

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۱

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۶/۲۷

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۲/۲۵

صفحات: ۱۶ - ۱

## تحلیلی بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله با تأکید بر ارائه‌ی الگوی بهینه‌ی مکان‌یابی کاربری‌های ویژه (بهداشتی - درمانی و آموزشی) مورد شناسی: بافت فرسوده شهر تبریز

دکتر عیسی ابراهیمزاده<sup>۱</sup>، شمس‌اله کاظمی‌زاد<sup>۲</sup>، حکیمه قنبری<sup>۳</sup>

### چکیده

یکی از تدابیر لازم برای کاهش خسارات ناشی از وقوع زمین‌لرزه در شهرها، مکان‌یابی بهینه‌ی کاربری‌ها است. چنانچه کاربری‌های شهری با دقت جایابی شوند، در بسیاری از هزینه‌های ایجاد شده برای شهر، چه از نظر سلامتی و چه از نظر زمان صرفه‌جویی می‌گردد. این پژوهش به روش معیاری - تحلیلی با هدف ارائه‌ی الگوی بهینه‌ی مکان‌یابی کاربری‌های ویژه در جهت کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در بخشی از بافت فرسوده شهر تبریز با استفاده از روش تحلیل شبکه<sup>۴</sup> و مدل AHP<sup>۵</sup> در محیط GIS<sup>۶</sup> انجام شده است. کاربری‌های ویژه در این پژوهش شامل؛ مراکز آموزشی، بهداشتی و درمانی هستند که جدا از سایر کاربری‌های اورژانسی مورد نیاز در هنگام انجام عملیات امداد و نجات، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

یافته‌های حاصل از تحلیل کارکردی نشان می‌دهد که الگوی پراکنش کاربری‌های ویژه در محدوده‌ی مورد مطالعه در وضع موجود از الگوی مناسبی برخوردار نیست، به طوری که در شرایط بحران جهت خدمات اورژانسی و اسکان موقت عملاً نیمی از محدوده به این کاربری‌ها دسترسی نخواهند داشت. از این‌رو، برای کاستن از خسارات ناشی از وقوع زلزله، کاربری‌های ویژه‌ی آموزشی، بهداشتی و درمانی جدیدی پیشنهاد و مکان‌یابی گردید. برای پی بردن به صحت عمل مکان‌یابی انجام شده، روش تحلیل شبکه برای کاربری‌های ویژه پیشنهادی نیز به کار گرفته شد. شعاع پوشش مراکز جدید به دست آمده گویای پوشش فضاهای محروم محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد که در شعاع عملکردی مراکز موجود نبودند.

کلید واژگان: کاهش آسیب‌پذیری زلزله، کاربری‌های ویژه، مکان‌یابی، AHP، بافت فرسوده، شهر تبریز.

1- iazh@gep.usb. Acir

2- kazemizad@yahoo.com

3- ganbari\_hg.@yahoo.com

4-Analysis Hierarchy Process

5-Network Analysis

6-Geographic Information System

۱- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسؤل)

۲- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز

## مقدمه

زمین‌لرزه به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می‌سازد یکی از شناخته شده‌ترین بلایای طبیعی جهان است (ملکی، ۱۳۸۶: ۱۱۴). در طی چند سال اخیر، وقوع چند زمین‌لرزه متوسط و کوچک و آسیب‌دیدگی بسیاری از بناهای شهری و روستایی، زنگ خطر بزرگی را برای ایران و ایرانیان به صدا درآورد. این زنگ خطر، ناشی از فرسوده و ناامن بودن بسیاری از بناها و ساختمان‌ها بود. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب شهری، شبکه‌ی ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده و فرسوده، تراکم شهری بالا، وضعیت بد استقرار کاربری‌های درمانی، کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و... نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها و به ویژه بافت‌های فرسوده شهری در هنگام وقوع زمین‌لرزه دارد (سعیدینیا، ۱۳۷۸: ۱۸). اگرچه جلوگیری از بروز زلزله لااقل در حال حاضر برای انسان میسر نیست (اسدی نظری، ۱۳۸۵: ۱) اما یکی از مهمترین عوامل کاهش خسارات ناشی از وقوع زلزله، وجود آمادگی قبلی جامعه برای رویارویی با این پدیده‌ی طبیعی است (توفیق، ۱۳۷۰: ۲۹). تجربه نشان داده کشورهای که با این پدیده درگیر هستند تا حدود زیادی عامل تخریب زلزله‌ها را کم کرده و شهرهای خود را بر اساس اصول صحیح مهندسی بنا نهاده و هیچ واگه‌ای از وقوع زمین‌لرزه ندارند (مه‌دیان، ۱۳۸۱: ۹) نمونه‌ی بارز این کشورها، ژاپن می‌باشد که سالانه چندین زلزله با قدرت بیش از هفت ریشتر در نقاط مختلف آن رخ می‌دهد که در اثر این زلزله‌ها تعداد سازه‌ها و افرادی که دچار آسیب‌پذیری می‌شوند، بسیار جزئی و اندک بوده و با توجه به زیرساخت‌های مناسب شهری، سبب ایجاد بحران و اختلال در سیستم‌های شهری نمی‌شوند (Matsuoka and Yamazaki, 2005: 5) شواهد نشان می‌دهد که تهدید

زلزله در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند رو به افزایش، مشکلی از مشکلات کشورهای در حال توسعه است (Tucker, 1994: 10). بررسی تاریخی نشان می‌دهد که نقاط یا مناطق وسیعی از ایران به واسطه‌ی وقوع زمین‌لرزه، متحمل آسیب‌های جانی و مالی گردیده است. از این‌رو، امروزه امکان وقوع زمین‌لرزه‌هایی با قدرت تخریب بیشتر نیز وجود دارد. زیرا شهرهای دیروز گسترش یافته و بخش اعظمی از بافت‌های شهری آنها به بافت فرسوده امروز تبدیل شده است.

شهر تبریز به عنوان یکی از مناطقی که در روی کمربند زلزله واقع شده، در تاریخ خود شاهد مخرب‌ترین زلزله‌ها بوده است. به دلیل قدمت قابل ملاحظه‌ی تبریز و مرکزیت سیاسی - اقتصادی و علمی که مستلزم حضور مداوم دبیران و نویسندگان بوده، تقریباً می‌توان گفت وقایع رخ داده در تبریز، از جمله مشخصات زمین‌لرزه‌ها در نوشتارها و کتب تاریخی دقیق‌تر از سایر نقاط ایران منعکس گردیده است. تعداد زمین‌لرزه‌های منتسب به این شهر قابل ملاحظه می‌باشد. از سال ۸۵۸ تا سال ۱۹۳۰ میلادی تعداد ۲۳ زمین‌لرزه از نوشتارها و منابع مختلف گزارش شده است که برخی از آنها بسیار شدید بوده‌اند؛ به طوری که خسارات فراوانی را سبب شده‌اند (نکاء، ۱۳۶۸: ۱۲۷). بر اساس برآوردها در حال حاضر ۷۰ هزار هکتار از بافت شهرهای ایران در بافت فرسوده قرار دارند که حدود ۸ میلیون و پانصد هزار نفر در این بافت‌ها سکونت دارند. در شهر تبریز نیز، بافت‌های فرسوده یک پنجم از مساحت کل شهر یعنی ۲۵۳۰ هکتار را به اشغال خود درآورده است و بدین ترتیب عنوان دومین شهر کشور از نظر داشتن بافت‌های فرسوده به این شهر تاریخی اختصاص دارد. بر اساس آخرین برآوردها ۴۰۰ تا ۵۰۰ هزار نفر از شهروندان تبریزی در این بافت‌ها سکونت دارند.

