران را جلب کرده است (Tzeng and Cheng, 2007; Widener and Hornor, 2011; Ma et al., 2015; Yuan et al., 2015). درواقع به این دلیل که تنگناهای زمانی، مکانی و منابع، معمولاً سبب می‌شود فرایند امدادرسانی در ساعات و روزهای ابتدایی پس از وقوع زلزله با سرعت کمتری انجام شود، تخصیص منطقی تسهیلات امدادی و اولویت‌بندی آن‌ها بسیار مهم است؛ البته در مسئلهٔ دسترسی به فضاهای باز

شهری، نوع نگاه به مکان، یافتن مکان‌های جدید نیست، بلکه بهینه‌سازی دسترسی به مکان‌های موجود مدنظر است (قطب‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵).

امروزه در فرایند ساخت ساختمان‌های جدید سعی می‌شود با وضع مقررات ساختمانی مناسب، مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله بهبود یابد (Chen and Scawthorn, 2002)، اما در شرایطی که ساختمان‌ها توانایی محافظت از ساکنان شهر را نداشته باشند، بهترین گزینه استفاده از اسکان موقت در پناهگاه‌های امن است. در زلزلهٔ سال ۲۰۱۱ و سونامی ژاپن، حدود ۲۵۰ هزار نفر از جمعیت آسیب‌دیده در پناهگاه‌های اضطراری و موقت اسکان داده شدند (Xiujuan et al., 2017: 50). این فضاها علاوه‌بر ضابطه‌داشتن ظرفیت (Nappi and Souza, 2014)، باید تأمین‌کنندهٔ ایمنی و همچنین دسترسی به تسهیلات نیز باشند (Xu et al., 2014; Wei et al., 2018: 675). فرایند انتخاب این مکان‌ها، اگر در مقطع زمانی پیش از وقوع زلزله انجام شود، می‌تواند در بهبود فرایند تخلیهٔ اضطراری جمعیت بسیار تأثیرگذار باشد (Sherali et al., 1991)؛ در غیر این صورت، اسکان موقت به‌صورت مقطعی و تجربی صورت می‌گیرد و انجام آن ممکن است نتایج نامناسبی را داشته باشد (اشراقی، ۱۳۸۵).

در فضاهای باز مانند پارک‌ها، بوستان‌ها، باغ‌ها و زمین‌های بایر که ظرفیت تجمع، پناه‌گیری و اسکان موقت دارند، می‌توان ضمن تهیهٔ بستر مکانی امدادرسانی، آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را کاهش داد (احدنژاد و همکاران، ۱۳۸۶؛ اصغری زمانی، ۱۳۹۳: ۳). همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، با توجه به تغییرات وسیع ساختاری شهر هنگام وقوع زلزله، پراکنش ناموزون مکان‌های امن و محدودیت‌های احتمالی ظرفیت فضاهای باز، مدیریت و بهینه‌سازی نحوهٔ دسترسی به این مکان‌ها امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این شرایط با توجه به پیچیده‌بودن مسئله و تأثیر عوامل متعدد مکانی و زمانی در فرایند تخصیص (He et al., 2009; Behrou and Gust, 2017; Behrou and Lawry, 2017) استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌تواند ضمن آسان‌کردن فضای جست‌وجوی مسئله و مدیریت حجم بالای تقاضا، به فرایند بهینه‌سازی مسئلهٔ تخصیص به‌صورت منطقی بینجامد.

پژوهش‌های بسیاری در زمینهٔ ارزیابی نحوهٔ دسترسی به فضاهای باز شهری و اسکان موقت زلزله‌زدگان انجام شده است؛ از جمله قطب‌الدینی و همکاران (۱۳۹۱)، شریعت مهیمنی و همکاران (۱۳۹۱)، گیوه‌چی و همکاران (۱۳۹۲)، موروواینوتیس و همکاران (۲۰۱۶)، ژائو و همکاران (۲۰۱۵)، ژو و همکاران (۲۰۱۸). در بیشتر این پژوهش‌ها، هدف اصلی کمینه‌سازی هزینه‌های انتقال شهروندان به فضاهای باز امن است که برای این مهم از روش‌های گوناگونی استفاده شده است. در تعدادی از آن‌ها، به‌صورت صرف از الگوریتم‌های بهینه‌سازی از جمله الگوریتم کلونی مورچگان، بهینه‌سازی ذرات، ژنتیک و رقابت استعماری استفاده شده است. دیگر پژوهش‌ها نیز تنها بر قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی تکیه کرده‌اند.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی نحوهٔ دسترسی به فضاهای باز شهری در مقطع زمانی پس از زلزله در شهر گرگان صورت گرفت. این شهر به‌دلیل عبور گسل اصلی البرز با طولی معادل ۶۰۰ کیلومتر از قسمت جنوبی شهر، مساحت قابل‌توجه بافت‌های تاریخی و فرسوده، بافت و جنس نرم خاک، شیب بالای زمین در قسمت‌هایی از شهر، افزایش جمعیت و به‌تبع آن افزایش ناخواستهٔ تراکم و تعداد طبقات، ترافیک سنگین در برخی محورها، به‌ویژه در محور تجاری شهر در ساعاتی

از شبانه‌روز، کنتراست بالای ارتفاعی میان بالاترین و پایین‌ترین نقاط شهر (۷۰۰ متر) و... همواره در معرض خطر زلزله قرار دارد. زلزلهٔ سال ۱۳۲۳ که در آن ۳۰ درصد از ساختمان‌های شهر آسیب دیدند مؤید این مطلب است (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۵). تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش‌های مشابه، در چگونگی تعریف تابع فاصلهٔ زمانی و مکانی میان نقاط شبکه و فضاهای باز شهری است؛ به‌گونه‌ای که علاوه بر داشتن مابه‌ازای خارجی نقاط تعریف‌شده، فواصل میان آن‌ها براساس شبکهٔ موجود شهری درنظر گرفته شده است، نه براساس فاصلهٔ اقلیدسی در محیطی دوبعدی. از سوی دیگر، داده‌های هیوریستیک اولیه نیز از رستر آسیب‌پذیری شهروندان شهر در بلوک‌های مختلف جمعیتی استخراج شده (عادلی، زیاری و گیوه‌چی، ۱۳۹۷) و محدودیت ظرفیت نقاط انتقال نیز مدنظر قرار گرفته است.

مبانی نظری

فضاهای باز شهری عینیتی برخاسته از تلفیق روابط اجتماعی در بستری کالبدی و در راستای عملکردهای مورد نیاز انسان‌هاست. این فضاها درواقع محل برخورد رفتارها و در عین حال محل رفع برخی نیازهای روزمره هستند. در حال حاضر، به‌دلیل افزایش قیمت زمین و نوع نگاه اقتصادی به مفهوم فضا، اهمیت فضاهای باز شهری تا حد زیادی فراموش شده است. ریشهٔ این موضوع در تغییرات بنیادی نهادهای اجتماعی در آغاز وقوع جنبش مدرنیسم نهفته است. در این دوران، دیدگاه‌های مدرن درمورد شهر و فضاهای شهری بسط و توسعه یافتند و شعارهایی مانند عملکردگرایی و هندسه‌گرایی مطرح شدند. از اوایل دههٔ ۱۹۶۰ و با بروز بحران‌های مرتبط با مدرنیسم، در قالب جنبش پست‌مدرنیسم دوباره رویکرد توجه به فضاهای باز شهری مدنظر قرار گرفت. این فضاها می‌توانند در ابتدایی‌ترین حالت خود و در زمان بحران‌های احتمالی، سبب تفکیک مناطق دارای پتانسیل خطر از سایر نواحی شوند و تمرکززدایی آسیب را شکل دهند (اصغری زمانی، ۱۳۹۳: ۱). این تمرکززدایی درواقع از پراکنش خطر به سایر نواحی جلوگیری می‌کند و در حادترین شرایط سرعت انتشار خطر را کاهش می‌دهد.

یکی از موضوعات مهم درمورد فضاهای شهری و کارکرد آن‌ها، نحوهٔ دسترسی به این‌گونه فضاهاست. مباحث مربوط به فرایند دسترسی نیم‌قرن سابقه دارد. درواقع دسترسی، آزادی یا توانایی مردم در برآوردن نیازهای اساسی زندگی و حفظ کیفیت آن است (نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۸). دسترسی در حالت کلی به دو نوع نسبی و ترکیبی تقسیم می‌شود. در دسترسی نسبی، بررسی ارتباط و تعامل میان دو نقطهٔ مشخص صورت می‌گیرد، اما در دسترسی ترکیبی، ارتباط و تعامل یک نقطه و سایر نقاط در فضایی جغرافیایی تحلیل می‌شود (نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۸). در زمینهٔ اسکان موقت زلزله‌زدگان در فضاهای باز شهری، دو دیدگاه اسکان دومرحله‌ای و سه‌مرحله‌ای وجود دارد. در دیدگاه نخست فرض می‌شود با حذف اسکان موقت شهروندان در فضاهای باز شهری می‌توان هزینه‌های آن را صرف بازسازی منازل کرد، اما براساس دیدگاه دوم، پس از وقوع زلزله‌های شدید امکانات لازم برای بازسازی سریع و اصولی منازل وجود ندارد و نمی‌توان اسکان موقت در فضاهای باز شهری را نادیده گرفت (نارویی و آقائی‌زاده، ۱۳۹۶: ۱۶۱).

