

# ارزیابی متغیرهای تأثیر گذار بر آسیب پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر بروجرد)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۲/۱۱/۱۵

صفرقائدرحمتی\* (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس)  
امیر گندمکار (استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد)  
امیر خوشکلام پور (کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری)

## چکیده

وقوع زلزله باعث خسارت های زیادی به مسکن شهری شده که ناشی از عدم توجه به شناخت عوامل اساسی در آسیب پذیری مسکن در برابر زلزله می باشد، از اینرو لازم است که به بررسی و تحلیل متغیرهای تأثیر گذار در آسیب پذیری لرزه ای پرداخته و نقش هر کدام را در جهت کاهش آسیب پذیری مشخص نمود. در این مقاله با در نظر گرفتن متغیرهای آسیب پذیری از جمله؛ کیفیت ابنیه، قدمت بنا، نوع مصالح، تراکم جمعیت و سطح اشغال بنا به تحلیل همبستگی و رگرسیون بین آسیب پذیری و هر کدام از متغیرهای مذکور پرداخته شده است. در ابتدا به منظور بررسی وضعیت زمین شناسی و لرزه خیزی منطقه، نقشه های پایه شامل نقشه زمین شناسی، نقشه گسل های منطقه و نقشه لرزه خیزی منطقه جمع آوری گردیدند. آمارهای مربوط به زمین لرزه های رخ داده از پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و اطلاعات کیفیت ابنیه، قدمت بنا، نوع مصالح، تراکم جمعیت و سطح اشغال بنا از سازمان نوسازی و بهسازی شهرداری بروجرد در محدوده ی بافت فرسوده، استفاده از آمار شهرداری مناطق ۱ و ۲ و همچنین سازمان مسکن و شهرسازی - نظام مهندسی و مشاهدات میدانی جمع آوری گردیده است. سپس با استفاده از نرم افزار تحلیلی آماری، مورد تجزیه و تحلیل قرار سپس با استفاده از روش رگرسیون میزان اثر متغیر های مستقل بر متغیر وابسته محاسبه گردیده. از جمله روش هایی که در تصمیم گیری های چند معیاره مورد استفاده قرار می گیرد روش Topsis است، در این روش گزینه ها بر اساس میزان فاصله شان از نقطه ی ایده آل مشخص گردیده و اولویت بندی می شوند. در روش Topsis گزینه های مفروض یک مسأله، (در این مقاله نواحی یازده گانه شهر)، بر حسب امتیاز آن ها از هر شاخص رتبه بندی شده و سپس رتبه نهایی گزینه

\* نویسنده رابط: safarrahmatai@modares.ac.ir

ها از طریق یک فرایند مشخص شده است. یافته های حاصله از این پژوهش نشان می دهد که بین متغیرهای آسیب پذیری و سایر متغیرهای مذکور رابطه‌ی معنی داری وجود دارد و در آزمون رگرسیون مقدار بتای ( $\beta$ ) متغیر کیفیت در مقایسه با سایر متغیرها بیش تر بوده و در نتیجه دارای نقش بیش تری در آسیب پذیری می باشد و به ترتیب نوع مصالح، قدمت بنا، سطح اشغال بنا و تراکم جمعیت در رده های بعدی قرار گرفته اند. بیش ترین آسیب پذیری در ناحیه ۶ و ۸ می باشد و ناحیه ی ۵ از کم ترین آسیب پذیری برخوردار است. کوتاه تر کلی می توان گفت، بافت مرکزی و حاشیه شهر جزء مناطق پرخطر و نواحی شمال و شمال شرقی جز مناطق کم خطر در زمان وقوع زلزله می باشند.

### **واژه های کلیدی:**

آسیب پذیری، زلزله، مساکن شهری، بروجرد.

## مقدمه

طبق آمار و شواهد در سال ۲۰۰۰، از هر دو نفر یک نفر در معرض خطر زلزله قرار داشتند و حدود  $\frac{9}{10}$  جمعیت آسیب پذیر ساکن در ۵۰ شهر بزرگ جهان در کشورهای در حال توسعه بودند. چنین شواهدی نشان می دهد که تهدید زلزله در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید از مشکلات مهم کشورهای در حال توسعه است. کشور ایران جزء ۱۰ کشور آسیب پذیر از بلایای طبیعی در جهان به شمار می آید (امینی، ۱۳۸۴: ۱۰). وقوع زلزله همواره تأثیر مخربی بر سکونتگاه های انسانی گذاشته و هزینه های هنگفتی را بر جامعه ی انسانی وارد ساخته است (پورمحمدی و مصیب زاده، ۱۳۸۷: ۱۲۲). تجربه زلزله های اخیر نشان داده است که بخش عمده ای از آسیب های ناشی از زلزله می تواند به دلیل عدم رعایت اصول و ضوابط شهرسازی باشد که خود متأثر از عدم تخمین صحیح از آسیب پذیری شهرها در اثر وقوع زمین زلزله احتمالی است (عزیزی و اکبری، ۱۳۸۷: ۲۶). به عبارتی دیگر آنچه موجب افزایش تلفات در زلزله می شود، زلزله نبوده بلکه ساختمان های غیر مقاوم یا کم مقاومتی است که در اثر غفلت و عدم احساس مسئولیت در انجام وظایف توسط دست اندرکاران ساخت و سازها اعم از قانون گذاران، تدوین کنندگان آیین نامه های لرزه ای و ضوابط شهری و شهرسازی، طراحان و مالکان است (احد نژاد روشتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). در رابطه با آسیب پذیری کالبدی ابنیه باید گفت که توجه هر چه بیش تر به نوع مصالح ساختمانی و تنظیم مقرراتی جهت کنترل آن ها و نظارت هرچه بیش تر مدیران شهری در طیف برنامه ریزی و مدیریت شهری تا حد زیادی در کاهش تلفات و خسارات جانی و مالی موثر است (عبدالهی، ۱۳۸۲: ۱۰۷). تعیین میزان آسیب پذیری کاربری های موجود در سطح شهر؛ نیاز به زمان طولانی و دقت فراوان دارد و با توجه به این که خاصیت اصلی GIS در ارزشیابی چند منظوره و تحلیل های جامع نگر، این است که در کم ترین زمان و دقیق ترین شکل با پردازش پارامترهای بی شمار تصمیم گیری قطعی را ممکن می سازد؛ بنابراین استفاده از این سیستم می تواند در ارزیابی دقیق و جامع نگر آسیب پذیری بافت های شهری به ما کمک فراوانی نماید (خاکپور و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۴).