**بررسی رهیافت‌های گوناگون پیرامون آسیب‌پذیری**  
 هر چند که پژوهشگران تا حدود زیادی در جستجوی علل بروز سوانح بوده‌اند. با این وصف دو رهیافت متفاوت با عنوان رهیافت غالب<sup>۱</sup> و رهیافت اقتصاد سیاسی<sup>۲</sup> درباره‌ی آسیب‌پذیری شکل گرفته است. چنانچه دو رهیافت به عنوان دو سوی یک طیف در نظر گرفته شوند، هر یک شامل مجموعه‌ای از نظرها و پیشنهادات هستند.

- رهیافت غالب، چنین فرض می‌کند که سوانح قطعاً ناشی از تأثیر عوامل خطرآفرین بر مردم و فعالیت‌های آنها هستند. سانحه به عنوان یک تصادف، یک جنبه غیرقابل پیش‌بینی از نیروهای طبیعی نامعین و رخدادی اجتناب‌ناپذیر فرض می‌شود. این دسته تحقیقات بر روی ویژگی‌های عوامل خطرآفرین متمرکز شده، تلاش می‌کند تا شدت آنها را از طریق علومی مانند زلزله‌شناسی و آب و هواشناسی پیش‌بینی نماید. تحقیقات متمرکز بر آسیب‌پذیری کالبدی در سوانح گوناگون این نکته را روشن می‌نمایند که مقاومت ساختمان‌ها و مصالح ساختمانی در مکان‌های مختلف یکسان نیست. در واقع این دسته از تحقیقات تلاش می‌کنند که توضیح دهند آثار متفاوت سوانح تنها در مورد ساختمان‌ها نیست، بلکه در مورد انسان‌ها، فعالیت‌های اقتصادی و ارتباط اجتماعی آنها نیز هست (زیباری و داراب‌خانی، ۱۳۸۹: ۳۳-۳۲). بنابراین در رهیافت غالب، سانحه به عنوان ویژگی خطر در نظر گرفته می‌شود و به عنوان تابعی از خطر دیده می‌شود که مانند عامل غیرمنتظره‌ای در شرایط آسیب‌پذیر به صورت انفعالی عمل می‌کند (Maskerey, 1989: 1).

- رهیافت اقتصادسیاسی براین باور است که خطر خیزی از ویژگی‌های عادی کالبدی نواحی است که در آنها سانحه رخ می‌دهد؛ یعنی آسیب‌پذیری نتیجه خطر خیزی نیست، بلکه نتیجه فرآیندهای اجتماعی،

مقررات خشک و بی‌انعطاف شهرسازی، عدم برخورداری از توان مالی مناسب، نبود مدیریت مبتکرانه و راهبردی در این زمینه ثابت کرده است که بافت‌های فرسوده با گذشت زمان، شهر تبریز را می‌بلعد. در حالی که فضاها وسیع و بسیار با اهمیتی از نظر ارزش منطقه‌ای را بافت‌های فرسوده به خود اختصاص داده‌اند؛ فضاهایی که استعداد تبدیل شدن به محیط‌های فرهنگی، آموزشی، اداری و خدماتی نوینی دارند و با تخریب و نوسازی آنها می‌توان هم ترافیک هسته‌ی مرکزی شهر را تا حدودی حل کرد و هم اینکه اجازه داد تا شهر نفسی تازه کند و گرد و غبار فرسودگی ناشی از گذشت ده‌ها سال را از چهره خود بزدايد و به توسعه‌ای متوازن و همگون دست یابد. به همین دلیل ضرورت می‌یابد که برای کاستن از خسارات ناشی از زلزله در شهر تبریز به ویژه در بافت‌های فرسوده شهر به مکان‌یابی کاربری‌های ویژه اقدام گردد. از این رو، هدف اصلی پژوهش، پوشش یکی از جنبه‌های مدیریت بحران زلزله است که ارائه‌ی روشی برای مکان‌یابی کاربری‌های ویژه جهت اسکان موقت و امداد رسانی به زلزله‌زدگان برای کاستن از آسیب‌های ناشی از زلزله در بافت‌های فرسوده شهری می‌باشد. بنابراین بخشی از بافت فرسوده‌ی شهر در مناطق ۳ و ۴ شهرداری تبریز به عنوان محدوده‌ی مورد مطالعه انتخاب شده و نحوه‌ی استقرار کاربری‌های ویژه در آن بررسی می‌گردد. در زمینه پیشنهادی موضوع تحقیق نیز متذکر می‌شود که پیرامون ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعات چندی در جهان و ایران انجام شده است. اما در ارتباط با کاهش آسیب‌پذیری شهرها ناشی از وقوع زلزله با تأکید بر ارائه‌ی الگوی بهینه کاربری‌های ویژه تاکنون مطالعاتی انجام نشده است و این موضوع در نوع خود جدید می‌باشد.

1-Dominant Approach

2-Political Economy Approach

بر پایه مشاهدات میدانی شامل برداشت ویژگی‌های مورد نظر در مورد خصوصیات ساختمانی و کالبدی شهر و به صورت کتابخانه‌ای شامل استفاده از نقشه‌های ۱/۲۰۰۰ شهری و همچنین استفاده از آمار و اطلاعات موجود در ارتباط با موضوع تحقیق صورت گرفته است. یکی از روش‌های سنجش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله روش تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که طی فرایندی به ترکیب داده‌های فضایی و خصایص مربوط به آنها (ورودی‌ها) پرداخته و در نهایت به محاسبه آسیب‌پذیری هر یک از معیارهای به کار رفته در تحلیل‌ها (خروجی‌ها) منجر می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از روش AHP، آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر تبریز در برابر زلزله در محیط GIS مورد تحلیل قرار گرفته است. برای تحلیل آسیب‌پذیری بافت فرسوده، پارامترهایی شامل: تراکم ساختمانی، تراکم جمعیت، قدمت بناها، مصالح ساختمانی، سازگاری کاربری‌ها، قیمت زمین و دسترسی انتخاب گردیده و با در نظر گرفتن میزان تأثیر هر یک از پارامترهای مورد استفاده و تعیین اهمیت معیاری هر کدام از عوامل به کار رفته، در نهایت به سنجش و تحلیل آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر پرداخته شده و کاربری‌های ویژه مراکز آموزشی، بهداشتی و درمانی مکان‌یابی می‌شود. علت انتخاب این کاربری‌ها به این دلیل می‌باشد که در هنگام وقوع زلزله، این مراکز از فضا و امکانات امداد و نجات بیشتری پس از کاربری‌های اورژانسی برخوردارند.

#### محدوده‌ی مورد مطالعه

شهر تبریز در مختصات جغرافیایی ۵۰°-۴۵° تا ۳۶°-۴۶° طول شرقی و ۴۲°-۳۷° تا ۲۹°-۳۸° عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۴۰ متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده است. شهر تبریز از تمام جهات بجز غرب و شمال غرب با شیب‌های تند کوه‌های اطراف محدود می‌شود. تبریز به فاصله‌ی اندکی از گسل معروف شمال تبریز قرار

اقتصادی و سیاسی است و سانه یک وضعیت نهایی است که از این فرایندها ناشی می‌شود. از این رو، این رهیافت برخی از ایرادهای اساسی در رهیافت غالب را به خوبی نشان می‌دهد. در رهیافت غالب چنین تصور می‌شود که مردم به دلیل بی‌اطلاعی خود از عوامل خطرآفرین و یا ساختارهای نامناسب مدیریت و تصمیم‌گیری در جامعه در شرایط آسیب‌پذیر زندگی می‌کنند. از این رو، این رهیافت در توضیح اینکه چطور تصمیمات فردی از مسائل اجتماعی و سیاسی تأثیر می‌پذیرد، ناتوان است، چرا که گروه‌های فردی یا اجتماعی، آزادی محدودی برای انتخاب محل زندگی و نحوه‌ی زیستن خود دارند. برای نمونه گروه‌های کم-درآمد اغلب چاره‌ی دیگری جز انتخاب مکان‌های آسیب‌پذیر مانند دشت‌های سیل‌گیر برای سکونت ندارند. این مطلب ناشی از ناآگاهی آنها و یا سیستم نامناسب برنامه‌ریزی کاربری اراضی نیست، بلکه به دلیل کنترل قیمت زمین توسط نیروهای بازار است که امکان دسترسی گروه‌های کم‌درآمد به محل‌های امن و مناسب را محدود می‌کند (زیاری و داراب‌خانی، ۱۳۸۹: ۳۳-۳۴).