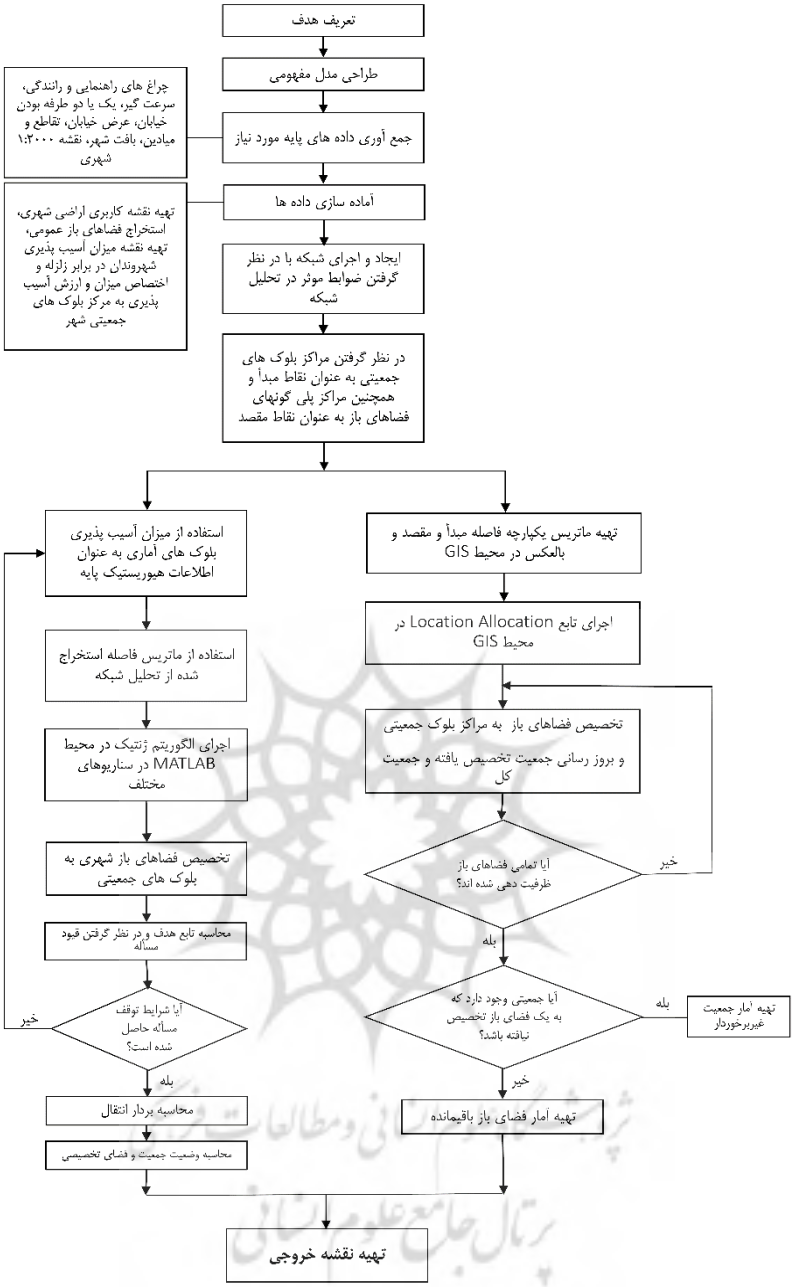
امروزه برای ارزیابی نحوهٔ دسترسی شهروندان به خدمات خاص از جمله فضاهای باز شهری می‌توان از فناوری و الگوریتم‌های متعدد استفاده کرد. تعدادی از موارد فوق، ماهیت مکانی و تعدادی نیز ماهیتی غیرمکانی دارند. مسئلهٔ

تعریف‌شده در این مقاله، خصوصیت مکانی دارد و در محیطی انجام می‌شود که این قابلیت را دارند. یکی از این سامانه‌ها، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی است. این سیستم از نرم‌افزارها، سخت‌افزارها، مدل‌ها، الگوریتم‌های مکان مبنا و داده‌ها تشکیل شده است و هدف آن تحلیل‌های مکانی و کمک به تصمیم‌گیری فضایی است. امروزه در کنار این سامانه می‌توان از الگوریتم‌های هوشمند استفاده کرد که با وجود داشتن ماهیت غیرمکانی می‌توانند در مدت‌زمان کم، پاسخ‌های مناسبی را تولید کنند. در حالت نرمال و در شرایطی که مسئلهٔ مورد نظر کوچک و فضای جست‌وجوی آن نیز محدود باشد، می‌توان در زمانی معقول به راه‌حلی بهینه دست یافت، اما زمانی که فضای جست‌وجو وسیع است، رسیدن به راه‌حل منطقی بسیار دشوار خواهد شد. در این شرایط، معمولاً از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود. مبانی نظری این نوع از الگوریتم‌ها، به‌صورت انتزاعی از مفاهیم و دیدگاه‌های مرتبط با تکامل طبیعی الهام گرفته شده‌اند و مفاهیمی از جمله کروموزوم، جمعیت و ژن خصوصیات آن را تشکیل می‌دهند. در حالت کلی، الگوریتم‌های تکاملی متکی بر جمعیت است و در گذر زمان سعی در بهینه‌سازی و تکامل راه‌حل دارند. ایدهٔ اصلی این نوع تکامل از اصول داروین مشتق شده است. برنامه‌نویسی تکاملی را نخستین‌بار فوگل[1] مطرح کرد. در همان زمان، هالند[2] این روش را به‌دلیل الهام‌گیری از طبیعت، ژنتیک نامید. در کشور آلمان نیز ریچنبرگ[3] و شفل[4] راهبردهای تکاملی را بسط دادند. در ادامه جنبه‌های گوناگون این راهبردها با عنوان محاسبات تکاملی مطرح شد. در دهه‌های اخیر و بر پایهٔ الگوریتم‌های نسل اول، الگوریتم‌های دیگری نیز بسط داده شده‌اند؛ برای نمونه می‌توان به الگوریتم کلونی مورچگان، فروشندهٔ دوره‌گرد، رقابت استعماری و... اشاره کرد. استفادهٔ فرایندی از قابلیت‌های سامانهٔ GIS و الگوریتم‌های فراابتکاری می‌تواند سبب هم‌افزایی قابلیت‌های هر دو شود و نتایج بهینه‌تری را داشته باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی و توصیفی-تحلیلی است که جمع‌آوری اطلاعات آن به‌صورت اسنادی، میدانی و پیمایشی صورت گرفت. با توجه به ماهیت پژوهش، در ابتدا و پس از طراحی مدل مفهومی، به فرایند جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز پرداخته شد. مرحلهٔ تخصیص فضاهای خالی به مراکز بلوک‌های جمعیتی در دو قالب مجزا، اما یکپارچه انجام شد. یکی از این مراحل، فرایند تخصیص به‌کمک نرم‌افزار ArcGIS 10.3 است. در قسمتی دیگر، فرایند تخصیص با عنوان مسئلهٔ هاب به‌کمک الگوریتم ژنتیک و در محیط نرم‌افزار MATLAB 2016 صورت گرفته است. دلیل استفاده از این الگوریتم، انعطاف‌پذیری بالا و قدرت تحلیل و جست‌وجو در فضای حل مسئله است. تابع هدف، کمینه‌سازی هزینهٔ انتقال است و مواردی از جمله ظرفیت مکانی فضاهای باز، امکان دسترسی و شرط پوشش حداکثری قیود مسئله را تشکیل می‌دهند. فرایند کلی الگوریتم اجرای پژوهش در قالب شکل ۱ آمده است.

1. Fogel
2. Holland
3. Rechenberg
4. Schwefel



شکل ۱. فرایند کلی الگوریتم اجرای پژوهش

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های تکاملی است که می‌تواند درمورد مسائل چندهدفه و فرایند تخصیص مکان کاربرد داشته باشد (Saadatseresht et al., 2009). این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های هوشمند به‌شمار می‌آید که از نظریهٔ تکاملی داروین مشتق شده است (Kumar et al., 2009: 465; Cooray and Thashika, 2017: 4) و قابلیت بسیاری در حل مسائل غیرخطی، گسسته و ترکیبی دارد. الگوریتم فوق از نظر محاسبات از سایر الگوریتم‌ها پیچیده‌تر است و تغییری کوچک در مسیر شبکه می‌تواند بر کل شبکه تأثیرگذار باشد (Raichaudhuri and Jain, 2010: 206).

در این روش، مدل‌سازی براساس فرایند طبیعی تکامل بشر و اصل بقای موجود برتر و نابودشدن موجود ضعیف‌تر انجام می‌شود. ایده و تفکر اولیهٔ این الگوریتم را ریچنبرگ در دههٔ ۱۹۶۰ ارائه کرد. در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ نیز پروفسور هالند این الگوریتم را یکی از ابزارهای قدرتمند در زمینهٔ حل مسائل بهینه‌سازی مطرح کرد (Hong et al., 2017: 67). ساختار عمدهٔ تشکیل‌دهندهٔ این الگوریتم، کروموزوم، درجهٔ برازش، جمعیت، اپراتورهای ژنتیک و تکاملی و پارامترهای کنترلی هستند (Raichaudhuri and Jain, 2010: 206).

