The University of Tehran Press

# Town & Country Planning

Home Page: https://jtcp@ut.ac.ir

Online ISSN: 2423-6268

# Locating temporary shelter sites after the earthquake using developed geographically weighted regression (District 22 of Tehran city)

**Parham Pahlavani[1*] | Ali Rabani[2] | Behnaz Bigdeli[3] | Seyed Ahmad Eslaminezhad[4]**

1. Corresponding Author, Department of GIS, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: pahlavani@ut.ac.ir
2. Department of GIS, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: alirabani02@gmail.com
3. Faculty of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: bigdeli@shahroodut.ac.ir
4. Department of GIS, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: ahmad.eslami73@ut.ac.ir

## ARTICLE INFO

**Article type:**
Research Article

**Article History:**
Received June 30, 2022
Revised July 17, 2022
Accepted July 24, 2022
Published online 09 December 2023

**Keywords:**
*Earthquake,*
*Temporary Shelter,*
*Geographically Weighted Regression,*
*Binary Particle Swarm Optimization Algorithm.*

## ABSTRACT

The purpose of this research is to select temporary accommodation centers after the earthquake crisis to meet the needs of the victims. Therefore, this research has tried to identify temporary accommodation sites in District 22 of Tehran with the help of effective criteria. The required data has been obtained from the Tehran Disaster Mitigation and Management Organization and the results of the general population and housing census of 2017. The novelty of this research is to present a new combination approach to determine the effective criteria for locating temporary shelter sites. In this regard, the combination of geographically weighted regression (Gaussian and tri-cube kernels) with a binary particle swarm optimization algorithm was used. The recommended combination method is suitable for spatial regression problems because it is compatible with two unique properties of spatial data, i.e. spatial autocorrelation and spatial non-stationarity. The best value of the fitness function (1-R2) for Gaussian and tri-cube kernels was obtained at 0.04616 and 0.0097, respectively, which indicates the high compatibility of the tri-cube kernel with effective criteria. According to the obtained maps, Chitgar Park and Azadi Sports Complex are some of the widest and most suitable areas for the construction of temporary shelter sites after the earthquake crisis in the case study. By identifying temporary shelters, relevant organizations can provide the appropriate infrastructure for these selected centers so that there is no need to spend time to provide these services in the event of an earthquake.

**Cite this article:** Pahlavani, P ; Rabani , A ; Bigdeli, B & Eslaminezhad , S. A. (2023). Locating temporary shelter sites after the earthquake using developed geographically weighted regression (District 22 of Tehran city). *Town and Country Planning*.15 (2), 419-434. DOI: 10.22059/jtcp.2022.345226.670331

© Parham Pahlavani, Ali Rabani, Behnaz Bigdeli, Seyed Ahmad Eslaminezhad.
**Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345226.670331

.

انتشارات دانشگاه تهران

**آمایش سرزمین**

**سایت نشریه:** https://jtcp@ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

# مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی توسعه‌یافته (منطقهٔ ۲۲ شهر تهران)

**پرهام پهلوانی[۱*]| علی ربانی[۲]| بهناز بیگدلی[۳]| سید احمد اسلامی‌نژاد[۴]**

۱. نویسندهٔ مسئول، گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: pahlavani@ut.ac.ir

۲. گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: alirabani02@gmail.com

۳. دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: bigdeli@shahroodut.ac.ir

۴. گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ahmad.eslami73@ut.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخ‌های مقاله:**
**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۹
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۴/۲۶
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۵/۰۲
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

**کلیدواژه:**
*اسکان موقت،*
*الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته،*
*رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی،*
*زلزله.*

**چکیده**

پژوهش حاضر با هدف مکان‌یابی مراکز اسکان موقت پس از بحران زلزله به منظور تأمین نیازمندی‌های حادثه‌دیدگان انجام شد. در این تحقیق سعی شد جایگاه‌های اسکان موقت در منطقهٔ ۲۲ شهر تهران به کمک معیارهای مؤثر شناسایی شوند. داده‌های مورد نیاز از طریق سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران و نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۷ به دست آمد. نوآوری تحقیق حاضر ارائهٔ یک رویکرد ترکیبی جدید جهت تعیین معیارهای مؤثر برای مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت است. در این زمینه از ترکیب رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (هسته‌های گوسین و مکعبی سه‌گانه) و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته استفاده شد. روش ترکیبی پیشنهادی مناسب برای مسائل رگرسیون مکانی است. زیرا این روش با دو خواص منحصربه‌فرد داده‌های مکانی، یعنی خودهمبستگی مکانی و ناایستایی مکانی، سازگار است. بهترین مقدار تابع برازش ($1-R^2$) برای هسته‌های گوسین و مکعبی سه‌گانه به ترتیب ۰/۰۴۶۱۶ و ۰/۰۰۹۷ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ سازگاری بالای هستهٔ مکعبی سه‌گانه با معیارهای مؤثر است. بر اساس نقشه‌های حاصل‌شده، پارک چیتگر و مجموعهٔ ورزشی آزادی وسیع‌ترین و مناسب‌ترین پهنه‌ها برای احداث جایگاه‌های اسکان موقت پس از بروز بحران زلزله در منطقهٔ مورد مطالعه هستند. با شناسایی جایگاه‌های اسکان موقت، سازمان‌های مربوطه می‌توانند زیرساخت‌های اولیه و مناسب را برای این مراکز منتخب فراهم کنند تا در صورت وقوع زلزله نیاز به صرف وقت برای تأمین این خدمات نباشد.

**استناد:** پهلوانی، پرهام؛ ربانی، علی؛ بیگدلی، بهناز و اسلامی‌نژاد، سید احمد (۱۴۰۲). مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی توسعه‌یافته (منطقهٔ ۲۲ شهر تهران). *آمایش سرزمین*، ۱۵ (۲) ۴۱۹-۴۳۴.

DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345226.670331

© پرهام پهلوانی، علی ربانی، بهناز بیگدلی، سید احمد اسلامی‌نژاد
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345226.670331