با توجه به وضعیت لرزه خیز بودن کشور ایران و آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، امروزه یکی از رویکردهای مورد توجه برنامه ریزان شهری در برخورد با این پدیده، پرداختن به مسأله ی ایمن سازی شهرها و انجام اقدامات پیشگیرانه به منظور کاهش آسیب های ناشی از زلزله می باشد (فاندرحمتهی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). همچنین ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های موجود در مناطق شهری قبل از وقوع زلزله در کاهش خطر و مدیریت با برنامه

ریزی کمک خواهد نمود. با توجه به گسل های فراوان و پر خطر که توسط داده های رقومی ماهواره ای در منطقه بروجرد شناسایی گردیده، همچنین ساخت سکونتگاه هایی با کم ترین اصول شهرسازی- سازه ای، تراکم بالای جمعیت در بافت فرسوده شهری، افزایش بی رویه جمعیت و رشد شهر، تجربه های تلخ ناشی از زلزله در دهه اخیر و ... ضرورت و اهمیت این پژوهش را نشان می دهد. امید است بتوان با ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش آسیب پذیری مسکن شهری قدم برداشت.

### روش پژوهش

با توجه به ماهیت موضوع، داده ها در دو حوزه طبیعی و انسانی گردآوری شده اند. در ابتدا به منظور بررسی وضعیت زمین شناسی و لرزه خیزی منطقه، نقشه های پایه شامل نقشه زمین شناسی، نقشه گسل های منطقه و نقشه لرزه خیزی منطقه جمع آوری گردیدند. آمارهای مربوط به زمین لرزه های رخ داده از پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و اطلاعات کیفیت ابنیه، قدمت بنا، نوع مصالح، تراکم جمعیت و سطح اشغال بنا از سازمان نوسازی و بهسازی شهرداری بروجرد در محدوده بافت فرسوده، استفاده از آمار شهرداری مناطق ۱ و ۲ و همچنین سازمان مسکن و شهرسازی - نظام مهندسی و مشاهدات میدانی جمع آوری گردیده است. سپس با استفاده از نرم افزار تحلیلی آماری، مورد تجزیه و تحلیل قرار سپس با استفاده از روش رگرسیون میزان اثر متغیر های مستقل بر متغیر وابسته محاسبه گردیده و نیز به تحلیل متغیرهای موجود پرداخته شده است.

برای ارزیابی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله تاکنون روش های مختلفی به کار گرفته شده که یکی از این روش ها تحلیل چند معیاری می باشد. این روش در طی فرآیندی به ترکیب داده های فضایی و خصائص مربوط به آن ها (ورودی ها) پرداخته و در نهایت به محاسبه امتیاز آسیب پذیری هر یک از عناصر به کار رفته در تحلیل ها منجر می شود. از جمله روش هایی که در تصمیم گیری های چند معیاره مورد استفاده قرار می گیرد روش Topsis است، در این روش گزینه ها بر اساس میزان فاصله شان از نقطه ی ایده آل مشخص گردیده و اولویت بندی می شوند. در این روش گزینه های مفروض یک مسأله، (در این مقاله نواحی یازده گانه شهر)، بر حسب امتیاز آن ها از هر شاخص رتبه بندی شده و سپس رتبه نهایی گزینه ها از طریق یک فرایند مشخص شده است.

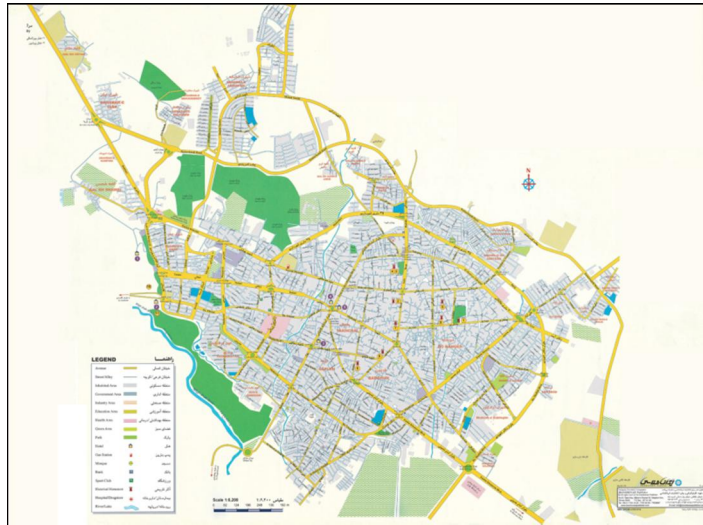
## مفاهیم نظری پژوهش

مفاهیم و تعاریف آسیب‌پذیری از نظر تعداد بی شمار و از نظر لغوی متفاوتند ولی در ساده‌ترین حالت و پرکاربردترین حالت به معنای، درجه زیان حاصل شده از یک پدیده بالقوه آسیب‌رسان به کار رفته است. و امروزه این توصیف از آسیب‌پذیری، مفهومی محدود، فنی و کوتاه تر عمده فیزیکی از آن می‌باشد (Smith, 2013: 16). آسیب پذیری عبارت است از میزانی از خسارت به یک عنصر معین در معرض خطر یا مجموعه ای از چنین عناصری که در اثر وقوع یک عامل خطر آفرین ناشی می شود و غالباً بر روی مقیاس از صفر (بدون خسارت) تا یک (مجموع ضرر) بیان می شود. آسیب پذیری پدیده ای ایستا نیست بلکه به عنوان یک فرآیند پویای جامعی در نظر گرفته می شود که احتمال ضرر و زیان عوامل فوق را تغییر می دهد و بر آنها اثر می گذارد (ستوده، ۱۳۸۰: ۱۸). در واقع آسیب پذیری در زلزله، درجه زیان و ضرر حاصله از زلزله است که در اجتماعات گوناگون بر اساس سطح توسعه و پیشرفت جامعه، تغییر پذیر باشد (Chardon, 1999: 197). ریسک زلزله نتیجه عمل متقابل خطرات زلزله و برخی فعالیت های آسیب پذیر انسان مانند توسعه شهر بوده و آن را می توان به تعداد مورد انتظار از جان باختگان، صدمه دیدگان، خسارات مالی و شکاف اقتصادی حاصل از پدیده های طبیعی دانست. بدین ترتیب عناصر در معرض ریسک را می توان به جمعیت انسانی، ساختمان ها، آثار مهندسی، کاربری های خدمات عمومی، دیگر تأسیسات زیر بنایی و ارزش های محیطی در ناحیه مورد نظر تقسیم نمود. به دلیل ضعف برنامه ریزی، طراحی نامناسب ساختمان ها، بی دقتی در اجرای اصولی پروژه های عمرانی، عدم مراقبت کافی به تعمیر و نگهداری و اسکان در اراضی در معرض خطر، به مکان های آسیب پذیری در برابر زلزله تبدیل شده اند (سیاح مفضلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۴).