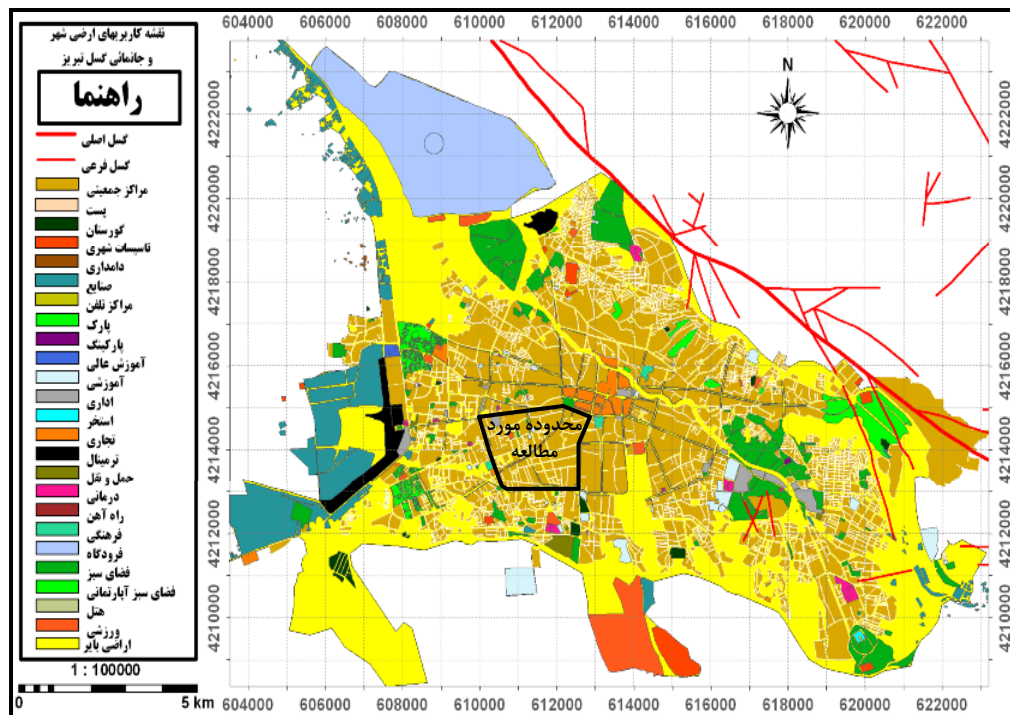
در رهیافت اقتصاد سیاسی چنین تصور می‌شود که تعداد زیادی از مردم در محدوده‌ی اجتماعی و سرزمینی یک سیستم سیاسی و اقتصادی به دلیل ارتباطات نابرابر اقتصادی امکان دستیابی یکسان به منابع اصلی، مانند زمین، غذا و سرپناه که از ملزومات زندگی هستند را ندارند و لذا به صورت گروه‌ها درمی‌آیند و اغلب این گروه‌های ناتوان هستند که بیشتر در معرض تأثیرات سوانح قرار دارند (Maskerey, 1989: 1).

#### مواد و روش

نوع تحقیق کاربردی-بنیادی و روش بررسی آن نیز معیاری-تحلیلی می‌باشد. گردآوری داده‌ها نیز عمدتاً

مناطق پرخطر شهر مستقر می‌گردند، تلفات جانی حاصل از زمین‌لرزه احتمالی آینده را افزایش می‌دهد. زلزله‌های تاریخی مؤید این نکته هستند که تبریز پتانسیل بالایی جهت لرزه‌خیزی دارد. مناطق پرجمعیت شهر در شمال، مرکز و تا حدی شرق شهر پراکنده شده‌اند و بیشترین خطر احتمالی گسل نیز متوجه همین مناطق است (روستایی، ۱۳۹۰: ۳۸-۳۰).  
محدوده‌ی مورد مطالعه بخشی از بافت فرسوده شهر در مناطق ۳ و ۴ شهرداری تبریز است (شکل ۱).

گرفته و در برخی مناطق بر روی گسل بنا شده است. با توجه به اطلاعات موجود، تبریز تنها شهر کشور است که از نظر خطر زلزله در موقعیتی قرار دارد که در تقسیم‌بندی پهنه‌های خطر، جزء مناطق با خطر نسبی بالا است. زلزله‌های این شهر به مانند زلزله‌های سایر مناطق ایران به صورت سطحی است، بدین معنی که عمق کم زمین‌لرزه‌ها موجب افزایش درجه خطر و خسارت در منطقه می‌گردد. افزایش جمعیت تبریز به رقم ۲ میلیون نفر در چند سال آینده که عمدتاً در



شکل ۱: نقشه کاربری اراضی تبریز، جانمایی گسل تبریز و موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه

مأخذ: روستایی، ۱۳۹۰: ۳۵

تبریز، فاجعه‌ی بسیار عظیمی در این مناطق رخ خواهد داد. این وضعیت ضرورت انجام پژوهشی در ارتباط با مکان‌یابی کاربری‌های ویژه برای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در این قسمت از شهر تبریز را ایجاب می‌کند.

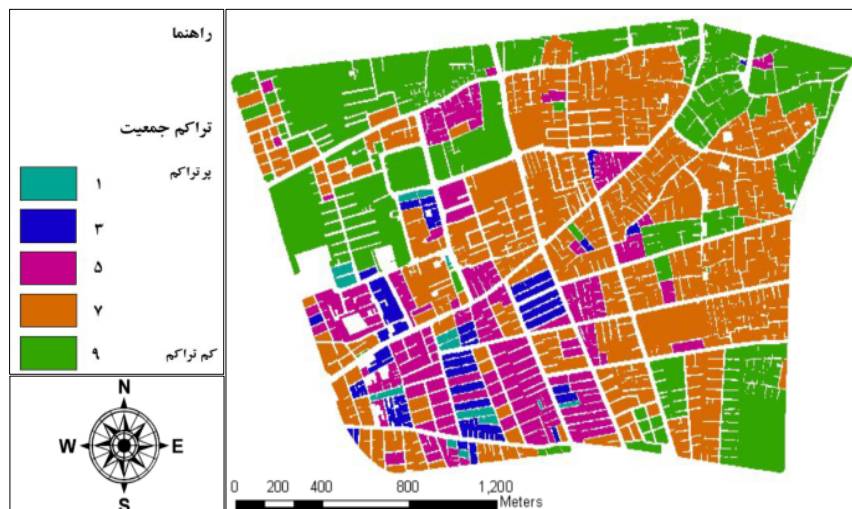
این محدوده جزو بخش قدیمی و فرسوده شهر است که فاقد بناهای محکم، بدون برنامه‌ریزی اصولی، معابر ارتباطی بسیار تنگ و کم‌عرض بوده که در پهنه‌بندی خطر گسل تبریز در کاربری اراضی این شهر نیز جزو خطر آسیب‌پذیری بالای خسارات ناشی از زلزله قرار گرفته است که در صورت بروز زلزله در

## شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش

### - تراکم جمعیت

در عصر حاضر یکی از پدیده‌های مهم و عمومی جهان، افزایش جمعیت و به تبع آن رشد سریع شهرنشینی است که این پدیده در کشورهای در حال توسعه به وضوح دیده می‌شود. از ویژگی‌های بارز این کشورها تمرکز شدید جمعیت در ابرشهرهاست که در صورت وقوع سانحه‌ای طبیعی، حتی در جایی که تأثیرات اولیه آن چندان جدی نبوده است، می‌تواند به فاجعه بیانجامد. حوادث انسانی به عنوان یکی از ابعاد بحران است که این تلفات، به خصوص در مناطقی که از جمعیت زیاد برخوردارند و دارای بافت فشرده‌ای هستند، بیشتر می‌گردد. هرچه تراکم جمعیتی بیشتر باشد، میزان آسیب‌پذیری نیز بیشتر است. روشن است که به هنگام زلزله مناطقی که دارای تراکم جمعیتی بالاتری باشند تعداد بیشتری از مردم بر اثر فرو ریختن