**ناشر:** مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه و بیان مسئله

زلزله یکی از بحران‌های طبیعی است که از دیرباز تاکنون سکونتگاه‌های انسانی را تهدید کرده است. به‌رغم پیشرفت‌های شگرف در تکنولوژی و دستیابی به ناممکن‌های قرون گذشته، هنوز انسان در برابر این بحران ناتوان است و گاه و بی‌گاه در معرض تلفات و خسارت‌های مالی بسیاری قرار می‌گیرد. بنابراین مدیریت بحران زلزله امری ضروری به نظر می‌رسد (Hosseini, et al., 2016: 15; Tang, et al., 2020: 1167). وجود بلایای طبیعی مانند زلزله در کشور باعث شده ایران جزء ده کشور نخست جهان در زمینهٔ بلاخیزی باشد (بازدار و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۹۹؛ ارکانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۹۵). در ایران معمولاً مکان‌گزینی برای اسکان موقت شهروندان به صورت تجربی و پس از وقوع سانحه، بدون در نظر گرفتن استانداردهای لازم، توسط سازمان‌های امدادرسان انجام می‌گیرد. همان‌طور که آمارها نشان می‌دهد از ۴۰ نوع بلای طبیعی که در جهان رخ می‌دهد ۳۹ مورد آن در ایران به وقوع می‌پیوندد (امان‌پور و پرویزیان، ۱۳۹۹: ۳۸۶). بدیهی است عدم مکان‌گزینی صحیح ممکن است فاجعه‌ای به مراتب هولناک‌تر از سانحهٔ اولیه را به دنبال داشته باشد. موفقیت در اسکان موقت می‌تواند منجر به موفقیت در همهٔ مراحل مدیریت بحران شود (سلطانی و المدرسی، ۱۳۹۶: ۳؛ امان‌پور و پرویزیان، ۱۳۹۹: ۳۸۷). انتخاب و مکان‌گزینی اصولی، با قانونمند کردن شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار در تصمیم‌گیری و ارائهٔ راهکارهای منطقی، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را در انتخاب مکان‌های مناسب برای مدیریت بحران‌ها یاری می‌کند (مقیمی و منصفی پراپری، ۱۳۹۸: ۷۵). پارک‌های شهری و جنگلی این قابلیت را دارند که در صورت وجود زیرساخت‌های مورد نیاز تجهیز شوند و بر اساس طبقه‌بندی‌های انجام‌گرفته همهٔ بازماندگان در آن‌ها سکنی داده شوند (اسماعیلی، ۱۳۹۶: ۲۷۵). انتخاب مکان مناسب برای یک فعالیت در سطح شهر یکی از تصمیمات پایداری برای انجام دادن یک طرح گسترده است که نیازمند تحقیق در مکان از دیدگاه‌های مختلف است (Dabiri et al., 2020: 55). از آنجا که مکان‌یابی نیاز به اطلاعات و اهمیت زیادی دارد، حجم بزرگی از اطلاعات جزئی برای معرفی مکان‌های مختلف باید جمع‌آوری و ترکیب و تجزیه‌وتحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از معیارهایی که ممکن است در انتخاب تأثیر داشته باشند صورت پذیرد (جمال‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۵۴؛ رشیدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۲). بنابراین، در مقیاس شهر، مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌های شهر، جهت انتخاب مکانی مناسب، تجزیه‌وتحلیل می‌کند (Kilci, 2015: 324). مهم‌ترین هدف این تحقیق شناخت مکان‌های مناسب و ایمن برای اسکان موقت جمعیت پس از وقوع بحران زلزله به منظور تأمین نیازهای اولیهٔ آسیب‌دیدگان و بازماندگان بحران است که این امر با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اجتماعی و کالبدی منطقه صورت خواهد گرفت. از این رو، در تحقیق حاضر با در نظر گرفتن مراحل مدیریت بحران یک منطقهٔ زلزله‌زده سعی شد به مکان‌یابی فضاهای مناسب جهت احداث جایگاه‌های اسکان موقت پرداخته شود. با توجه به تحقیقات پیشین، روش‌های ادغام داده‌ها در دو دستهٔ کلی دانش‌محور و داده‌محور قابل دسته‌بندی هستند (Guevara et al., 2018: 159655; Wang & Liu, 2019: 2). روش‌های داده‌محور در مناطق شناخته‌شده یا مناطقی که از لحاظ آماری تعداد شواهد شناخته‌شده کافی هستند کارآیی بالایی دارند. در این روش‌ها هدف مشخص کردن مکان‌های جدید برای کارهای تفصیلی‌تر است، در حالی که روش‌های دانش‌محور در محیط‌هایی که کمتر شناخته شده‌اند یا تعداد کمی از اهداف مورد نظر در محدوده وجود دارند کارآمد هستند. تخمین وزن‌ها برای نقشه‌های شاهد و تخمین کلاس‌ها در هر نقشه شاهد بر اساس قضاوت کارشناس و با توجه به ویژگی‌های نشانه‌ها است که در همهٔ موارد تصمیم‌گیری قابل اجرا هستند و نیازی به وجود شواهدی از جواب ندارند.

بنابراین در تحقیق حاضر با هدف بهبود نتایج مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت پس از زلزله و با توجه به وجود شواهد کافی (لایهٔ مراکز امن در منطقهٔ مورد مطالعه) از رویکرد ادغام داده‌محور رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR)[1] در ترکیب با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته (BPSO)[2] استفاده شد.

## پیشینهٔ پژوهش

مطالعات متعددی در خصوص مکان‌یابی مراکز اسکان موقت بعد از وقوع زلزله صورت پذیرفته که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود.

1. geographically weighted regression
2. binary particle swarm optimization

زنگی‌آبادی و همکارانش (۱۳۹۴) در پژوهش خود به مکان‌یابی مراکز اسکان موقت برای بحران‌های محیطی در منطقهٔ ۶ شهر اصفهان پرداختند. آن‌ها با توجه به شاخص‌های متعدد- از جمله ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مراکز سوخت، مراکز برق، مراکز درمانی- به مکان‌یابی اسکان موقت و اولویت‌بندی آن‌ها اقدام کردند. سلطانی و المدرسی (۱۳۹۶) به مطالعهٔ موردی بافت تاریخی شهر یزد با هدف تعیین بهترین مکان استقرار گروه‌های امداد جهت انجام دادن عملیات نجات پرداختند. بدین منظور، برای از بین بردن عدم قطعیت در داده‌های ورودی، شبکهٔ استنتاجی فازی تشکیل شد و از آن به منظور تعیین مکان‌های مناسب استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان‌دهندهٔ کمبود فضاهای کافی برای استقرار زلزله‌زدگان در بافت تاریخی شهر یزد بود. کریم‌پور و مؤمنی (۱۳۹۶) در مطالعهٔ خود با استفاده از معیارهای اساسی- مانند کاربری‌های ناسازگار و سازگار، دسترسی، تراکم جمعیتی و ترافیکی- مکان‌های مناسب و ایمن برای استقرار آسیب‌دیدگان پس از زلزله را بررسی کردند. از این رو با استفاده از نظر کارشناسان و منطق فازی معیارهای تعیین‌شده وزن‌دهی و هم‌پوشانی شدند. نتایج این مطالعه نشان داد مناطق حاشیهٔ زاینده‌رود دارای پتانسیل نسبتاً بهتر برای استقرار آسیب‌دیدگان هستند. بهادری و همکارانش (۱۳۹۶) در مطالعهٔ خود به مکان‌یابی بهینهٔ مراکز اسکان موقت شهر مهاباد با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی [1](*AHP*) و کاربرد سیستم اطلاعات مکانی [2](*GIS*) پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد توزیع مناسب فضاهای مورد نظر در سطح شهر برای استقرار آسیب‌دیدگان زلزله در سطح شهر مهاباد وجود ندارد. لی[3] و همکارانش (۲۰۱۷) در مطالعهٔ خود با استفاده از روش *AHP* به بررسی و برنامه‌ریزی پناهگاه‌های زلزله در شهر شانگهای چین پرداختند و نتیجه گرفتند برنامه‌ریزی پناهگاه‌های اضطراری می‌تواند هزینهٔ ساخت پناهگاه‌ها و میانگین فاصلهٔ مورد نیاز طی‌شده توسط قربانیان تا پناهگاه را کاهش دهد. چن[4] و همکارانش (۲۰۱۷) برای پناهگاه‌های اضطراری شهری در زمان مخاطرات یک چارچوب برنامه‌ریزی مبتنی بر نظریهٔ سیستم و *GIS* در شهر گوانجوی چین طراحی کردند. نتایج نشان داد این چارچوب ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی پناهگاه‌های اضطراری شهری است. جونیان[5] و عزیزی‌فر (۲۰۱۸) در مطالعهٔ خود به تعیین بهینهٔ مکان‌های سرپناه موقت (منطقهٔ مورد مطالعه: شمال ایران) با استفاده از معیارهای مؤثر- مانند دسترسی به جاده‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مناطق پرجمعیت، خطوط گسل، مراکز پزشکی- پرداختند. آن‌ها جهت رسیدن به هدف تحقیق از فرایند *AHP* در محیط *GIS* استفاده کردند. نتایج نشان داد فاصله از خطوط گسل می‌تواند مؤثرترین عامل بین سایر عوامل باشد.

مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت پس از زلزله موضوعی است که تاکنون زیاد بدان پرداخته شده است. اما در میان مطالعات صورت‌پذیرفته نکاتی وجود دارد که کمتر بدان توجه شده است. اول اینکه در هیچ‌یک از مطالعات صورت‌گرفته ترکیب مناسب و کافی از معیارها برای مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت در نظر گرفته نشده است. دوم اینکه تحلیل مناسبی برای تعیین ترکیب بهینهٔ معیارهای مؤثر و تهیهٔ نقشهٔ موقعیت جایگاه‌های اسکان موقت بر اساس تأثیرات معیارهای مؤثر به کار برده نشده است. بنابراین در این تحقیق تلاش شد ضمن برطرف کردن کاستی‌های مطالعات پیشین به معرفی رویکرد ترکیبی رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (*GWR*) و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته (*BPSO*) جهت مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت بر مبنای تعیین ترکیب بهینهٔ معیارهای مؤثر پرداخته شود.

## مبانی نظری تحقیق

در ادامه روش‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به‌اختصار معرفی می‌شود.

### رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR)

با توجه به اینکه داده‌های مکانی دارای ویژگی‌های خودهمبستگی مکانی و ناایستایی مکانی هستند، کمتر می‌توان از رگرسیون‌های پایه استفاده کرد (Murray et al., 2020: 485; Wen et al., 2019: 119; Ye et al., 2020: 5). در روش

1. analytic hierarchy process
2. geographical information system
3. Li
4. Chen
5. Junian

رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR)، وابستگی‌های مکانی مشاهدات به صورت ماتریس‌های وزن در نظر گرفته می‌شوند و ضرایب رگرسیون به صورت محلی به دست می‌آیند (Wu, 2020: 110; Murakami et al., 2020: 12). معادلهٔ روش GWR به کمک رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود (Fotheringham & Oshan, 2016: 321; Zhou et al., 2020: 837):

$$y_i = \sum_{j=0}^{n} \beta_j(u_i, v_i) x_j + \varepsilon_i \quad (۱)$$

که $y_i$ متغیر وابسته (لایهٔ مراکز امن)، $x_j$ متغیرهای مستقل (لایهٔ معیارهای مؤثر)، n تعداد متغیرهای مستقل، $\varepsilon_i$ باقی‌ماندهٔ مدل، و $\beta_j$ ضرایب رگرسیون هستند. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین، در این تحقیق از دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه استفاده شد که با روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود (Fotheringham & Oshan, 2016: 322; Oshan et al. 2019: 269):

$$W(u_i, v_i) = \varphi(\frac{d_{ij}}{b}) \quad (۲)$$

$$W(u_i, v_i) = \begin{cases} (1-(\frac{d_{ij}}{b})^3)^3 & |d_{ij}| < b \\ 0 \quad otherwise \end{cases} \quad (۳)$$

که $d_{ij}$ فاصلهٔ اقلیدسی بین دو نقطهٔ i و j، φ تابع توزیع نرمال استاندارد، و b پهنای باند است. در روش *GWR*، ناایستایی مکانی ضرایب توسط انحراف استاندارد با رابطهٔ ۴ به دست می‌آید (Wu, 2020: 110; Hong & Yoo, 2020: 18):

$$SE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(\beta_{ij} - \beta_j)^2}{n}} \quad (۴)$$

که $\beta_{ij}$ ضریب رگرسیون عامل jام در مشاهدهٔ iام، $\beta_j$ میانگین ضریب رگرسیون عامل jام در کل مشاهدات، و *n* تعداد مشاهدات است. جهت ارزیابی، معمولاً پارامتر ضریب تشخیص $R^2$ برای سنجش مناسبت برازش مدل و پارامتر خطای جذر میانگین مربعات *(RMSE)*[1] جهت سنجش توزیع باقی‌مانده‌های مدل به کار می‌روند که به ترتیب طبق روابط ۵ و ۶ محاسبه می‌شوند (Fotheringham & Oshan, 2016: 322; Oshan et al., 2019: 269):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \quad (۵)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (۶)$$

که n تعداد مشاهدات، $y_i$ مشاهدهٔ iام، $\hat{y}_i$ مقدار پیش‌بینی‌شدهٔ مشاهدهٔ iام، و $\bar{y}$ میانگین مشاهدات است. در نهایت از شاخص سراسری موران جهت تعیین خودهمبستگی مکانی باقی‌مانده‌های مدل *GWR* استفاده شد که با رابطهٔ ۷ محاسبه می‌شود (Zemestani & Soori, 2019: 15; Pu et al., 2017: 4459):

$$I = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ij}(x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})}{S_0 \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2} \quad (۷)$$

که $x_i$ و $x_j$ به ترتیب مقادیر میزان امن بودن نقاط تصادفی i و j، $W_{ij}$ وزن مکانی بین دو نقطهٔ تصادفی i و j، S0 مجموع همهٔ وزن‌ها، $\bar{X}$ متوسط مقادیر میزان امن بودن برای نقاط تصادفی، و n تعداد کل نقاط تصادفی در منطقهٔ مورد مطالعه است.

## الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات گسسته (BPSO)

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)[2] یک الگوریتم جست‌وجوی جمعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان و ماهی‌ها مدل شده است (Kennedy & Eberhart, 1995: 5). الگوریتم PSO یک الگوریتم بهینه‌سازی تصادفی مبتنی بر

1. root mean square error
2. particle swarm optimization

جمعیت است که باعث می‌شود کمتر در کمینهٔ محلی گرفتار شود (Abed & Ahmad, 2020: 1639). در حالت گسستهٔ این الگوریتم ذرات به داشتن متغیرهای ۰ و ۱ محدود می‌شوند که بردار سرعت و موقعیت ذرات از طریق روابط ۸ و ۹ محاسبه و به‌روزرسانی می‌شوند (Kennedy & Eberhart, 1995: 6):

$$V_i(t+1) = w \times V_i(t) + c_1 \times r_1 \times (pbest - X_i(t)) + c_2 \times r_2 \times (gbest - X_i(t)) \quad (۸)$$

$$X_i(t+1) = \begin{cases} 1 & \rho \le sig(v_i^{t+1}) \\ 0 & Otherwise \end{cases} \quad (۹)$$

در روابط ۸ و ۹، $V_i(t)$ سرعت ذرهٔ iام، $X_i(t)$ موقعیت ذرهٔ iام، $V_i(t+1)$ سرعت ذرهٔ iام در موقعیت بعدی، $X_i(t+1)$ موقعیت ذرهٔ iام در موقعیت بعدی، pbest بهترین موقعیت تجربه‌شده برای ذرهٔ iام، gbest بهترین موقعیت تجربه‌شده در کل ذرات، $c_1$ ضریب یادگیری شخصی، $c_2$ ضریب یادگیری جمعی، w وزن داخلی، و $r_1$ و $r_2$ و $\rho$ اعداد تصادفی در محدودهٔ ۰/۱ هستند. مراحل الگوریتم BPSO در ترکیب با الگوریتم GWR بدین شرح است (Abed & Ahmad, 2020: 1642):

- در ابتدا مقداردهی اولیهٔ ذرات (سرعت و موقعیت اولیه) به صورت تصادفی (مقادیر ۰ و ۱) صورت می‌گیرد.
- سپس الگوریتم GWR به کمک داده‌های آموزشی اجرا می‌شود و ذرات از نظر تابع برازندگی بررسی و ارزیابی می‌شوند.
- در مرحلهٔ سوم، معیار توقف الگوریتم BPSO بررسی می‌شود.
- در مرحلهٔ چهارم، سرعت و موقعیت ذرات به‌روزرسانی می‌شوند.
- مراحل دوم تا چهارم ادامه پیدا می‌کنند تا مسئله به همگرایی برسد.
- در نهایت نتایج توسط پارامترهای $R^2$ و RMSE ارزیابی و مقایسه می‌شوند.

