جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱٤۰۳، دوره٦، شماره٤، ۱۱۸۱-۱۱٦۷

مدیریت بحران زلزله در مرحله قبل از وقوع با استفاده از مدل تصمیم گیری چند معیاره (مطالعه موردی: شهر بستان آباد)

فریبا مهری ماهی آباد[1*]، شهرام روستایی[2]

۱- دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، گروه سنجش از دور و GIS، تبریز، ایران
Mehri.fariba1370@gmail.com
۲- دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، گروه ژئومورفولوژی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش:۱٤۰۳/۰۲/۰٤

چکیده

زلزله به عنوان عمده مخاطره طبیعی کشورمان را در زمره ۱۰ کشور لرزه خیز جهان و پنجمین کشو رزلزله خیز آسیا قرارداده است . زلزله چه از لحاظ روانی و چه از لحاظ مالی به دلیل سرع توقوع وحجم تخریب، آثار ویرانگری را به همراه داشته است. بنابراین، با توجه به اینکه شمال غرب ایران در محل برخورد دو کمربند فعال زلزله‌ای قرار دارد، از مناطق لرزه خیز کشور به شمار می آید. در این میان، شهر بستان آباد در فهرست مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۲)، جزو ۵۷ شهری است که خطر زلزله در آن‌ها خیلی زیاد ارزیابی شده است. در این تحقیق به کاربرد مدل تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در مدیریت بحران زلزله در مرحله قبل از وقوع در شهر بستان آباد پرداخته شد. معیارهای مهم در وقوع زلزله در نظر گرفته شد و از مدل تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به این معیارها استفاده گردید. در نهایت نقشه خطر وقوع زلزله تهیه گردید و مشخص گردید که پهنه‌ی با خطر خیلی زیاد در حوزه های شماره ۱، ٤، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱و ۱۲ واقع شد. همچنین پهنه با خطر متوسط بیشترین مساحت یعنی ۲۰۳٥٤٤ مترمربع را به خود اختصاص داده است.

کلمات کلیدی: زلزله، مدیریت بحران، تحلیل سلسله مراتبی، نقشه خطر، بستان آباد.

doi 10.22034/GAHR.2023.423593.1995 شاپا الکترونیکی:3851-645

مقدمه

جهان ما، از آغاز خلقت تاکنون، متاثر از انفجارات آتشفشان‌ها، زلزله‌ها و طوفان‌های شدید بوده و همچنان خواهد بود. بدون شک این بلایا، تاکنون نابودی میلیون‌ها جاندار را به دنبال داشته است. در کره زمین مخاطرات طبیعی رو به فزون بوده و در این میان، زلزله مخرب ترین پدیده طبیعی بوده است. این پدیده به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می‌سازد، یکی از شناخته شده ترین بلایای جهان است (ملکی،۱۳۸۶). زمین لرزه عبارت از لرزشهای قابل اندازه گیری سطح زمین است که توسط امواج حاصل از رها شدن ناگهانی انرژی در درون زمین بوجود می آید. آثار سطحی زمین لرزه ممکن است به صورت صدمه به سازه ها، گسلش و حرکت پوسته، نشست زمین و آبگونگی، گسیختگی دامنه ها در خشکی و دریا و سرانجام ایجاد امواج در محیط های آبی باشد (معماریان، ۱۳۸۱). شواهد نشان می دهد 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. کشور ایران به علت قرار گرفتن بر روی کمربند زلزله آلپ – قفقاز – هیمالیا به نحو چشمگیری زلزله خیز است (زیاری و داراب خانی، ۱۳۸۹). نکته مهم اینست که پرخطرترین مناطق کشور از نظر زلزله، امتداد دو رشته کوه البرز (که از شمال غرب به شمال شرق کشورکشیده شده) و زاگرس (که از شمال غرب تا سمت جنوب قراردارد) می‌باشد و در عین حال بزرگترین مراکز استقرار کشور نیز در همین مناطق قرار دارد. بنابراین به سهولت می‌توان گفت که تقریبا کلیه مراکز زیستی ایران در معرض خطر زلزله قرار دارند. بخشی از گسل امتداد لغز آناتولی وارد ایران شده و در شمالغرب ایران ادامه می یابد. این گسل امتداد لغز ممتد نبوده و شاخه های فرعی آن در شمالغرب ایران گسترش دارند (روستایی، ۱۳۹۰). در هزاره اخیر در منطقه شمال غرب ایران بیش از ۶۰ زمین لرزه ویرانگر رخ داده است. نادر بودن زلزله‌های مخرب در طول گسل‌های فعال منطقه آذربایجان و شمال غرب کشور نشانگر این واقیعت است که اغلب گسل‌های این منطقه دارای دوره بازگشت و تناوب لرزه خیزی طولانی می‌باشد. وقوع زلزله‌های ۴/۵-۳ ریشتری سال‌های گذشته، علاوه بر اینکه موجب وحشت مردم شده، خسارت‌هایی را به سکونتگاه‌های روستایی و شبکه‌های ارتباطی و غیره وارد ساخته است. شهرها نیز به عنوان یک مکان تجمع برای جمعیت انسانی از وقوع این بلایای طبیعی مستثنی نمی‌باشند و لازم است چاره‌اندیشی‌های جدی جهت کاهش آسیب پذیری این سکونتگاه‌ها در برابر بلایای طبیعی صورت پذیرد. امروزه نیازهای شهری و تقاضای مسکن و مهاجرت روستاییان به شهرها باعث رشد و توسعه بیش از حد شهرها بخصوص شهرهای بزرگ گردیده است. عدم توجه به مکان‌یابی صحیح شهرها، رشد و توسعه شهرها، همچنین عدم برنامه‌ریزی لازم جهت جلوگیری از رشد لجام گسیخته شهرها، مسائل و مشکلات فراوانی از جهت مصونیت شهرها به بار آورده است. این روند باعث شده است، شهرها روی مسیل‌های اصلی گسل‌ها و یا در حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها گسترش یابند. تلفات جانی، خسارت‌های اقتصادی و بازتاب‌های روانی و اجتماعی یک سانحه طبیعی از تبعات ویرانی کالبد یک سکونتگاه به شمار می‌آید. نواحی آسیب‌پذیر شهرها، از جمله مناطقی هستند که می‌توان با شناخت، پهنه‌بندی و سیاست گذاری درست در آن‌ها زمینه کاهش آثار منفی ناشی از بلایا را فراهم آورد.