فرایند کلی الگوریتم ژنتیک به شرح زیر است. در ابتدا به‌صورت تصادفی، جمعیت n کروموزومی ایجاد می‌شود. در مرحلهٔ بعد ارزش‌گذاری و ارزیابی برازندگی f(x) هر کروموزوم X صورت می‌گیرد. در گام بعدی، جمعیت جدیدی به‌وجود می‌آید و این مراحل تا زمانی که جمعیت جدید تکمیل شود، تکرار می‌شود (Jubeir et al., 2017: 72). از میان جمعیت، با توجه به میزان برازندگی، دو کروموزوم به‌عنوان والدین انتخاب و در مرحلهٔ بعد، والدین با توجه به‌احتمال ترکیب‌شدن برای ایجاد فرزندان با هم ترکیب می‌شوند (Behzadi and Alesheikh, 2008). با توجه به احتمال جهش، فرزندان در هر موقعیت کروموزوم مورد جهش قرار می‌گیرند و فرزندان جدید در جمعیت جدید پذیرش می‌شوند. سپس در مرحلهٔ جایگزینی از جمعیت جدید ایجادشده برای اجرای فرایند الگوریتم استفاده می‌شود (John et al., 2009: 465; Adewole et al., 2011). مراحل این الگوریتم به شرح زیر است:

ایجاد جمعیت تصادفی[1]**:** در این مرحله، به تعیین اندازهٔ جمعیت پرداخته می‌شود. جمعیت اولیه درواقع برخی از جواب‌های مسئله یا همان کروموزوم‌ها هستند (Mandekar and Aher, 2013). تعیین اندازهٔ جمعیت بهتر است با توجه به پیچیدگی مسئله یا اندازهٔ کروموزوم‌ها صورت بگیرد. درواقع تعیین تعداد پاسخ‌هایی که باید برای هر نسل به‌صورت موردی ایجاد شوند، صورت می‌گیرند. مقادیر کم یا زیاد اندازهٔ جمعیت می‌تواند بر میزان زمان لازم برای پردازش تأثیر بگذارد. در حالت کلی، دو روش برای تعیین اندازهٔ جمعیت اولیه وجود دارد: روش اکتشافی که در آن تنها یک بخش کوچک از فضای راه‌حل جست‌وجو می‌شود و روش تصادفی که در آن جمعیت اولیه بر مبنای روش کدینگ یا کدگذاری تعیین می‌شود (Wang et al., 2007).

مرحلهٔ انتخاب والدین و ترکیب آن‌ها برای شکل‌گیری جمعیت فرزندان: در مرحلهٔ انتخاب تعیین می‌شود که کدام‌یک از والدین باید درنظر گرفته شوند و هریک از آن‌ها چند فرزند را تولید کنند. این فرایند باید به‌گونه‌ای انجام شود تا افرادی که شایستگی بیشتری دارند، شانس بالاتری را برای والدشدن داشته باشند. انتخاب والدین به یکی از صور انتخاب چرخ رولت، محلی، فراگیر شانسی، برشی و تورنمنتی انجام می‌شود (Gog et al., 2007).

مرحلهٔ تلفیق[2]**:** پس از مرحلهٔ تولیدمثل، جمعیتی از بهترین‌ها به‌وجود می‌آید (Masum et al., 2011)، اما این جمعیت تا این مرحله منجر به ایجاد کروموزوم جدید نشده است. براین‌اساس، عملگر تلفیق یا ادغام، تولید رشته‌ای بهتر را برعهده دارد (Sallabi, 2009). این عملگر نقش اصلی را در همگرایی و رسیدن به راه‌حل بهینه ایفا می‌کند و هدف از آن جست‌وجوی فضای پارامتر و حتی‌الامکان حفظ داده‌های موجود در رشته‌هاست. رویکردهای گوناگونی برای انجام

1. Initialization
2. Crossover

عملگر ادغام وجود دارند که عبارت‌اند از: روش ادغام تک‌نقطه‌ای[1]، ادغام دونقطه‌ای[2]، ادغام چندنقطه‌ای[3]، ادغام یکنواخت[4]، ادغام محاسباتی[5] و ادغام اکتشافی[6] (Zhou et al., 2008).

مرحلهٔ جهش[7]: عملیات جهش منجر به افزایش تنوع و گوناگونی جمعیت، افزایش محدودهٔ جست‌وجوی الگوریتم برای یافتن راه‌حل و درنتیجه افزایش کارایی الگوریتم می‌شود. بدون انجام این فرایند، الگوریتم تنها قادر خواهد بود فرزندانی از جنس و ماهیت جمعیت آغازین تولید کند و این وابستگی بالا به جمعیت آغازین، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی را با مشکل مواجه خواهد کرد.

الگوریتم HUB

الگوریتم HUB نوعی خوشه‌بندی از موقعیت قرارگیری گره‌ها ایجاد می‌کند (Gavuoti et al., 2014: 14). هدف عمدهٔ این الگوریتم، کمینه‌سازی هزینه‌های انتقال میان مبدأ و مقصد است؛ به‌طوری‌که شرط پوشش همهٔ درخواست‌کنندگان نیز تأمین شود.

تخصیص مکان[8]

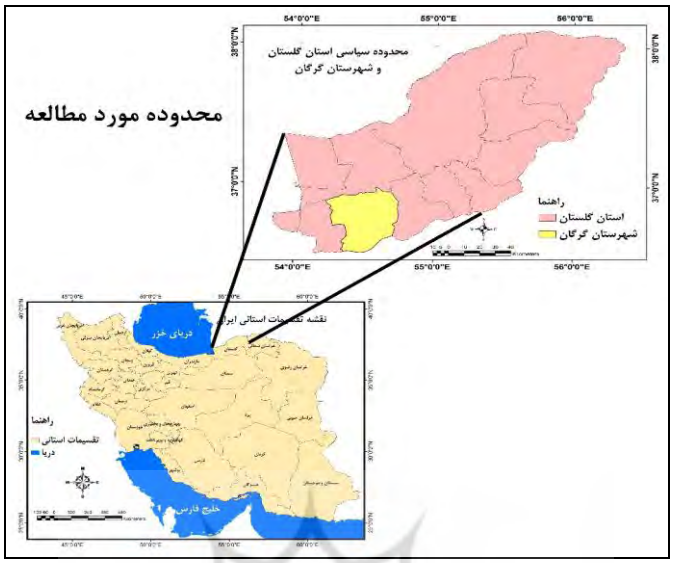
فرایند تخصیص مکان در محیط‌های مختلف نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی از جمله MATLAB انجام می‌شود. در پژوهش حاضر، این مهم در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از افزونه Network Analysis انجام شد. این تحلیل دربردارندهٔ داده‌های ورودی و خروجی شبکه است. در این پژوهش از تحلیل فوق برای تخصیص فضاهای باز شهری به جمعیتی که احتمالاً در صورت وقوع زلزله آسیب خواهند دید، استفاده شد. متغیرهایی از جمله مکان و تعداد مراکز بلوک‌های جمعیتی و مکان و ظرفیت فضاهای باز، نوع تابع هدف مورد استفاده و واحد سنجش فاصله از جمله مواردی هستند که در این الگوریتم به آن‌ها پرداخته می‌شود.

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه این پژوهش، شهر گرگان است. گسترهٔ جغرافیایی این شهر براساس محدودهٔ خدماتی میان ″۱۲ ′۲۲ °۵۴ تا ″۴۷ ′۲۹ °۵۴ طول شرقی و ″۵۹ ′۴۵ °۳۶ تا ″۵۷ ′۵۱ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۲). این شهر از شمال به آق‌قلا، از شمال‌غرب به بندرترکمن، از غرب به کردکوی، از شرق به علی‌آباد و از جنوب به استان سمنان مرتبط است. متوسط دمای شهر، ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۱/۵ درصد است. میزان بارندگی نیز میان ۶۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر نوسان دارد. نوسانات ارتفاعی شهر بین ۷۰ تا ۷۶۵ متر متغیر است. با توجه به قدمت ۶ هزار سالهٔ شهر گرگان، مساحت بافت‌های تاریخی و قدیمی شهر قابل‌توجه است. این شهر در دورهٔ ساسانیان به‌صورت قلعهٔ نظامی با برج و باروهای بلند آرایش یافته بود و از مراکز مهم سلسله‌های اسلامی زیاریان، علویان، سامانیان و سلجوقیان به شمار می‌آمد (تقوی، ۱۳۸۹:

1. One-Point Crossover
2. Two-Point Crossover
3. Multi- Point Crossover
4. Uniform Crossover
5. Arithmetic Crossover
6. Heuristic Crossover
7. Mutation
8. Location Allocation

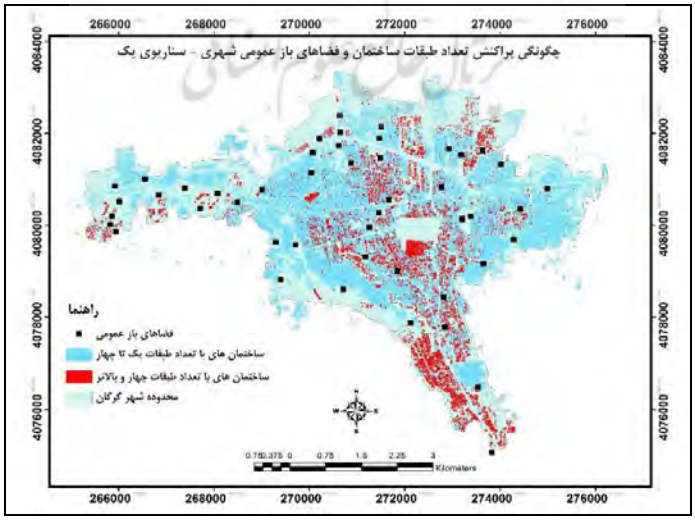
۱). جمعیت شهر براساس آمارهای موجود در سال ۱۳۹۵ برابر با ۳۶۵.۶۸۲ نفر عنوان شده است (استانداری گلستان، ۱۳۹۶: ۷). کاربری‌های مسکونی، شبکهٔ ارتباطی، بایر و زراعی بیشترین مساحت شهر را پوشش داده‌اند.



