

بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل MIHWP (مطالعه موردی منطقه ۱۰ تبریز)

کیومرث حبیبی^۱
محمد عزتی^۲
کمال ترابی^{۳*}
بختیار عزت پناه^۴

چکیده

باتوجه به تراکم بالای جمعیتی و ساختمانی، سازه‌های کم‌دوام، عرض کم معابر و درجه محصوریت بالا در شهرها، انجام مطالعات و برنامه‌ریزی‌های دقیق در راستای به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از این رویداد طبیعی ضروری است. برای این منظور یکی از مهم‌ترین اقدامات می‌تواند شناسایی عوامل مؤثر در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله باشد. شناخت و بررسی آسیب‌پذیری شهرها به‌ویژه محدوده‌هایی که به‌صورت اسکان غیررسمی و بافت فرسوده می‌باشد، اهمیت زیادی دارد. می‌توان با مشخص کردن پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر زلزله و با آگاهی از خسارت‌های ناشی از آن‌ها، شهرها را به‌گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی کرد که به هنگام وقوع زلزله کم‌ترین آسیب به آن‌ها وارد شود. در این پژوهش شاخص‌های کاربری زمین، عرض خیابان، تعداد طبقات، درجه محصوریت، تراکم جمعیتی، دانه‌بندی قطعات، سطح اشغال، تراکم ساختمانی، کیفیت

۱- دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲- دانشجوی دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند، معاون شهرسازی و معماری شهرداری تبریز.

۳- کارشناس ارشد شهرسازی- برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای از دانشگاه علم و صنعت ایران، کارشناس شهرسازی معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تبریز.
Email: torabi1984@gmail.com

۴- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند.

ابنیه، نوع سازه، قدمت ابنیه، دسترسی به فضاهای باز و دوری و نزدیکی به گسل‌های اصلی انتخاب و با استفاده از مدل MIHWP و به‌کارگیری قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS در محاسبه، تجمیع و روی هم‌گذاری داده‌ها و لایه نقشه‌های شاخص‌های منتخب، آسیب‌پذیری منطقه ۱۰ شهر تبریز در مقابل زلزله مشخص شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که قطعاتی که دارای خیابان‌های کم عرض، تعداد طبقات و درجه محصوریت بالا، مساحت کم‌تر، سطح اشغال، تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، نوع سازه کم‌دوام، قدمت ابنیه قدیمی، فاصله زیاد تا فضای‌های باز و فاصله نزدیکی به گسل‌های اصلی بوده‌اند، دارای امتیاز آسیب‌پذیری بالایی بوده و در نتیجه آسیب‌پذیر نشان داده شده‌اند. همچنین در محدوده منطقه، با حرکت از سمت شمال غرب به طرف مرکز و شمال شرق به میزان آسیب‌پذیری شهر افزوده می‌شود.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، تبریز، MIHWP، GIS.

مقدمه

آنچه که زلزله را به‌عنوان تهدید مطرح می‌کند، عدم آمادگی بشر در مقابله با آن است. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب، شبکه ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله دارند. بنابراین آنچه که پدیده زلزله را در شهرها به یک فاجعه تبدیل می‌کند، وضعیت شهرسازی نامناسب است. در مناطق شهری، اثرات زیانبار معمول در اثر وقوع زلزله، شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهری است. حوادث انسانی نیز یکی از ابعاد بحران است که این امر به‌خصوص در مناطقی که از جمعیت زیادی برخوردار بوده و دارای بافت فشرده‌ای می‌باشند، بیشتر می‌گردد. یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله، وجود آمادگی قبلی یک جامعه برای برخورد با این پدیده می‌باشد. آمادگی برای برخورد با زلزله جنبه‌های گوناگونی دارد و می‌توان با استفاده از تمهیدات شهرسازی، شهرها را به‌گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی کرد که به هنگام زلزله کم‌ترین آسیب به آن‌ها وارد شود.

دانش شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها اثرات زلزله را تا حد زیادی تقلیل دهد (محمدی احمدیانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۳). وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب، شبکه ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تاسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها در برابر زلزله دارند (موسوی، ۱۳۸۴: ۲۰).

نوع سازه، کیفیت ابنیه، کاربری زمین، تراکم ساختمانی و جمعیتی، سطح اشغال، درجه محصوریت، عرض راه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، دانه‌بندی قطعات و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در کاهش و یا افزایش آسیب‌ها و خسارت‌های ناشی از زلزله تأثیر بسزایی دارند. به همین دلیل مطالعه درست آن‌ها و مشخص کردن مسیرها و محدوده‌های آسیب‌پذیر و یا امن با توجه به معیارهای ذکرشده، آسیب ناشی از زلزله در یک شهر را کاهش داده و امکان برنامه‌ریزی درست را فراهم می‌آورد.