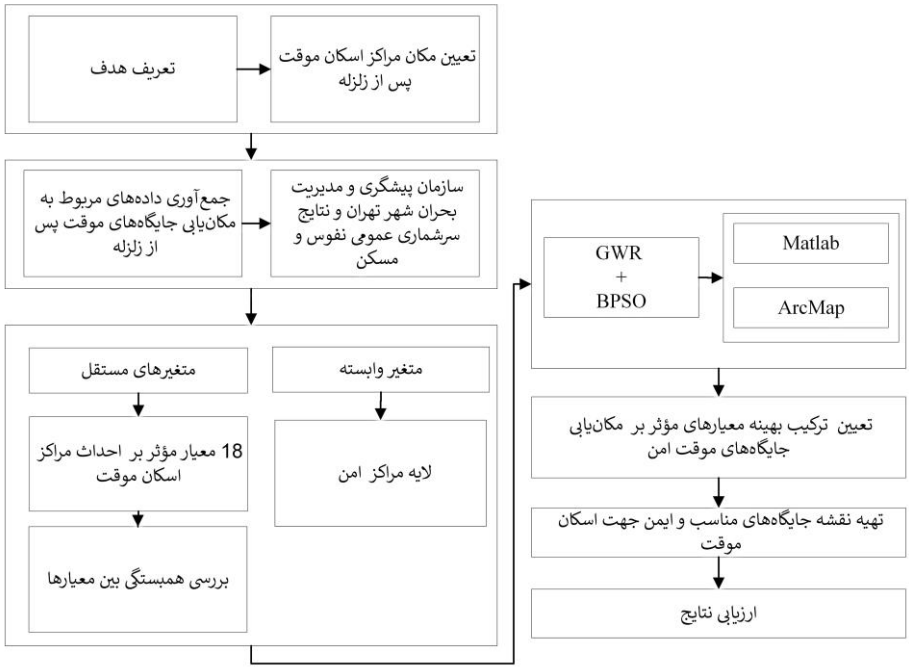
## روش پژوهش

روش پژوهش توصیفی- تحلیلی و نوع آن بر اساس هدف کاربردی است. مبانی تئوریک بر اساس مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای انجام گرفت. به منظور نیل به هدف این تحقیق، که تعیین مکان مراکز اسکان موقت پس از زلزله بود، در مرحلهٔ جمع‌آوری اطلاعات از داده‌های سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (دارای فرمت برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و قدرت تفکیک ۳۰ متر) و نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۷ استفاده شد. همهٔ پردازش‌های مربوط به داده‌ها در محیط نرم‌افزاری ArcMap و محاسبات کمّی آن در محیط نرم‌افزاری Matlab انجام گرفت. در این تحقیق از الگوریتم ترکیبی GWR-BPSO جهت تعیین مکان‌های مناسب و ایمن برای احداث جایگاه‌های اسکان موقت استفاده شد. این روش پیشنهادی قادر است، با در نظر گرفتن ویژگی‌های خودهمبستگی مکانی و ناایستایی مکانی داده‌ها، معیارهای مؤثر در امر مکان‌یابی را شناسایی کند. نهایتاً پس از تعیین معیارهای مؤثر در امر مکان‌یابی مراکز اسکان موقت و تهیهٔ لایه‌ها و نقشه‌های مختلف- شامل فاصله از مراکز هلال‌احمر، فاصله از پل‌ها، فاصله از مدارس، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از ایستگاه‌های پلیس، فاصله از منابع گاز، فاصله از مساجد، فاصله از مراکز پخش مواد غذایی، فاصله از خطوط مترو، فاصله از ایستگاه‌های مترو، فاصله از مراکز سلامتی، فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز، فاصله از بیمارستان‌ها، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، تراکم جمعیت، ریسک زلزله، شیب- نقشهٔ نهایی مکان‌های مناسب و ایمن جهت احداث جایگاه‌های اسکان موقت تهیه و پیشنهاد شد. در شکل ۱ روند اجرایی روش پیشنهادی تحقیق نشان داده شده است.

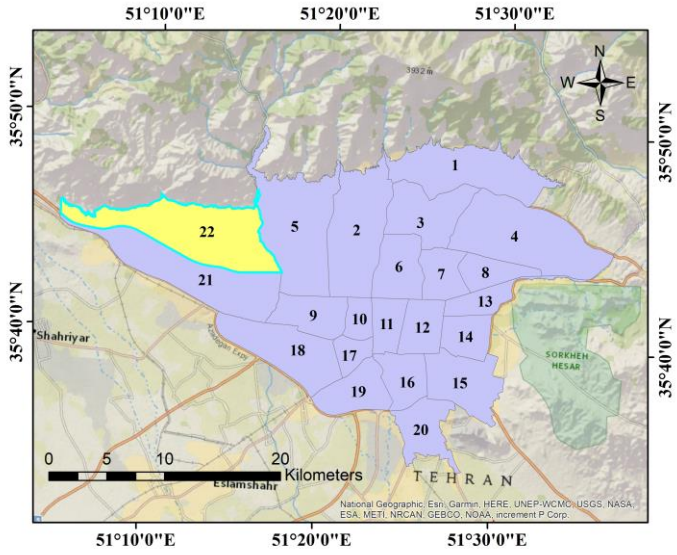
### محدوده و قلمروی مورد مطالعه

منطقهٔ ۲۲ شهرداری تهران بین طول‌های شرقی "۱۰ ′۵ °۵۱ تا "۴۰ ′۲۰ °۵۱ و عرض‌های شمالی "۱۶ ′۳۲ °۳۵ تا "۱۹ ′۵۷ °۳۵ واقع شده است. این منطقه از شمال به کوهستان البرز مرکزی، از شرق به حریم رودخانهٔ کن، از جنوب به آزادراه تهران- کرج، و از غرب به جنگل‌های دست‌کاشت وردآورد محدود است و با مناطق ۵ و ۲۱ شهرداری تهران هم‌جوار است. مقایسهٔ سطح منطقهٔ ۲۲ با سطح مناطق ۲۲گانهٔ تهران (۷۰۷۵۰ هکتار) حاکی از تعلق ۸/۴ درصد از مساحت محدودهٔ خدماتی شهر تهران به منطقهٔ ۲۲ و گویای وسعت چشمگیر و جایگاه مهم این منطقه در ساختار کالبدی تهران آینده، به‌ویژه در حوزهٔ

غربی آن، است. از سوی دیگر منطقهٔ ۲۲ شهرداری تهران، به عنوان بزرگ‌ترین و وسیع‌ترین توسعهٔ شهری متصل به تهران، دارای ۱۲۶۵ هکتار پارک و فضای سبز است. به علاوه، با توجه به قابلیت دسترسی بی‌نظیر این منطقهٔ نوپا و در حال شکل‌گیری، در سطح تهران و فراشهری، به نظر می‌رسد پتانسیل لازم را برای اسکان موقت پس از زلزلهٔ احتمالی در حوزهٔ غرب تهران داشته باشد. بررسی اطلاعات به‌دست‌آمده از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران نشان می‌دهد از میان ۲۲ منطقهٔ شهر تهران ۹ منطقه در محدودهٔ گسل‌های اصلی واقع شده‌اند. به این معنی که پهنهٔ گسل‌های اصلی درون محدودهٔ مناطق ۱ تا ۵ و ۱۳، ۱۵، ۱۹، ۲۰، و ۲۲ قرار گرفته است. بر اساس این اطلاعات و طبق مستندات تاریخی، گسل ری یا گسل شمال تهران می‌توانند زمین‌لرزه‌ای با شدت ۷ تا ۷٫۵ ریشتر ایجاد کنند. با توجه به عبور گسل شمال تهران از منطقهٔ ۲۲ این منطقه ممکن است شاهد وقوع زلزله‌هایی با شدت و خسارات بالا باشد. بنابراین لزوم برنامه‌ریزی مدیریت بحران و ضرورت مکان‌یابی مناطق مستعد اسکان موقت را بیش از پیش آشکار می‌کند. شکل ۲ محدودهٔ منطقهٔ ۲۲ شهر تهران را نشان می‌دهد.




**شکل ۱.** روند اجرایی تحقیق




**شکل ۲.** محدودهٔ منطقهٔ مطالعاتی

## یافته‌های پژوهش

معیارهای مکانی (متغیرهای مستقل) مورد استفاده در این تحقیق شامل ۱۸ معیار است که در جدول ۱ مشاهده می‌شود. لایهٔ تراکم جمعیت از نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۷ و سایر لایه‌ها از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران به دست آمده است. این هجده لایه دارای فرمت برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ هستند. بنابراین به داده‌های گریدی با قدرت تفکیک ۳۰ متر تبدیل شدند. همچنین برخی معیارهای درج‌شده در جدول ۱ به صورت نرمال‌شده در شکل ۳ نشان داده شده‌اند.

برخی معیارهای درج‌شده در جدول ۱ به صورت نرمال‌شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