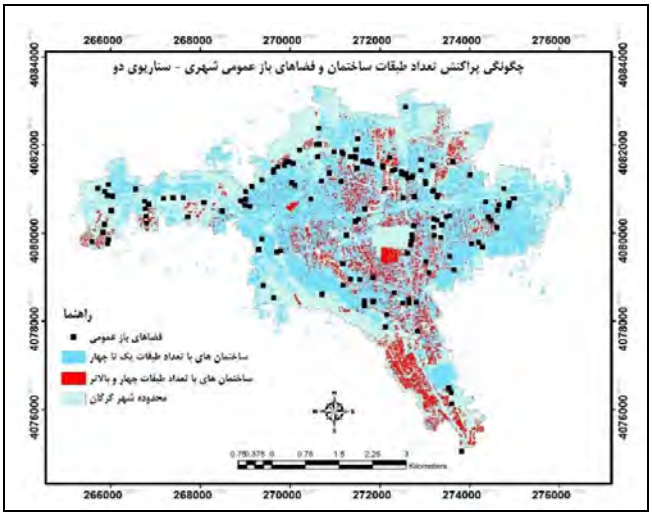
شکل ۲. محدودهٔ مورد مطالعه

یافته‌های پژوهش

فضاهای باز استفاده‌شده در این پژوهش، در قالب دو سناریوی مجزا درنظر گرفته شده‌اند. در سناریوی ۱ (سناریوی سخت‌گیرانه)، تنها فضاهای باز عمومی شهر که از نظر ساختاری قابلیت اسکان موقت جمعیت را دارند، بررسی شدند. براین‌اساس، ۴۸ قطعه با مساحتی حدود ۲۵ هکتار، به‌عنوان گزینه‌های اسکان موقت انتخاب شدند (شکل ۳). در سناریوی ۲ (سناریوی سهل‌گیرانه)، وضعیت سهل‌تر شده است و قطعات غیرعمومی مناسب نیز به‌عنوان قطعاتی با پتانسیل جمعیت‌پذیری درنظر گرفته شدند. در این سناریو، ۱۵۳ قطعه با مساحت ۳۹ هکتار به‌عنوان گزینه‌های انتخابی مدنظر قرار گرفتند (شکل ۴).



شکل ۳. پراکنش فضاهای باز در سناریوی سخت‌گیرانه



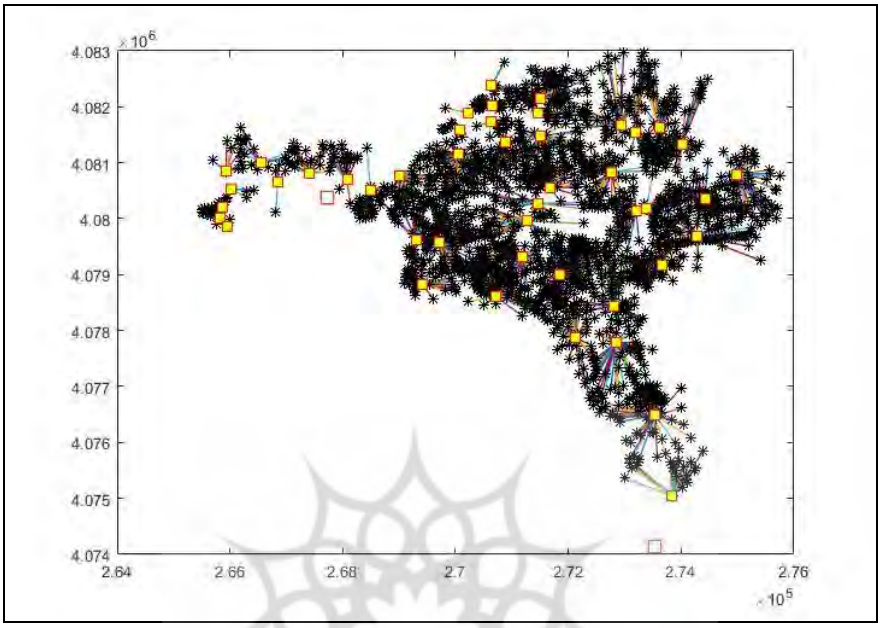
شکل ۴. پراکنش فضاهای باز در سناریوی سهل‌گیرانه

پس از مشخص‌شدن فضاهای باز و مراکز بلوک‌های جمعیتی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک به حل مسئلهٔ HUB در محیط نرم‌افزار MATLAB 2016 پرداخته شد. در این الگوریتم مراکز بلوک‌های جمعیتی به‌عنوان نقاط مبدأ و فضاهای باز شهری به‌عنوان نقاط مقصد یا خدمات‌رسان مشخص شدند. داده‌های هیوریستیک اولیهٔ اجرای مدل، از رستر خروجی میزان آسیب‌پذیری جمعیت هنگام وقوع زلزله (تهیه‌شده توسط نگارندگان) با اعمال ضرایب خطرپذیری جمعیت که در محیط GIS تهیه شده بود، استخراج، و این مقادیر به نقاط مراکز بلوک منتسب شدند. در قسمت دیگر مدل، ظرفیت مکانی فضاهای باز با احتساب ۲ متر مربع برای هر نفر درنظر گرفته شد. باید توجه داشت که شرط دسترسی و امکان تجهیز اولیهٔ تسهیلات ابتدایی امدادی در انتخاب اولیهٔ فضاهای مدنظر قرار گرفت. روش حل مسئلهٔ HUB، به‌کمک الگوریتم ژنتیک با توجه به نوع تابع استفاده‌شده که از نوع کمینه‌سازی است، سعی در حداقل‌کردن هزینهٔ انتقال افراد از مراکز بلوک‌های جمعیتی به فضاهای باز دارد. بدین‌منظور با تغییر شرایط حل مسئله و پارامترهای دخیل در الگوریتم ژنتیک، به مدل‌سازی فرایند پرداخته شده است. در جدول ۱ برای نمونه، ۶ گزینهٔ حل مسئله تخصیص که کمترین هزینه را در میان گزینه‌های استفاده‌شده داشتند، ارائه شد.

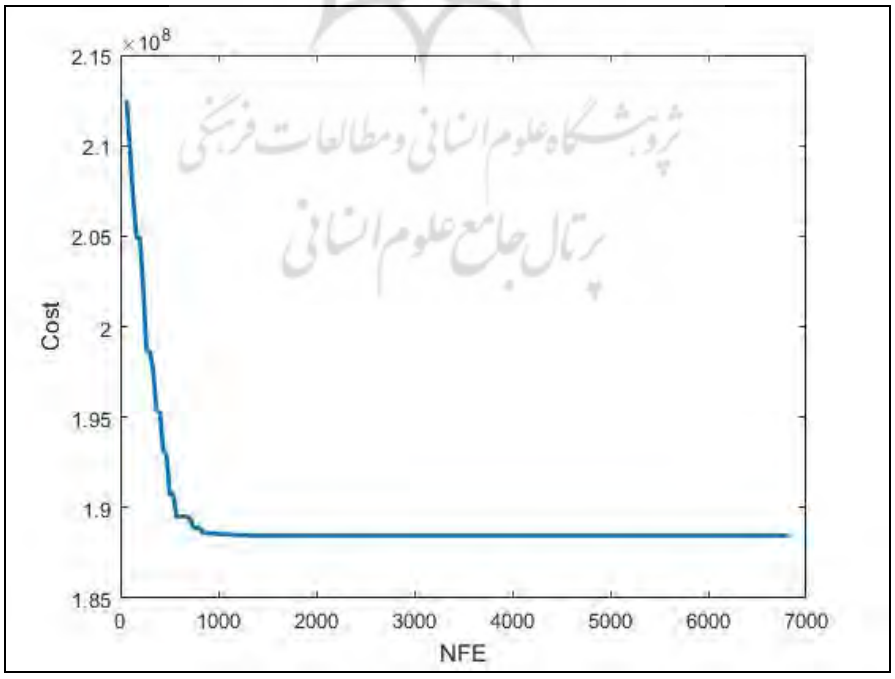
جدول ۱. سناریوهای مورد استفاده در مسئلهٔ HUB

آیتم	گزینهٔ ۱	گزینهٔ ۲	گزینهٔ ۳	گزینهٔ ۴	گزینهٔ ۵	گزینهٔ ۶
Maximum Number of Iterations(MaxIt)	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰
Population Size(nPop)	۳۰	۵۰	۳۰	۳۰	۱۰۰	۱۰۰
Crossover Percentage(Pc)	۰/۸	۰/۸	۰/۲	۰/۸	۰/۸	۰/۸
Mutation Percentage(Pm)	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۸
Mutation Rate(Mu)	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
Selection Pressure(beta)	۸	۸	۸	۲	۲	۲
Selection Method	رولت‌ویل	رولت‌ویل	رولت‌ویل	رولت‌ویل	رولت‌ویل	رولت‌ویل
Best cost	۱۸.۸۴۴.۸۰۰۲	۱۸۸.۴۴۸.۰۰۲	۱۸۸.۴۴۸.۰۰۲	۱۸۸.۴۴۸.۰۰۲	۱۸۸.۴۴۸.۰۰۲	۱۸۸.۴۴۸.۰۰۲

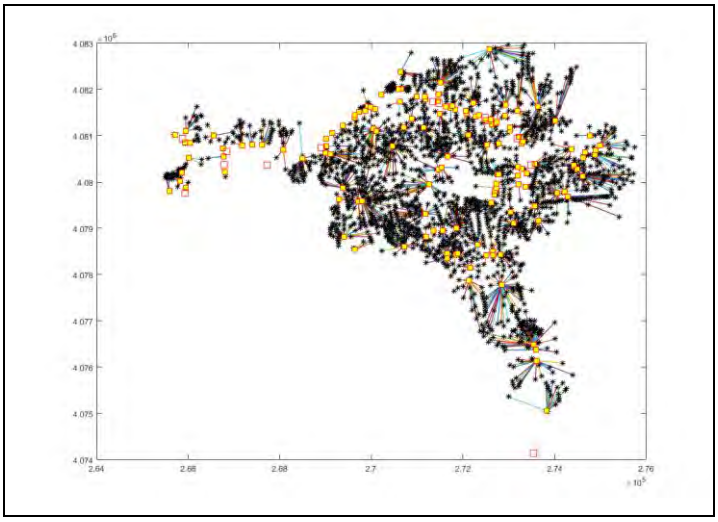
چگونگی تخصیص فضاهای باز در سناریوی سخت‌گیرانه حل مسئلهٔ HUB در محیط MATLAB در شکل ۵ و همچنین تابع استفاده‌شدهٔ آن در شکل ۶ قابل‌مشاهده است. در شکل‌های ۷ و ۸ نیز به‌ترتیب، چگونگی تخصیص فضاهای باز در سناریوی سهل‌گیرانه حل مسئلهٔ HUB و نوع تابع استفاده‌شده آمده است.