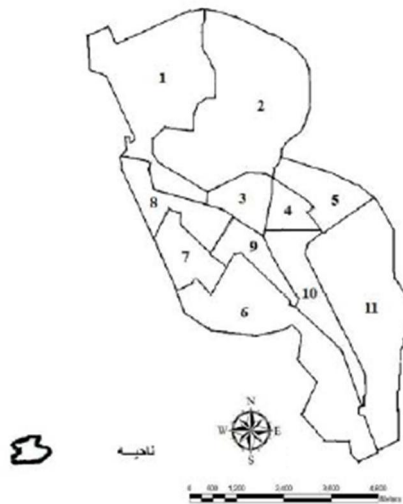
## محدوده مورد مطالعه

بروجرد شهری است در غرب ایران و مرکز شهرستان بروجرد از استان لرستان و در شمال دشت حاصلخیز سیلاخور قرار گرفته و قله مرتفع گرین از مجموعه رشته کوه‌های زاگرس مانند نواری شمال غرب تا جنوب شرق آن را در بر گرفته‌اند و در ارتفاع ۱۶۲۰ متری از سطح دریا و در ۳۳.۹ درجه شمالی و ۴۸.۸ درجه شرقی واقع می‌باشد. شهرستان بروجرد از لحاظ تقسیمات سیاسی، از ۲ بخش (اشترینان، مرکزی)، ۲ شهر (بروجرد، اشترینان)، تشکیل

در سال ۱۳۹۰، تعداد ۳۳۷۶۳۱ نفر جمعیت داشته که از این تعداد، ۱۶۷۸۸۰ نفر مرد و ۱۶۹۷۵۱ نفر زن بوده اند و بعد خانوار کوتاه تر میانگین ۳/۴ نفر می باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه، مأخذ: شهرداری بروجرد



شکل ۲: نقشه ناحیه بندی شهر بروجرد مأخذ: شهرداری بروجرد

## وضعیت لرزه زمین ساخت منطقه

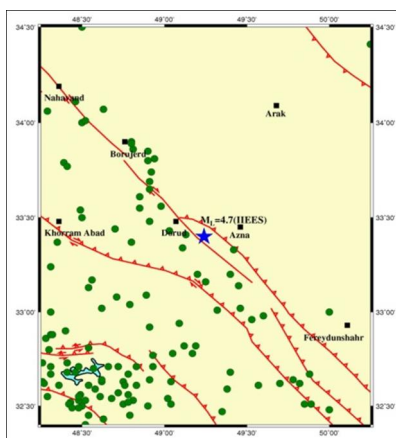
استان لرستان به علت قرار داشتن بر روی منطقه‌ی لرزه زمینساخت زاگرس از نواحی لرزه خیز ایران می باشد. وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب در سیمره، سایروان، دره سیلاخور، دورود، بروجرد و ... در ادوار مختلف تاریخی بهترین گواه لرزه خیزی این منطقه می باشد. پژوهشگران متعددی صفحه ایران را به بخش های مختلف زمین ساختی تقسیم نموده اند و در اکثر این تقسیم بندی ها استان لرستان در پهنه زاگرس قرار می گیرد. لرستان در واقع بخشی از رشته کوه های چین خورده- رانده شده زاگرس می باشد.



تصویر ۱: آثار تخریب زلزله ۱۳۸۵/۱/۱۱ بر ساختمان شهرداری و مسجد تاریخی امام شهر بروجرد. عکس از عبدالرضا سرومقدم، ۱۳۸۵ .

براساس مطالعات بربریان (۱۹۹۵) زاگرس را می توان براساس داده‌های مورفوتکتونیکی، لرزه ای، ساختاری و رخساره‌های رسوبی به پنج واحد تقسیم کرد که هر بخش با گسله‌های ژرفی پی سنگ و کوتاه تر عام پنهان از یکدیگر جدا می شوند. وقوع زمین‌لرزه‌های زاگرس ناشی از کوتاه شدگی پی سنگ زاگرس در اثر تغییر عملکرد گسل های عادی پی سنگ (با شیبی به سمت شمال خاور) به صورت گسل های معکوس، با شیب زیاد، در نظر گرفته می شود. در اکثر زمین‌لرزه‌های این ناحیه وجود یک گسلش رانده با مؤلفه امتداد لغز یا گسل امتداد لغز با مؤلفه شیب لغز معکوس قابل توجه می باشند. درخصوص علت وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد در پهنه زاگرس می توان اشاره کرد که به علت قرارگرفتن پهنه ایران بین صفحه‌های عربی و اوراسیا از یکسو و حرکت صفحه عربی به سوی اوراسیا (با سرعت حدود ۳/۵ سانتی متر در سال) از سوی

دیگر، پهنه ایران به صورت مداوم دارای فرم دگرشکلی منحصر به فردی می باشد. مرز فلات ایران با صفحه عربی گسل اصلی تراستی زاگرس است. بخشی از دگر شکل های ناشی از حرکت صفحه عربی و نیروهای فشارشی حاصل از این حرکت در پهنه زاگرس به صورت رخدادهای زمین لرزه نمایان می باشد و هر از چندگاهی زمین لرزه های مخربی در این پهنه رخ می دهند.