آوار و مسدود شدن معابر از بین می‌روند (زیاری و داراب‌خانی، ۱۳۸۹: ۳۷). با توجه به این اصل که در نقاط آسیب‌پذیر از نظر کالبدی؛ هر چه تراکم جمعیت در شهر کمتر باشد و این تراکم به طور متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله کمتر خواهد بود. برعکس تراکم‌های جمعیتی بالا در شهر هم موجبات بالا رفتن آمار تلفات در لحظه وقوع زلزله خواهد شد و کار امداد رسانی، اسکان موقت و دائم را مشکل خواهد ساخت (Graeme, 2005: 78). البته، این نکته قابل ذکر است که در شرایط ایده‌آل از نظر کالبدی که میزان تخریب به صفر یا نزدیک به صفر می‌رسد، بحث تراکم جمعیتی آنچنان مطرح نمی‌گردد. لیکن این عامل در نواحی آسیب‌پذیر از نظر کالبدی و دارای ساختارهای ضعیف در مقابل زلزله بسیار اهمیت می‌یابد (قدیری، ۱۳۸۱: ۱۵). در (شکل ۲) تراکم جمعیت محدودی مورد مطالعه نشان داده شده است.



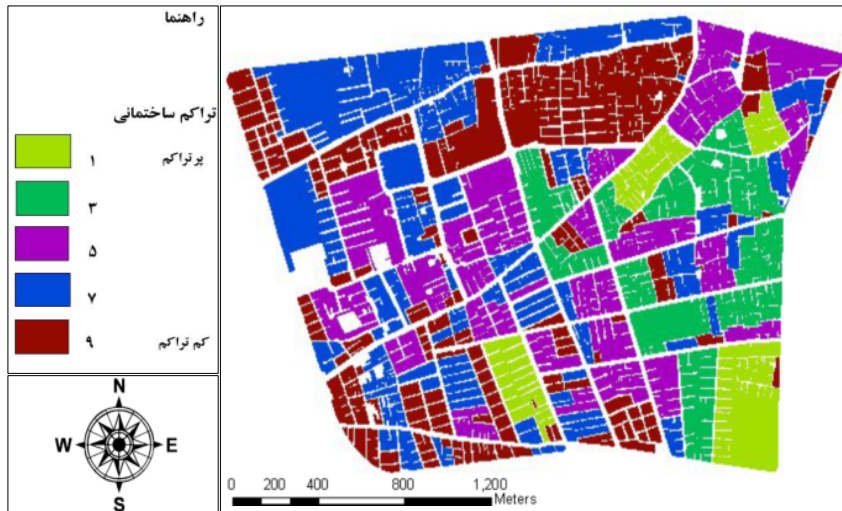
شکل ۲: نقشه تراکم جمعیت در محدوده‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان

### - تراکم ساختمانی

تراکم ساختمانی بالا علاوه بر افزایش آمار تلفات و خسارات جانی و مالی، موجب مسدود شدن معابر و کاهش امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن و نیز مشکل شدن نجات

مجروحان در اثر مسدود شدن راه‌های ارتباطی است (Graeme, 2005: 78). در (شکل ۳) وضعیت تراکم ساختمانی محدودی مورد مطالعه نشان داده شده است.

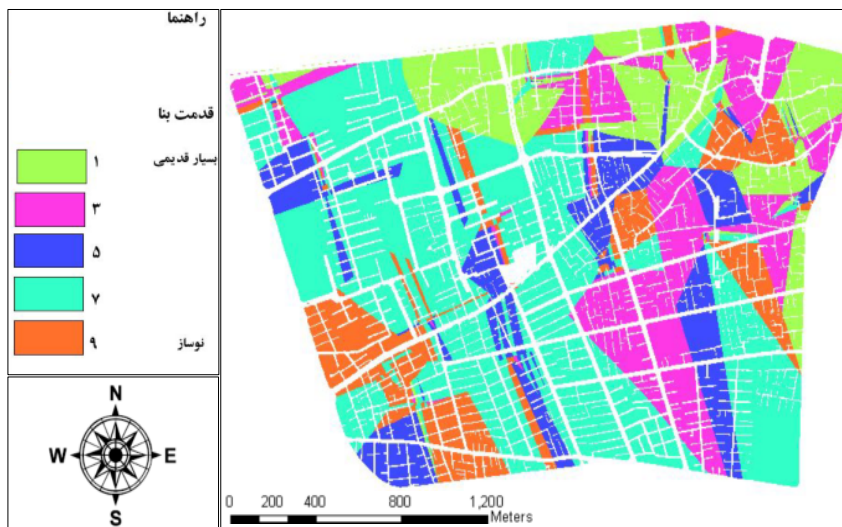


شکل ۳: نقشه تراکم ساختمانی در محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

از این رو، با توجه به اطلاعات موجود این وزندهی مد نظر قرار گرفت. در (شکل ۴) قدمت بنای ساختمان‌های محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

**- قدمت بنای ساختمان‌ها**

هر چه عمر ساختمان‌ها بیشتر باشد، مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله کاهش می‌باشد بنابراین آسیب‌پذیری آنها نیز بیشتر می‌شود (Graeme, 2005: 78).

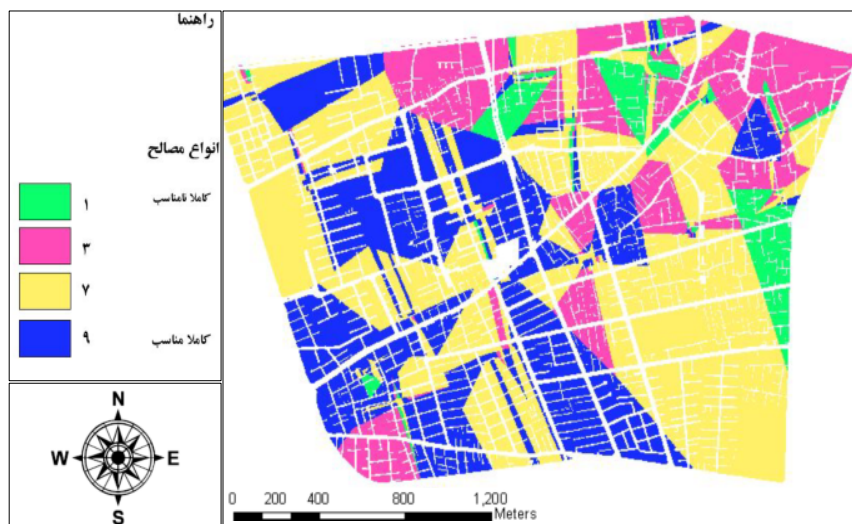


شکل ۴: نقشه قدمت ساختمان‌های محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

کشورها ساختمان‌های مسکونی ساخته شده از مصالح کم‌دوام از قبیل خشت و گل و خشت و چوب در رده واحدهای مسکونی غیرایمن قرار دارند (Gay, 2007: 29). در (شکل ۵) وضعیت مصالح ساختمانی به کار رفته در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

**- مصالح ساختمانی**

نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در ساخت واحد مسکونی، یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت مسکن محسوب می‌شود. نوع مصالح ساختمانی و کیفیت ابنیه از عوامل اصلی تأثیرگذار در شدت یا کاهش تخریب زلزله است؛ به طوری که در اکثر



شکل ۵: نقشه کیفیت مصالح ساختمانی محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

کاربری‌های مزاحم و مخلّ آسایش شهروندان در مکان‌های نامناسب جلوگیری به عمل آید و در مواقع بحران نیز از این نظر مشکلی پیش نیاید (صالحی، ۱۳۸۱: ۱۳۴). در (شکل ۶) میزان سازگاری کاربری‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