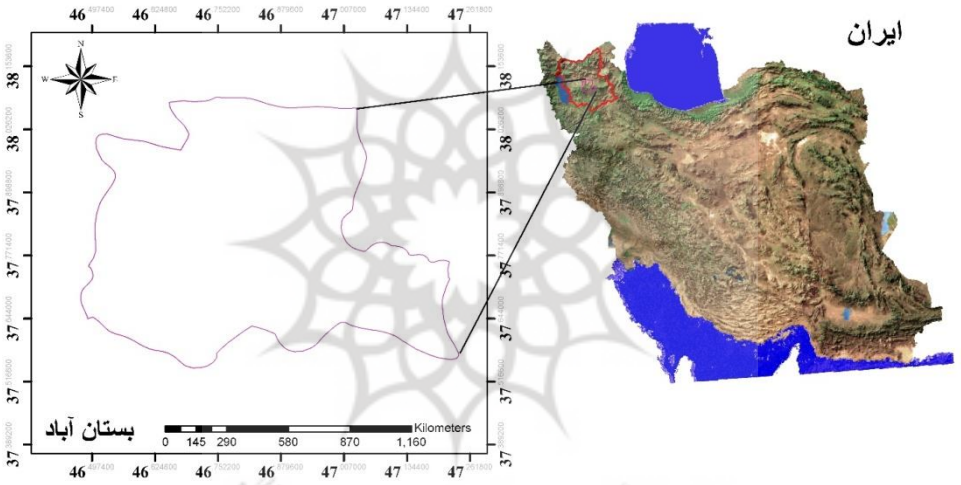
پیشینه پژوهش

حسینی و همکاران (۱۳۹۵) تحقیقی با هدف شناسایی پهنه های امن و ناامن و مکانیابی مناسب برای ایجاد پایگاه های مدیریت بحران در شهرستان قیروکارزین انجام دادند. برای رسیدن به این هدف، اطلاعات مربوط به معیارهای مختلف، مطالعه و به سه دسته متغیرهای طبیعی، متغیرهای کالبدی و متغیرهای نهادی - مدیریتی تقسیم بندی شدند. سپس لایه های اطلاعاتی مربوط به معیارهای مختلف به سامانه GIS وارد و بعد از آماده سازی با استفاده از معادله ی خطی فازی استاندارد سازی شده، سپس تلفیق نقشه ها با استفاده از جمع فازی صورت گرفت. در نهایت پهنه های مناسب و نامناسب از جهت خطر پذیری و ایجاد پایگاه های مدیریت بحران مشخص و بر پایه یافته های این تحقیق، سه روستا با توجه به قابلیت آنها برای ایجاد پایگاه های مدیریت بحران در سه سطح متفاوت تعیین شدند تا دهیاری ها را در فرایند مدیریت بحران در شهرستان قیروکارزین یاری نمایند و از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در جهت پیشبرد اهداف پایگاه های مدیریت بحران بهره گرفته شود. لطفعلی زاده لاهرودی (۱۴۰۲) در پژوهشی به بررسی خطر زلزله به منظور مکان‌یابی سایت‌های اسکان موقت با استفاده از GIS در مناطق شمالی شهر تبریز پرداخت. در این تحقیق از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. هاشمی و محمدی (۱۴۰۲) در پژوهشی به اولویت‌بندی محله‌های منطقه سه شهر اردبیل بر اساس تاب‌آوری اجتماعی در برابر زلزله پرداختند. در این پژوهش از روش های MEREC و CODAS استفاده گردید. بوتر فرناندز (۲۰۰۹) در رساله دکتری خود تحت عنوان اطلاعات جغرافیایی برای اندازه گیری میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله ، به ارزیابی نقش اطلاعات و داده های جغرافیایی در مطالعات مربوط به اندازه‌گیری آسیب‌پذیری شهرهادر برابر زلزله اشاره نمود و با توجه به زیرساختار داده‌های مکانی به پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر میلین واقع در کشور گام بیا پرداخته است. رحمان و همکاران (۲۰۱۵) منطقه ۲۹ از شهرستان داکا را به عنوان بخش قدیمی این شهرستان برای ارزیابی آسیب پذیری ناشی از خطرهای آتش سوزی و زلزله انتخاب کردند. ضمناً آسیب پذیری اجتماعی نیز در ارزیابی آمده است. نمونه ای از ۳۵۰ ساختمان با استفاده از روش visual screeninig (غربالگری بینایی) برای زلزله انالیز شد. نمره اسیپ پذیری ترکیبی با استفاده ازترکیب خطر اتش سوزی، زلزله و همچنین شرایط اسیپ پذیری اجتماعی منطقه مورد مطالعه محاسبه و به صورت نقشه در نرم افزار ARCGIS به شکل ساختمان های با دسته بندی مختلف اسیپ پذیری تولید شد. وگا و هیدالگو (۲۰۱۶) به ارزیابی خطر رانش زمین (زمین لغزش) ایجاد شده توسط زلزله و بارش در ساختمان های شهری در شهرستان مدلین – کلمبیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداختند. آنها یک مدل کامپیوتری را استفاده کردند که عوارض توپوگرافی، زمین شناسی، ژئوتکنیک و هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه را برای ارزیابی خطرات زمین لغزش با استفاده از روش شبه استاتیک نیومارک همراه با یک روش احتمالات بر اساس روش اولین دستور و گشتاور دوم انجام می دهد (FOSM). هدف اجرایی مدل کمی کردن ریسک ناشی از این نوع مخاطره(حادثه) در منطقه ای از شهرستان مدلین براساس مقادیر مختلف Ah و تجزیه و تحلیل هزینه خسارت ناشی از این نوع مخاطره به ساختمان ها تحت سناریو شرایط ساختاری مختلف بود. نتایج نشان داد که ٦٢ درصد از منطقه مورد مطالعه در شرایط خطر لغزش بسیار کم و ۳۸ درصد در شرایط خطر لغزش کم قرار گرفته است.

این پژوهش سعی در کاربرد مدل تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) جهت مدیریت بحران زلزله در مرحله قبل از وقوع و بررسی نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌های کالبدی ناشی از زلزله در شهر بستان‌آباد را دارد.

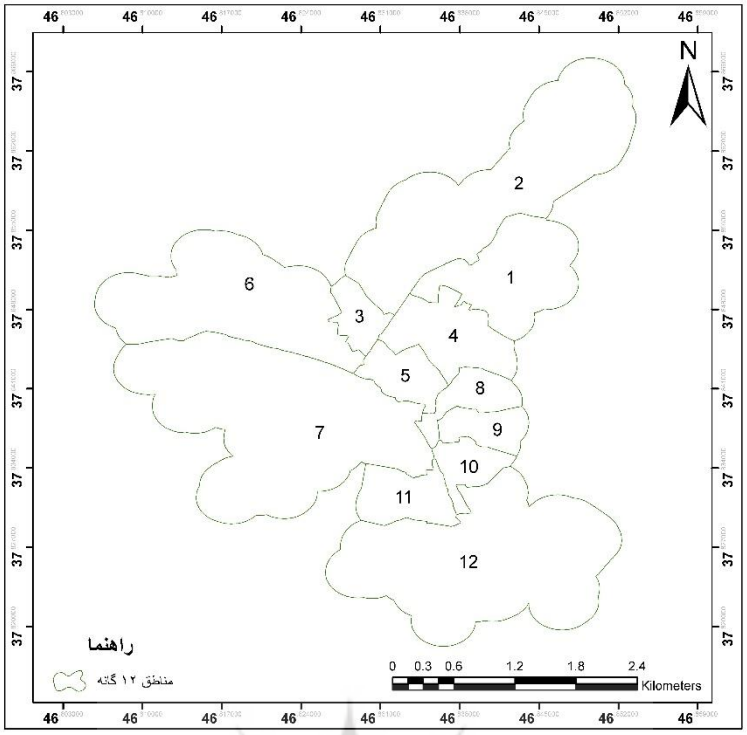
منطقه مورد مطالعه

شهرستان بستان آباد یکی از ۲۱ شهرستان استان آذربایجان شرقی است که در ۴۷ کیلومتری شرق تبریز در مسیر ترانزیتی تبریز- تهران و تبریز- سراب و اردبیل قرار دارد. از نظر جغرافیایی این شهرستان بین ۴۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. شهرستان بستان آباد با مساحتی بالغ بر ۲۷۹۵ کیلومترمربع، معادل ۶/۱۴ درصد از مساحت کل استان آذربایجان شرقی را شامل می شود. این شهرستان بین شهرستان های مراغه، هریس، هشترود، میانه، تبریز و سراب واقع شده است که از سمت شمال به شهرستان هریس، از سمت جنوب به شهرستان هشترود، از غرب به شهرستان تبریز، از شرق به شهرستان های سراب و میانه و از سمت جنوب غربی به شهرستان مراغه محدود می شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیاایی منطقه مورد مطالعه