مبانی نظری

آسیب‌پذیری شهری: بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود یک نوع پیش‌بینی خسارت دیدگی آن‌ها در مقابل زلزله‌های احتمالی می‌باشد (زهراپی و ارشاد، ۱۳۸۴: ۲۸۷). تحلیل آسیب‌پذیری، فرآیند برآورد آسیب‌پذیری عناصر معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع خطرات فاجعه‌بار هستند (Fischer et al, 1996: 8). مهم‌ترین عوامل تشدید کننده احتمال افزایش آسیب‌پذیری شهرها شامل قرارگیری شهر بر روی گسل‌های مختلف، تمرکز جمعیت، عدم رعایت قوانین مقررات شهرسازی، وجود انبوهی از ساخت و ساز به صورت اسکان غیررسمی، بلندمرتبه‌سازی غیراصولی، استفاده از مصالح کم‌دوام، نداشتن برنامه‌های اصولی برای رویارویی با بحران‌های آتی و نداشتن آموزش‌های موثر برای شهروندان می‌باشد (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۷).

برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر ارزیابی خطر بلایا و ایمنی: مساله حفاظت از جان انسان‌ها، تأسیسات و تجهیزات شهری و... در برابر زلزله آن قدر مهم است که می‌بایست یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری محسوب شود (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۵). به‌طور کلی هرچند رشد و پیشرفت شهری تسهیلات و امکانات، سلامتی را در شهرها افزایش داده است اما هرگز این تسهیلات، ایمنی در برابر بلایا را افزایش نداده است. هدف برنامه‌ریزی شهری به‌منظور پیش‌گیری از بلایا و افزایش ایمنی، تشخیص فرآیند عناصر مخاطره آمیز و تقویت ایمنی، به‌واسطه بهبود و اصلاح شهر و شهرسازی است (Nakabayashi, 1994,) (225-226). برای ایمنی و پایداری شهرها، برنامه‌ریزی شهری بلند مدت بر اساس ابزار ارزیابی ریسک چند رشته‌ای باید مد نظر قرار گیرد (Clark et al, 2009: 179).

بافت شهر: هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله، مقاومت خاصی در برابر زلزله دارد. به‌عنوان مثال بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد. همین‌طور درجه ایمنی بافت گسسته در برابر خطرات زلزله بیش از درجه ایمنی بافت پیوسته است (احمدی، ۱۳۷۶: ۶۵). الگوی ترکیب فضاهای باز و بسته و نسبت سطح ساخته شده به فضای باز، مهم‌ترین ملاک کارآیی و سنجش خواهد بود. از طرفی تعداد واحدهای ساختمانی مجزای درون هر قطعه و نوع محصوریت آن به‌علت تخریب ساختمان در فضای باز در میزان آسیب‌پذیری موثر است (حمیدی، ۱۳۷۱: ۲۱۱).

پیشینه پژوهش

در دهه‌های گذشته چندین مدل برای محاسبه میزان آسیب‌پذیری شهرها به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله ارائه شده است. برای مثال برای مثال کاوا^۵ در سال ۱۹۹۹ برای تهیه یک نقشه آسیب‌پذیری از GIS استفاده کرده و در مدل خود از اطلاعاتی مانند توپوگرافی و محل گسل‌های منطقه، محل تأسیسات زیربنایی حساس و پراکنش جمعیت

برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری به کار برده است (Cava, 1999: 845-858). راشد در سال ۲۰۰۳ برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله، شاخص‌هایی مانند حداقل عملکرد پل‌ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، بزرگراه‌ها و حداکثر هزینه بازسازی ساختمان‌ها را انتخاب و با روش AHP و نرم افزار GIS مدل‌سازی کرده است (Rashed & Weeks, 2003: 547-576). آنتونیونی^۶ و همکاران تأثیرات زلزله بر تاسیسات صنعتی را با استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و آگوریتمی را ارائه کرده‌اند (Antonioni, Spandoni & Cozzani, 2007: 48-59). حبیبی و همکاران در سال ۱۳۸۶ تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان را با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC انجام داده‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۷-۳۶). در سال ۱۳۸۹ اسماعیل شیعه و همکاران «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس و GIS-مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران» را انجام داده‌اند (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹). در ادامه به چندین مورد دیگر از پژوهش‌های انجام شده به زبان‌های فارسی و انگلیسی اشاره شده است.