#### - سازگاری کاربری‌ها

جایابی کاربری‌های به کار رفته در بافت شهری، از دیگر شاخص‌های تعیین‌کننده‌ی کیفیت روند ساخت و ساز در شهرها می‌باشد؛ بطوری‌که در اکثر کشورهای توسعه‌یافته در فرارگیری مناسب کاربری‌ها در مجاورت یکدیگر برنامه‌ریزی دقیقی انجام می‌شود تا از ایجاد

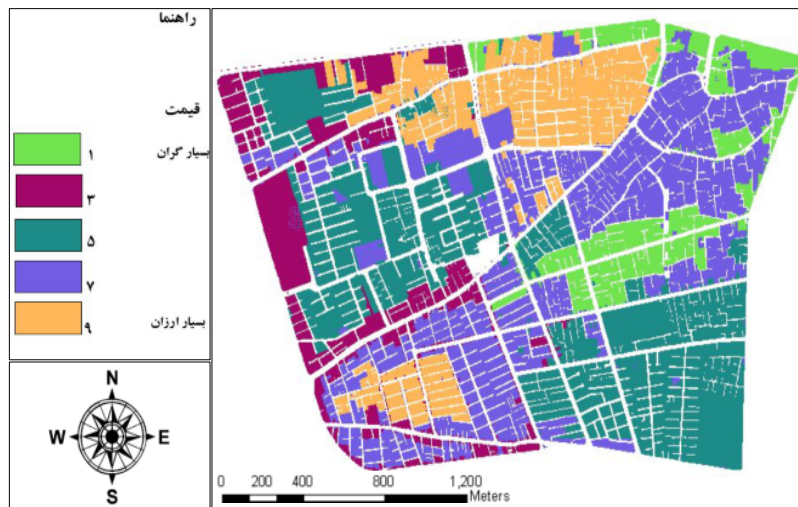


شکل ۶: نقشه میزان سازگاری کاربری‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

## - قیمت زمین

قیمت زمین تأثیر زیادی در احداث کاربری‌های مهم در شهر دارد؛ چرا که ممکن است به علت بهای گران زمین در برخی مناطق از احداث کاربری‌های خدماتی یا اورژانسی ممانعت به عمل آید (مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸: ۱۲۳).

بنابراین، شناسایی زمین‌های ارزان یا قابل دسترس در مکان‌یابی از شاخص‌های مهم به شمار می‌آید (مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۱۳۷۵: ۹۷). در (شکل ۷) قیمت زمین در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

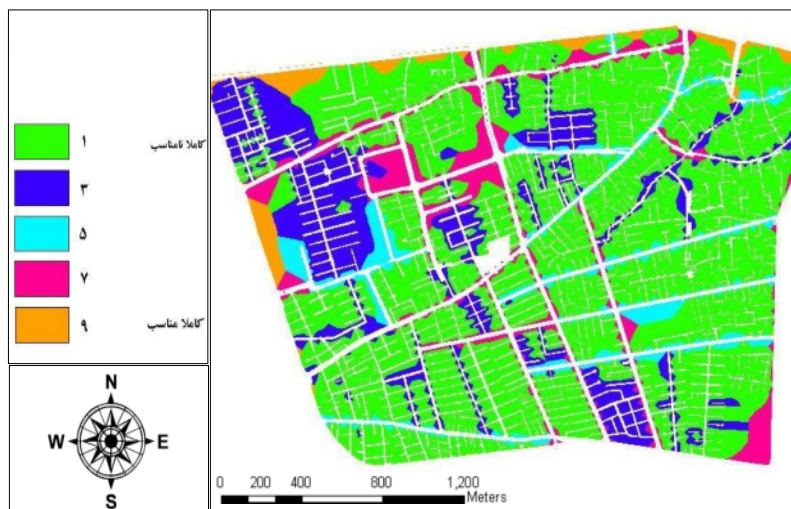


شکل ۷: نقشه قیمت زمین در محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

## - دسترسی

خیابان‌ها و سایر معابری که عرض زیادی دارند عبور و مرور را تسهیل می‌کنند به ویژه در زمان بحران این شریان‌ها جهت امداد رسانی از اهمیت زیادی

برخورد دارند (پرهیزکار، ۱۳۷۶: ۷۶-۷۸). در (شکل ۸) دسترسی بر اساس عرض معابر در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

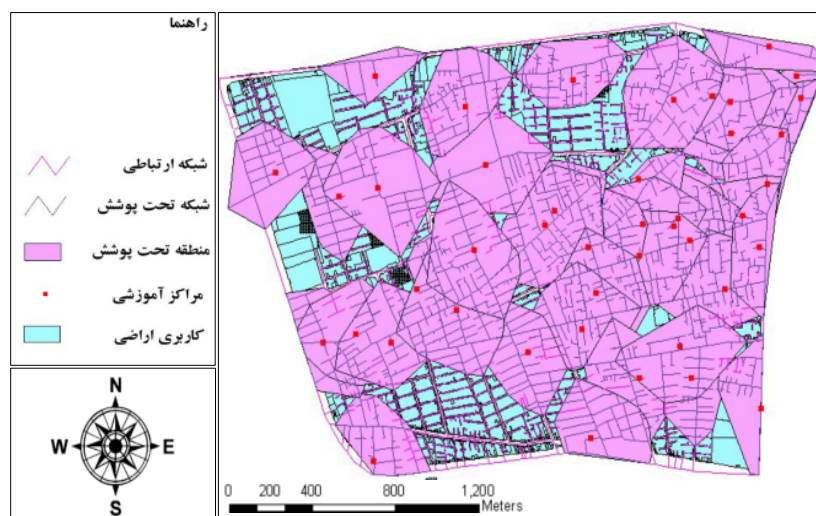


شکل ۸: نقشه دسترسی بر اساس عرض معابر محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

### بهره‌گیری از مدل تحلیل شبکه در بافت فرسوده شهر تبریز

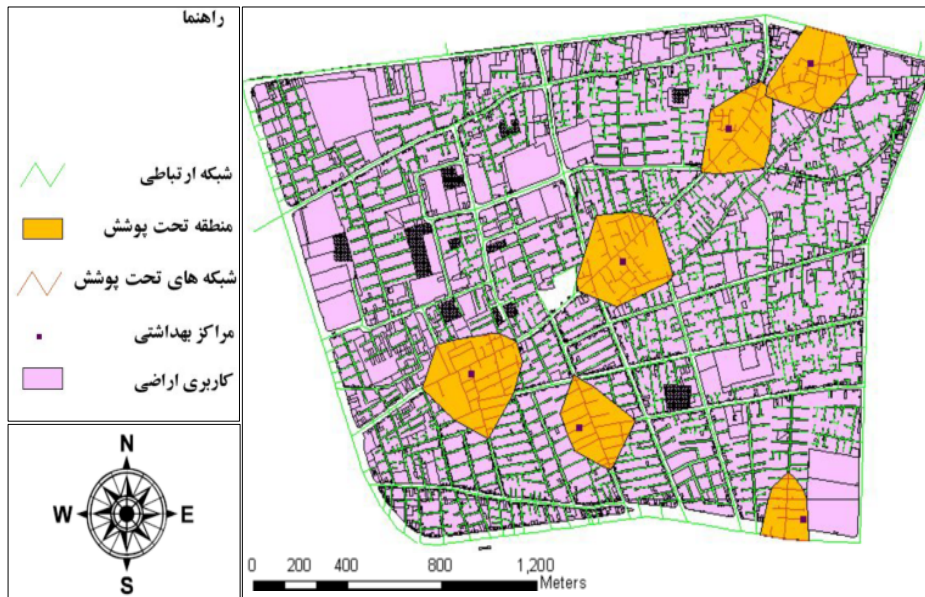
از مدل تحلیل شبکه برای تحلیل وضع موجود توزیع فضایی کاربری‌های ویژه و بررسی شعاع عملکردی آن‌ها، همچنین تعیین مناطقی که خارج از شعاع پوشش کاربری‌های موجود هستند، استفاده می‌شود (Toregas, 2008: 17-20). در این روش، فاصله‌ی زمانی بین مبدأ و مقصد به صورت منطقی و واقعی قابل محاسبه می‌باشد. بدین منظور در این پژوهش ابتدا کلیه‌ی مسیرهای ارتباطی شهر بر اساس جهات واقعی ترافیک در محیط AutoMap رقومی و تهیه شد و پس از ایجاد توپولوژی در محیط ArcGIS اطلاعاتی مانند طول معابر، Fnode، Id و Tnode به کار گرفته شده و رابطه‌ی فضایی بین خطوط شبکه ایجاد گردید. در مرحله‌ی بعد با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و سؤال از رانندگان مختلف در ساعات اوج ترافیک و همچنین حد مجاز سرعت اتومبیل در برخی معابر شهر، متوسط سرعت حرکت اتومبیل در سلسله مراتب معابر مختلف شهر به دست آمد و به جدول اطلاعات توصیفی شبکه وارد گردید. سایر اطلاعات تکمیلی شبکه نیز مانند یک‌طرفه یا دوطرفه بودن، عرض معابر