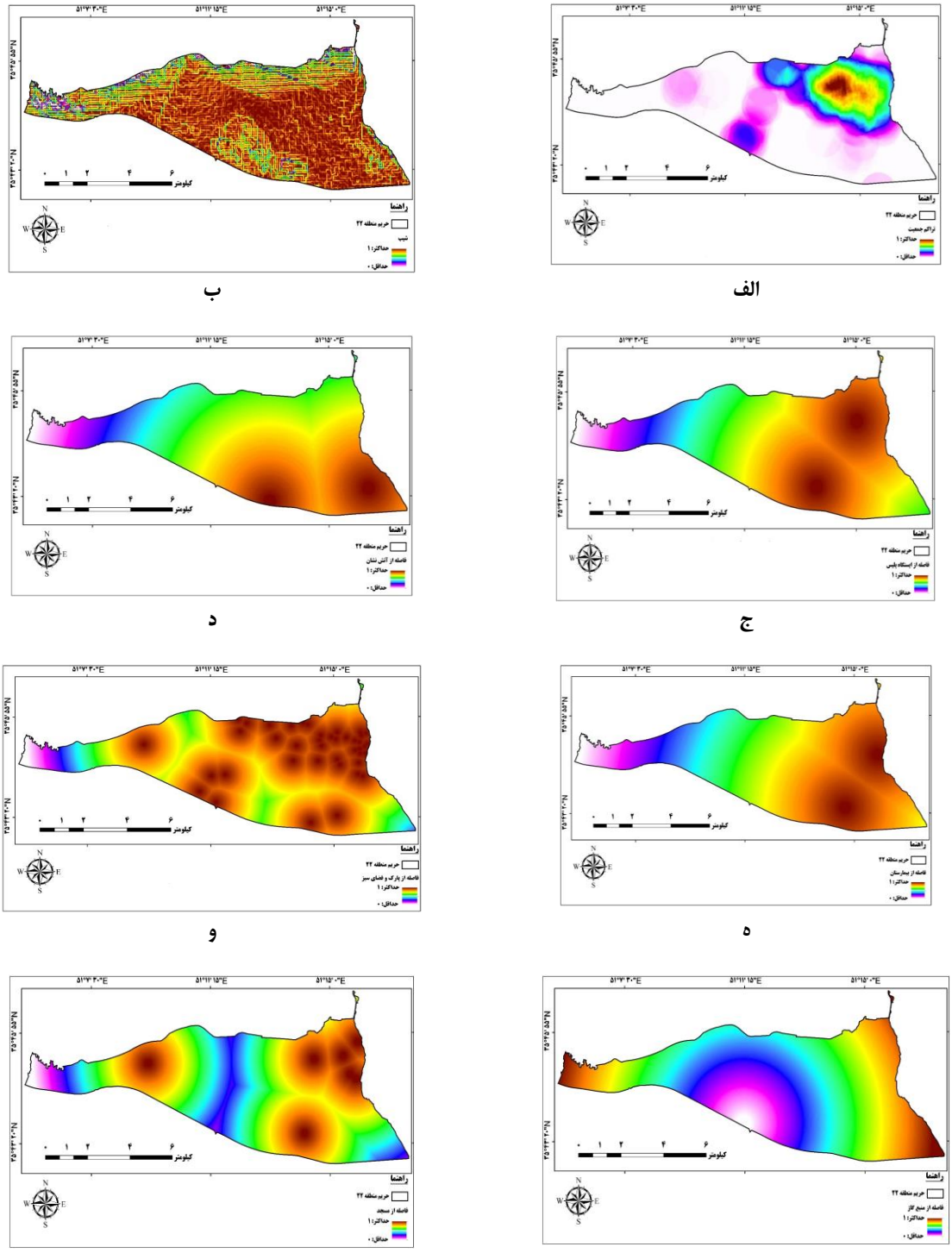
پیش از اجرای الگوریتم GWR، ابتدا همبستگی بین معیارهای یادشده بررسی شد. شکل ۴ ماتریس همبستگی (همبستگی پیرسون) معیارهای مکانی (ترتیب معیارها بر اساس جدول ۱) را نشان می‌دهد (Aad et al., 2014: 18). مقادیر ضریب همبستگی بین معیارها بین اعداد ۰/۶- و ۰/۶ به دست آمد که عدم همبستگی بین معیارها مورد استفاده را نشان می‌دهد. بنابراین از همهٔ معیارها در الگوریتم‌ها استفاده شد.

پس از بررسی همبستگی بین معیارها، تعداد ۵۰۰ نقطهٔ تصادفی جهت تعریف متغیر وابسته تولید شد (شکل ۵). اطلاعات مربوط به مکان‌های امن منطقهٔ ۲۲ شهر تهران از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران به دست آمد. نقشهٔ مربوط به مکان‌های امن منطقهٔ ۲۲ شهر تهران به صورت نقطه‌ای در شکل ۶ نشان داده شده است. جهت تعریف متغیر وابسته با توجه به هدف این تحقیق این‌گونه عمل شد که اطلاعات مربوط به جایگاه‌های امن موقت پس از زلزله از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران به دست آمد. پس از مشخص شدن مکان‌های امن در محیط ArcMap، به نقاط تصادفی ایجادشده‌ای که در این مناطق قرار گرفته بودند مقدار ۱ و به سایر نقاط مقدار ۰ تخصیص داده شد.

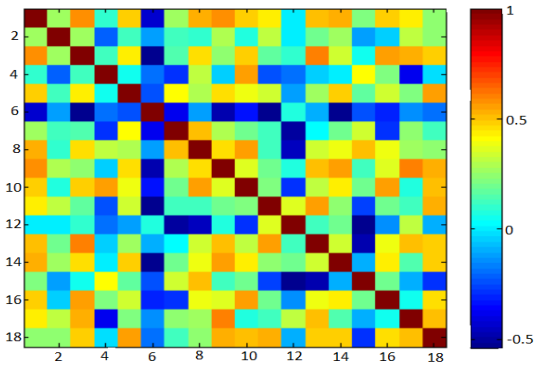
در مدل پیشنهادی از ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و از ۳۰ درصد باقی‌مانده برای آزمایش به صورت یکسان استفاده شده است. همچنین همهٔ روش‌ها در محیط برنامه‌نویسی Matlab اجرا شد. با توجه به اینکه یکی از پارامترهای مهم ارزیابی روش‌های چندمعیاره پارامتر ضریب تشخیص ($R^2$) است، تابع برازش الگوریتم BPSO کمینه کردن مقدار $1- R^2$ انتخاب شد تا میزان سازگاری مدل با معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت بررسی شود (Fotheringham & Oshan, 2016: 322). طبق جدول ۲ مقادیر بهینهٔ پارامترهای اولیهٔ الگوریتم BPSO بر اساس روش سعی‌وخطا انتخاب شد. شرط توقف جهت ساده‌سازی روند اجرا تعداد اجرای خاص در نظر گرفته شد.

**جدول ۱.** معیارهای مورد مطالعه در پژوهش

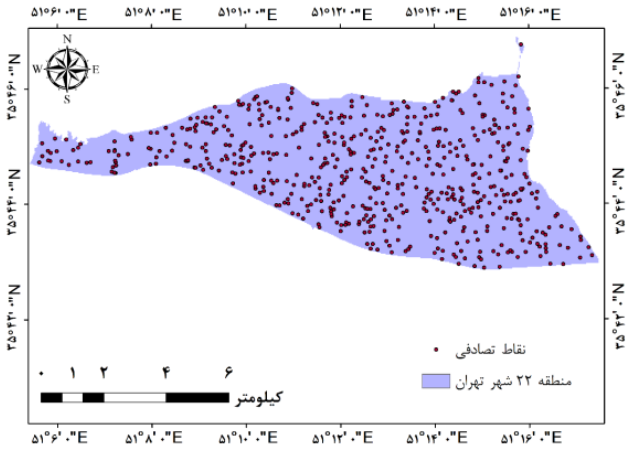
| شماره | معیارها | شماره | معیارها |
|---|---|---|---|
| ۱ | فاصله از مراکز هلال‌احمر | ۱۰ | فاصله از پل‌ها |
| ۲ | فاصله از مدارس | ۱۱ | فاصله از جاده‌های اصلی |
| ۳ | فاصله از ایستگاه‌های پلیس | ۱۲ | فاصله از منابع گاز |
| ۴ | فاصله از مساجد | ۱۳ | فاصله از مراکز پخش مواد غذایی |
| ۵ | فاصله از پمپ‌های بنزین | ۱۴ | فاصله از خطوط مترو |
| ۶ | فاصله از ایستگاه‌های مترو | ۱۵ | ریسک زلزله |
| ۷ | فاصله از مراکز سلامتی | ۱۶ | فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز |
| ۸ | فاصله از بیمارستان‌ها | ۱۷ | تراکم جمعیت |
| ۹ | فاصله از مراکز آتش‌نشانی | ۱۸ | شیب |



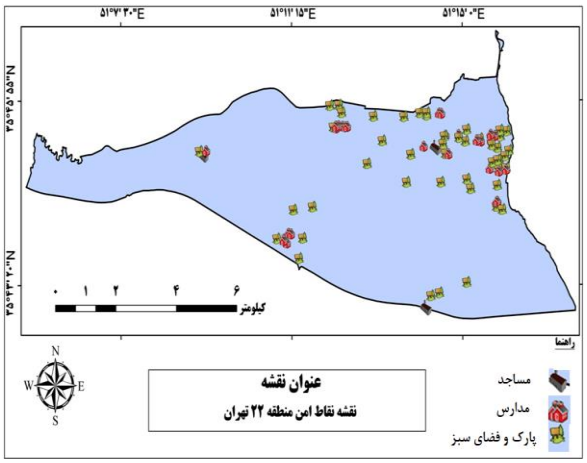

**شکل ۳.** نقشهٔ نرمال‌شدهٔ برخی معیارهای مکانی به‌کاررفته در تحقیق: الف) تراکم جمعیت؛ ب) شیب؛ ج) فاصله از ایستگاه پلیس؛ د) فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی؛ ه) فاصله از ایستگاه بیمارستان؛ و) فاصله از ایستگاه پارک و فضای سبز؛ ز) فاصله از منبع گاز؛ ح) فاصله از مساجد