شکل ۱۵: نقشه لرزه خیزی منطقه در سده اخیر، مأخذ: پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۹

### گسل های فعال اصلی منطقه

کوتاه تر کلی روندهای ساختاری فعال و گسل های لرزه زا در زاگرس امتداد شمال باختری-جنوب خاوری دارند و اصلی ترین این گسل ها در محدوده استان لرستان به شرح زیر می باشند:

#### گسل اصلی جوان زاگرس<sup>۱</sup>

گسل اصلی جوان زاگرس (MRF) به عنوان یک گسل امتدادلغز راستگرد جنبا و لرزه زا با روندی شمال باختری- جنوب خاوری در ادامه شمال باختری گسل معکوس اصلی زاگرس شناسایی شده است. شواهد زمین شناسی دال بر جابه جایی راستگرد به میزان ۱۰ تا ۶۰ کیلومتر توسط بخش های دورود و نهاوند از گسل اصلی امروزی گزارش شده است (جکسون و همکاران، ۱۹۸۴). بنا به نظر بربریان جابه جایی راستگرد حدود ۱۹۷ کیلومتر در ناحیه نهاوند-

<sup>۱</sup> - Main Zagros Reverse Fault



دورود قابل مشاهده است. اگر لغزش در سطح این گسل از پلیوسن (۵ میلیون سال پیش) شروع شده باشد، نرخ میانگین لغزش سالانه این گسل ۴۰ میلی متر خواهد بود. قابل توجه است که بخش هایی از گسل اصلی جوان که سبب جابه جایی راستگرد گسل معکوس اصلی زاگرس شده اند (بخش های دورود، نهاوند، صحنه و دینور) از MRF فعالیت های لرزه زایی بیش تری نسبت به سایر بخش های این گسل (بخش های سرتخت، مروارید، مریوان و پیرانشهر) نشان می دهند.

### گسل معکوس اصلی زاگرس (MZRF)

این گسل به عنوان یک مرز ساختاری با تغییرات اساسی در تاریخچه رسوب گذاری، جغرافیای گذشته و لرزه خیزی مطرح شده است. گسل معکوس اصلی زاگرس با امتدادی شمال باختری- جنوب خاوری از باختر ایران تا شمال ناحیه بندرعباس گسترش دارد. بنابر نظر بربریان ۱۹۹۵ هیچ گونه گواهی بر گسیختگی تاریخی یا قرارگیری پهنه های مهلرزه ایی زمین لرزه هایی با بزرگای زیاد در طول این گسل وجود ندارد.

### گسل لرزه خیز دورود

گسل دورود به عنوان بخشی از گسل اصلی امروزی زاگرس مسبب رویداد زمین لرزه ویرانگر سیلاخور ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ.ش با بزرگای  $M_s=7/4$  بوده است. پرتگاه گسلی ایجاد شده در اثر رویداد زمین لرزه ۱۲۸۷/۱۱/۳ هـ.ش سیلاخور با جابه جایی قائم سطح زمین به میزان ۱ متر همراه بوده است. این گسل از نزدیکی ارجنک با روند W45N به درازای تقریبی ۱۰۰ کیلومتر تا نزدیکی بروجرد قابل تعقیب است. رودخانه های متعددی بر اثر گسل دورود منطبق می باشند که از این جمله به رودهای «تیره و ماربوره» می توان اشاره نمود. دریاچه ی گهر به احتمال زیاد در اثر بسته شدن دره گهر توسط یک سنگ ریزش عظیم (قبل از سال ۱۲۶۸ هـ.ش) ضمن وقوع زلزله ایی مخرب و ویرانگر تشکیل شده است.

### گسل عادی قلعه حاتم

گسل لرزه زای دورود در نزدیکی بروجرد به گسل تقریباً شمالی-جنوبی قلعه حاتم ختم می شود. گسل قلعه حاتم، گسل نهاوند را از دورود جدا می کند. گسل قلعه حاتم باعث افتادگی بلوک خاوری این گسل به میزان ۱۰ متر شده است. از نظر مفاهیم ریخت شناختی، دره سیلاخور در شمال باختر به گسل قلعه حاتم محدود می شود. بنظر می رسد که فعالیت این گسل باعث رویداد زمین لرزه های سال های اخیر بروجرد گردیده است.



ارتفاع ساختمان، افزایش آسیب پذیری را به دنبال خواهد داشت. بنابراین در بافت مرکزی شهر که دارای تراکم جمعیتی بسیار بالایی می باشد، توجه به این امر الزامی است. سطح اشغال بنا نیز خود به نوعی بحث جمعیتی و تراکم ساختمانی را مطرح می کند. در شهر بروجرد اکثریت مسکن دارای سطح اشغال بنا در هر طبقه بین ۱۰۰-۱۵۰ مترمربع است که با توجه به بعد خانوار ۳.۸ نفر به طور میانگین هر نفر حدود ۳۰ مترمربع فضای مفید مسکونی را در اختیار دارد که خود این عامل نقش تعیین کننده ای در کاهش آسیب پذیری در زمان بروز زلزله را دارد. در برنامه ریزی های آینده حتما باید هسته‌ی اولیه شهر از این حیث با توجه به تراکم جمعیتی بالا و مسکن کوچک مورد توجه قرار بگیرد.

### آسیب پذیری شهر با استفاده از روش رگرسیون

پس از توصیف وضعیت کالبدی مسکن شهر، در ادامه به طور همزمان متغیرهای مستقل (کیفیت ابنیه، قدمت بنا، نوع مصالح، تراکم جمعیت و سطح اشغال بنا) وارد تحلیل شده و میزان تأثیر آن ها بر متغیر وابسته (آسیب پذیری) مشخص شده است.

جدول ۴: محاسبه‌ی آسیب پذیری با استفاده از روش رگرسیون

متغیرها	آسیب پذیری	کیفیت ابنیه	قدمت بنا	نوع مصالح	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
همبستگی پیرسون	آسیب پذیری	۱	-۰.۵۸۳	-۰.۵۷۸	-۰.۴۵۲	-۰.۴۷۳
	کیفیت ابنیه	-۰.۵۸۳	۱	۰.۷۹۲	۰.۹۴۴	۰.۲۴۲
	قدمت بنا	-۰.۵۷۸	۰.۷۹۲	۱	۰.۸۱۱	۰.۰۱۳
	نوع مصالح	-۰.۴۵۲	۰.۹۴۴	۰.۸۱۱	۱	۰.۱۶۴
	تراکم جمعیت	-۰.۴۷۳	۰.۲۴۲	-۰.۰۱۳	۰.۱۶۴	۱
	سطح اشغال بنا	۰.۳۰۰	۰.۲۲۱	۰.۰۰۷	۰.۱۳۹	۰.۲۵۰
سطح معنی داری یک طرفه	آسیب پذیری		۰.۰۳۰	۰.۰۳۱	۰.۰۸۱	۰.۰۷۱
	کیفیت ابنیه	۰.۳۰		۰.۰۰۲	۰.۰۰۰	۰.۲۳۷
	قدمت بنا	۰.۰۳۱	۰.۰۰۲		۰.۰۰۱	۰.۴۸۵
	نوع مصالح	۰.۰۸۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱		۰.۳۱۵
	تراکم جمعیت	۰.۰۷۱	۰.۲۳۷	۰.۴۸۵	۰.۳۱۵	
	سطح اشغال بنا	۰.۱۸۵	۰.۲۵۷	۰.۴۹۲	۰.۳۴۲	۰.۲۲۹