و تقاطع‌های موجود به شبکه اضافه شده و برای تحلیل آماده شد. سپس از تقسیم طول خیابان‌ها بر متوسط سرعت حرکت اتومبیل‌ها بر اساس فرمول سرعت در فیزیک ( $V=D/T$ )، عامل زمان یعنی مدت زمان‌های هر مسیر بدست آمد و سیستم شبکه‌ی شهر با اطلاعات موجود هوشمند شد. طبق رابطه‌ی یک خودرو اورژانسی در ۵ دقیقه حداکثر ۲/۹ کیلومتر مسافت را به طور مستقیم می‌تواند طی کند. البته زمان آمادگی و حرکت خودروها که بین ۱ تا ۲ دقیقه می‌باشد جزء این زمان منظور نشده است (پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۹۷). در روش تحلیل شبکه، متوسط مدت زمان ۵ دقیقه بر روی شبکه معابر بر کاربری‌های ویژه موجود (آموزشی، بهداشتی و درمانی) اعمال گردید و نتیجه‌ی ارائه شده گویای عدم پوشش تمامی فضای محدوده‌ی مورد مطالعه توسط این کاربری‌ها می‌باشد؛ بطوریکه به طور متوسط نیمی از محدوده از شعاع پوشش این کاربری‌ها خارج است و نیازمند مکان‌یابی و ایجاد کاربری‌های ویژه جدید می‌باشد. (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱) نشان‌دهنده‌ی میزان دسترسی کاربری‌های ویژه (آموزشی، مراکز درمانی و بهداشتی) با روش تحلیل شبکه در وضع موجود می‌باشند.

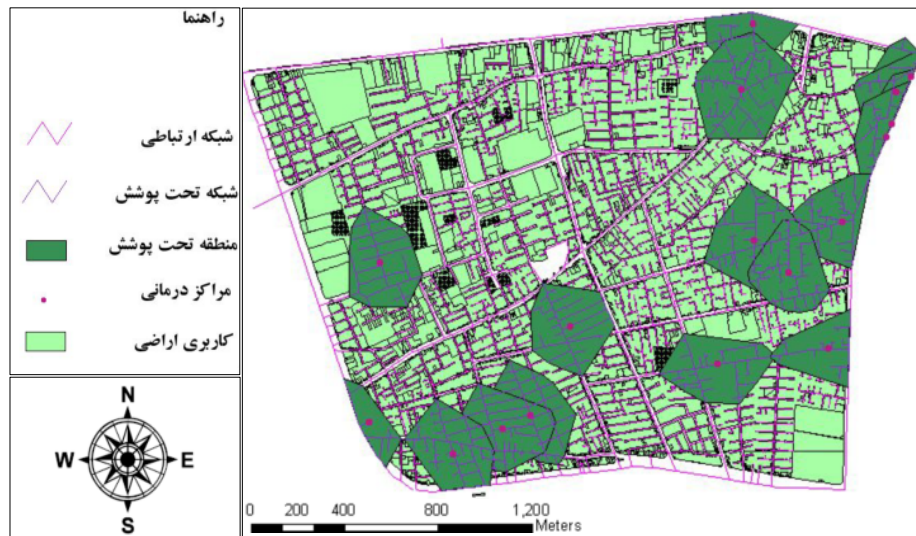


شکل ۹: نقشه دسترسی به مراکز آموزشی در محدوده‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۰: نقشه‌ی دسترسی به مراکز بهداشتی محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۱: نقشه‌ی دسترسی به مراکز درمانی در محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

(زبردست، ۱۳۸۰: ۱۳). در واقع این فرایند با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود (Bowen, 1993: 333). در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت‌بندی راهکارها مطرح است، چند سالی است که روش‌های "تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه"

### بهره‌گیری از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی کاربری‌های ویژه

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد

تعیین می‌گردد و با توجه به وزن به دست آمده، ارزش هر یک از نمونه‌های مورد مطالعه محاسبه می‌گردد.

جدول ۱: مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

میزان اهمیت	تعریف
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت برابر تا متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا بسیار قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۸	اهمیت بسیار قوی تا فوق‌العاده قوی
۹	اهمیت فوق‌العاده قوی

مأخذ: زبردست، ۱۳۸۰: ۱۷

اینک در این پژوهش به منظور تعیین مکان‌های برخوردار از پتانسیل مناسب جهت احداث کاربری‌های ویژه، لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای معیارها و شاخص‌های نهایی و اعمال وزن‌های تعدیل شده و ترکیب خطی موزون لایه‌ها تشکیل شد. سپس امتیازات نهایی لایه‌ی تحلیلی با استفاده از روش AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS محاسبه گردید. در ادامه، این مراحل برای مکان‌یابی کاربری‌های ویژه دنبال شده و نتیجه‌ی آن در محیط GIS برای تعیین مکان‌های مناسب و نامناسب استقرار کاربری‌های ویژه و تولید نقشه‌های خروجی مکان‌یابی مورد استفاده قرار گرفته است.

یکی از مزیت‌های AHP، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت شاخص و زیرشاخص‌ها است. ساز و کاری که این مدل برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر می‌گیرد، محاسبه ضریبی به نام "ضریب ناسازگاری" است که از تقسیم "شاخص ناسازگاری" به "شاخص تصادفی

(MADM) جای خود را باز کرده‌اند. از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بیش از سایر روش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی‌الاصل در دهه‌ی ۱۹۷۰ ابداع گردید. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد. در واقع فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند.

اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. فرایند سلسله مراتبی، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید (قدسی‌پور، ۱۳۸۱: ۶). این روش شامل سه گام اصلی تولید ماتریس مقایسه دوتایی، محاسبه‌ی وزن‌های معیار و تخمین نسبت توافق در فرایند اجرایی نرم‌افزار GIS است (هادیانی و کاظمی‌زاد، ۱۳۸۹: ۱۰۵). برای ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی از طریق غربال کردن، مقادیری از ۱ تا ۹ را برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرند (فرجی‌سبکبار، ۱۳۸۴: ۱۲۸) (جدول ۱). در این تکنیک ابتدا ساختار سلسله مراتبی مسأله ساخته می‌شود. سپس با مقایسه‌ی زوجی میان معیارهای مورد مطالعه، وزن نسبی هر یک از آنها

مکان‌های با اولویت ۹ (کاملاً مناسب) و ۷ (نسبتاً مناسب) که مناسب‌ترین حالت را دارا می‌باشند برای مکان‌یابی کاربری‌های مورد نظر در نظر گرفته شدند (شکل ۱۲).