**شکل ٤.** ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل




**شکل ٥.** نقشهٔ نقاط تصادفی ایجادشده در منطقهٔ ۲۲ شهر تهران



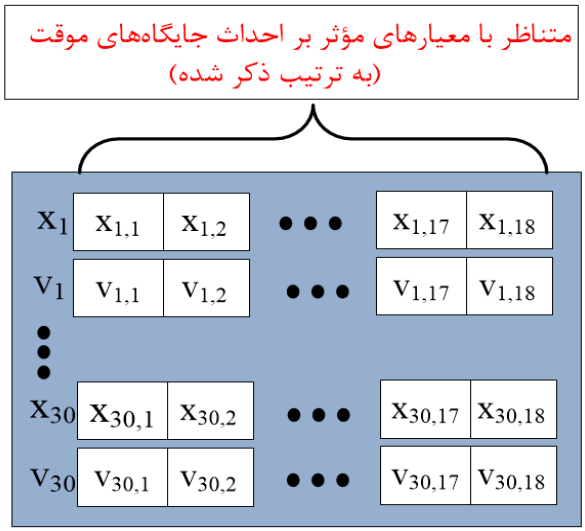

**شکل ٦.** نقشهٔ نقاط امن منطقهٔ ۲۲ شهر تهران

**جدول ۲. معیارهای مورد مطالعه در پژوهش**

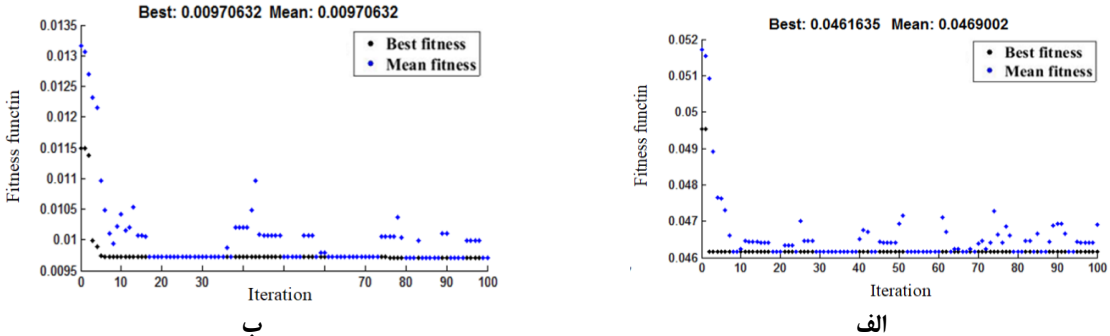
| پارامتر | مقدار |
|---|---|
| اندازهٔ ذرات | ۳۰ |
| تعداد اجرا (شرط خاتمه) | ۱۰۰ |
| ضریب یادگیری شخصی و جمعی | ۲ |
| وزن داخلی | ۱ |
| بیشترین و کمترین سرعت | [-۴،۴] |

شکل ۷ ساختار ازدحام الگوریتم *BPSO* را نشان می‌دهد که معیارهای درج‌شده در جدول ۱ ابعاد آن را تشکیل می‌دهند.

شکل ۸ نتایج حاصل از ترکیب روش *GWR* (دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه) با الگوریتم *BPSO* را نشان می‌دهد. پس از اجرای الگوریتم *GWR* با هستهٔ گوسین، بهترین مقدار تابع برازش برابر با ۰/۰۴۶۱۶ به دست آمد و بر این اساس ۱۰ معیار فاصله از مراکز هلال‌احمر، فاصله از ایستگاه‌های پلیس، فاصله از پمپ‌های بنزین، فاصله از ایستگاه‌های مترو، فاصله از پل‌ها، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مراکز پخش مواد غذایی، فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز، تراکم جمعیت، و شیب به منزلهٔ معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی جایگاه‌های مناسب و ایمن جهت اسکان موقت پس از زلزله شناخته شدند. همچنین برای هستهٔ مکعبی سه‌گانه بهترین مقدار تابع برازش برابر با ۰/۰۰۹۷ به دست آمد و بر این اساس ۱۲ معیار فاصله از مراکز هلال‌احمر، فاصله از ایستگاه‌های پلیس، فاصله از پمپ‌های بنزین، فاصله از ایستگاه‌های مترو، فاصله از بیمارستان‌ها، فاصله از پل‌ها، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مراکز پخش مواد غذایی، فاصله از خطوط مترو، فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز، تراکم جمعیت، و شیب به منزلهٔ معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی جایگاه‌های مناسب و ایمن جهت اسکان موقت پس از زلزله شناخته شدند.



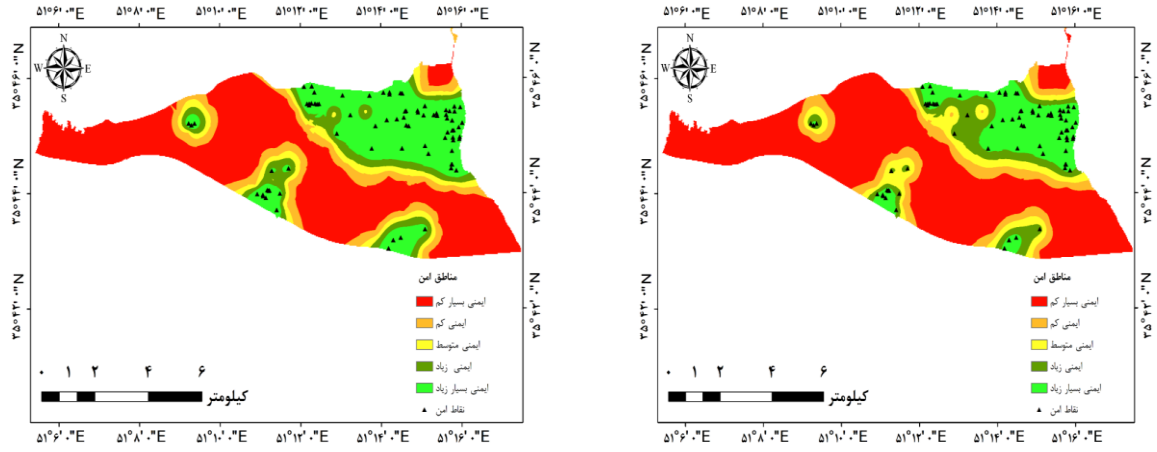

**شکل ۷.** ساختار ازدحام الگوریتم BPSO در این تحقیق




ب الف

**شکل ۸.** بهترین مقدار و میانگین مقادیر تابع برازش برای ترکیب روش GWR و الگوریتم BPSO: الف) هستهٔ گوسین؛ ب) هستهٔ مکعبی سه‌گانه

شکل ۹ نشان‌دهندهٔ نقشهٔ جایگاه‌های امن موقت پس از زلزله در منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از ترکیب روش *GWR* با دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه و الگوریتم *BPSO* در ۵ کلاس برابر است.




**شکل ۹.** نقشهٔ مکان‌یابی مراکز اسکان موقت پس از زلزله در منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از ترکیب روش GWR و الگوریتم BPSO: الف) هستهٔ گوسین؛ ب) هستهٔ مکعبی سه‌گانه

مقادیر $R^2$ و *RMSE* حاصل‌شده از ترکیب روش *GWR* با الگوریتم *BPSO* برای دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه محاسبه شدند که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ نشان می‌دهد هستهٔ مکعبی سه‌گانه نسبت به هستهٔ گوسین در مکان‌یابی جایگاه‌های مناسب و ایمن جهت اسکان موقت پس از زلزله در منطقهٔ ۲۲ شهر تهران دقت و سازگاری بالاتری داشته است. همچنین جدول ۴ انحراف استاندارد ضرایب رگرسیون در روش *GWR* با دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه را جهت محاسبهٔ میزان تغییرات محلی و ناایستایی مکانی نشان می‌دهد.