مأخذ: نگارندگان

در این تحلیل بیشترین میزان همبستگی بین دو متغیر آسیب پذیری و کیفیت ابنیه ۵۸ درصد است که در مقایسه با دیگر متغیرها بیشترین بوده و رابطه‌ی مستقیم بین این دو متغیر وجود دارد. در تحلیل رگرسیون درصد تغییرات متغیر وابسته که توسط متغیر مستقل تبیین می‌شود. از طریق ضریب تعیین قابل شناسایی است. جدول زیر نشان می‌دهد که ۹۳.۳ درصد تغییرات متغیر وابسته بوسیله‌ی متغیرهای مستقل تبیین شده است.

جدول ۶: خلاصه مدل و محاسبه ضریب تعیین

مدل	همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	بر آورد انحراف معیار
۱	۰.۹۶۶ <sup>a</sup>	۰.۹۳۳	۰.۸۶۵	۱.۲۱

مأخذ: نگارندگان

در نهایت با توجه به سطح معنی داری به دست آمده در جدول زیر نشان می‌دهد که مدل رگرسیون معنادار می‌باشد.

جدول ۶: آنالیز واریانس

مدل	جمع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری
رگرسیون	۱۰۲.۵۸۷	۵	۲۰.۵۱۷	۱۳.۸۳۹	۰.۰۰۶ <sup>a</sup>
باقیمانده	۷.۴۱۳	۵	۱.۴۸۳		
کل	۱۱۰.۰۰	۱۰			

مأخذ: نگارندگان

در ارتباط با نقش متغیرهای مستقل در معادله‌ی رگرسیون باید گفت که با توجه به مقدار بتای ( $\beta$ ) به دست آمده در جدول زیر متغیر کیفیت بنا در مقایسه با سایر متغیرها از اهمیت بیش‌تری برخوردار است.

جدول ۷: نتایج و ضرایب مدل رگرسیون

مدل	ضریب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		T	سطح معنی داری
	بتا(β)	خطای استاندارد	بتا(β)			
ثابت	-۶.۲۲۴	۵.۳۶۸			-۱.۱۶۰	۰.۲۹۹
کیفیت بنا	-۲.۱۲۳	۰.۶۰۸	-۱.۳۵۶		-۳.۴۹۴	۰.۰۱۷
قدمت بنا	-۰.۷۹۹	۰.۳۰۹	-۰.۵۵۳		-۲.۵۸۵	۰.۰۴۹
نوع مصالح	۱.۴۴۹	۰.۴۲۴	۱.۲۸۳		۳.۴۱۸	۰.۰۱۹
تراکم جمعیت	-۰.۵۰۰	۰.۱۲۹	-۰.۵۰۰		-۳.۸۷۹	۰.۰۱۲
سطح اشغال بنا	۳.۰۲۵	۰.۶۹۳	۰.۵۵۰		۴.۳۶۲	۰.۰۷

مأخذ: نگارندگان

$$y = 6.22 + 2.12x_1 + 0.7x_2 + 1.44x_3 + 0.5x_4 + 3.02x_5$$

### میزان آسیب پذیری نواحی شهر با استفاده از Topsis

بر اساس این مفهوم که گزینه‌های مناسب، گزینه‌هایی هستند که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و دورترین فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشند. در این روش  $m$  گزینه به وسیله  $n$  شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، کوتاه تر یکنواخت افزایشی یا کاهششی است. حال جهت بررسی آسیب پذیری نواحی مختلف شهر، مستلزم طی کردن مراحل زیر می باشد:

مرحله (۱): در ابتدا با نظر کارشناسان به شاخص‌ها امتیازهای لازم داده شده و سپس با استفاده از رابطه ی زیر امتیازها محاسبه شده است.

جدول ۸: امتیاز دهی به شاخص ها

شاخص/ناحیه	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
۱	۱۱	۸	۱۰	۸	۱۱	۹
۲	۱۰	۶	۱۱	۹	۱۰	۸
۳	۶	۵	۵	۱۱	۷	۷
۴	۷	۷	۷	۱۱	۴	۸
۵	۹	۵	۸	۱۱	۲	۸
۶	۵	۱	۳	۱۱	۹	۸
۷	۵	۴	۳	۱۱	۳	۸
۸	۵	۱	۳	۱۰	۶	۸
۹	۶	۳	۴	۱۱	۵	۹
۱۰	۸	۶	۹	۱۱	۱	۸
۱۱	۶	۳	۶	۱۱	۸	۹

$$N_{ij} = \frac{N_i}{\sqrt{\sum N_i^2}} \quad \text{رابطه (۱)} \quad \text{مأخذ: نگارندگان}$$

جدول ۹: محاسبه ی امتیاز هر یک از شاخص ها

شاخص/ناحیه	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
۱	۰.۴۴۸	۰.۴۸۶	۰.۴۳۸	۰.۲۲۹	۰.۴۸۹	۰.۳۳۰
۲	۰.۴۰۸	۰.۳۶۴	۰.۴۸۲	۰.۲۵۸	۰.۴۴۴	۰.۲۹۴
۳	۰.۲۴۴	۰.۳۰۳	۰.۲۱۹	۰.۳۱۵	۰.۳۱۱	۰.۲۵۷
۴	۰.۲۸۵	۰.۴۲۵	۰.۳۰۷	۰.۳۱۵	۰.۱۷۴	۰.۲۹۴
۵	۰.۳۶۷	۰.۳۰۳	۰.۳۵۱	۰.۳۱۵	۰.۰۸۸	۰.۲۹۴
۶	۰.۲۰۴	۰.۰۶۰	۰.۱۳۱	۰.۳۱۵	۰.۴۰۰	۰.۲۹۴
۷	۰.۲۰۴	۰.۲۴۳	۰.۱۳۱	۰.۳۱۵	۰.۱۳۳	۰.۲۹۴
۸	۰.۲۰۴	۰.۰۶۰	۰.۱۳۱	۰.۲۸۷	۰.۲۶۶	۰.۲۹۴
۹	۰.۲۴۴	۰.۱۸۲	۰.۱۷۵	۰.۳۱۵	۰.۲۲۲	۰.۳۳۰
۱۰	۰.۳۲۶	۰.۳۶۴	۰.۳۹۵	۰.۳۱۵	۰.۰۴۴	۰.۲۹۴
۱۱	۰.۲۴۴	۰.۱۸۲	۰.۲۶۳	۰.۳۱۵	۰.۳۵۵	۰.۳۳۰