در وضع موجود شهر را به دوازده حوزه آماری که توسط خیابانهای اصلی شهر و رودخانه از هم جدا می شوند، تقسیم می شود. لایه رقومی حوزه بندی شهر بستان آباد از سازمان شهرداری تهیه گردید (شکل۲). علی رغم کوهستانی و پراکنده بودن هسته های زیستی در شهر بستان آباد، بیشترین قسمت شهر دارای بافتی پیوسته است. علت آن این است که هسته های قدیمی و گسترده تر شهر بر اراضی کم شیب و نسبتا مسطح واقع شده اند و به علت محدودیت اراضی مناسب برای ساخت و ساز، فشردگی و پیوستگی بافت حاصل شده است.



شکل ۲. نقشه حوزه بندی شهر بستان آباد

داده های مورد استفاده

داده های مورد استفاده در این تحقیق به دو قسمت داده های مکانی (فضایی) و داده های غیر مکانی (توصیفی) تقسیم بندی می شوند.

داده های مکانی

شامل لایه رقومی خطوط گسل که با رقومی سازی نقشه زمین شناسی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی توسط محقق تهیه گردید، شبکه معابر، واحد های تفکیکی در مقیاس قطعات ملکی و به طور کلی نقشه رقومی وضع موجود بافت شهر بستان آباد که از سازمان شهرداری تهیه گردیدند.

داده های غیر مکانی (توصیفی)

شامل کیفیت سازه، کیفیت بنا، فضاهای باز، مساحت قطعات، تعداد طبقات، تراکم جمعیتی و نسبت اعیان به عرصه که از سازمان شهرداری تهیه گردیدند.

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP که برای اولین بار توسط پروفسور ساتی ارائه شده (امیراحمدی و آب‌باریکی، ۱۳۹۳؛ ساعتی، ۱۹۸۰)، یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری چندگانه است (کریمی-کردآبادی و نجفی، ۱۳۹٤؛ قدسی‌پور، ۱۳۸٤) و در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد،مورد استفاده قرار می گیرد (امیراحمدی و آب‌باریکی، ۱۳۹۳؛ خورشیددوست و عادلی، ۱۳۸۸).در واقع این مدل نشان می دهد که چگونه اهمیت نسبی چند فعالیت، گزینه، آلترناتیو و ... را در یک مساله تصمیم گیری چند معیاره تعیین کنیم. فهرست جامعی از کاربردهای این مدل در مقالات فاطمه زاهدی و شیم آمده

است. فرآیند AHP ترکیب معیارهای کیفی و غیر قابل لمس همراه با معیارهای کمی وقابل لمس را به طور همزمان امکان پذیر می سازد. این فرآیند از مقایسات دوبه‌دویی آلترناتیوها و معیارهای تصمیم گیری استفاده می نماید. چنین مقایسه ای نیازمند جمع آوری اطلاعات از تصمیم گیرنده می باشد. مقایسات زوجی به تصمیم گیرنده این امکان را می دهد که فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی تنها بر روی مقایسه دو معیار یا گزینه تمرکز کند. به علاوه مقایسه دو به دویی، اطلاعات ارزشمندی را در مورد مساله تحت بررسی فراهم می آورد و باعث بهبود عامل منطقی بودن فرآیند تصمیم گیری می گردد.

تهیه لایه های مورد نیاز تحقیق

خطوط گسل

بنابراین هر چه فاصله‌ی ساختمان ها از خطوط گسل موجود کمتر باشد، آسیب پذیری بیشتر خواهد بود و برعکس (کامل‌باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱). در این تحقیق، معیار فاصله از خطوط گسل طبق نظر کارشناسان به چهار طبقه‌ی ۰-۳۰۰، ۳۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰ و بیشتر از ۱۰۰۰ (جدول ۱) تقسیم می‌شود (کامل‌باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۱. کلاس های معیار فاصله از خطوط گسل و میزان خطر

فاصله از گسل (متر)	۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	بیشتر از ۱۰۰۰
میزان خطر	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم

شبکه معابر

شبکه های ارتباطی نقش بسیار مهمی در امر نجات و امداد بعد از وقوع زلزله و میزان آسیب پذیری سازه ای و انسانی به عهده دارند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ قنواتی و شیخی، ۱۳۸۹؛ شریف زادگان و فتحی، ۱۳۸۷؛ حمیدی، ۱۳۷۱). هرچه معابر دارای عرض مناسب تری با توجه به سلسله مراتب عملکرد های شهری باشند، آسیب پذیری نیز به همین میزان کاهش می یابد. بنابراین با طراحی شبکه ی ارتباطی کارآمد می توان صدمات زلزله را تا حد زیادی کاهش داد. شبکه ی ارتباطی کارآمد، شبکه ای است که عرض بیشتری دارد، سطح آن نسبت به سطوح ساخته شده ی شهری بیشتر است و پل های کمتری دارد، با شبکه های خارج از شهر در ارتباط و معابر آن مستقیم و پیچ و خم آن ها کمتر است، ارتباط کاربری های حساس را به طور مستقیم برقرار می کند و امکان دسترسی سواره به آن هرچه بیشتر فراهم است. بر این اساس معیار عرض معبر در شبکه ی ارتباطی به سه طبقه ی کمتر از ۶ متر، ۱۲-۶ متر و بیشتر از ۱۲ متر (جدول ۲) تقسیم می شود (امینی و برومند، ۱۳۹۰).

جدول ۲. کلاس های معیار شبکه معابر شهری و میزان خطر

عرض معبر (متر)	کمتر از ۶	۱۲-۶	بیشتر از ۱۲
میزان خطر	زیاد	متوسط	کم

کیفیت سازه

زلزله و بلایای طبیعی در نواحی ای که ساختمان ها از استحکام و مقاومت کافی خوبی برخوردار باشند، تخریب چندانی در پی ندارند، اما در مناطق و نواحی ای که در ساخت ساختمان های آن ها از مصالح مستحکم و مقاوم استفاده نشده یا کمتر استفاده شده است، ویرانی و تلفات زیادی را به دنبال دارد (زیاری و داراب‌خانی، ۱۳۸۹؛ ایری، ۱۳۷۸). بنابراین نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در ساخت واحد مسکونی، یکی از شاخص های تعیین کننده کیفیت مسکن محسوب می گردد. به طور کلی هر چه مصالح بادوام‌تر در یک ساختمان استفاده نماییم، مقاومت آن ساختمان در برابر زلزله افزایش می یابد به طوری که در اکثر کشورها، ساختمان های مسکونی ساخته شده از مصالح بی دوام مانند خشت و گل، خشت و چوب و دیگر موارد مشابه، در رده واحد های مسکونی غیر ایمن قرار داشته و در صورت بروز حوادثی همچون زلزله دارای بیشترین آسیب پذیری خواهد بود (احدنژاد و همکاران، ۱۳۸٦).