**جدول ۳.** ارزیابی ترکیب روش GWR با الگوریتم BPSO برای دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه

| نوع هسته | $R^2$ | RMSE |
|---|---|---|
| گوسین | ۰/۹۵۳۸ | ۰/۰۹۱۲۰ |
| مکعبی سه‌گانه | ۰/۹۹۰۳ | ۰/۰۴۵۸۳ |

**جدول ٤.** انحراف استاندارد ضرایب GWR با هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه

| معیارهای مؤثر | هستهٔ گوسین | هستهٔ مکعبی سه‌گانه |
|---|---|---|
| فاصله از مراکز هلااحمر | ۰/۰۶۸۹ | ۰/۰۰۱۹ |
| فاصله از مدارس | – | – |
| فاصله از ایستگاه‌های پلیس | ۰/۰۲۸۵ | ۰/۰۰۳۸ |
| فاصله از مساجد | – | – |
| فاصله از پمپ‌های بنزین | ۰/۰۰۹۳ | ۰/۰۳۵۷ |
| فاصله از ایستگاه‌های مترو | ۰/۰۱۵۴ | ۰/۰۰۲۵ |
| فاصله از مراکز سلامتی | – | – |
| فاصله از بیمارستان‌ها | – | ۰/۰۱۴۵ |
| فاصله از مراکز آتش‌نشانی | – | – |
| فاصله از پل‌ها | ۰/۰۰۶۵ | ۰/۲۴۵۰ |
| فاصله از جاده‌های اصلی | ۰/۰۰۳۴ | ۰/۰۰۸۷ |
| فاصله از منابع گاز | – | – |
| فاصله از مراکز پخش مواد غذایی | ۰/۰۹۶۵ | ۰/۰۰۲۵ |
| فاصله از خطوط مترو | – | ۰/۰۰۲۱ |
| ریسک زلزله | – | – |
| فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز | ۰/۰۹۸۱ | ۰/۰۰۳۸ |
| تراکم جمعیت | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۴ |
| شیب | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۲۰ |

با توجه به جدول ۴ در روش GWR با هستهٔ گوسین رابطهٔ بین معیار شیب و مراکز امن با تغییر مکان کمتر تغییر خواهد کرد. اما رابطهٔ بین معیار فاصله از پارک‌ها و فضاهای سبز و مراکز امن با تغییر مکان بیشتر تغییر خواهد کرد. همچنین برای هستهٔ مکعبی سه‌گانه رابطهٔ بین معیار فاصله از مراکز هلال‌احمر و مراکز امن اسکان موقت با تغییر مکان کمتر تغییر خواهد کرد. اما رابطهٔ بین معیار فاصله از پل‌ها و مراکز امن اسکان موقت تغییرات بیشتری خواهد کرد. همچنین جدول ۵ مقادیر شاخص سراسری موران را برای باقی‌مانده‌های مدل GWR با هستهٔ مکعبی سه‌گانه نشان می‌دهد. چنانچه فرایند سرشکنی خطاها به‌درستی انجام شود، باید باقی‌مانده‌های مدل دارای توزیع مکانی تصادفی باشند و مقدار این آماره نزدیک به ۰ شود که در این صورت نشان‌دهندهٔ توانایی بالای GWR در مدل‌سازی خودهمبستگی مکانی مشاهدات است.

**جدول ۵.** مقایسهٔ شاخص سراسری موران برای روش GWR با دو هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه

| نوع هسته | شاخص موران | شاخص مورد انتظار | Z-Score | P-Value |
|---|---|---|---|---|
| گوسین | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۰۰۷۵۱ | ۱۵/۷۴۵ | ۰/۰۰۰ |
| مکعبی سه‌گانه | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۰۰۷۵۱ | ۱۶/۲۱۱ | ۰/۰۰۰ |

طبق جدول ۵ برای روش GWR با هستهٔ مکعبی سه‌گانه، شاخص موران مقدار نزدیک‌تری به ۰ دارد که توانایی بالای هستهٔ مکعبی سه‌گانه را در مدل‌سازی خودهمبستگی مکانی مشاهدات نشان می‌دهد.

## نتیجه و پیشنهاد

با بررسی مطالعات صورت‌پذیرفته مشخص شد در تحقیقات پیشین تحلیل مناسبی برای تعیین ترکیب بهینهٔ معیارهای مؤثر جهت مکان‌یابی جایگاه‌های موقت پس از زلزله انجام نگرفته است (Junian & Azizifar, 2020: 1680; Kilci, 2015: 325). بنابراین جهت نیل به هدف این تحقیق از ترکیب رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه) با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته جهت مکان‌یابی جایگاه‌های موقت پس از زلزله در منطقهٔ ۲۲ شهر تهران بر اساس ترکیب بهینهٔ معیارهای مؤثر استفاده شد. نتایج نشان داد ترکیب روش GWR با هستهٔ مکعبی سه‌گانه و الگوریتم BPSO نسبت به هستهٔ گوسین نتایج بهتری در اختیار قرار می‌دهد. همچنین مقدار $R^2$ حاصل از ترکیب روش GWR با هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه و الگوریتم BPSO به ترتیب برابر ۰/۹۵۳۸ و ۰/۹۹۰۳ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ سازگاری بالای هستهٔ مکعبی سه‌گانه با داده‌های این تحقیق است. علاوه بر این مقدار RMSE حاصل از ترکیب روش GWR با هستهٔ گوسین و مکعبی سه‌گانه و الگوریتم BPSO به ترتیب برابر ۰/۰۹۱۲۰ و ۰/۰۴۵۸۳ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ دقت بالای هستهٔ مکعبی سه‌گانه است. بر اساس نقشهٔ مکان‌های مناسب و ایمن جهت احداث مراکز اسکان موقت (حاصل‌شده از الگوریتم پیشنهادی) مشخص شد پارک چیتگر و مجموعهٔ ورزشی آزادی از پهنه‌های وسیع و مناسب برای احداث پناهگاه‌های اسکان موقت برای منطقهٔ ۲۲ شهر تهران هستند. بر اساس اطلاعات گرفته‌شده از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، نتایج حاصل از روش GWR بیانگر مناسب بودن انتخاب مدل یادشده جهت مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت پس از بروز بحران زلزله برای منطقهٔ ۲۲ شهر تهران بوده است. با شناسایی مراکز مناسب اسکان موقت جمعیت پیشنهادهایی ارائه می‌شود:

- آماده‌سازی زیرساخت‌های اولیه و مناسب برای مراکز منتخب از قبیل سرویس‌های بهداشتی، منابع آب، سیستم روشنایی، و ... تا در صورت وقوع زلزله شرایط لازم برای اسکان جمعیت وجود داشته باشد و نیاز به صرف وقت برای تأمین این خدمات نباشد.
- نتایج پژوهش حاضر قابلیت روش‌های ادغام داده‌محور و *GIS* را در شناسایی مناطق مستعد اسکان موقت به‌خوبی نمایان می‌کند. بدین جهت، پیشنهاد می‌شود ارگان‌ها و ادارات و سازمان‌های مربوطه- از جمله شهرداری منطقهٔ ۲۲، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، و ...- با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و به‌روز مبتنی بر *GIS*، همواره آمادگی لازم برای اسکان موقت جمعیت در فردای بحران زلزله را داشته باشند.

- آموزش عمومی، اطلاع‌رسانی دقیق به عموم در خصوص وجود خطر زلزله و ابعاد گوناگون آن، و همچنین مناطق تعیین‌شده برای اسکان موقت جمعیت.
- برآورد دقیق نیازهای زیستی، خدماتی، بهداشتی، و درمانی و نیز ظرفیت تعداد افراد برای هر سایت اسکان موقت توسط نهادهای مربوطه.

## منابع


ارکانی، احسان؛ حاتمی‌نژاد، حسین و قره، سهیل (۱۳۹۹). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر افزایش ریسک زلزله در بافت‌های فرسودهٔ شهری با رویکرد ترکیبی تکنیک دلفی فازی و مدل BMW. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، دورهٔ ۲۰، شمارهٔ ۵۹، ۲۹۱ ـ ۳۰۶.

اسماعیلی، سهیلا (۱۳۹۶). مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزلهٔ احتمالی تهران در فضاهای سبز شهری منطقهٔ ۲۲ شهرداری تهران. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳، ۲۷۳ ـ ۲۸۳.

امان‌پور، سعید و پرویزیان، علی‌رضا (۱۳۹۹). مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظورهٔ شهری مبتنی بر اصول پدافند غیر عامل (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱ کلان‌شهر اهواز). *آمایش سرزمین*، دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲، ۳۸۵ ـ ۴۰۶.

بازدار، سجاد؛ زندمقدم، محمدرضا و کامیابی، سعید (۱۳۹۹). سنجش و ارزیابی کمّی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله (نمونه: مورد استان ایلام). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، دورهٔ ۲۰، شمارهٔ ۵۹، ۱۹۷ ـ ۲۱۲.