مأخذ: نگارندگان

مرحله ی (۲): در این مرحله برای تشکیل ماتریس بی مقیاس از طریق آنتروپی شانون به اوزان سازی پرداخته شده که طبق رابطه ی زیر وزن هر یک از شاخص ها به دست آمده است.

$$P_{ij} = \frac{N_i}{\sum N_i} \quad \text{رابطه (۲)}$$

جدول ۱۰: اوزان شاخص ها با استفاده از آنتروپی شانون

شاخص/ناحیه	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
۱	۰.۱۴۱	۰.۱۶۳	۰.۱۴۴	۰.۰۶۹	۰.۱۶۶	۰.۱
۲	۰.۱۲۸	۰.۱۲۲	۰.۱۵۹	۰.۰۷۸	۰.۱۵۱	۰.۰۸۸
۳	۰.۰۷۶	۰.۱۰۲	۰.۰۷۲	۰.۰۹۵	۰.۱۰۶	۰.۰۷۷
۴	۰.۰۸۹	۰.۱۴۲	۰.۱۰۱	۰.۰۹۵	۰.۰۶۰	۰.۰۸۸
۵	۰.۱۱۵	۰.۱۰۲	۰.۱۱۵	۰.۰۹۵	۰.۰۳۰	۰.۰۸۸
۶	۰.۰۶۴	۰.۰۲۰	۰.۰۴۳	۰.۰۹۵	۰.۱۳۶	۰.۰۸۸
۷	۰.۰۶۴	۰.۰۸۱	۰.۰۴۳	۰.۰۹۵	۰.۰۴۵	۰.۰۸۸
۸	۰.۰۶۴	۰.۰۲۰	۰.۰۴۳	۰.۰۸۶	۰.۰۹۰	۰.۰۸۸
۹	۰.۰۷۶	۰.۰۶۱	۰.۰۵۷	۰.۰۹۵	۰.۰۷۵	۰.۱
۱۰	۰.۱۰۲	۰.۱۲۲	۰.۱۳۰	۰.۰۹۵	۰.۰۱۵	۰.۰۸۸
۱۱	۰.۰۷۶	۰.۰۶۱	۰.۰۸۶	۰.۰۹۵	۰.۱۲۱	۰.۱

مرحله ی (۳): در این مرحله با استفاده از آنتروپی شانون، ماتریس بی مقیاس شده طبق رابطه ی زیر محاسبه گردیده است.

$$K = \frac{1}{\ln 11}$$

$$E_j = -k \sum P_{ij} * \ln(P_{ij}) \quad \text{رابطه (3)}$$

جدول ۱۱: ماتریس بی مقیاس شده

شاخص	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
Ej	۰.۹۵۷	۰.۷۸۱	۰.۹۳۲	۰.۹۷۸	۰.۹۰۷	۰.۹۸۲
Dj	۰.۰۴۳	۰.۲۱۹	۰.۰۶۸	۰.۰۲۲	۰.۰۹۳	۰.۰۱۸
Wj	۰.۰۹۲	۰.۴۷۳	۰.۱۴۶	۰.۰۴۷	۰.۲۰۰	۰.۰۳۸

مرحله ی (۴): برای تشکیل ماتریس بی مقیاس باید بر طبق رابطه ی زیر عمل نمود.

$$D_j = 1 - E_j \quad W_j$$

$$= \frac{D_j}{\sum D_i} \quad \text{رابطه (4)}$$

مرحله (۵): بر طبق رابطه ی ۴ ماتریس بی مقیاس از ضرب اعداد حاصله از رابطه ی ۱ و ۴ به دست می آید.

جدول ۱۲: محاسبه‌ی امتیاز هریک از مولفه‌ها برای ضرب در ماتریس

شاخص/ناحیه	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
۱	۰.۴۴۸	۰.۴۸۶	۰.۴۳۸	۰.۲۲۹	۰.۴۸۹	۰.۳۳۰
۲	۰.۴۰۸	۰.۳۶۴	۰.۴۸۲	۰.۲۵۸	۰.۴۴۴	۰.۲۹۴
۳	۰.۲۴۴	۰.۳۰۳	۰.۲۱۹	۰.۳۱۵	۰.۳۱۱	۰.۲۵۷
۴	۰.۲۸۵	۰.۴۲۵	۰.۳۰۷	۰.۳۱۵	۰.۱۷۴	۰.۲۹۴
۵	۰.۳۶۷	۰.۳۰۳	۰.۳۵۱	۰.۳۱۵	۰.۰۸۸	۰.۲۹۴
۶	۰.۲۰۴	۰.۰۶۰	۰.۱۳۱	۰.۳۱۵	۰.۴۰۰	۰.۲۹۴
۷	۰.۲۰۴	۰.۲۴۳	۰.۱۳۱	۰.۳۱۵	۰.۱۳۳	۰.۲۹۴
۸	۰.۲۰۴	۰.۰۶۰	۰.۱۳۱	۰.۲۸۷	۰.۲۶۶	۰.۲۹۴
۹	۰.۲۴۴	۰.۱۸۲	۰.۱۷۵	۰.۳۱۵	۰.۲۲۲	۰.۳۳۰
۱۰	۰.۳۲۶	۰.۳۶۴	۰.۳۹۵	۰.۳۱۵	۰.۰۴۴	۰.۲۹۴
۱۱	۰.۲۴۴	۰.۱۸۲	۰.۲۶۳	۰.۳۱۵	۰.۳۵۵	۰.۳۳۰