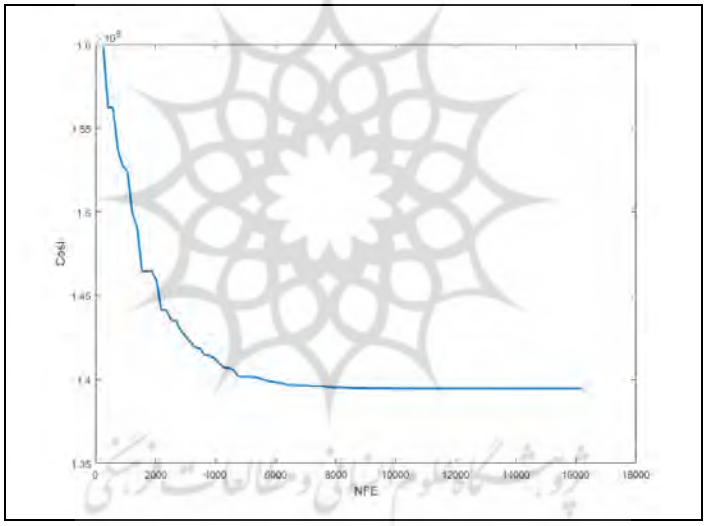
شکل ۵. سناریوی سخت‌گیرانه حل مسئلهٔ HUB در محیط Matlab



شکل ۶. تابع مورد استفاده در سناریوی سخت‌گیرانه حل مسئلهٔ HUB در محیط MATLAB



شکل ۷. سناریوی سهل‌گیرانهٔ حل مسئلهٔ HUB در محیط MATLAB

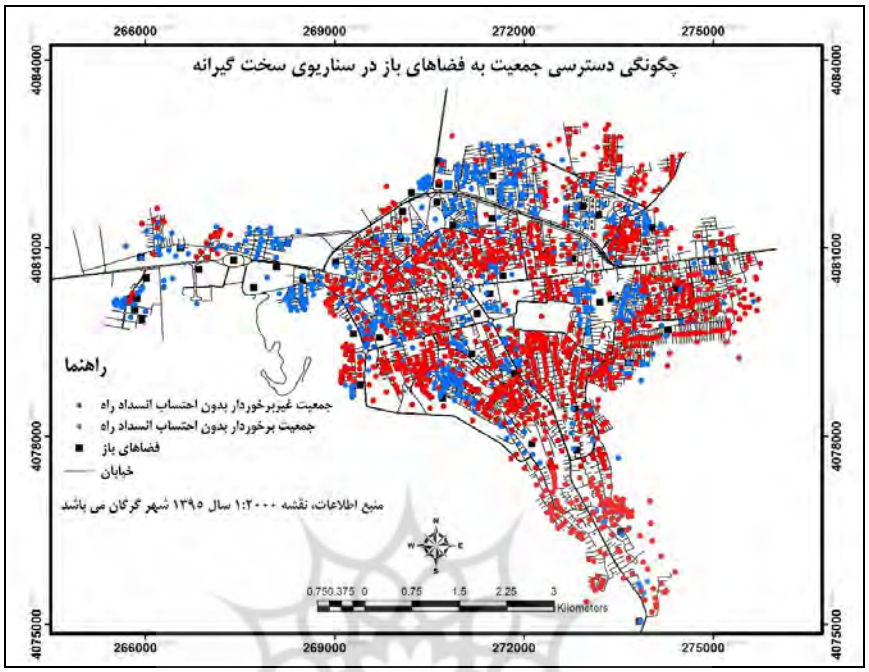


شکل ۸. تابع مورد استفاده در سناریوی سهل‌گیرانهٔ حل مسئلهٔ HUB در محیط MATLAB

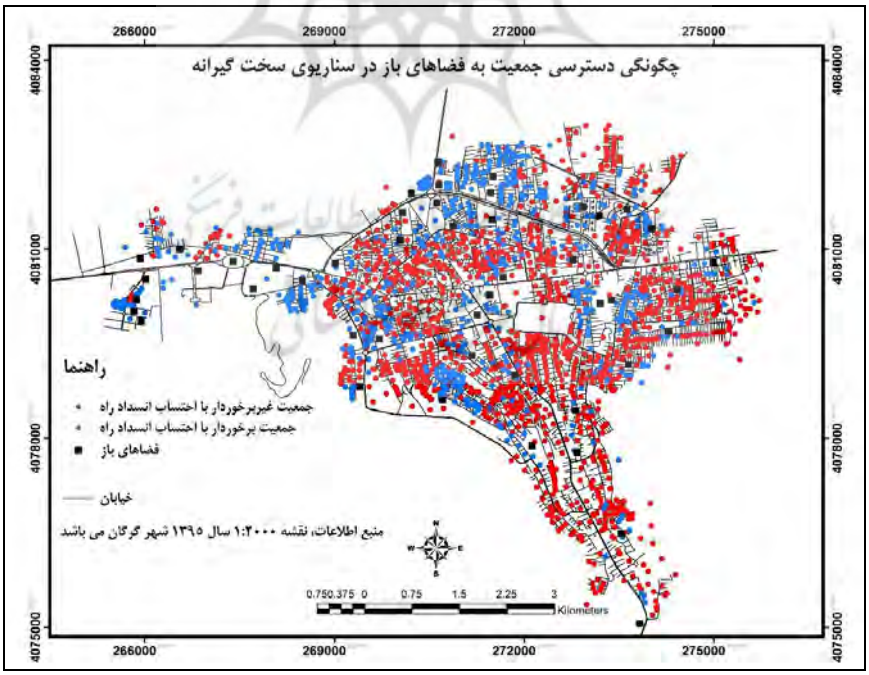
پس از حل مسئلهٔ HUB به‌کمک الگوریتم ژنتیک، به تحلیل تخصیص بهینهٔ مکان در محیط نرم‌افزار ArcGIS در چارچوب دو سناریوی سهل‌گیرانه و سخت‌گیرانه پرداخته شد.

در سناریوی ۱ (سخت‌گیرانه)، ۴۸ قطعه زمین با قابلیت اسکان، به‌عنوان فضاهای باز استفاده شدند. پراکنش این فضاها در سطح شهر ناهمگون است و در بسیاری از موارد مطابقتی با الگوی پراکنش فضایی جمعیت و نیازهای فضایی آن‌ها ندارد. با توجه به اینکه خیابان‌ها در زمینهٔ رسیدن افراد به فضاهای باز تعیین‌کننده است، این مهم هم در سناریوی سهل‌گیرانه و هم سخت‌گیرانه به‌طور مجزا بررسی شد. یکی از وجوه تمایز استفاده از الگوریتم ژنتیک و سامانهٔ GIS، استفاده‌کردن یا نکردن از داده‌های شبکهٔ راه‌ها، ترافیک شهری و محدودیت‌های تردد است. این موضوع در تحلیل محیط GIS، مدنظر قرار گرفت؛ درحالی‌که در الگوریتم ژنتیک از انجام آن به‌دلیل ناتوانی در تعریف مفاهیم و متغیرهای مسئله چشم‌پوشی شد.

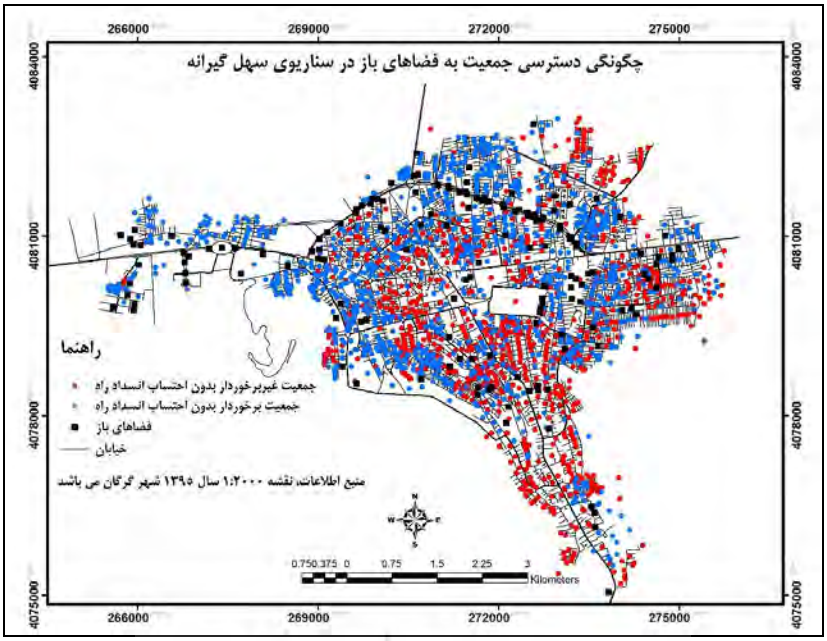
در سناریوی ۲، تعداد فضاهای باز استخراج‌شده مانند الگوریتم ژنتیک ۱۵۳ قطعه بود. خروجی این دو سناریو در دو حالت با احتساب و بدون احتساب انسداد راه در شکل‌های ۹-۱۲ مشاهده می‌شود.