جمال‌آبادی، جواد؛ سلمانی‌مقدم، محمد؛ شکاری‌بادی، علی و نوده، مرضیه (۱۳۹۸). مکان‌یابی مراکز اسکان موقت جمعیت پس از زلزله در سکونتگاه‌های شهری (مطالعهٔ موردی: شهر سبزوار). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۵۵، ۱۵۳ ـ ۱۷۱.

رشیدی، ابراهیم‌حصاری؛ اصغر، عطار؛ محمدامین، گیوه‌چی و سعید، 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* (توقف انتشار)، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱۷، ۱۰۱ ـ ۱۱۸.

زنگی‌آبادی، علی؛ نسترن، مهین و مؤمنی، زیبا (۱۳۹۵). تحلیل جغرافیایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهری در بحران‌های محیطی با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۶ شهر اصفهان). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، دورهٔ ۲۰، شمارهٔ ۵۶، ۱۴۹ ـ ۱۶۹.

سلطانی، زینب و المدرسی، سید علی (۱۳۹۶). تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت‌های امدادرسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از AHP، FUZZY LOGIC، FAHP، و GIS. *جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، دورهٔ ۷ ، شمارهٔ ۲۲ ، ۱ ـ ۲۰.

کریم‌پور، سارا و مؤمنی، مهدی (۱۳۹۶). مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان). *جغرافیا و مطالعات محیطی*، دورهٔ ۲۰، شمارهٔ ۵، ۱۲۵ ـ ۱۳۸.

مقیمی، ساجده و منصفی پراپری، دانیال (۱۳۹۸). مکان‌یابی فضای مناسب برای اسکان موقت زلزله‌زدگان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی بر مبنای GIS (نمونهٔ موردی: شهر شاهرود). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، ۷۱ ـ ۹۴.

Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Aben, R., Abi, B., & Abreu, R. (2014). Measurements of spin correlation in top-antitop quark events from proton-proton collisions at s= 7 TeV using the ATLAS detector. *Physical Review D*, 90(11), 112016.

Abed, K.A. & Ahmad, A. A. (2020). The best parameters selection using pso algorithm to solving for ito system by new iterative technique. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 18(3), 1638-1645.

Amanpour, S. & Parvizian, A. (2020). Locating Multi-Purpose Urban Shelters Based on the Principles of Passive Defense: The Case Study of the District One of Ahvaz Metropolis. *Town and Country Planning*, 12(2), 385-406. (in Persian)

Arkani, E., Hatami Nejad, H., & Qare, S. (2021). Identifying and prioritizing the factors affecting the increase of earthquake risk in worn-out urban areas with a combined approach of fuzzy Delphi technique and BMW model. *Applied researches in Geographical Sciences*, 20 (59), 291-306. (in Persian)

Bazdar, S., zandmoghadam, M., & Kamyabi, S. (2021). Assessment and evaluation of urban vulnerability to earthquake in the province of Ilam. *Applied researches in Geographical Sciences*, 20 (59), 197-212. (in Persian)

Chen, W., Zhai, G., Fan, C., Jin, W., & Xie, Y. (2017). A planning framework based on system theory and GIS for urban emergency shelter system: A case of Guangzhou, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(3), 441-456.

Dabiri, M., Oghabi, M., Sarvari, H., Sabeti, S., & Kashefi, H. R. (2020). A combination risk-based approach to post-earthquake temporary accommodation site selection: A case study in Iran. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 17(6), 54-74.

Esmaeili, S. (2017). Site selection of temporary settlement after probable Earthquake of Tehran among urban green spaces of Tehran Municipality, District 22. *Disaster Prev. Manag. Know*, 7 (3), 273-283. (in Persian)

Fotheringham, A. S. & Oshan, T. M. (2016). Geographically weighted regression and multicollinearity: dispelling the myth. *Journal of Geographical Systems*, 18 (4), 303-329.

Hong, I. & Yoo, C. (2020). Analyzing Spatial Variance of Airbnb Pricing Determinants Using Multiscale GWR Approach. *Sustainability*, 12 (11), 4710.

Hosseini, S. A., de la Fuente, A., & Pons, O. (2016). Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9), 04016036.

Junian, J. & Azizifar, V. (2018). The evaluation of temporary shelter areas locations using geographic information system and analytic hierarchy process. *Civil Engineering Journal*, 4(7), 1678-1688.

Karimpoor, S. & Momeni, M. (2017). The Selection of Site for Temporary Sheltering After the earthquake (Case Study of Isfahan). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(20), 125-138. (in Persian)

Kennedy, J. & Eberhart, R.C. (1997). Discrete binary version of the particle swarm algorithm. *In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. 12-15 October 1997, Orlando, FL, USA.

Kilci, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B. (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332.

Li, H., Zhao, L., Huang, R., & Hu, Q. (2017). Hierarchical earthquake shelter planning in urban areas: A case for Shanghai in China. *International journal of disaster risk reduction*, 22, 431-446.

Moghimi, S. & Monsefi Parapari, D. (2019). Site selection for Temporary Earthquake Shelter Compounds, Using Analytic Hierarchy Process and Weighted Linear Combination based on GIS; Case Study: Shahrood. *Jsaeh*, 6 (1), 71-94. (in Persian)

Murakami, D., Tsutsumida, N., Yoshida, T., Nakaya, T., & Lu, B. (2020). Scalable GWR: A linear-time algorithm for large-scale geographically weighted regression with polynomial kernels. *Annals of the American Association of Geographers*, 1-22.

Murray, A. T., Xu, J., Baik, J., Burtner, S., Cho, S., Noi, E., & Zhou, E. (2020). Overview of Contributions in Geographical Analysis: Waldo Tobler. *Geographical Analysis*, 52(4), 480-493.

Oshan, T. M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L. J., & Fotheringham, A. S. (2019). mgwr: A Python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 269.

Pu, H., Luo, K., Wang, P., Wang, S., & Kang, S. (2017). Spatial variation of air quality index and urban driving factors linkages: Evidence from Chinese cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5), 4457-4468.

Rashidi, A., Attar, M., Givechi, S., & Nasbi, N. (2013). Site selection of temporary housing after earthquake by GIS and AHP method Case study: Region 6 of Shiraz. *Journal of Urban - Regional Studies and Research*, 5(17), 101-118. (in Persian)

Soltani, Z. & Almodaresi, D. (2017). Site Selection of Temporary Settlement and Relief Sites After Earthquake in Historical Zone of Yazd by AHP, Fuzzy Logic, FAHP, GIS. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 7(22), 1-20. (in Persian)

Tang, C., Liu, X., Cai, Y., Westen, C. V., Yang, Y., Tang, H., & Tang, C. (2020). Monitoring of the reconstruction process in a high mountainous area affected by a major earthquake and subsequent hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(4), 1163-1186.

Wen, H., Zhang, X., Zeng, Q., Lee, J., & Yuan, Q. (2019). Investigating spatial autocorrelation and spillover effects in freeway crash-frequency data. *International journal of environmental research and public health*, 16(2), 219.

Wu, D. (2020). Spatially and Temporally Varying Relationships between Ecological Footprint and Influencing Factors in China's Provinces Using Geographically Weighted Regression (GWR). *Journal of Cleaner Production*, 121089.

Ye, X., Yu, X., & Wang, T. (2020). Investigating spatial non-stationary environmental effects on the distribution of giant pandas in the Qinling Mountains, China. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00894.

Zanghiabadi, A., Nastaran, M., & Momeni, Z. (2016). The Geographical Analysis and the Spatial Allocation of Urban Temporary Settlement Centers in Environmental Crisis by Using of GIS (Case Study of Esfahan City). *Geography and Planning*, 20 (56), 149-169. (in Persian)

Zemestani, A. & Soori, H. (2019). Relationship between fatal road traffic injury rates and Human Development Index in Iran. *Journal of Injury and Violence Research*, 11(4 Suppl 2).

Zeng, C., Yang, L., Zhu, A. X., Rossiter, D. G., Liu, J., Liu, J., & Wang, D. (2016). Mapping soil organic matter concentration at different scales using a mixed geographically weighted regression method. *Geoderma*, 281, 69-82.

Zhou, Q., Wang, C., & Fang, S. (2019). Application of geographically weighted regression (GWR) in the analysis of the cause of haze pollution in China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(3), 835-846.