کیفیت بنا

کیفیت بنا عامل بسیار مهمی در میزان خطر ناشی از وقوع زلزله می باشد. به طور کلی هرچه کیفیت بنا بیشتر باشد، میزان خطر کمتر خواهد بود و برعکس، هرچه کیفیت بنا کمتر باشد، میزان خطر بیشتر خواهد بود. نوع مصالح به کار رفته در ابنیه در صورت به کارگیری تکنیک مناسب می تواند در تعیین میزان دوام و کیفیت بنا موثر واقع شود. ساختمانهایی که مصالح اصلی و اسکلت آنها فلزی یا بتنی و یا ترکیب آجر و آهن است، ساختمانهای بادوام محسوب می شوند. ساخت و سازهای انجام شده با آجر و چوب، سنگ و چوب، تمام چوب، تمام آجر و تمام سنگ ساختمان های کم دوام و ساختمانهای خشتی و نظایر آن ساختمانهای بی دوام محسوب می شوند. در واقع در تعیین کیفیت ابنیه سال احداث بنا، نوع مصالح به کار رفته و تکنیک های رایج ساخت مسکن مورد توجه می باشد در صورتی که در کیفیت سازه، فقط کیفیت مصالح به کار رفته در نظر گرفته می شود. در این تحقیق معیار کیفیت بنا به چهار طبقه نوساز، قابل قبول، مرمتی و تخریبی (جدول ۳) تقسیم شده است.

جدول ۳. کلاس های معیار کیفیت بنا و میزان خطر

کیفیت بنا	نوساز	قابل قبول	مرمتی	تخریبی
میزان خطر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

فضاهای باز

فضاهای باز نقش مهمی در کاهش آسیب پذیری داشته، در مواقع اضطراری به عنوان یک منطقه در دسترس با امکان فرار، استقرار و پناه گرفتن در آن مطرح و همچنین برای توزیع دارو و غذا، انبار وسایل و مصالح اضطراری، اسکان موقت، استقرار مراکز امدادی صحرایی، دسترسی ویژه (مثلا فرود بالگرد) و ... مورد استفاده قرار می گیرد . به این ترتیب طراحی مناسب فضاهای باز داخل بافت شهری یکی از مهمترین حربه ها جهت مواجهه با خطر محسوب می شود و هرچه سطح فضای باز در یک منطقه ی شهری بیشتر باشد، آسیب پذیری آن منطقه در برابر زلزله کاهش می یابد. در واقع هرچه کاربری های شهری به فضاهای باز نزدیکتر باشند، از آسیب پذیری کمتر و هرچه دورتر باشند، از آسیب پذیری بیشتری، برخوردارند. بنابراین برای بررسی این عامل شاخص فاصله و دسترسی به فضاهای باز در نظر گرفته می شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰؛ احدنژاد و همکاران، ۱۳۸٦). بنابراین معیار دسترسی به فضاهای باز

به ٤ طبقه ی ۵۰-۰ متر، ۱۵۰-۵۰ متر، ۳۰۰-۱۵۰ متر و بیشتر از ۳۰۰ متر (جدول ٤)تقسیم می شود (احدنژاد و همکاران، ۱۳۸٦).

جدول ٤. کلاس های معیار فضاهای باز عمومی ومیزان خطر

فاصله از فضاهای باز عمومی (متر)	۵۰-۰	۱۵۰-۵۰	۳۰۰-۱۵۰	بیشتر از ۳۰۰
میزان خطر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

مساحت قطعات

قطعات کوچکتر به علت خرد کردن فضاهای باز وافزایش تراکم، باعث افزایش میزان آسیب پذیری می شود (کامل-باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱؛ رنج آزمای، ۱۳۹۰). از سویی، هرچه سطح این قطعات بیشتر باشد، آوار ناشی از تخریب ساختمان، کمتر به ساختمان ها و معابر مجاور آسیب می زند (کامل‌باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰؛ ۱۱۵ و عبدالهی، ۱۳۸۲). در واقع تفکیک اراضی در ابعاد کوچک باعث خرد شدن فضاهای باز شده و عملا از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناه گیری و عملیات امدادی و اسکان موقت و ... کاسته می شود. بنابراین هرچه مساحت قطعات تفکیکی با توجه به نوع کاربری آن کوچکتر باشد، آسیب پذیری ناشی از زلزله بیشتر می شود. در این تحقیق معیار مساحت قطعات به ٤ طبقه‌ی کمتر از ۱۰۰ متر، ۲۰۰-۱۰۰ متر، ۳۰۰-۲۰۰ متر و بیشتر از ۳۰۰ متر (جدول ۵) تقسیم می شود (منزوی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۵. کلاس های معیار مساحت قطعات تفکیکی و میزان خطر

مساحت قطعات تفکیکی (متر)	کمتر از ۱۰۰	۲۰۰-۱۰۰	۳۰۰-۲۰۰	بیشتر از ۳۰۰
میزان خطر	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم

تعداد طبقات

تجربه زلزله رودبار نشان داد که در صورت وقوع زلزله ای که موجب تخریب ساختمان ها شود، افزایش تعداد طبقات ساختمان ها برابر با افزایش آسیب پذیری خواهد بود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰؛ عبدالهی، ۱۳۸۲). حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات انجام گیرد، هنگام تخلیه و عملیات جستجو و نجات، کار امداد رسانی به سختی انجام خواهد شد (کامل‌باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰). در این تحقیق، معیار تعداد طبقات به چهار طبقه ی ۱، ۲، ۳ و ٤ طبقه (جدول ٦) تقسیم شد (کامل‌باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ٦. کلاس های معیار تعداد طبقات و میزان خطر

تعداد طبقات	۱	۲	۳	٤
میزان خطر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

تراکم جمعیتی

تراکم جمعیت به معنی جمعیت در واحد سطح است و معمولا به واحد نفر در هکتار بیان می شود. تراکم جمعیت را می توان در هر قلمرویی نظیر تراکم جمعیتی کشور، تراکم جمعیت شهری و نیز تراکم جمعیت در محله اندازه گیری کرد. از آنجا که ترتیب زمانی آثار زلزله به صورت لرزش های شدید زمین، سپس تحریک و در نهایت تلفات

است، اهمیت تراکم جمعیت در آخرین مرحله از بحران زلزله می تواند تعیین کننده باشد (بحرینی و همکاران، ۱۳۷۵). بررسی نشان می دهد هر چه قدر تراکم جمعیت در شهر کمتر باشد و یا این تراکم به طور متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، آسیب پذیری شهر در واقع اضطراری از جمله زلزله کمتر خواهد بود، بر عکس تراکم های جمعیتی بالا در شهر هم موجبات بالا رفتن آمار تلفات در لحظه ی وقوع زلزله خواهد شد و هم کار امداد رسانی، اسکان موقت و اسکان دائم را مشکل خواهد ساخت. در این تحقیق با توجه به آسیب پذیری بیشتر مناطق دارای جمعیت بیشتر، معیار تراکم جمعیت منطقه به چهار طبقه تقسیم شده است (جدول ۷).