جدول ۱۳: ماتریس بی مقیاس شده‌ی موزون

شاخص/ناحیه	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	سطح اشغال بنا
۱	۰.۰۴۱	۰.۲۲۹	۰.۰۶۳	۰.۰۱۰	۰.۰۹۷	۰.۰۱۲
۲	۰.۰۳۶	۰.۱۷۲	۰.۰۷۰	۰.۰۱۲	۰.۰۸۸	۰.۰۹۰
۳	۰.۰۲۲	۰.۱۴۳	۰.۰۳۱	۰.۰۱۴	۰.۰۶۲	۰.۰۰۹
۴	۰.۰۲۶	۰.۲۰۱	۰.۰۴۴	۰.۰۱۴	۰.۰۳۴	۰.۰۱۱
۵	۰.۰۳۳	۰.۲۲۵	۰.۰۵۱	۰.۰۱۴	۰.۱۷۶	۰.۰۱۱
۶	۰.۱۸۷	۰.۰۲۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۴	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱
۷	۰.۱۸۷	۰.۱۱۴	۰.۰۱۹	۰.۰۱۴	۰.۰۲۶	۰.۰۱۱
۸	۰.۱۸۷	۰.۰۲۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۳	۰.۰۵۳	۰.۰۱۱
۹	۰.۰۲۲	۰.۰۸۶	۰.۰۲۵	۰.۰۱۴	۰.۰۴۴	۰.۰۱۲
۱۰	۰.۰۲۹	۰.۱۷۲	۰.۰۵۷	۰.۰۱۴	۰.۰۸۸	۰.۰۱۱
۱۱	۰.۰۲۲	۰.۰۸۶	۰.۰۳۸	۰.۰۱۴	۰.۰۷۱	۰.۰۱۲

مأخذ: نگارندگان



مرحله ی (۶): در مرحله ی آخر که جهت محاسبه ی میزان فاصله ی هر ناحیه از ایده آل مثبت و منفی میباشد از طریق رابطه های زیر این فاصله ها مشخص می شوند.

$$J^+ = \text{Max } V_{ij}, \text{Min } V_{ij}, \text{Min } V_{ij}, \text{Min } V_{ij}, \text{Min } V_{ij}, \text{Min } V_{ij}$$

$$J^- = \text{Min } V_{ij}, \text{Max } V_{ij}, \text{Max } V_{ij}, \text{Max } V_{ij}, \text{Max } V_{ij}, \text{Max } V_{ij}$$

$$D_J^+ = \sqrt{\sum V_{ij} - V_J^+{}^2} \quad \text{رابطه (5)}$$

$$D_J^- = \sqrt{\sum V_{ij} - V_J^-{}^2}$$

مرحله ی (۷): در این مرحله میزان تاپسیس هر ناحیه مشخص می شود، سپس با احتساب امتیاز نهایی هر یک از نواحی، اعداد به دست آمده رتبه بندی می شوند.

$$CL = \frac{D_J^-}{D_J^- + D_J^+} \quad \text{رابطه (6)}$$

جدول ۱۴: میزان تاپسیس و رتبه (نواحی)

رتبه	میزان تاپسیس	نواحی
۲	۰.۶۹۸	۱
۴	۰.۶۲۹	۲
۶	۰.۵۳۵	۳
۵	۰.۵۹۹	۴
۱	۰.۸۰۷	۵
۱۰	۰.۰۴۳	۶
۹	۰.۲۹۷	۷
۱۱	۰.۰۳۸	۸
۷	۰.۴۹۳	۹
۳	۰.۶۳۳	۱۰
۸	۰.۴۹۱	۱۱

مأخذ: نگارندگان

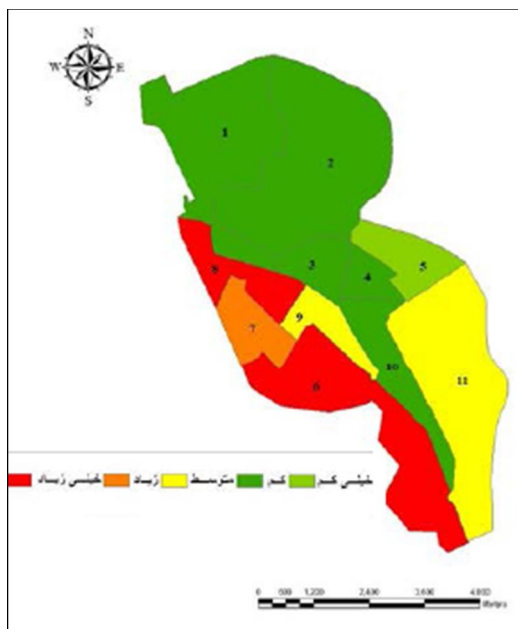
حال در انتها با توجه به کوچک ترین و بزرگ ترین عدد میزان تاپسیس (دامنه اعداد) نواحی شهر را بر اساس ۵ طیف تقسیم بندی می کنیم.

جدول ۱۵: آسیب پذیری نواحی شهر بروجرد

میزان آسیب پذیری	نواحی	درجه آسیب پذیری
آسیب پذیری خیلی کم	۵	$>0/7$
آسیب پذیری کم	۱,۲,۳,۴,۱۰	$0/5 < \alpha < 0/7$
متوسط	۹,۱۱	$0/3 < \alpha < 0/5$
زیاد	۷	$0/1 < \alpha < 0/3$
خیلی زیاد	۶,۸	$\alpha < 0/1$

مأخذ: نگارندگان

همان طور که می بینیم میزان آسیب پذیری هر ناحیه از نتایج به دست آمده مشخص گردیده و بیش ترین آسیب پذیری در ناحیه ۶ و ۸ می باشد و ناحیه ۵ از کم ترین آسیب پذیری برخوردار است. کوتاه تر کلی می توان گفت، بافت مرکزی و حاشیه شهر جزء مناطق پرخطر و نواحی شمال و شمال شرقی جز مناطق کم خطر در زمان وقوع زلزله می باشند.



شکل ۱۷: نقشه پهنه بندی آسیب پذیری مساکن شهر، ترسیم: نگارندگان.