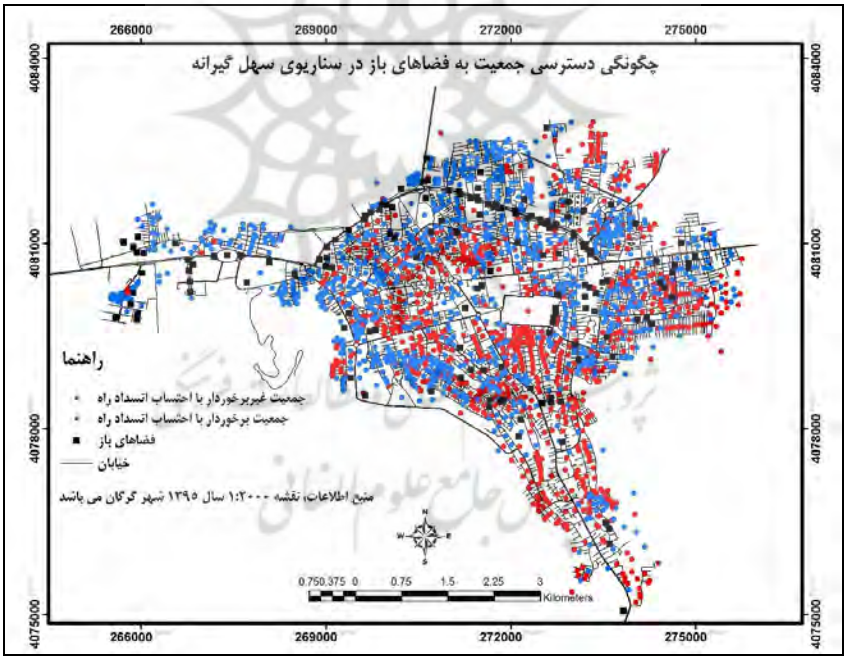
شکل ۹. خروجی سناریوی ۱ (سخت‌گیرانه بدون احتساب انسداد راه)



شکل ۱۰. خروجی سناریوی ۱ (سخت‌گیرانه با احتساب انسداد راه)



شکل ۱۱. خروجی سناریوی ۲ (سهل‌گیرانه بدون احتساب انسداد راه)



شکل ۱۲. خروجی سناریوی ۲ (سهل‌گیرانه با احتساب انسداد راه)

در جدول ۲، جزئیات مکانی و زمانی انتقال شهروندان از نقاط مراکز بلوک به فضاهای باز شهری ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تعداد، چگونگی توزیع مکانی و وضعیت شبکه‌های عبور و مرور نقش زیادی در میانگین هزینهٔ زمانی و مکانی انتقال شهروندان از مراکز بلوک‌های جمعیتی به فضاهای باز مدنظر دارند.

جدول ۲. جزئیات مکانی و زمانی انتقال شهروندان از نقاط مراکز بلوک به فضاهای باز

	سناریوی سخت‌گیرانه		سناریوی سهل‌گیرانه	
	با احتساب انسداد راه	بدون احتساب انسداد راه	با احتساب انسداد راه	بدون احتساب انسداد راه
میانگین مسافت انتقال به متر	۷۳۱	۴۸۷	۶۴۲	۵۱۴
میانگین زمان انتقال به ثانیه	۱۵۸	۶۴	۱۲۶	۷۳
مساحت فضاهای باز به مترمربع	۲۴۷.۲۸۰	۲۴۷.۲۸۰	۳۸۵.۱۶۱	۳۸۵.۱۶۱
تعداد فضاهای باز	۴۸	۴۸	۱۵۳	۱۵۳
جمعیت برخوردار از فضای باز	۸۷.۳۵۰	۱۱۸.۶۹۸	۱۲۷.۸۲۶	۱۷۰.۹۰۰
درصد جمعیت برخوردار از فضای باز	۲۴	۳۲	۳۵	۴۷
جمعیت غیربرخوردار از فضای باز	۲۷۸.۳۳۲	۲۴۶.۹۸۴	۲۳۷.۸۵۶	۱۹۴.۷۸۲
درصد جمعیت غیربرخوردار از فضای باز	۷۶	۶۸	۶۵	۵۳

افزایش هزینهٔ زمانی و مکانی انتقال جمعیت از مراکز بلوک‌های جمعیتی به فضاهای باز شهری، مسئله‌ای است که با وجود اهمیت آن می‌توان تاحدی از آن چشم‌پوشی کرد، اما مسئله مهم‌تر، تعداد و درصد قابل‌توجه جمعیت غیربرخوردار از فضاهای باز است. براساس نتایج، در خوش‌بینانه‌ترین حالت و براساس سهل‌گیرانه‌ترین سناریو، ۵۳ درصد جمعیت شهر گرگان، قابلیت دسترسی به فضاهای باز شهری را نخواهند داشت که این موضوع در سخت‌گیرانه‌ترین حالت تا ۷۶ درصد افزایش می‌یابد. همچنین میانگین مسافت انتقال شهروندان از مراکز بلوک‌های جمعیتی به فضاهای باز مستعد برای اسکان موقت با تحقق شرط احتساب انسداد راه، در هر دو سناریو بیشتر از حالت احتساب‌نشدن شرط انسداد راه است. با توجه به متراکم‌بودن بافت شهر، نتیجهٔ عددی به‌دست‌آمده کوچک به‌نظر می‌رسد. همچنین این موضوع، مؤید کارایی الگوریتم‌های مورد استفاده در فرایند تخصیص مکان نیز به‌شمار می‌آید. به عبارت دیگر، تنظیمات الگوریتم‌های مورد استفاده، به‌گونه‌ای بوده است که تا حد امکان آسیب‌دیدگان زلزله را در نزدیک‌ترین فضای باز شهری ممکن مستقر کند. این موضوع با توجه به تمایل آسیب‌دیدگان برای استقرار در نزدیکی محل سکونت قبلی، مطلوب خواهد بود. نتایج بررسی زمانی انتقال نیز، مشابه گزینهٔ فاصلهٔ مکانی است و نشان می‌دهد در مدت‌زمان ۳ دقیقه به‌شرط وجود فضاهای باز، شرایط دسترسی شهروندان به آن فضاها میسر است.

نتیجه‌گیری

تخصیص بهینهٔ مکان‌های مناسب و ایمن برای اسکان موقت جمعیت آسیب‌دیدهٔ ناشی از زلزله، یکی از مسائلی است که می‌تواند نقش مهمی در مدیریت بحران زلزله و کاهش تبعات آن داشته باشد. با توجه به تغییرات ساختاری، تغییرات عملکردی ناشی از وقوع زلزله و احتمالی‌بودن شرایط پسازلزله، درنظرداشتن و مطالعهٔ این‌گونه مکان‌ها در زمان پیش از وقوع حادثه می‌تواند برگ برندهٔ مدیران و طراحان شهری قلمداد شود.

استفادهٔ هم‌زمان از GIS و الگوریتم‌های فراابتکاری می‌تواند سبب هم‌افزایی قابلیت‌های هر دو برای حل مسئلهٔ تخصیص شود. در این فرایند، داده‌های اولیه در محیط GIS تهیه، و به‌منظور تهیهٔ راه‌حل‌های بهینه به محیط الگوریتم‌های فراابتکاری وارد می‌شود. با این هم‌افزایی می‌توان با صرف زمان اجرای کم، به راه‌حل‌های باکیفیت دست یافت.

در مطالعهٔ حاضر از الگوریتم ژنتیک و حل مسئلهٔ تخصیص هاب، با قید محدودیت ظرفیت نقاط انتقال و شرایط محیطی غیرقطعی، برای بهینه‌سازی فرایند تخصیص فضاهای باز شهری به شهروندان و کمینه‌سازی هزینهٔ جابه‌جایی افراد و فاصله استفاده شده است. حسن این الگوریتم این است که علاوه‌بر سرعت محاسباتی بالا، همیشه پاسخی را برای مسئله ارائه کرده است و در تکرارهای بعدی نیز آن را بهتر می‌کند، اما با عنایت به ماهیت تصادفی آن ممکن است بهینه‌سازی، کیفیت راه‌حل را تضمین نکند.

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی چگونگی دسترسی مکانی شهروندان شهر گرگان به فضاهای باز شهری در مقطع زمانی پس از زلزله انجام شد. مهم‌ترین نتیجهٔ این پژوهش نشان می‌دهد مشکلاتی اساسی در زمینهٔ دسترسی شهروندان به فضاهای باز شهری وجود دارد؛ به‌طوری‌که حتی در سهل‌گیرانه‌ترین سناریو و به فرض انسدادنداشتن راه، بیش از ۵۰ درصد جمعیت شهر قابلیت دسترسی به فضاهای باز شهری را ندارند. این موضوع، حکایت از به‌هم‌فشردگی و درهم‌تنیدگی بافت شهر دارد. کوچک‌بودن عدد مربوط به هزینه‌های انتقال از مراکز بلوک‌های جمعیتی به فضاهای باز شهری نیز موضوع بالا را تأیید می‌کند و کارابودن مدل‌های استفاده‌شده را نیز نشان می‌دهد.