قاید رحمتی و قانعی بافقی (۱۳۹۱)، خاکپور و همکاران (۱۳۹۰)، محمدی احمدیانی و همکاران (۱۳۸۹)، احدنژاد روشنایی و همکاران (۱۳۸۹) در بخش مطالعات فارسی، گوزی^۷ و همکاران (۲۰۱۳)، یالووا^۸، محمدرضا منصورى دانشور و همکاران (۲۰۱۳)، ایلانلو و همکاران (۲۰۱۳)، لوسیا تیلیو^۹ و همکاران (۲۰۱۲)، لانتانا^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۳)، مهمت سروی^{۱۱} (۲۰۰۴) در بخش مطالعات انگلیسی تنها بخشی از پژوهش‌های کار شده در ارتباط با آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله می باشد.

6-Antonioni

7-Guzey

8-Yalova

9-Tilio Lucia-

10-Lantada

11-Mehmet Servi

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و مدل استفاده نیز وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس اصلاح شده (MIHWP)^{۱۲} می‌باشد.

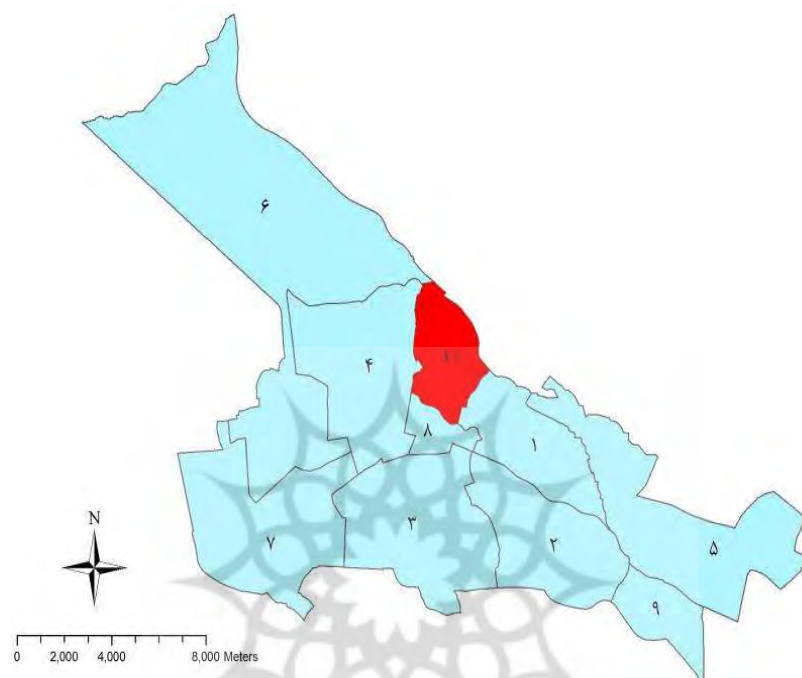
مدل IHWP ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی^{۱۳} است. مراحل این مدل شامل تعیین ماتریس داده‌ها، به کارگیری روش پیمایشی دلفی، وزن دهی به داده‌ها بر اساس مدل IHWP، تلفیق نقشه‌ها و در نهایت تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی است. تمام مراحل اصلاح شده این مدل مثل روش اصلی بوده و تنها تغییر در رابطه ریاضی دوم آن است که ضریب تعدیلی برای آن اضافه شده است. مقایسه نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس اصلاح شده با روش قبلی نشان می‌دهد که این تغییر باعث بهبود مدل می‌شود. مهم‌ترین مزیت روش اصلاح شده این است که افزایش آسیب‌پذیری در بین دسته بندی یک شاخص به صورت خطی نبوده و این امر بسته به جایگاه هر دسته‌بندی به صورت غیرخطی اعمال می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه ده شهرداری تبریز یکی از مناطق ده‌گانه شهر تبریز با حدود ۲۰۰۱۴۳ نفر جمعیت (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) معادل ۱۳،۱ درصد جمعیت شهر و ۱۰۵۱،۵۶ هکتار مساحت معادل ۴،۳ درصد مساحت شهر، یکی از مهم‌ترین مناطق شهر تبریز از نظر آسیب‌پذیری بشمار می‌آید. جمعیت زیاد، بافت فشرده و وجود اسکان غیررسمی نشان‌دهنده اهمیت بالای این منطقه از نظر آسیب‌پذیری است. این موضوع به نوبه خود ضرورت توجه به مسایل مدیریت بحران و حوادث در این محدوده را نشان می‌دهد.