جدول ۷. کلاس های معیار تراکم جمعیت و میزان خطر

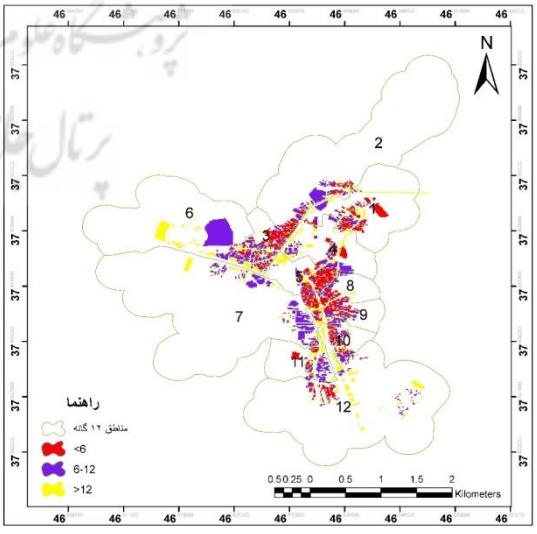
تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	<۵۰	۱۰۰-۵۰	۱۵۰-۱۰۰	>۱۵۰
میزان خطر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

نسبت اعیان به عرصه

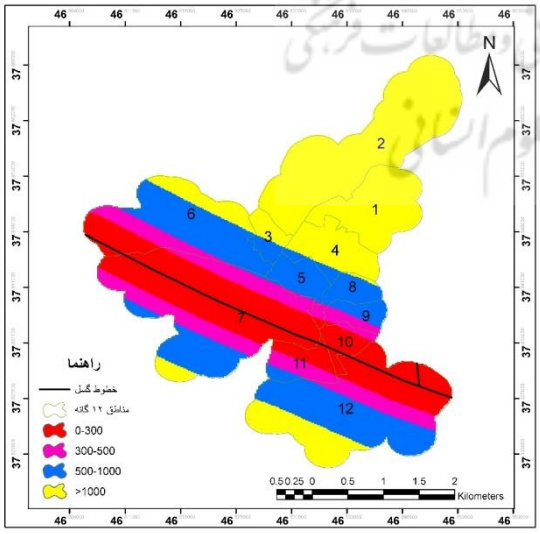
منظور از اعیان، مساحت قسمت ساخته شده زمین و منظور از عرصه، خود زمین می باشد. بنابراین هر چه نسبت اعیان به عرصه کمتر باشد، به هنگام وقوع زلزله، آسیب پذیری افزایش پیدا خواهد کرد و برعکس هرچه این نسبت بیشتر باشد، به هنگام وقوع زلزله، آسیب پذیری کاهش خواهد یافت (امینی و برومند،۱۳۹۰). در واقع با افزایش نسبت سطح ساخته شده به کل سطح زمین، آسیب پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان ها و غیر قابل استفاده شدن بافت افزایش می یابد (بحرینی، ۱۳۷۸). نسبت اعیان به عرصه در این تحقیق به سه طبقه ی کمتر از ۲۵ درصد، ۵۰-۲۵ و بیشتر از ۵۰ درصد (جدول ۸) تقسیم شد (بحرینی، ۱۳۷۸).

جدول ۸. کلاس های معیار نسبت اعیان به عرصه و میزان خطر

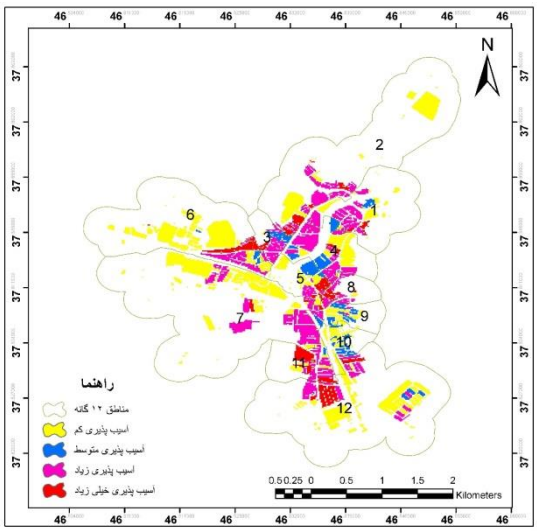
نسبت اعیان به عرصه	کمتر از ۲۵	۵۰-۲۵	بیشتر از ۵۰
میزان خطر	کم	متوسط	زیاد