در این پژوهش در زمینهٔ فرایند تخصیص، ضمن توجه به کارکردهای شبکهٔ شهری، دو سناریوی مجزا مشتمل بر سناریوی انعطاف‌پذیر و سخت‌گیرانه استفاده شد؛ البته با تغییر در مدل مفهومی اولیه می‌توان با توجه به نوع شرایط مکانی، تغییراتی در مدل انجام داد و به بسط تعداد سناریوهای ممکن پرداخت. تفاوت پژوهش حاضر با برخی مطالعات مشابه، چگونگی توجه به داده‌های هیوریستیک اولیه است. در این پژوهش به‌جای استفاده از داده‌های تصادفی، از رستر میزان آسیب‌پذیری شهروندان که در محیط GIS تهیه شده است، برای اخذ داده‌های اولیه استفاده شد. بهره‌گیری از این رستر ورودی، هم از بعد نظری و هم از بعد عملی، نتایج خروجی را واقع‌بینانه‌تر کرده است. از سوی دیگر، محدودیت‌های ظرفیت نقاط مقصد نیز یکی از قیود مسئله است. علاوه‌بر موارد فوق، چگونگی طراحی ماتریس فواصل زمانی و مکانی میان مراکز جمعیتی و فضاهای باز شهری نیز براساس فواصل عملکردی مبتنی بر شبکهٔ راه است نه براساس فاصلهٔ اقلیدسی.

درمجموع، خروجی حاصل‌شده از الگوریتم‌های مورد استفاده و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی مناسب بود است و هر دو شرایط لازم را برای دستیابی به راه‌حل‌های منطقی ارائه داده‌اند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌ها، با نتایج فرایند تخصیص در محیط GIS، مشابهت بسیاری دارند و هر دو محدودیت‌های دسترسی شهروندان به فضاهای باز شهری را نشان می‌دهند، اما با عنایت به ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و حل مسئلهٔ هاب پیشنهاد می‌شود که مسئلهٔ تخصیص فضاهای باز، به‌کمک سایر الگوریتم‌های فراابتکاری نیز بررسی، و نتایج آن با الگوریتم ژنتیک مقایسه شد. انتظار می‌رود خروجی پژوهش حاضر، ضمن بسط مبانی مدیریت بحران بتواند برای سازمان‌های متولی بحران‌های طبیعی نیز از بعد نظری و عملی مفید باشد.

منابع

احدنژاد، محسن، مشکینی، ابوالفضل و بتول نوری، ۱۳۸۶، ارزیابی آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (نمونهٔ موردی: شهر زنجان)، اولین کنفرانس GIS شهری، دانشگاه شمال.

استانداری استان گلستان، ۱۳۹۶، چکیدهٔ نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استان گلستان، سازمان برنامه و بودجه، معاونت آمار و اطلاعات، صص ۱–۲۰.

اشراقی، مهدی، ۱۳۸۵، مکان‌یابی اماکن اسکان موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از زلزله با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (منطقهٔ ۲ تهران)، تهران، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبهٔ طبیعی.

اصغری زمانی، اکبر، ۱۳۹۳، «بررسی کیفیت دسترسی به فضاهای باز شهری به هنگام وقوع حوادث غیرمترقبه طبیعی (مطالعهٔ موردی: شهر تبریز)»، نشریهٔ علمی–پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال هجدهم، شمارهٔ ۴۸، صص ۱–۱۶.

تقوی، عابد، ۱۳۸۹، «بازتاب تحولات اجتماعی در ساختار فضایی شهر قدیم گرگان در دوران اسلامی»، نشریهٔ مطالعات اجتماعی ایران، شمارهٔ ۱۱، صص ۱–۹.

حاله، حسن و دانیال اسماعیلی علی‌آبادی، ۱۳۹۴، «بهبود الگوریتم رقابتی کلونی استعمارگران با استفاده از عملگر یادگیری استعمارگران و کاربرد آن در حل مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد»، مجلهٔ مدیریت توسعه و تحول، شمارهٔ ۲۲، صص ۵۵–۶۱.

خمر، غلامعلی، صالح گوهری، حسام‌الدین و زهرا حسینی، ۱۳۹۳، «امکان‌سنجی مکان گزینی پناهگاه‌های شهری با استفاده از مدل IO و روش AHP (مطالعهٔ موردی: محلات سیزده‌گانهٔ منطقهٔ یک شهر کرمان)»، فصلنامهٔ مطالعات برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شمارهٔ ۷، صص ۲۹–۵۴.

شریعت مهیمنی، افشین، معادی، سعید و محسن بابایی، ۱۳۹۱، به‌کارگیری الگوریتم رقابت استعماری در مکان‌یابی مراکز فوریت‌های پزشکی، ششمین کنگرهٔ ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان.

شیعه، اسماعیل، حبیبی، کیومرث و کمال اسماعیل، ۱۳۸۹، «بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی شهرها در مقابل زلزله با استفاده از GIS و IHWP»، باغ نظر، سال هفتم، شمارهٔ ۱۳، صص ۳۵–۴۸.

صمدزادگان، فرهاد، عباسپور، علی و پرهام پهلوانی، ۱۳۸۵، مکان‌یابی اماکن اسکان اضطراری شهروندان در سوانح غیرمترقبه با به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات مکانی هوشمند، تهران، کنفرانس فناوری اطلاعات مکانی و مدیریت حوادث طبیعی.

عادلی، محسن، زیاری، کرامت‌اله و سعید گیوه‌چی، ۱۳۹۷، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهروندان شهر گرگان در برابر بحران زلزله با استفاده از GIS و الگوریتم‌های متاهیوریستیک، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، 10.22059/jhgr.2018.234542.1007469

عزیزی، محمدمهدی و میلاد همافر، ۱۳۹۱، «آسیب‌شناسی لرزه‌ای معابر شهری، مطالعهٔ موردی: محلهٔ کارمندان، کرج»، نشریهٔ هنرهای زیبا–معماری و شهرسازی، دورهٔ هفدهم، شمارهٔ ۳، صص ۵–۱۵.

قطب‌الدینی، محسن، متکان، علی‌اکبر، علی‌محمدی، عباس و بابک میرباقری، ۱۳۹۱، پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه (ACO) در مکان‌یابی پناهگاه‌های اسکان موقت بعد از زلزله (مطالعهٔ موردی: شهر کرمان)، پایان‌نامهٔ مقطع کارشناسی ارشد گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی تهران.

گیوه‌چی، سعید، عطار، محمدامین، رشیدی، اصغر، حصاری، ابراهیم و نسترن نصبی، ۱۳۹۲، «مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از GIS و تکنیک AHP (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۶ شهر شیراز)»، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال پنجم، شمارهٔ ۷، صص ۱۰۱-۱۱۸.

مختارزاده، صفورا، سرگلزایی، شریفه و رسول بیدرام، ۱۳۸۹، ارزیابی روشمند آسیب‌پذیری معابر در برابر زلزله، کنفرانس ملی زلزله و آسیب‌پذیری اماکن و شریان‌های حیاتی.

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۵، تهیه و تدوین سناریوی زلزله شهر گرگان، بخش زلزله، فصل سوم، ص ۶۶

نارویی، خدیجه و اسماعیل آقائی‌زاده، ۱۳۹۶، «مکان‌یابی سایت اسکان موقت در برابر زلزله در شهرها (مطالعهٔ موردی: شهر زاهدان)»، مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری، سال چهارم، شمارهٔ ۱، صص ۱۵۵-۱۷۳.

نیک‌پور، عامر، لطفی، صدیقه و مرتضی رضازاده، ۱۳۹۶، «تحلیل رابطهٔ میان فرم شهر و شاخص دسترسی (مورد مطالعه: شهر بابلسر)»، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)، سال هفتم، شمارهٔ ۳، صص ۸۵- ۱۰۶.

Adeli, M., Ziyari, K., and Givehchi, S., 2018, Evaluation of GORGAN Citizens Vulnerability Against Earthquake Disaster Using GIS and Meta-Heuristic Algorithms, Human Geography Research. DOI: 10.22059/Jhgr.2018.234542.1007469. (In Persian)

Adewole, Ph., Akinwale, A., and Otunbanowo, K., 2011, A Genetic Algorithm for Solving Traveling Saleman Problem, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). Vol. 2, No. 1. PP. 26-29.

Ahad Nezhad, M., Meshkini, A., and Nouri, B., 2007, Evaluation of Vulnerability of Rural and Informal Residents from Earthquakes Using Geographic Information Systems (Case Study: Zanjan City), The First Urban GIS Conference, North University. (In Persian)

Asghari Zamani, A., 2014, Evaluation of the Quality of Access to Urban Free Spaces During Natural Disasters (Case Study: Tabriz City), Journal of Geography and Planning, Vol. 18, No. 48, PP. 16-1. (In Persian)

Azizi, M. M., and Homafar, M., 2012, Seismic Pathology of Urban Roads, Case Study: Karmandan Area, Karaj, Journal of Fine Arts, Architecture and Urban Development, Vol. 17, No. 3, PP. 5-15. (In Persian)

Behrou, R., and Guest, J. K., 2017, Topology Optimization for Transient Response of Structures Subjected to Dynamic Loads, In 18th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference (P. 3657).

Behrou, R., Lawry, M., and Maute, K., 2017, Level Set Topology Optimization of Structural Problems with Interface Cohesion, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 112, No. 8, PP. 990-1016.

Behzadi, S., and Alesheikh, A. 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. 22-24.

Bin Jubeir, M., Almazrooie, M., and 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.

Building and Housing Research Center, 2006, Preparation and Compilation of Earthquake Scenario in Gorgan, Earthquake Section, Third Chapter, PP. 66. (In Persian)

Cavuoti, S., Garofalo, M., Brescia, M., Paolillo, M., Pescape, A., Longo, G., and Ventre, G., 2013, Astrophysical Data Mining with GPU a Case Study: Genetic Classification of globaler cluster, printed submitted of New Astrophysical, , PP. 1 -29,

Central U.S Earthquake Consortium, 2000, Earthquake Vulnerability of Transportation System in the Central United States, Compiled by the Central U.S Earthquake Consortium.