12- Modified Inversion Hierarchical Weight Process

13- Analytical Hierarchy Process (AHP)



شکل (۱) موقعیت منطقه ۱۰ در شهر تبریز

یافته‌ها و بحث

به‌منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله طبق مطالعات مبانی نظری و پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با موضوع، شاخص‌های مختلفی دخیل هستند که به آن‌ها پرداخته شده است.

- کاربری زمین: کاربری‌های محدوده مورد مطالعه به سه دسته «کاربری‌های پرخطر، متوسط خطر و کم‌خطر» تقسیم شده‌اند (ترابی، ۱۳۸۸: ۹۰).

- عرض راه‌ها: هرچه عرض معابر بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کالبدی نیز کم‌تر خواهد شد.

- ارتفاع ساختمان‌ها: اگر افزایش ارتفاع ساختمان‌ها با اصول ایمنی همراه نباشد،

آسیب‌پذیری را بالا خواهد برد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۲).

- درجه محصوریت: با بالا رفتن درجه محصوریت احتمال بسته شدن معابر افزایش می‌یابد.

- تراکم جمعیتی: با بیشتر شدن تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و خدمات‌رسانی و امداد پایین می‌آید و بالعکس.

- دانه‌بندی قطعات: احتمال آسیب‌پذیری در اندازه قطعه‌بندی کوچک‌تر اراضی نسبت به اراضی بزرگ اندازه بیش‌تر است.

- سطح اشغال: با افزایش آن آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان‌ها و غیر قابل استفاده شدن بافت افزایش می‌یابد.

- تراکم ساختمانی: شاخص مهمی که با بیش‌تر شدن آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌شود.

- کیفیت ابنیه: احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا در مقابل بحران نسبت به ساختمان‌های مخروبه و تخریبی بیش‌تر است.

- مصالح ابنیه: اسکلت‌های فلزی و بتن مسلح نسبت به بناهای خشتی و گلی مقاومت بسیار بیش‌تری دارد.

- قدمت ابنیه: در بناهای با قدمت بیشتر احتمال خطر تخریب بیش‌تری وجود دارد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷).

- دسترسی به فضاهای باز: با دور شدن از فضاهای باز احتمال آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌شود.

- دوری و نزدیکی به گسل‌های اصلی: آسیب‌پذیری رابطه مستقیمی با نزدیکی به گسل‌های اصلی دارد (خدابخش، ۱۳۹۰، ۱۱۰).

روش اجرای دلفی شامل یک پیمایش دو یا چند دوری است که در دور اول نظرات کارشناسان خبره و اهل فن در زمینه مورد تحقیق دریافت می‌شود. این کارشناسان با توجه به ماهیت، عملکرد و اهمیت متغیرها، آن‌ها را به صورت زوجی مقایسه نموده و ارزش‌دهی می‌نمایند؛ به‌گونه‌ای که اهمیت دو یا چند برابری متغیر (X) نسبت به متغیرهای (Z-Y) و اهمیت متغیر (Y) نسبت به (Z) مشخص می‌شود. در دور دوم، نتایج دور اول در دسترس مشارکت‌کنندگان قرار می‌گیرد؛ به‌طوری که آن‌ها بتوانند در صورت تمایل ارزیابی‌های اولیه خود را تعدیل کنند یا به نظرات قبلی خود مطالبی اضافه نمایند (حبیبی، ۱۳۸۹).

محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس به شکل روابط ریاضی زیر است (ترابی، ۱۳۸۸ : ۹۵).

$$j=D-(N-i)*(X) \quad (2) \quad X = \frac{D}{N} \quad (1)$$

D= امتیاز به دست آمده از مدل دلفی

X= دامنه طبقات متغیرها

N= تعداد طبقه

j= وزن طبقات در مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس

i= رقم اختصاص داده شده برای دسته‌های مختلف هر شاخص

تنها تغییر روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس نسبت به روش قبلی، این است که ضریب تعدیل $K = \frac{i}{N}$ به فرمول دوم اضافه شده و به شرح زیر تغییر یافته است:

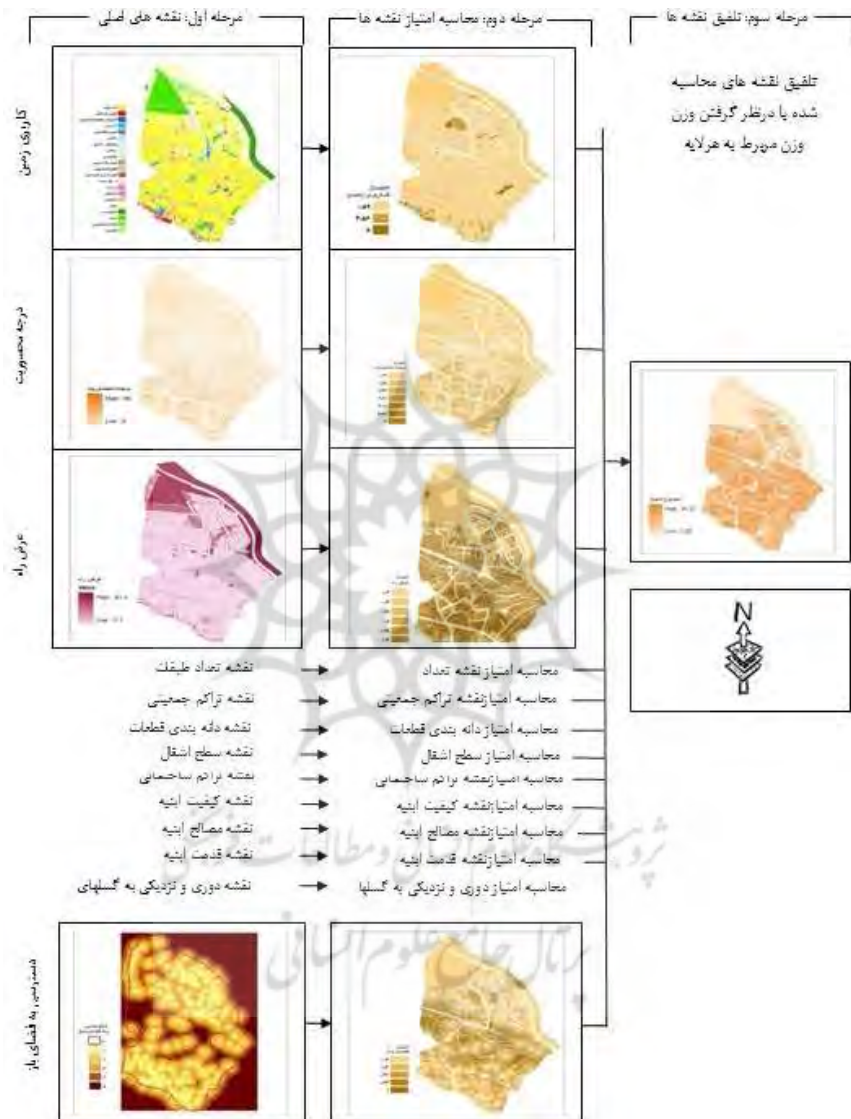
$$j=E-(N-i)*(X)*(K) \quad (3)$$

به‌عنوان مثال بر اساس روش دلفی، نوع سازه رتبه اول را در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله به‌خود اختصاص داده است که با توجه به شاخص‌های ۱۳ گانه، معکوس رتبه ۱۳ را اخذ می‌کند. نقشه و بانک اطلاعات نوع سازه در ۵ دسته (فاقد بنا، اسکلت فلزی و بتنی، آجر و

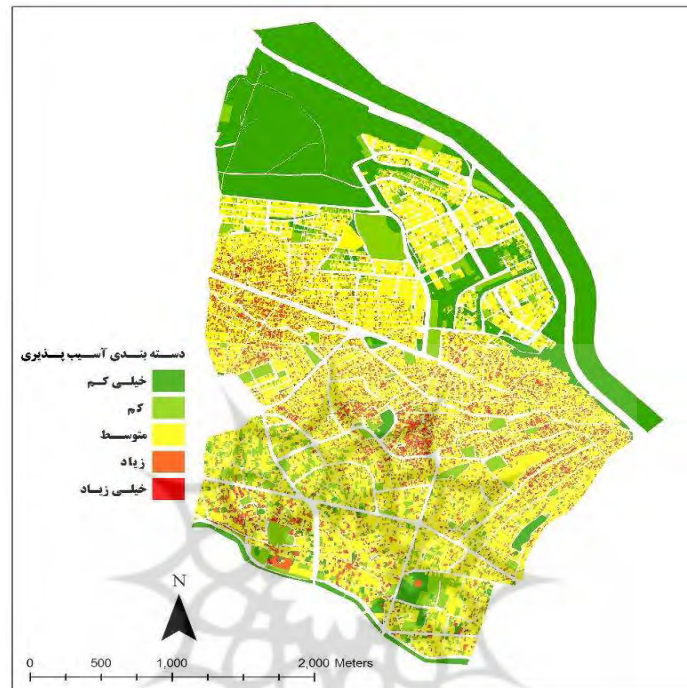
آهن، بلوک سیمانی و سایر) طبقه‌بندی شده که کلاس ۱ حاکی از کم‌ترین آسیب‌پذیری و کلاس ۵ حداکثر آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. با تقسیم وزن داده در مدل دلفی بر تعداد کلاس‌ها (N) به هر کلاس معادل ۱/۸ (X) اختصاص می‌یابد. به این ترتیب امتیاز قطعات زمین فاقد بنا، ۱/۸، اسکلت فلزی و بتنی ۳/۶، آجر و آهن ۵/۴، بلوک سیمانی ۷/۲ و سایر مصالح بیش‌ترین وزن یعنی ۱۰ را به‌خود اختصاص می‌دهد. در این مدل، به زمینی که بایر و فاقد بناست، امتیاز ۱/۸ اختصاص می‌یابد؛ در حالی که شاخص‌های کم‌اهمیتی مانند دسترسی به فضاهای باز در بیش‌ترین حالت آسیب‌پذیری امتیاز ۱ را به‌خود اختصاص می‌دهد. با استفاده از مدل اصلاح شده این نقص تقریباً برطرف شده و روند افزایش آسیب‌پذیری به صورت غیرخطی است؛ با اعمال ضریب K امتیازهای آسیب‌پذیری در مثال نوع سازه به ترتیب ۰/۴، ۱/۶، ۳/۶، ۶/۴ و ۱۰ می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، افزایش آسیب‌پذیری به‌صورت غیرخطی است.