جدول ۳: ماتریس مقایسه دودویی معیارهای ارزیابی در بافت فرسوده شهر تبریز

معیار	تراکم جمعیت	تراکم ساختمانی	قیمت زمین	قدمت بنا	مصالح ساختمانی	سازگاری کاربری‌ها	دسترسی	وزن
تراکم جمعیت	۱	۲	۳	۴	۵	۵	۶	۰/۲۷۱
تراکم ساختمانی	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۴	۵	۰/۲۰۳
قیمت زمین	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۴	۰/۱۲۶
قدمت بنا	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۰/۱۱۰
مصالح ساختمانی	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۰/۱۰۹
سازگاری کاربری‌ها	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۰/۰۹۲
دسترسی بر اساس عرض خیابان	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱	۰/۰۶۹

مأخذ: محاسبات توسط نگارندگان، ۱۳۹۰.

برای پی بردن به صحت عمل انجام شده، روش تحلیل شبکه برای کاربری‌های پیشنهادی جدید نیز به کار گرفته شد و شعاع ۵ دقیقه‌ای کاربری‌های جدید به دست آمد که گویای پوشش فضایی از شهر می‌باشد که در شعاع عملکردی کاربری‌های ویژه موجود شهر نبودند. (شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵) نشان‌دهنده پوشش تقریباً تمامی فضای محدوده مورد مطالعه توسط کاربری‌های موجود و پیشنهادی است.

بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است. در غیر این صورت لازم است در قضاوت‌ها تجدیدنظر نمود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه‌ای دودویی شاخص‌ها باید مجدداً تشکیل شود (فتحی، ۱۳۸۵: ۵۰-۴۸). نسبت توافق را می‌توان را از طریق (رابطه ۱) محاسبه نمود:

$$\text{رابطه ۱: } \lambda_{max} = \frac{7.72 - 7}{7 - 1} = 0.12$$

شاخص ناسازگاری

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.12}{1.32} = 0.09$$

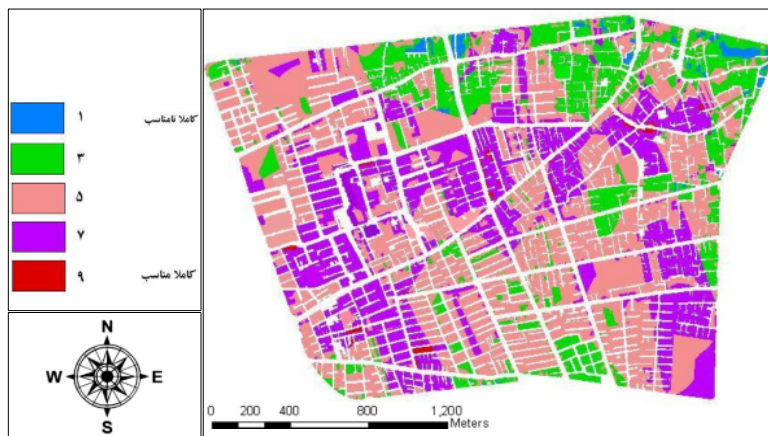
که در آن RI شاخص تصادفی است که برای مقادیر مختلف تعداد معیار (n) از طریق (جدول ۳) به دست می‌آید. نسبت توافق (CR) به صورتی طراحی می‌شود که اگر  $CR \leq 0.1$  باشد، سطح قابل توافق را در مقایسه‌های دو تایی نشان می‌دهد. در مورد مسأله‌ی مورد نظر، نسبت توافق ۰/۰۹ کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد که این نسبت سطح قابل قبولی از توافق را در مقایسه‌های دودویی نشان می‌دهد.

جدول ۴: شاخص تصادفی بودن

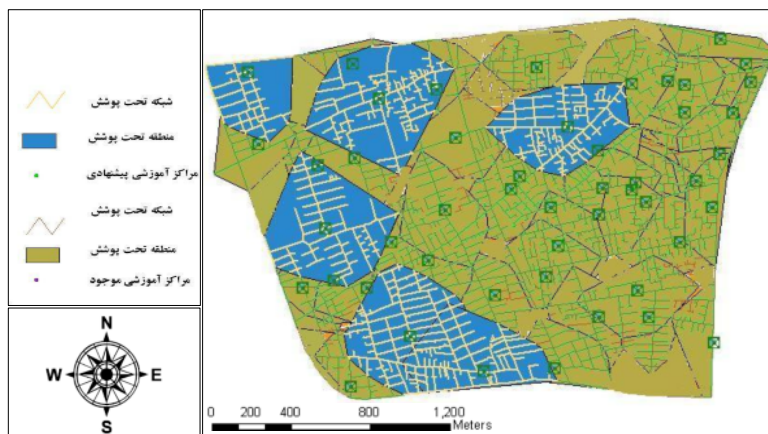
N	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰/۵۸۱	۰/۹۰۰	۱/۱۲۰	۱/۲۴۴	۱/۳۲۲	۱/۴۰۰	۱/۴۵۵	۱/۴۹۹	۱/۵۵۱	۱/۶۰۸	۱/۶۶۶	۱/۷۲۷	۱/۷۵۹

مأخذ: Bowen, 1993: 346

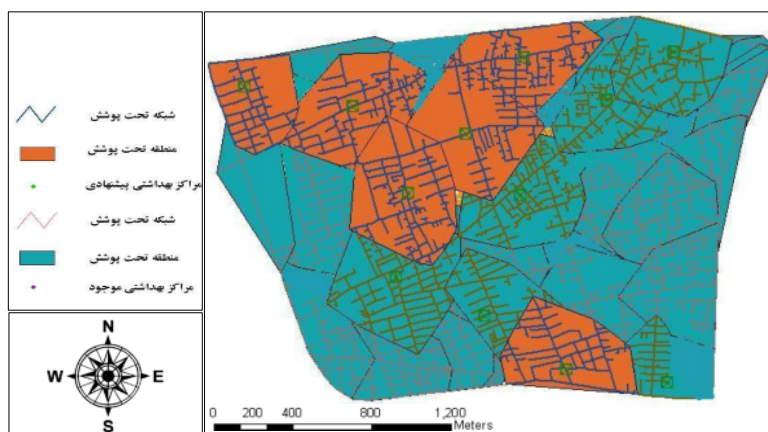
وزن‌های محاسبه شده از روش مقایسه دودویی در تلفیق لایه‌ها در محیط GIS مورد استفاده قرار گرفت و نتیجه‌ی آن ایجاد نقشه‌ای است که نشان‌دهنده اولویت‌بندی زمین (کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، متوسط، ضعیف و کاملاً نامناسب) برای استقرار کاربری‌های ویژه است. پس از اینکه مناطق و پهنه‌های مناسب برای ایجاد کاربری‌های ویژه به دست آمد،



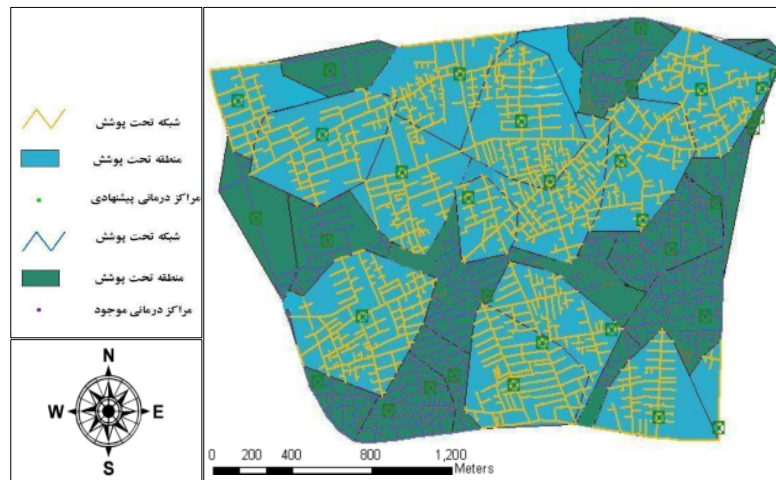
شکل ۱۲: نقشه‌ی نهایی مکان‌یابی بهینه کاربری‌های ویژه جهت کاهش آسیب‌پذیری در محدوده‌ی مورد مطالعه  
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۳: نقشه‌ی دسترسی به مراکز آموزشی پیشنهادی در محدوده‌ی مورد مطالعه  
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۴: نقشه‌ی دسترسی به مراکز بهداشتی پیشنهادی در محدوده‌ی مورد مطالعه  
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۵: نقشه‌ی دسترسی به مراکز درمانی پیشنهادی در محدوده‌ی مورد مطالعه  
مأخذ: نگارندگان