Chen W., and Scawthorn C., 2002, Earthquake Engineering Handbook, CRC Press, Florida.

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

EMDAT., 2017, The OFDA/CRED International Disaster Database, Universite Catolique De Louvain-Brussels-Belgium, [Accessed 2017 Jan 1], http://www.emdat.be/emergency Shelter Location, Journal of Natural Disasters, Vol. 24, No. 2, PP. 8-14.

Eshraghi, M., 2006, Locating Temporary Accommodation Sites of Earthquake-Affected Populations Using Geographic Information Systems (Tehran 2nd District), Tehran, Second International Conference on the Integrated Management of Crisis Management In Natural Disasters. (In Persian)

Ghotbeddini, M., Metkan, A. A., Ali Mohammadi, A., and Mirbagheri, B., 2012, Implementation of Ant Colony Optimization Algorithm (ACO) in Locating Temporary Shelters After Earthquake (Case Study: Kerman City), Master's Degree Dissertation, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran. (In Persian)

Givehchi, S., Attar, M. A., Rashidi, A., Hesari, E., and Nasabi, N., 2013, Locating Temporary Post-Earthquake Settlement Using GIS and AHP Technique. Case Study: District 6 of Shiraz, Urban and Regional Studies and Research, Vol. 5, No. 7, PP. 101-118. (In Persian)

Gog, A., Dumitrescu, D., and Hirsbruner, B., 2007, New Selection Operator Based on Genetic Relatedness for Evolutionary Algorithms, IEEE Congress on Evolutionary Computation, PP. 4610-4614.

Governorate of Golestan Province, 2017, The Results Abstract of General Census of Population and Housing in 2017 At Golestan Province, Planning and Budget Organization, Department of Statistics and Information, PP. 1-20. (In Persian)

Haleh, H., Esmaeili A., and Abadi, D., 2015, Improvement of Imperialist Colony Competitive Algorithm Using the Colonial Learner's Operator and Its Application to Solving the Travelling Salesman Problem, Journal of Development Evolution Management, No. 22, PP. 55-61. (In Persian)

He, S., Zhang, L., Song, R., Wen, Y., and Wu, D., 2009, Optimal Transit Routing Problem for Emergency Evacuations, The Nataional Acadmies of Sciences Engineering Medicine, Transportation Research Board. Accession Number: 01128717, Report/Paper Numbers: 09-0931.

John, A., Arunadevi, J., and Mohan, V., 2009, Intelligent Transport Route Planning Using Genetic Algorithm in Computation Algorithm, European Journal of Scientific Reasearch, ISSN 1450-216X. Vol. 25. No. 3, PP. 463-468.

Khomr, Gh., Saleh Gohari, H., and Hosseini, Z., 2014, The Feasibility of Urban Sprawl Location Using Model (IO) and Method (AHP) (Case Study: 13 Districts of Kerman City), Quarterly Journal of Urban Planning, Vol 2, No. 7, PP. 29 - 54. (In Persian)

Kumar, J., Arunadevi, J., and 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.

Ma, D.X., Chu, J.Y., Wang, Z., Chen L.L., 2015, Study on Location Model of Disaster Emergency Shelter Based on Multi-Objective Programming, Journal of Natural Disasters, Vol. 24, No. 2, PP.1-7, DOI: 10.13577/J.Jnd.2015.0201.

Mandekar, U. H., and Aher, P. B., 2013, Solving the Traveling Saleman Problem Using an Evolutionary Algprithm, International Journal of Computer and Technology, Vol. 4., No. 1, PP. 33- 35.

Masum, A. K., Shahjalal, M., Faruque, F., and Sarker, I. H., 2011, Solving the Vehicle Routing Problem Using Genetic Algorithm, (IJACSA). International Journal of Advanced Computer Science and Applications. Vol. 2, No. 7, PP. 126 – 131.

Mavrovouniotis, M., Müller Felipe M., and Yang, Sh., 2016, Ant Colony Optimization with Local Search for Dynamic Travelling Salesman Problems, Ieee Transactions on Cybernetics, Vol. Xx, No. Yy, PP. 1 -14.

Mokhtarzadeh, S., Sargolzaei, Sh., and Bidram, R., 2010, Methodological Assessment of Earthquake Road Vulnerability, National Earthquake Conference and Vulnerability of Vital Sites and Roads. (In Persian)

Nappi, M. M .L., Souza, J. C., 2014, Disaster Management: Hierarchical Structuring Criteria for Selection and Location of Temporary Shelters, Nat Hazards. 75:2421–2436. Doi:10.1007/S11069-014-1437-4, On Multi-Objective Programming, Journal of Natural Disasters, Vol. 24, No. 2, PP. 1-7.

Narooei, K., and Aghaei Zadeh, I., 2017, Locating the Temporary Residental Site for Earthquake in Cities (Case Study: Zahedan City), Journal of Geography and Urban Space Development, Vol. 4, No. 1, PP. 155-173. (In Persian)

Nikpour, A., Lotfi, S., and Reza Zadeh, M., 2017, Analysis of the Relationship Between City Form and Accessibility Index (Case Study: Babolsar), Quarterly Journal of Spatial Planning (Geography), Vol. 7, No. 3, PP. 85- 106. (In Persian)

Raichaudhuri, A., and Jain, A., 2010, Generic Algorirhm Based Logistics Route Planning, International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 2, PP. 205-208.

Saadatseresht, M., Mansourian, A., and Taleai, M., 2009, Evacuation Planning Using Multiobjective Evolutionary Optimization Approach, European Journal of Operational Research, 198, 305–314. Doi: 10.1016/J.Ejor.2008.07.032.

Sallabi, O., 2009, An Improved Genetic Algorithm to Solve the Traveling Salesman Problem, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index Vol. 3, No. 4, waste.org/publication/ 15802. PP. 388-391.

Samadzadegan, F., Abbaspour, A., and Pahlavani, P., 2006, Locating Emergency Accommodation Places of Citizens in Unexpected Accidents Using Smart Space Information Systems, Tehran, Spatial Information Technology Conference and Natural Disaster Management. (In Persian)

Shariat Mohaymeni, A., Maadi, S., and Babaei, M., 2012, Using the Colonial Competition Algorithm for Locating Medical Emergency Centers, Sixth National Congress on Civil Engineering, Semnan University. (In Persian)

Sherali, H. D., Carter, T. B., and Hobeika, A. G., 1991, A Location-Allocation Model and Algorithm for Evacuation Planning Under Hurricane/ Flood Conditions. Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 25, No. 6, PP. 439-452.

Shie, I., Habibi, K., and Ismail, K., 2010, Evaluation the Vulnerability of Urban Communication Networks Against Earthquakes Using GIS and IHWP, Bagh-E-Nazar, Vol. 7, No. 13, PP. 35-48. (In Persian)

Taqavi, A., 2010, Reflects the Social Changes in the Spatial Structure of the Ancient City of Gorgan During the Islamic Era, Iranian Social Studies Journal, No. 11. (In Persian)

Tzeng, G. H., and Cheng, H. J., 2007, Multi-Objective Optimal Planning For Designing Relief Delivery Systems, Transportation Research Part E, Vol. 43, No. 6, PP. 673-686.

Tzung Pei, H., Yuan Ching, P., WenYang, L., and ShyueLiang W., 2017, Empirical Comparison of Level-Wise Hierarchical Multi-Population Genetic Algorithm, Journal of Information and Telecommunication, Vol. 1, No. 1, PP. 66–78. (http://dx.doi.org/10.1080/24751839 .2017.1295662.

Widener, M. J., and Horner, M. W., 2011, A Hierarchical Approach to Modeling Hurricane Disaster Relief Goods Distribution, Journal of Transport Geography, Vol. 19, No. 4, PP. 821-828.

Zhao, X., Graham, C., and Wei, X., 2017, Solving the Earthquake Disaster Shelter Location-Allocation Problem Using Optimization Heuristics, Analytical Modeling and Simulation, Proceedings of The 14th ISCRAM Conference – Albi, France, May 2017. 50 -62.

Xu, W., Zhao, X., Yunjia, Ma., Ying, Li., Qin, L., Wang, Y., Du, J., 2018, A Multi-Objective Optimization Based Method for Evaluating Earthquake Shelter Location–Allocation, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2018, Vol. 9, No. 1, PP. 662–677. https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1470114.

Xu, W., et al., 2014, Collaborative Modelling-Based Shelter Planning Analysis: A Case Study of the Nagata Elementary School Community in Kobe City, Japan. Disasters, No. 38, PP.125–147. Doi:10.1111/Disa.12033.

Yuan Y., Liu Y., Zhu, S. H., Wang, J. B., 2015, Maximal Preparedness Coverage Model and Its Algorithm for Emergency Shelter Location, Journal of Natural Disasters. Vol 24, No. 02, Pages 8 -14.

Yung Lung L., Ming Chin Ho., Tsung Cheng H., and Cheng An T., 2007, Urban Disaster Prevention Shelter Vulnerability Evaluation Considering Road Network Characteristics, 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction.

Zhao, X., Xu, W., Yunjia, Ma., and Hu, F., 2015, Scenario-Based Multi-Objective Optimum Allocation Model for Earthquake Emergency Shelters Using a Modified Particle Swarm Optimization Algorithm: A Case Study in Chaoyang District, Beijing, China, Plos One 10 (12): E0144455. Doi: 10.1371/Journal.Pone.0144455.

Zhou, C., Zheng, J., and Li, W., 2008, An Improved Heuristic Crossover Operator for TSP, Fourth International Conference on Natural Computation, Jinan, Print ISBN: 978-0-7695-3304-9, INSPEC Accession Number: 10398337, pp. 541-545. doi: 10.1109/ICNC.2008.514,

پرتال جامع علوم انسانی