در مرحله بعدی با همپوشانی ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده، امتیاز شاخص‌ها با یکدیگر جمع شده‌اند. به این ترتیب مجموع ستون‌های مربوط به لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در مورد هر یک از قطعات، امتیاز هر قطعه را از نظر آسیب‌پذیری نسبت به سایر قطعات مشخص می‌کند.

امتیاز نقشه‌نهایی از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله فراهم شده است. طبق محاسبات انجام شده، حداکثر امتیاز آسیب‌پذیری یک مکان در بدترین شرایط با در نظر گرفتن تمامی عوامل ۷۴ و حداقل امتیاز در بهترین شرایط نیز ۳/۰۹ می‌تواند باشد



شکل (۲) مراحل مدل‌سازی میزان آسیب‌پذیری منطقه ۱۰ تبریز در برابر زلزله



شکل (۳) میزان آسیب‌پذیری منطقه ۱۰ تیریز در برابر زلزله

با توجه به نقشه آسیب‌پذیری منطقه ۱۰ (شکل ۳-)، محدوده‌هایی که دارای سازه‌های مقاوم، کیفیت بهتر و جدید بودن ابنیه، سطح اشغال، تراکم جمعیتی و ساختمانی پایین، دانه‌بندی درشت قطعات، خیابان‌های عریض، طبقات کمتر ساختمانی، درجه محصوریت پایین و دارای دسترسی مناسب به فضاهای باز بوده‌اند، از نظر آسیب‌پذیری نیز در وضعیت بهتری قرار دارند. از جمله این محدوده‌ها می‌توان به شهرک ارم اشاره کرد؛ به طوری که وجود پارک بزرگ ارم راه مفر و اسکان موقت و پناهگیری مناسبی را بعد از زلزله برای محدوده‌های اطراف خود فراهم کرده است. رعایت سلسله مراتبی مراتبی و عریض بودن آن در شمال غرب منطقه و تأمین مناسب فضاهای باز از دیگر دلایل کاهش آسیب‌پذیری این محدوده می‌باشد. رشد خودرو و بدون برنامه محدوده مرکزی و شرق منطقه که به صورت

اسکان غیررسمی شکل گرفته است، باعث بروز فاجعه انسانی به‌خصوص در مرکز محدوده مورد مطالعه خواهد شد. در این محدوده‌ها، فشردگی بافت، معابر کم عرض (در برخی حوزه‌ها به‌صورت شیب‌دار و پیاده)، وجود ساختمان‌های با درجه محصوریت و تراکم ساختمانی و جمعیتی بالا، کمبود فضاهای باز و مهم‌تر از همه ریزدانی و نفوذ ناپذیری، آسیب‌پذیری آن را تشدید می‌کند. مرمتی و تخریبی بودن ساختمان‌های محدوده مرکزی منطقه نیز آسیب‌پذیری آن را بیشتر کرده است. همچنین بیشتر بودن فضاهای باز، سطح اشغال استاندارد و برنامه‌ریزی شده در پهنه‌های جنوبی و شمال غربی منطقه موجب کاهش آسیب‌پذیری و عدم تأمین و رعایت این موارد در محدوده شرقی و مرکزی، موجب افزایش آسیب‌پذیری در این محدوده‌ها شده است. به‌دلیل درجه محصوریت کم‌تر و وجود فضاهای باز، محدوده‌های اطراف خیابان‌های عریض از جمله پاسداران (در پهنه غربی منطقه) و چایکنار نیز مسیرهای مهم و تقریباً کم آسیب پذیر منطقه هستند.