## بحث و نتیجه گیری

از آنجایی که بررسی همه جانبه تمامی عوامل آسیب پذیری شهری کوتاه تر یکجا امکانپذیر نیست (احدنژاد روشتی و جلیل پور، ۱۳۹۲: ۴۸). بنابراین در این مقاله با این اصل در ارتباط با آسیب پذیری می توان گفت با توجه به میزان اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته همبستگی میان دو متغیر کیفیت بنا و آسیب پذیری مستقیم بوده و با افزایش یکی دیگری نیز افزایش می یابد. با توجه به ضریب تعیین باید گفت که ۹۳ درصد تغییرات متغیر وابسته به وسیله ی متغیرهای مستقل تبیین می شود. همچنین به دلیل بالا بودن مقدار  $R^2$  در آزمون رگرسیون متغیر کیفیت بنا در مقایسه با سایر متغیرها دارای نقش بیش تری در آسیب پذیری می باشد و به ترتیب نوع مصالح، قدمت بنا، سطح اشغال بنا و تراکم جمعیت در رده های بعدی قرار گرفته اند. از طرفی باید گفت که شبکه معابر شهر بروجرد به ویژه در بخش مرکزی جوابگوی نیازهای امروزی نیست (نظریان و گودرزی، ۱۳۹۲: ۴۶) و در مواقع بحران زلزله شرایط سخت تر نیز خواهد شد.

همان طور که گفته شده بروجرد در سیتیره گسل های متعددی قرار دارد که اطراف آن را فرا گرفته. در حال حاضر هیچ گونه ساخت و سازی در حریم ها صورت نگرفته است. کوتاه تر کلی در ضلع جنوب و نواحی ۶، ۱۰ و ۱۱ در جهت گسل دورود در حال حاضر هیچ گونه اراضی جهت ساخت و ساز مورد تفکیک قرار نگرفته و بافت منطقه به طور دست نخورده باقی مانده است. ولی در ضلع غرب و شمال غرب و بخشی از شمال شهر که نواحی ۱، ۷ و ۸ را در امتداد گسل نهبوند-قلعه حاتم شامل می شود. در یک دهه اخیر روند ساخت و ساز و توسعه کالبدی شهر به این سمت، افزایش یافته و اراضی کشاورزی و باغات مختلفی با تغییر کاربری به مسکونی، تحت شهرک های نو ظهور و اجرای طرح عظیم ۶۰۰۰ واحدی مسکن مهر مورد استفاده قرار گرفته اند. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و افزایش مهاجرت، باید به نقاط زلزله خیز و حرایم گسل ها توجه بیش تری گردد و از احداث هرگونه ساخت و ساز در محدوده پر خطر جدا خودداری شود.

## منابع و مأخذ

۱. اسلامی، آ، اشعری، ع. ۱۳۸۹. گزارش زمین لرزه ۱۳۸۹/۸/۱۵ خاور دورود، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، پژوهشکده زلزله شناسی.
۲. احد نژاد روشتی، م و همکاران، ۱۳۸۹. «مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر زنجان)»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان. ۱۹۸-۱۷۱.
۳. \_\_\_\_\_، جلیل پور، ش، ۱۳۹۲. «ارزیابی عوامل درونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان های شهری در برابر زلزله با استفاده از GIS، نمونه موردی: بافت قدیم شهر خوی»، فصلنامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۰، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر. ۵۲-۲۳
۴. امینی، ا. ۱۳۸۴. «تبیین مفهوم بافت شهری و نقش آن در کاهش خطرات ناشی از زلزله، خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلايای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن»، تبریز، دانشگاه تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز. ۲۶-۲۰.
۵. پور محمدی، م، مصیب زاده، ع. ۱۳۸۷. «آسیب پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله ای در امداد رسانی آنها»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان. ۱۴۴-۱۱۷.
۶. تقابنی، م، اسلامی، آ، ۱۳۸۴. گزارش زمین لرزه ۱۳ اردیبهشت ۱۳۸۴ طبرستان (بروجرد)، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، پژوهشکده زلزله شناسی.
۷. حسامی، خ، جمالی، ف، طبسی، ه، ۱۳۸۲. «نقشه گسل های فعال ایران»، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰.
۸. حیدری، م، شاه پسند زاده، م. ۱۳۷۴. «بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه - گسلش در پهنه استان لرستان»، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
۹. خاکپور، ب و همکاران. ۱۳۹۲. مقایسه تطبیقی - تحلیلی میزان آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل های تحلیل سلسله مراتبی و فازی (نمونه موردی: شهر لامرد)، فصلنامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۲، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر. ۳۹-۲۱.

۱۰. ستوده، ب، ۱۳۸۰. «برنامه ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر جهت ایمن سازی در برابر زلزله (نمونه موردی: محله باغ فردوس منطقه یک شهرداری تهران)»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۶۰ صفحه
۱۱. سرومقدم، ع. ۱۳۸۵. «گزارش تصویری زلزله درب آستانه سیلاخور بر ساختمانها و سازه ها»، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، پژوهشکده زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
۱۲. سیاح مفصلی، ا، صفی، ن. ۱۳۸۹. «تبیین روش شناسی استفاده از مدل مدیریت ریسک در مدیریت بحران در مناطق شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۳ شهرداری تهران)»، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، شماره ۲، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. ۲۶-۲۰.
۱۳. عبدلهی، م. ۱۳۸۲. مدیریت بحران در نواحی شهری (زلزله و سیل)، چاپ دوم، انتشارات سازمان شهرداریهای کشور، تهران. ۱۳۶ صفحه.
۱۴. عزیزی، م، اکبری، ر. ۱۳۸۷. «ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله (مطالعه موردی: منطقه فرحزاد، تهران)»، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، انتشارات پردیس هنرهای زیبا دانشگاه تهران. ۳۶-۲۵
۱۵. فاندرحمتی، ص، همکاران ۱۳۹۰. «بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان»، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۴۱، انتشارات دانشگاه اصفهان. ۱۲۲-۱۰۷
۱۶. \_\_\_\_\_ ۱۳۸۷. تحلیل فضایی آسیب پذیری مسکن شهری در برابر زلزله، نمونه موردی مسکن شهر اصفهان، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه اصفهان، ۱۷۰ صفحه.
۱۷. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲. نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
۱۸. نظریان، ا، گودرزی، د. ۱۳۹۲. ساختار فیزیکی - کالبدی شهرها و نقش آن در ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر بروجرد). فصلنامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۳، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر. ۵۰-۲۷
19. Chrdon, Anne-cathrine, 1999. " A geographic approach of the global vulnerability in urban area: case of Manisales", Colombian Andes. pp197-212