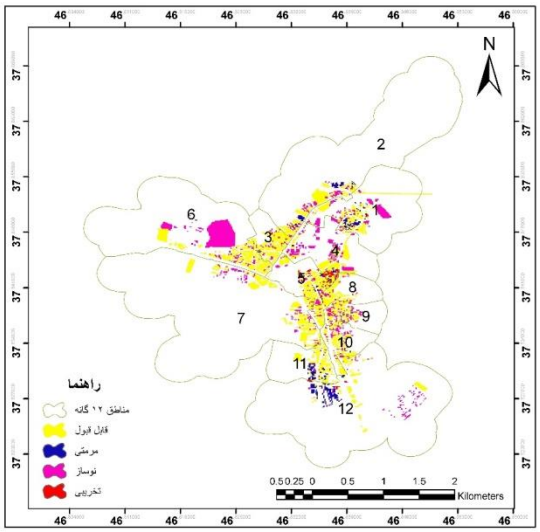
شکل ٤. نقشه طبقه بندی عرض معبر



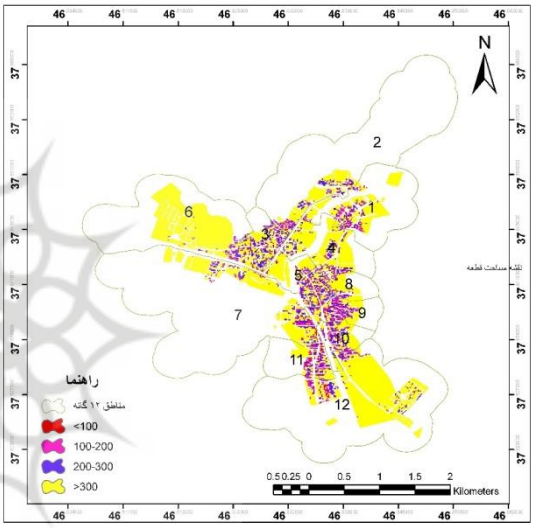
شکل ۳. نقشه طبقه بندی فاصله از خطوط گسل



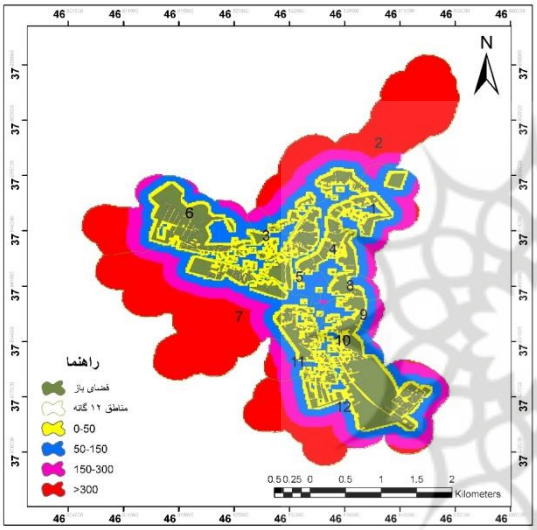
شکل ٦. نقشه طبقه بندی کیفیت سازه



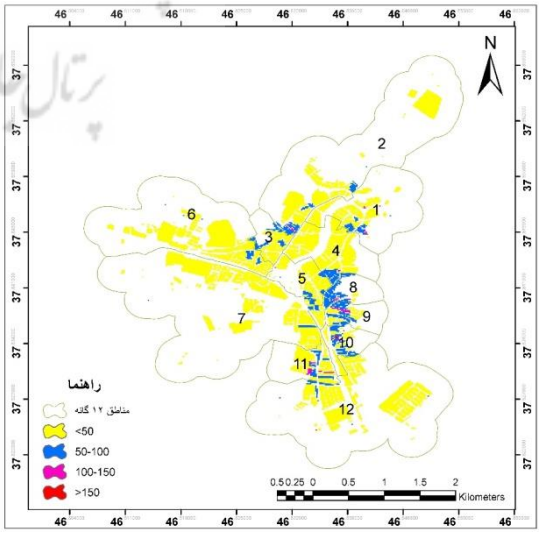
شکل ۵. نقشه طبقه بندی کیفیت بنا



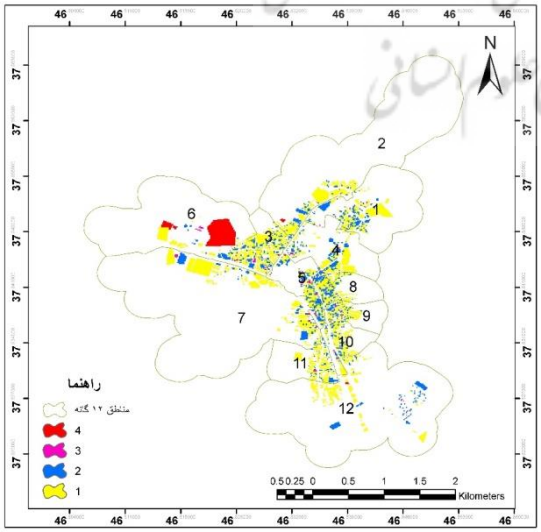
شکل ۸. نقشه طبقه بندی مساحت قطعه



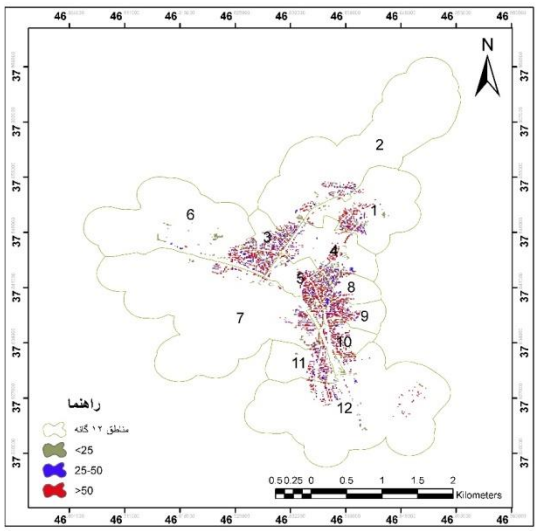
شکل ۷. نقشه طبقه بندی فاصله از فضای باز



شکل ۱۰. نقشه طبقه بندی تراکم جمعیت



شکل ۹. نقشه طبقه بندی تعداد طبقات



شکل ۱۱. نقشه طبقه بندی نسبت اعیان به عرصه

نتایج و بحث

در اینجا ماتریس های مقایسه زوجی برای معیارهای مورد استفاده که به‌صورت پرسش نامه با توجه به نظر متخصصان امر تهیه گردیدند، در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مورد استفاده

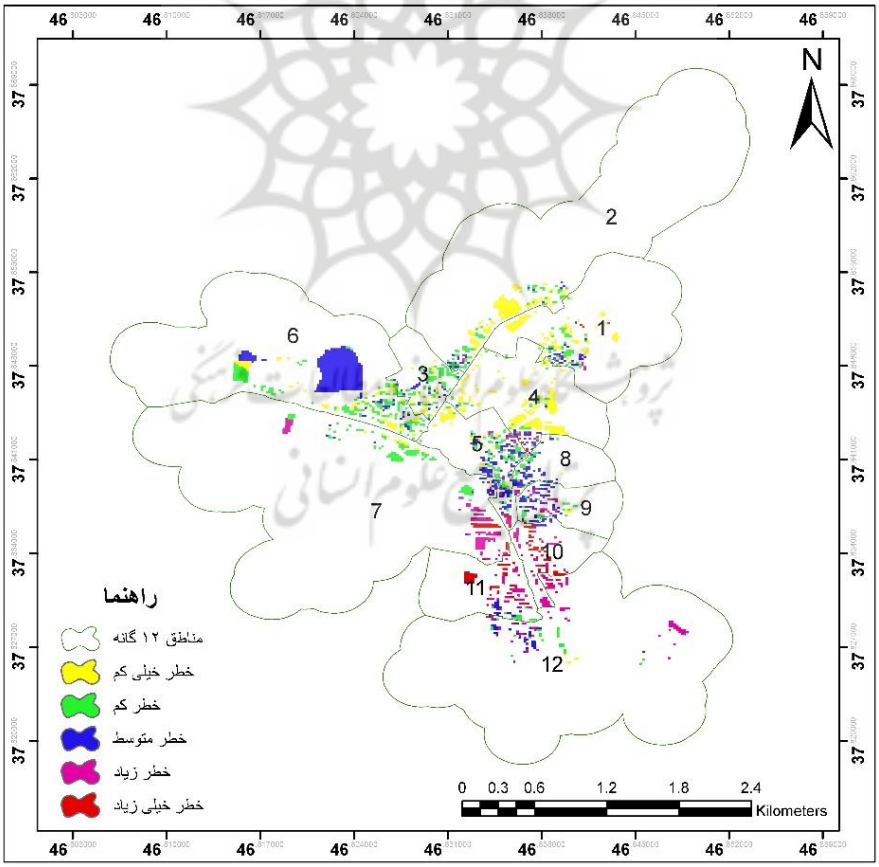
معیارها	فاصله از گسل	فاصله از فضای باز	عرض معبر	کیفیت سازه	کیفیت بنا	مساحت قطعه	تعداد طبقات	تراکم جمعیت	نسبت اعیان به عرصه
فاصله از گسل	۱	۳	۳	۲	۲	۳	۲	۱	۳
فاصله از فضای باز		۱	۱	۱/۲	۱/۲	۱	۱/۲	۱/۳	۱
عرض معبر			۱	۱/۲	۱/۲	۱	۱/۲	۱/۳	۱
کیفیت سازه				۱	۱	۲	۱	۱/۲	۲
کیفیت بنا					۱	۲	۱	۱/۲	۲
مساحت قطعه						۱	۱/۲	۱/۳	۱
تعداد طبقات							۱	۱/۲	۲
تراکم جمعیت								۱	۳
نسبت اعیان به عرصه									۱

وزن معیارهای مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از روش AHP و در نرم افزار Expert Choice محاسبه گردید. وزن نهایی به دست آمده برای معیارهای مختلف در قالب جدول ۱۰ آورده شده است.