نتیجه‌گیری

از آنجا که شهر تبریز همواره در معرض تهدید دائمی فعال شدن گسل و بالتبع زلزله قرار دارد، اتخاذ سیاست‌های ویژه به منظور مواجهه فعال و پویا با بحران‌های آتی الزامی است. ایجاد سلسله مراتبی از فضای باز با توجه به تقسیمات کالبدی شهر، رعایت همجواری کاربری‌ها و انتقال کاربری‌های ناسازگار، رعایت آیین‌نامه‌ها و مقررات ملی ساختمان، رعایت و اجرای سلسله مراتب معابر شهری و توجه به نقش برنامه‌ریزی و طراحی شهری و خودداری از نگاه صرف مقاومت‌سازی سازه‌ای به موضوع زلزله مهم‌ترین راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در کل منطقه ۱۰ در برابر زلزله می‌باشد.

باتوجه به این‌که بخش عمده‌ای از بافت مرکزی منطقه ۱۰ به‌صورت اسکان غیررسمی شکل گرفته و کاملاً آسیب‌پذیر و مساله‌دار در برابر زلزله می‌باشد و همچنین به‌صورت پهنه‌های با آسیب‌پذیری خیلی زیاد در نقشه مشاهده می‌شود، دو نوع راهکار می‌تواند عملی شود: ۱- بافت‌های مسکونی مستقر شده بر روی تپه‌ها و دامنه ارتفاعات که بر روی شیب بیش از ۳۰ درصد احداث شده است، انتقال جمعیت ساکن و احداث فضاهای باز و سبز به

جای این مکان‌ها باعث کاهش خسارت‌های ناشی از این پدیده طبیعی خواهد بود. ۲-
باتوجه به ریزدانی قطعات در محدوده غربی، مرکزی و شرقی منطقه، تجمیع قطعات با
مکانیسم‌های تشویقی و با هدف حذف معابر کم عرض و افزایش مساحت قطعات مسکونی
می‌تواند مهم‌ترین راهکار باشد. اعطا وام و اعتبارات جهت ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی
واحدهای مسکونی با توجه به طرح‌های توسعه شهری، توجه به موضوع مهم آموزش
شهروندان در محدوده‌های آسیب‌پذیر منطقه که به صورت بافت فرسوده می‌باشند، الزامی
است. باید توجه داشت که بعد از زلزله، اختصاص منابع مالی کلان برای نوسازی بافت‌های
تخریب شده اجتناب‌ناپذیر بوده و در زلزله‌های ۱۳۶۹ رودبار و منجیل، ۱۳۸۲ بم و ۱۳۹۰
اهر و ورزقان این امر اثبات شده است؛ در این زلزله‌ها هرچند پول‌های هنگفتی برای
بازسازی آن‌ها صرف شد، ولی هیچ‌گاه قربانیان این زلزله‌ها زنده نشدند. پس می‌توان حداقل
برای حفظ جان انسان‌ها، این منابع مالی را قبل از وقوع بحران سرمایه‌گذاری کرد. در
نهایت می‌توان گفت این زلزله نیست که انسان‌ها را می‌کشد، بلکه ساختمان‌ها هستند
(چارلز ریشر، مبدع مقیاس ریشر برای اندازه‌گیری قدرت زلزله).

منابع

- احدنژاد روشتی، محسن؛ قراخانلو، مهدی و کرامت‌الله زیاری (۱۳۸۹)، «مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی- نمونه موردی شهر زنجان»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۹، سال هشتم، صص ۱۷۱-۱۹۸.
- احمدی، حسن (۱۳۷۶)، «نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهر»، *مسکن و انقلاب*، شماره زمستان ۱۳۷۶.
- ترابی، کمال (۱۳۸۸)، «بررسی نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله- مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری تهران با تأکید بر ناحیه ۱»، *دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران*.
- حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵)، «ارزیابی سیاست‌های توسعه کالبدی، بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری با استفاده از GIS»، *دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران*.
- حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۸۷)، «تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و LOGIC FUZZY»، *هنرهای زیبا*، شماره ۳۳، سال سی و سوم، صص ۲۷-۳۶.
- حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱)، «ارزیابی الگوهای قطعه‌بندی اراضی و بافت شهری در آسیب‌پذیری مسکن»، *مجموعه مقالات سمینار سیاست‌های توسعه مسکن در ایران، تهران*.
- خاکپور براتعلی، زمردیان؛ محمدجعفر، صادقی، و احد سلمان مقدمی (۱۳۹۰) «تحلیل آسیب فیزیکی-کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله‌خیزی»، *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره ۱۶، سال نهم، صص ۱-۳۴.
- خدابخش، محمدحسین (۱۳۹۰)، «بررسی میزان کارایی شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله- مورد مطالعه: مناطق یک و پنج طرح تفصیلی تبریز»، *دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند*.