### نتیجه‌گیری

پراکنش شهرها در نقاط آسیب‌پذیر، عدم رعایت قوانین و ضوابط فنی و مهندسی در دهه‌های گذشته، بافت کهنه و فرسوده‌ی اغلب شهرها، وجود ساختمان‌ها و بناهای کم‌دوام در برخی شهرها، از جمله معضلات مهمی است که در صورت وقوع بحران‌هایی نظیر زلزله، دامنه‌ی آن را تشدید و عمق و وسعت فاجعه را مضاعف‌تر نیز می‌کند. بر این اساس، اگرچه جلوگیری از بروز زلزله لاقفل در حال حاضر برای انسان میسر نیست، اما آمادگی برای مواجه شدن با فاجعه یا بحران سانحه امری امکان‌پذیر می‌باشد. در این تحقیق ۷ مؤلفه‌ی مهم و مؤثر در آسیب‌پذیری بافت شهری با توجه به خصوصیات منطقه‌ی مورد مطالعه، موضوع تحقیق و همچنین محدودیت‌های اطلاعاتی برای بیان آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله مورد توجه قرار گرفته است. این شاخص‌ها شامل؛ تراکم ساختمانی، تراکم جمعیت، قدمت‌بناها، مصالح ساختمانی، سازگاری کاربری‌ها، قیمت زمین و دسترسی است. با بررسی‌های به عمل آمده از نحوه‌ی توزیع کاربری‌های ویژه‌ی موجود در بخشی از بافت فرسوده شهر تبریز و با توجه به تحلیل‌های به عمل آمده که منجر به تهیه‌ی نقشه‌های کاربری‌های مختلف شهری در محدوده‌ی

مورد مطالعه گردید. سپس با تعیین شعاع عملکردی استاندارد هر یک از آنها (آموزشی، بهداشتی و درمانی) و با استفاده از روش تحلیل شبکه و AHP چگونگی بهینه‌گزینی این کاربری‌ها به منظور ارتقاء کارکردی هر یک از آنها در مقابل خطرات ناشی از وقوع زلزله، پی‌جویی گردید. نتایج حاصل از تحلیل‌های فوق بیانگر آن است که بخش زیادی از محدوده‌ی مورد مطالعه با وجود تراکم زیاد جمعیتی، ساختمانی، آموزشی، تجاری و غیره، خارج از محدوده‌ی عملیاتی کاربری‌های ویژه موجود بوده که آسیب‌پذیری زیادی در مقابل زلزله دارد. این وضعیت خود دلیل بر کمبود تعداد کاربری‌های ویژه به نسبت مورد نیاز به منظور تأمین پوشش کامل فضای محدوده‌ی مورد مطالعه بوده به طوری که در شرایط وقوع زمین‌لرزه، جهت خدمات اورژانسی و اسکان موقت عملاً نیمی از این محدوده به کاربری‌های ویژه دسترسی نخواهند داشت. در این صورت نیاز به مکان‌یابی و استقرار کاربری‌های جدید بیش از پیش احساس می‌شود. از این رو برای کاستن از خسارات ناشی از وقوع زلزله در این محدوده، با بهره‌گیری از یافته‌های حاصل از تحلیل شبکه و AHP، مکان‌یابی کاربری‌های آموزشی، بهداشتی و درمانی جدیدی پیشنهاد گردید.

## منابع و مآخذ

- ۱- اسدی نظری، مهرونوش (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی و مکان‌یابی اردوگاه‌های اسکان موقت بازماندگان زلزله، مورد پژوهی، ناحیه ۶. منطقه ۱ شهر تهران. دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی. تهران.
- ۲- پرهیزگار، اکبر (۱۳۸۳). ارائه مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، جلد سوم. مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
- ۳- توفیق، فیروز (۱۳۷۰). مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی؛ مسکن، انتشارات مرکز تحقیقات معماری و شهرسازی ایران.
- ۴- ذکاء، یحیی (۱۳۶۸). زمین‌لرزه‌های تبریزی، تهران. انتشارات کتابسرا.
- ۵- روستایی، شهرام (۱۳۹۰). پهنه‌بندی خطر گسل تبریز برای کاربری‌های مختلف اراضی شهری، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱.
- ۶- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۰.
- ۷- زیاری، کرامت‌اله و رسول داراب‌خانی (۱۳۸۹). بررسی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله (مورد مطالعه: منطقه ۱۱ شهرداری تهران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹.
- ۸- سعیدنیا، احمد (۱۳۷۸). حمل و نقل شهری، جلد اول. انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری.
- ۹- صالحی، رحمان (۱۳۸۱). ساماندهی فضایی مکان‌های آموزشی شهر زنجان به کمک GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه تهران.
- ۱۰- فتحی، حمید (۱۳۸۵). شناسایی و تدوین روابط بین برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای و مدیریت ریسک زلزله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرداری. دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۱- فرجی سبکیار، حسنعلی (۱۳۸۴). مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، مطالعه موردی: بخش طرنبه مشهد، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱.
- ۱۲- قدسی‌پور، سیدحسن (۱۳۸۱). مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره، چاپ سوم. تهران. انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
- ۱۳- قدیری، محمودعلی (۱۳۸۱). کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری در کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله، مطالعه موردی منطقه ۱۷ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۴- مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری (۱۳۷۵). تدوین استانداردهای حفاظت شهرها در برابر حریق، بخش اول و دوم، انتشارات وزارت کشور.
- ۱۵- ملکی، امجد (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مسکن در استان کردستان، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. دانشگاه تهران. شماره ۵۹.
- ۱۶- مهدیان، فرید (۱۳۸۱). آسیب‌پذیری ساختمان‌های تهران در برابر زلزله و چگونگی کاهش آسیب‌پذیری، مجموعه مقالات اولین سمینار ساخت و ساز دریایتخت. دانشگاه تهران.
- ۱۷- مهندسین مشاور عرصه (۱۳۷۸). پژوهشی درباره جایگاه و ابعاد حفاظت شهرها در برابر آتش‌سوزی، چاپ اول. انتشارات وزارت کشور.
- ۱۸- هادیانی، زهره و شمس‌اله کاظمی‌زاد (۱۳۸۹). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS نمونه موردی: شهر قم، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۷.
- 19- Bowen, William M (1993). AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman, R. et al Eds, Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, new Brunswick: Center for Urban Policy Research.
- 20- Dey, P. K, Ramcharan, E. K (2008). Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for Limestone Quarry Expansion in Barbados. Journal of Environmental Management 88.
- 21- Gay, William (2007). Fire Station Location: Analysis and Technology. Washington, D. C, (1987) International City Management Association: Jul.19p, MIS Report, Vol.19, No.7.
- 22- Graeme, F (2005). Geographic Information System for Geoscientist, Modeling with GIS, New York, Carter Publisher.
- 23- Maskerey, A (1989). Disaster Mitigation, a Community Based Approach. Oxfam.
- 24- Matsuoka, M. and Yamazaki, F (2005). Building Damage Mapping of the 2003 Bam, Iran, Earthquake Using Envisat/ASAR Intensity Imagery, Earthquake Spectra, Vol. 21, No. S1.
- 25- Toregas, C (2008). the Location of Emergency Services Facilities. Operations Research, Vol.19.
- 26- Tucker, B. E (1994). Some Remark Concerning World Wide Urban Earth Quake Hazard and Earthquake Hazard Mitigation. Insures in Urban Earthquake Risk.