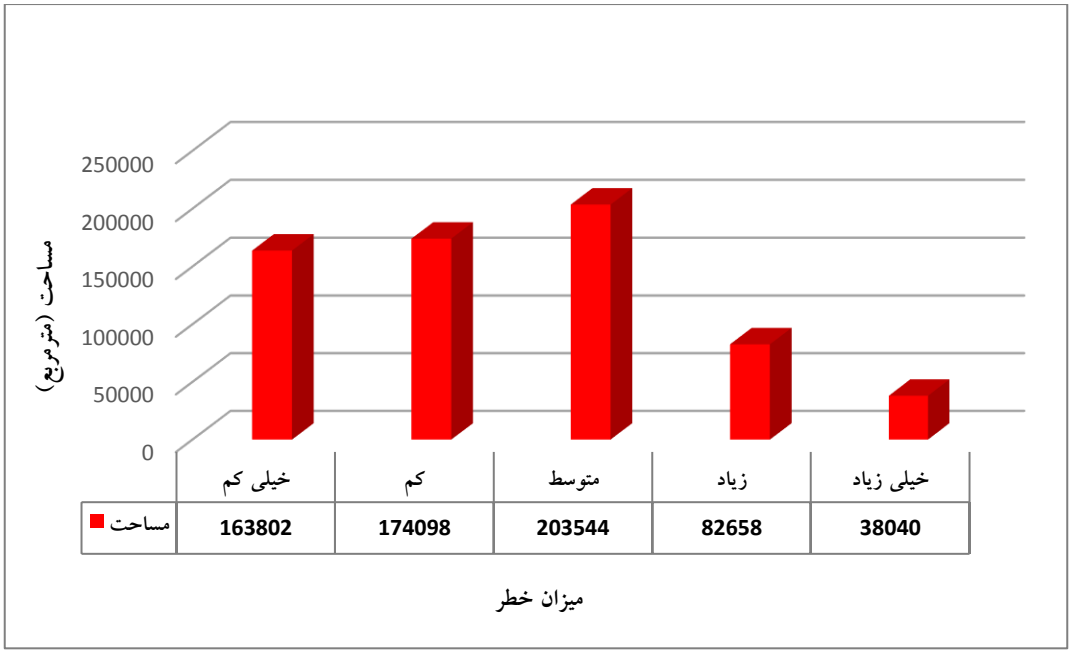
جدول ۱۰. محاسبه بردار ویژه برای معیارهای مورد استفاده

معیار	بردار ویژه
فاصله از گسل	۰/۲۰۴
فاصله از فضای باز	۰/۰۶۲
عرض معبر	۰/۰۶۲
کیفیت سازه	۰/۱۱۵
کیفیت بنا	۰/۱۱۵
مساحت قطعه	۰/۰۶۲
تعداد طبقات	۰/۱۱۵
تراکم جمعیت	۰/۲۰۴
نسبت اعیان به عرصه	۰/۰۶۲

ضریب ناسازگاری در تحقیق حاضر برای همه ی مقایسات انجام شده برابر ۰/۰۱ می باشد که مقداری قابل قبول است. نقشه خطر وقوع زلزله با استفاده از حاصل ضرب وزن هر یک از معیارها در لایه اطلاعاتی خود به دست آمد.



شکل ۱۲. نقشه پهنه بندی خطر وقوع زلزله



شکل ۱۳. نمودار مساحت پهنه های مختلف خطر وقوع زلزله بر حسب متر مربع

نتیجه گیری

با توجه به اینکه شمال غرب ایران در محل برخورد دو کمربند فعال لرزه ای قرار دارد، بنابراین از مناطق لرزه خیز کشور به حساب می آید. لذا در این تحقیق سعی شد تا به بررسی کاربرد مدل تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در مدیریت بحران زلزله در مرحله قبل از وقوع در شهر بستان آباد پرداخته شود. در ابتدا معیارهای مؤثر در وقوع زلزله با توجه به نظر کارشناسان و تحقیقات انجام گرفته پیشین شناسایی شدند و سپس از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP برای وزن دهی به این معیارها استفاده شد و در نهایت، نقشه رستری نهایی وقوع زلزله در پنج کلاس تهیه گردید. نتایج نشان دادند که پهنه‌ی با خطر خیلی زیاد در حوزه های شماره ۱، ٤، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱و ۱۲ واقع شد. همچنین حوزه شماره ۱۱ بیشترین مساحت را به میزان ۱۲۳۹٦/٤۸ مترمربع به خود اختصاص داد که مهمترین دلایل آن فاصله بسیار کم از خط گسل و نیز تراکم جمعیتی زیاد در آن می باشد. در تحلیل معیارهای استفاده شده در تحقیق می‌توان به نتایج مهمی دست یافت که در ادامه به شرح این نتایج به صورت دسته بندی شده خواهیم پرداخت.

۱. همه حوزه ها دارای مساحت قطعه کمتر از ۱۰۰ مترمربع بودند و حوزه شماره ۱۱ بیشترین مساحت قطعات زیر ۱۰۰ مترمربع را به میزان ۸۰۰٤/۲۳ مترمربع به خود اختصاص داد.

۲. همه حوزه ها دارای عرض معبر کمتر از ٦ متر بودند و حوزه شماره ٥ دارای بیشترین میزان عرض معبر کمتر از ٦ متر بود.

۳. در همه حوزه ها نسبت اعیان به عرصه بیشتر از ٥۰ درصد وجود داشت و حوزه شماره ٥ دارای بیشترین مساحت این نسبت به میزان ۳٥۹۹۲/۷ مترمربع بود.

٤. فاصله از فضای باز بیشتر از ۱۰۰۰ متر در حوزه های شماره ۱، ۲، ٦، ۷، ۱۱ و ۱۲ وجود داشت ولی بیشترین مساحت مربوط به حوزه شماره ۷ به میزان ۱٥٤۷٤۷۰/۳۳ مترمربع بود.

۵. فاصله از گسل کمتر از ۳۰۰ متر در حوزه های شماره ٦، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ وجود داشت ولی بیشترین مساحت مربوط به حوزه شماره ۷ به میزان ۱٤۱۱۲۲۸/۲۱ مترمربع بود.

٦. کلاس تخریبی مربوط به معیار کیفیت بنا در همه حوزه ها به جز محله شماره ٦ وجود داشت و بیشترین مساحت مربوط به حوزه شماره ٤ به میزان ۱۲٥٤٤/۸ مترمربع بود.

۷. کلاس آسیب پذیری نسبی خیلی زیاد مربوط به معیار کیفیت سازه در همه حوزه ها به جز حوزه های شماره ۹ و ۱۰ وجود داشت و بیشترین مساحت مربوط به حوزه شماره ۱۱ به میزان ٥٤۲٤٤/٥۲ مترمربع بود.