- زنگی‌آبادی، علی‌محمدی؛ جمال، صفایی؛ همایون، قاید و صفر رحمنی (۱۳۸۷) «تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۲، سال ششم، صص ۶۱-۷۹.
- زهرایی، سیدمهدی و لیلی ارشاد (۱۳۸۴) «بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین» نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، جلد ۳۹، انتشارات دانشگاه تهران.
- شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث و کمال ترابی (۱۳۸۸)، «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS-مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران»، *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- قاید رحمتی، صفر و روح‌الله قانعی بافقی (۱۳۹۱) «تحلیل گسترش فضایی شهر تهران در افزایش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله (دوره زمان گسترش فیزیکی ۲۰۰ سال اخیر)»، *فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره پیاپی ۱۰۵، سال ۲۷، شماره صفحه پیاپی ۱۸۲۱۸-۱۸۲۴۰.
- محمدی احمدیانی، جمال؛ صحرائیان، زهرا و فرامرز خسروی (۱۳۸۹) «نقش عوامل موثر در آسیب‌پذیری کالبدی شهر چهارم در برابر زلزله»، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره ۱۷، سال دهم، صص ۱۲۱-۱۴۳.
- مرکز آمار ایران، «سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰»، تهران.
- موسوی، سیده‌فاطمه (۱۳۸۴)، «تمهیدات شهرسازی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله- نمونه مطالعه شهر چالوس»، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- Antonioni, G. Gigliola, S. and Valerio Cozzani (2007), "A methodology for the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 147, Issues 1-2, PP. 48-59.
- Cova, T.J. (2005), "GIS in emergency management", *Geographic Information Systems: Principle Techniques*, PP. 845-858.

- Clark, JK, McChesney R, Munroe DK, Irwin EG (2009). "Spatial characteristics of exurban settlement pattern in the United States", *Landscape and Urban Planning*, Volume 90 Issues 3-4, PP. 178-188.
- Fischer W. Henri, Scharnberger K. Charles & Geiger J. Charles, (1996) "Reducing Seismic Vulnerability in low to moderate risk areas", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 5, Number 4, MCB University, ISSN 0965-3562.
- Guzey, E. Aksoy, A.C. Gel, Ö. Anil, N. Gültekin, S.O. Akbas (2013), "An inter-disciplinary approach for earthquake vulnerability assessment in urban areas: A case study of Central District, Yalova, Regional Studies Association", *Annual European Conference*, 2013, University of Tampere, Tampere, Finland.
- Ilanlu M, Ardakani A, paknezhad H, eEbrahimi G.M & Aziz Soltani Y. (2013), "Identifying the urban vulnerable areas against the earthquake with GisCase studyradio darya st.chalous", *International Journal of Advanced Studies in Humanities and Social Science*, Vol. 1, Issue 4, 2013 , PP. 255-263.
- Lantada N, Pujades LG, Barbat A (2003), "Vulnerability and seismic damage scenarios for Barcelona by using GIS", *Geophysical Research Abstracts*, 5:09103.
- Mansouri Daneshvar M. R, Rezayi S, Khosravi S, (2013) "Earthquake vulnerability zonation of Mashhad urban fabric by combining the quantitative models in GIS", northeast of Iran, *International Journal of Environmental Protection and Policy*, Vol. 1, No. 4, PP. 44-49.
- Nakabayashi, Itsuki (1994), "Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment," In *Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century*, Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, 1-4 November, Nagoya, Japan, PP. 225-239.
- Rashed, K and Weeks, J. (2003), "Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas",

International Journal of Geographic Information Science, Volume 17, No. 6, PP. 547-576.

- Servi, M.M. (2004), "Assessment of Vulnerability To Earthquake Hazards Using Spational Multicriteria Analysis: Odunpazari, Eskisehir Case Study", School of Natural and applied Sciences, Middle East Technical University.
- Tilio, L., Murgante, B., Di., Trani, F., Vona, M. and Masi, A. (2012) "Mitigation of urban vulnerability through a spatial multicriteria approach", Disaster Advances, Vol. 5, No. 3, PP. 138-143.