۸. تراکم جمعیت بیشتر از ۱٥۰ نفر در هکتار در حوزه های شماره ۱، ۱۰ و ۱۲ وجود داشت.

۹. ساختمان های ٤ طبقه در حوزه های شماره ۲، ٥، ٦ و ۱۲ وجود داشتند که بیشترین مساحت آن ها در حوزه شماره ٦ و به میزان ۱۱۲٦۹۷/۲۳ مترمربع بود.

منابع

احد نژاد، م؛ مشکینی، ا و نوری، ب. ۱۳۸٦. ارزیابی آسیب پذیری سکونت گاه های حاشیه ای و غیر رسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. نمونه موردی: اسکان غیر رسمی اسلام آباد شهر زنجان. ۲٦-۲۷ آگوست ۲۰۰۷. دانشگاه شمال.

امیر احمدی، ابوالقاسم و آب باریکی، زکیه. ۱۳۹۳. ریز پهنه بندی خطر زلزله شهر سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳٥، تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱٥۲-۱۳۳.

امینی، ا و برومند، م. ۱۳۹۰. بررسی نقش الگوی بافت شهر در کاهش آسیب های کالبدی ناشی از زلزله. نمونه موردی: شهرک غرب و درکه. فصل نامه آمایش، شماره ۱۷.

ایری، ع ج. ۱۳۷۸. برنامه ریزی کاهش اثرات زلزله در سطوح شهری، نمونه موردی، منطقه ۲۰ شهر تهران، پایانامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

بحرینی، س ح. ۱۳۷٥. برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز. نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار. چاپ اول، شرکت چاپ و نشر لیلی.

بحرینی، س ح. ۱۳۷۸. نقش فرم، الگو و اندازه سکونتگاه ها در کاهش خطرات ناشی از وقوع زلزله. چاپ اول، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.

حبیبی، ک؛ تحصیلدار، م و کمالی نسب، س ح. ۱۳۹۰. پهنه بندی آسیب پذیری شهر در برابر زلزله با استفاده از منطق IO و مدل دلفی در محیط GIS. نمونه مورد مطالعه: شهر بابلسر. همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ۱۳۹۰.

حسینی، سیده فاطمه؛ سلیمانی، محمد؛ عزیزپور، فرهاد؛ پربار، زهرا و مغانی، بهنام. ۱۳۹٥. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در نقش پذیری نهاد های محلی جهت مدیریت بحران زلزله مناطق روستایی (مطالعه موردی: شهرستان قیروکارزین). مجله سپهر، دوره بیست و سوم، شماره هشتاد و نه، شهریور ۱۳۹٥، صفحات ٤٦-٥۳.

حمیدی، م. ۱۳۷۱. ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب پذیری مسکن. مجموعه مقالات سمینار سیاست هاس توسعه مسکن در ایران، تهران.

حمیدی، م. ۱۳۷۳. نقش فرم، الگو و اندازه سکونتگاه‌ها در کاهش خطرات ناشی از وقوع زلزله، انتشارات مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی.

خورشید دوست، ع م و عادلی، ز. ۱۳۸۸. استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP برای یافتن مکان بهینه دفن زباله. مجله محیط شناسی. سال ۳۵. شماره ۵۰.

رحمانی، ج؛ حبیبی، ک؛ رضایی، د. ۱۳۹۰. بررسی شاخص ها و معیارهای آسیب پذیری شهر در برابر زلزله. دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران. ۳۰ آذر ۱۳۹۰.

رنج آزمای، ف. ۱۳۹۰. تحلیل آسیب پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله. مطالعه موردی: مساکن منطقه ۸ تبریز. پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ۱۳۹۰.

روستایی، شهرام. ۱۳۹۰. پهنه بندی خطر گسل تبریز برای کاربری های مختلف اراضی شهری. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۲۷-٤۱.

زیاری، ک و داراب خانی، ر. ۱۳۸۹. بررسی آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله. مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهرداری تهران. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی- شماره ۹۹.

شریف زادگان، م ح و فتحی، ح. ۱۳۸۷. طراحی و کاربرد مدل های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری لرزه ای در برنامه ریزی و مدیریت شهری، نشریه علمی-پژوهشی معماری و شهرسازی صفه، سال هفدهم، شماره ٤٦، بهار و تابستان.

عبدالهی، م. ۱۳۸۲. مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری های کشور.

قدسی پور، س ح. ۱۳۸٤. فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP. دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸٤.

قنواتی، ع؛ شیخی، م. ۱۳۸۹. نقش برنامه ریزی شهری در کاهش خطر زلزله در بافت های فرسوده. فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره۹، ۱۳۸۹.

کامل باسمنج، ب؛ میرجعفری، ب؛ علوی، س.ع. ۱۳۹۱. ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای در منطقه یک شهر تبریز با استفاده از مدل تحلیل چند معیاره فضایی. مدرس علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا. دوره شانزدهم، شماره۲، تابستان ۱۳۹۱.

کریمی کرد آبادی، م ؛ نجفی، ا. ۱۳۹٤. ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY-AHP در امنیت شهری. مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال ششم، شماره بیستم، بهار ۱۳۹٤.

گلابچی، م و سروش نیا، ا. ۱۳۸۹. طراحی لرزه ای برای معماران مقابله هوشمندانه با زلزله. انتشارات دانشگاه تهران.

لطفعلی زاده لاهرودی، علی. ۱۴۰۲. بررسی خطر زلزله به منظور مکان‌یابی سایت‌های اسکان موقت با استفاده از GIS (مطالعه موردی: مناطق شمالی شهر تبریز)، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۶، شماره ۱، ۵۹۲-۶۱۴.

معماریان، ح. ۱۳۸۷. زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم.

ملکی، امجد. (۱۳۸۶). پهنه بندی خطر زمین لرزه و اولویت بندی بهسازی مساکن در استان کردستان، پژوهش های جغرافیایی، ش ۵۹ ، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

منزوی، م و همکاران. ۱۳۸۹. آسیب پذیری بافت های فرسوده بخش مرکزی شهر تهران در برابر زلزله. پژوهش های جغرافیای انسانی، ش ۷۳. صص ۱-۱۸.

هاشمی، عبدالرحیم؛ محمدی، چنور. ۱۴۰۲. اولویت‌بندی محله‌های منطقه سه شهر اردبیل بر اساس تاب‌آوری اجتماعی در برابر زلزله، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۶، شماره ۳، ۷۱۸-۷۳۲.

Boter Fernadez., V ., 2009, Geoinformation for measuring vulnerability ti earthquake: a Fitness for use approach,PHD thesis, ITC, Netherland.

Rahman, N., Ansary, M. A., & Islam, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. International journal of disaster risk reduction, 13, 291-300.

Saaty, T.L.(1980). The Analytical Hierarchy Process, Planning Priority, Resource Allocation, TWS Publications, USA.

Vega, J. A., & Hidalgo, C. A. (2016). Quantitative risk assessment of landslides triggered by earthquakes and rainfall based on direct costs of urban buildings. Geomorphology, 273, 217-235.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی