

سنجش عوامل بالقوه مخاطره‌زای زمین‌لرزه احتمالی شهر تهران

حامد عباسی* - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
حبیب آرین‌تبار - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
مجید احمدی ملاوردی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
زهره مریانجی - استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد

پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۹

وصول: ۱۳۹۲/۰۷/۲۱

چکیده

یکی از موضوع‌هایی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به گریبانند، زلزله است که بی‌توجهی به آن خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت. شهر تهران به لحاظ عوامل طبیعی از قبیل محدود شدن بین رشته‌کوه‌های البرز، وجود گسل‌های فراوان و همچنین عوامل انسانی از جمله وجود بافت‌های فرسوده و ناکارآمد در دل این شهر، ساخت و سازهای بی‌رویه و فراوان بدون رعایت حریم گسل، مستعد خطر لرزه‌ای بسیاری است. بررسی پتانسیل‌های محیطی، فیزیکی - کالبدی و اقتصادی - اجتماعی مخاطره‌زای زلزله در شهر تهران هدف اصلی این پژوهش است. برای این منظور، نخست اطلاعات حاصل از شاخص‌های عوامل محیطی، کالبدی - فیزیکی و عوامل اقتصادی - اجتماعی در رابطه با کیفیت بناها، آسیب‌پذیری و لرزه‌خیزی از محدوده مورد مطالعه با استفاده توزیع پرسشنامه بین ۸۸ کارشناس متخصص در رشته‌های مرتبط با موضوع تحقیق به دست آمد. سپس اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌ها در رایانه وارد و کدگذاری شد و با استفاده نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به کیفی بودن متغیرها و داشتن مقیاس رتبه‌ای و کم بودن حجم نمونه از آزمون t برای آزمون نتایج استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که به ترتیب عوامل محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی در سطح خیلی زیاد، زیاد تا متوسط داری درجه اهمیت بوده و سبب ایجاد مخاطره در سطح متوسط تا خیلی زیاد می‌شود که عوامل محیطی بیشترین و اقتصادی - اجتماعی کمترین مخاطره را ایجاد می‌کنند.

واژگان کلیدی: مخاطرات لرزه‌ای، پتانسیل محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی، زلزله، شهر تهران.

مقدمه

زمین‌لرزه همواره به عنوان پدیده‌ای طبیعی در طول دوران حیات کره زمین وجود داشته و از مهم‌ترین عوامل انهدامی سکونتگاه‌های انسانی به شمار می‌رود. وقوع زمین‌لرزه در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی باقی گذارده و تلفات سنگینی بر ساکنان آنها وارد ساخته است. ساختمان‌ها و زیرساخت‌های این‌گونه مناطق را نابود کرده و عوارض اقتصادی و اجتماعی پدیده‌های بر جوامع بشری و کشورهای جهان تحمیل کرده است (اردم^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ گابریل^۲ و همکاران، ۲۰۱۵)؛ بنابراین لازم است چاره‌اندیشی‌های جدی جهت کاهش آسیب‌پذیری این سکونتگاه‌ها در برابر مخاطرات لرزه‌ای صورت پذیرد (دانفورد و لی^۳، ۲۰۱۱). امروزه نیازهای شهری و تقاضای مسکن و مهاجرت روستاییان به شهرها باعث رشد و توسعه بیش از حد شهرها به ویژه شهرهای بزرگ گردیده است (جیگياسو^۴، ۲۰۱۳). عدم توجه به رشد و توسعه شهرها، همچنین عدم برنامه‌ریزی لازم جهت جلوگیری از رشد لجام‌گسیخته شهرها، مسائل و مشکلات فراوانی از جهت مصونیت شهرها به بار آورده است. این روند، باعث شده است، شهرها روی خطوط گسل‌ها و یا در حریم آنها گسترش یابند (جتسون^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). این امر خود می‌تواند موجب تشدید آسیب‌پذیری و افزایش زیان‌های جانی و مالی ناشی از وقایع زمین‌لرزه باشد (یاهه^۶ و همکاران، ۲۰۱۵). شهر تهران به لحاظ عوامل طبیعی از قبیل محدودشدن بین رشته‌کوه‌های البرز، وجود گسل‌های فراوان و همچنین عوامل انسانی از جمله وجود بافت‌های فرسوده و ناکارآمد در دل آن، ساخت و سازهای بی‌رویه و فراوان بدون رعایت حریم گسل مستعد خطر لرزه‌ای بسیاری است؛ بنابراین در این پژوهش، پتانسیل‌های محیطی، فیزیکی - کالبدی و اقتصادی - اجتماعی مخاطره‌زای زلزله تهران مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

مطالعه آثار و پیامدهای زلزله و ارائه راهکارهای مدیریتی برای آن در ایران بسیار محدود بوده است. این مطالعات و تحقیقات اغلب مربوط به آسیب‌پذیری‌های ساخت و ساز، خدمات شهری و امدادسانی است. در حالی که اثرات متفاوت زلزله تنها در مورد ساختمان‌ها نیست، بلکه در مورد انسان‌ها، فعالیت‌های اقتصادی و روابط اجتماعی آنها نیز است (ستوده، ۱۳۸۰: ۲۰). تقریباً همه مراکز پژوهشی و اجرایی پدیده زلزله در ایران، ابعاد فنی و مهندسی آن را بررسی کرده و آسیب‌پذیری‌های ناشی از زلزله را بیشتر از بعد ساختار فیزیکی مورد مطالعه قرار داده‌اند. برای مثال، برنامه‌های تحقیقاتی و اجرایی طرح جایک در آژانس همکاری بین‌المللی ایران و ژاپن که از سال ۱۳۸۱ فعالیت خود را آغاز کرده، اغلب مربوط به آسیب‌پذیری‌های شهر تهران از لحاظ ساختار فیزیکی و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب برای آن است (افضلی و یاری شگفتی، ۱۳۹۱). مرکز مدیریت بحران شهر تهران نیز آثار و پیامدهای زلزله تهران را مورد مطالعه قرار داده است. بخش اعظم فعالیت‌های این مرکز، مربوط به شناخت گسل‌های زلزله تهران و اجرایی کردن مدیریت خاص بحران زلزله در زمینه آسیب‌پذیری‌های فیزیکی، خدمات شهری و امدادسانی است. در زمینه پدیده زلزله در تهران و تبعات و آثار آن به‌ویژه در مورد آسیب‌های ساختار فیزیکی و خدمات شهری و همچنین مدیریت آنها مطالعاتی صورت گرفته است.

در رابطه با ساختار فیزیکی می‌توان به شبکه‌های ارتباطی شهرها اشاره کرد که نقش حساسی در آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله دارند. در صورتی که شبکه ارتباطی شهر بعد از وقوع زلزله آسیب نبیند، عبور و مرور وسایل

1- Erdem

2- Gabriele

3- Dunford & Li

4- Jigyasu

5- Jetson

6- Yihe

نقلیه امدادی به راحتی صورت خواهد گرفت و از تلفات زلزله به میزان زیادی کاسته خواهد شد (عبدالهی، ۱۳۸۰: ۹۴) در همین راستا، عابدی (۱۳۸۵) به شناسایی شاخص‌های آسیب‌پذیری معابر شهری در برابر زلزله و همچنین اصلاح معابر آسیب‌پذیر در جهت امداد و نجات پرداخته است و راهکارهای اجرایی در سه وضعیت قبل، هنگام و پس از وقوع زلزله را پیشنهاد کرده است. حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) به دنبال شناسایی و تدوین روابط بین برنامه‌ریزی شهری و مدیریت ریسک زلزله به منظور کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر به این نتیجه رسید که الگوهای مختلف شهری در برابر زلزله، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها متفاوت است. ساختار و بافت‌های گوناگون شهر نیز مقاومت‌های مختلفی در برابر زلزله دارند به طور مثال، ساختار چندمرکزی بیش از ساختار تک‌مرکزی در برابر زلزله مقاومت دارد (عبدالهی، ۱۳۸۰: ۷۶-۷۱) و 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). واکنش هر نوع بافت شهر در هنگام وقوع زلزله در امکانات کمک‌رسانی، در چگونگی پاکسازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، دخالت مستقیم دارد (حمیدی، ۱۳۷۱).

شهر تهران به عنوان یکی از شهرهای مهم ایران، به واسطه قرار گرفتن چندین گسل فعال در اطراف و درون آن از ریسک بالایی در برابر خطر زلزله برخوردار است (فربود، ۱۳۸۵؛ فرج‌زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۰)؛ به گونه‌ای که به عقیده کارشناسان، تنها شهری که ممکن است در اثر زلزله در مقیاس مهندسی، (زلزله متوسط) به شدت خراب شود (۷۰٪ تخریب)، تهران است (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷). بررسی زمین‌ساخت شهر تهران و شناخت آسیب‌پذیری آن در مقابل زلزله نشان می‌دهد ویژگی‌های شهر تهران از دیدگاه زلزله و خطرات احتمالی ناشی از آن و شرایط محلی، تأثیر مستقیمی بر افزایش خسارات لرزه‌ای می‌گذارد زیرا شهر تهران جزء مناطق پرخطر از نظر زلزله است و بر روی ۱۵ گسل قرار دارد که محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک شامل گسل مشا با طول تقریبی ۲۰۰ کیلومتر، گسل شمال تهران با طول ۹۰ کیلومتر و گسل جنوب ری با طول ۲۰ کیلومتر است همچنین در حال حاضر تقریباً ۸۰٪ ساختمان‌های تهران در مقابل زلزله‌های شدید آسیب‌پذیر هستند و منطقه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۲۲ و مناطق جنوبی از جمله ۱۵ و ۲۰ از مناطق پرخطر هستند که برای مقاوم‌سازی آنها باید چاره‌ای اساسی اندیشید (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵).

با توجه به وجود گسل‌ها و شکستگی‌های فراوان در شهر تهران، قرار داشتن شهر تهران به عنوان مرکزیت سیاسی - اقتصادی و جمعیتی ایران در حریم این گسل‌ها، بحرانی‌بودن شرایط شهر به لحاظ عدم وجود فضاهای باز و مناسب، وجود بافت‌های فرسوده در داخل شهر و تراکم بیش از حد محلات شهر این تحقیق به دنبال دستیابی به اهداف ذیل است: بهینه‌سازی فرایند مدیریت بحران و تصمیم‌گیری پس از وقوع زلزله تهران در سطوح مختلف خرد و کلان مدیریتی و آشکارسازی و مکشوف‌ساختن مهم‌ترین مسائل و معضلات چالش‌برانگیز زلزله احتمالی تهران به تفکیک ابعاد محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی.

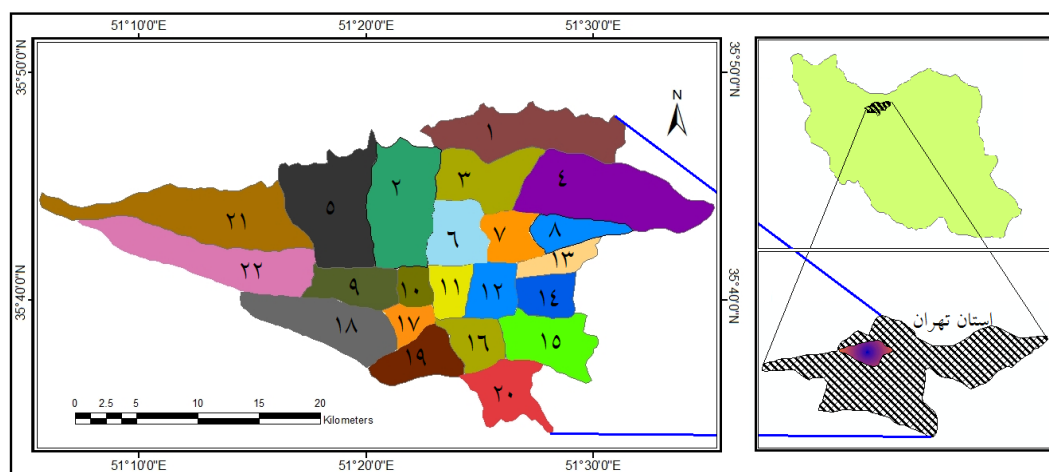
مواد و روش‌ها

از نظر مکانی قلمرو این پژوهش، شهر تهران است. این شهر، در دامنه جنوبی کوه‌های البرز مرکزی و بر روی نهشته‌های آبرفتی کواترنر بنا شده و قسمت جنوبی آن در کناره شمال باختری کویر بزرگ ایران مرکزی قرار دارد. اختلاف بلندی ناگهانی و شدید میان شهر تهران (با میانگین ارتفاع ۱۳۰۰ متر) و نزدیک‌ترین تیغ کوه به آن در یک فاصله کمتر از ده کیلومتر (تیغ توچال با بلندی ۳۹۳۳ متر) یکی از ویژگی‌های توپوگرافی این گستره است دو

گسل فعال در شمال شهر (یا جنوب کوه های البرز) و جنوب آن در حوالی کمربندی جنوبی تهران، این شهر را محصور ساخته و آن را تبدیل به یکی از مناطق پرخطر کشور کرده است (شکل ۱).

جهت بررسی عوامل بالقوه مخاطره‌زای زمین‌لرزه احتمالی در شهر تهران، نخست اطلاعات آماری و توصیفی از شاخص‌های عوامل محیطی از قبیل وضعیت تکتونیکی، گسل، توپوگرافی، شیب، رودخانه، شاخص‌های کالبدی - فیزیکی از قبیل قدمت بالای ساختمان‌ها، مصالح کم‌دوام، ریزدانگی، معابر کم‌عرض، تراکم بالای واحدهای مسکونی، عدم دسترسی به فضاهای باز، ساخت و ساز در حریم گسل، رودخانه، عدم رعایت همجواری، ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری و عوامل اقتصادی و اجتماعی از قبیل نرخ پایین اشتغال، تراکم بالای جمعیتی، رشد بالای جمعیت، میزان بالای کم‌سودی، عدم آگاهی با آموزش‌های زلزله، عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله در رابطه با کیفیت بناها، آسیب‌پذیری و لرزه‌خیزی از محدوده مورد مطالعه تهیه و نتایج به دست آمده طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعد، با استفاده از مصاحبه و تهیه و توزیع پرسشنامه بین مدیران و کارشناسان شهری متخصص در رشته‌های مرتبط با موضوع مورد بحث همانند، رشته‌های زمین‌شناسی و تکتونیک، حمل و نقل، شهرسازی، معماری، جغرافیا، محیط زیست و مدیریت بحران در شهرداری تهران و ستادهای مدیریت بحران اطلاعات و داده‌های مورد نظر به دست آمد؛ سپس اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌ها در رایانه وارد و کدگذاری شد و با استفاده نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل‌های آماری نظیر آزمون آماری t به عمل آمد.

جامعه آماری پژوهش شامل کارشناسان مراکز و سازمان‌های شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، مدیریت بحران و محیط‌زیست، شهرداری مناطق مختلف شامل معاونت شهرسازی و معماری، پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران و همچنین شهرداری نواحی هستند. در مجموع تعداد افراد ۸۸ نفر برآورد شد که پرسشنامه بین آنها توزیع شد که در مجموع تعداد ۸۵ پرسشنامه بازگشت داده شد و داده‌ها بر طبق آن تحلیل شد. برای تعیین روایی ابزار تحقیق (پرسشنامه) از روش اعتبار صوری که نوعی اعتبار محتوایی است استفاده شده است. برای ارزیابی و سنجش پایایی تحقیق با استفاده از آلفای کرونباخ، تمامی سؤالات پرسشنامه وارد نرم‌افزار SPSS گردید و نتیجه نهایی حاصل از پردازش نرم‌افزار، مقدار آلفای کرونباخ را ۰/۸۸ برای پایایی پرسشنامه‌ها به دست آورد که نشان‌دهنده درجه بالای پایایی پرسشنامه است.



شکل ۱. موقعیت و منطقه‌بندی شهر تهران

نتایج و بحث

در این پژوهش، پتانسیل‌های محیطی، فیزیکی - کالبدی و اقتصادی - اجتماعی مخاطره‌زای زلزله تهران مورد

بررسی قرار گرفت.

عوامل محیطی

از مهم‌ترین عوامل محیطی مخاطره‌زای زلزله می‌توان به وضعیت تکتونیکی، گسل، توپوگرافی، شیب و رودخانه اشاره کرد که نظر پاسخگویان در رابطه با عوامل مذکور به صورت زیر بوده است.

شاخص وضعیت تکتونیکی ناپایدار: ۵۰٪ پاسخگویان وضعیت تکتونیکی تهران را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله خیلی زیاد، ۲۶/۷٪ زیاد، ۱۶/۷٪ متوسط، ۳/۳٪ کم و ۳/۳٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص نزدیکی و همجواری با گسل: ۴۵/۷٪ پاسخگویان همجواری و نزدیکی با گسل را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله خیلی زیاد، ۴۳/۳٪ زیاد، ۵/۷٪ کم و ۵/۳٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص توپوگرافی شدید: ۳۳/۳٪ پاسخگویان شاخص توپوگرافی را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۲۹٪ آن را زیاد، ۲۰/۶٪ خیلی زیاد، ۱۰/۴٪ کم و ۶/۷٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص شیب زیاد: ۴۳/۳٪ پاسخگویان شاخص شیب را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۳۸/۴٪ آن را زیاد و ۸/۲٪ خیلی زیاد، ۶/۷٪ کم و ۳/۴٪ خیلی کم می‌دانند.

۴۳/۱٪ پاسخگویان شاخص نزدیکی به رودخانه را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۲۰٪ آن را زیاد، ۱۶/۹٪ کم، ۱۳/۲٪ خیلی زیاد و ۶/۸٪ خیلی کم می‌دانند.

رتبه‌بندی عوامل محیطی مخاطره‌زا نشان می‌دهد شاخص وضعیت تکتونیکی ناپایدار شهر تهران با کسب میانگین رتبه‌ای ۴/۹۵ رتبه اول را در بین عوامل محیطی مخاطره‌زای زلزله در شهر تهران کسب کرده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این عامل به عنوان اصلی‌ترین عامل محیطی مخاطره‌زای زلزله در شهر تهران است. همچنین شاخص نزدیکی و همجواری با گسل که در ارتباط تنگاتنگ با وضعیت تکتونیکی ناپایدار شهر تهران است در این مطالعه، با کسب میانگین رتبه‌ای ۴/۸۹ رتبه دوم را کسب کرده است (جدول ۱). همان‌طور که نتایج مطالعات جایکا^۱ (۱۳۷۶) نشان داده با فعال شدن هر یک از گسل‌های شهر تهران، خسارات شدیدی به مناطق مختلف این شهر وارد می‌شود.

جدول ۱. رتبه‌بندی عوامل محیطی مخاطره‌زای زلزله تهران

رتبه	انحراف معیار	میانگین رتبه‌ای	
۱	۱/۰۵	۴/۹۵	وضعیت تکتونیکی پایدار
۲	۰/۸۵۸	۴/۸۹	نزدیکی و همجواری با گسل
۴	۰/۹۴۹	۳/۸۳	توپوگرافی شدید
۳	۱/۰۷	۴/۱۳	شیب زیاد
۵	۱/۱۶	۳/۲۰	نزدیکی به رودخانه

عوامل کالبدی - فیزیکی

شاخص‌های کالبدی - فیزیکی بررسی شده در این پژوهش شامل قدمت بالای ساختمان‌ها، مصالح کم‌دوام، ریزدانی، معابر کم عرض، تراکم بالای واحدهای مسکونی، عدم دسترسی به فضاهای باز، ساخت و ساز در حریم گسل و رودخانه، عدم رعایت همجواری، ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری است که نظر

پاسخگویان در رابطه با عوامل مذکور به صورت زیر بوده است.

شاخص قدمت بالای ساختمان: ۴۱/۲٪ پاسخگویان شاخص قدمت بالای ساختمان را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله زیاد، ۳۴/۶٪ آن را خیلی زیاد، ۱۶/۶٪ تا حدودی، ۴/۳٪ کم و ۳/۳٪ خیلی کم می دانند.

شاخص مصالح کم دوام در ساختمان: ۴۳/۳٪ پاسخگویان شاخص مصالح کم دوام ساختمان را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله زیاد، ۳۰٪ آن را خیلی زیاد، ۱۴/۹٪ تا حدودی، ۱۱/۸٪ کم و ۰٪ خیلی کم می دانند.

شاخص ریزدانی قطعات: ۴۰٪ پاسخگویان شاخص ریزدانی را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله زیاد، ۲۳/۳٪ آن را خیلی زیاد، ۲۰٪ تا حدودی، ۱۰٪ کم و ۶/۷٪ خیلی کم می دانند.

شاخص معابر کم عرض: ۳۵/۴٪ پاسخگویان شاخص معابر کم عرض را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله زیاد، ۲۸/۳٪ آن را خیلی زیاد، ۱۸/۷٪ تا حدودی، ۱۷/۶٪ کم و ۰٪ خیلی کم می دانند.

شاخص تراکم بالای واحد مسکونی در سطح طبقات: ۴۰٪ پاسخگویان شاخص تراکم بالای واحد مسکونی را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله زیاد، ۳۳/۳٪ آن را خیلی زیاد، ۲۶/۷٪ تا حدودی و ۰٪ کم و ۰٪ خیلی کم می دانند.

شاخص عدم دسترسی به فضای باز عمومی: ۳۰٪ پاسخگویان شاخص عدم دسترسی به فضای باز را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله تا حدودی، ۲۶/۷٪ آن را زیاد، ۲۰٪ خیلی زیاد، ۱۶/۷٪ کم و ۶/۷٪ خیلی کم می دانند.

شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل: ۳۵/۷٪ پاسخگویان شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله خیلی زیاد، ۲۶/۵٪ آن را زیاد، ۱۸/۳٪ تا حدودی، ۱۴/۴٪ کم و ۳/۳٪ خیلی کم می دانند. شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم رودخانه ۳۳/۳٪ پاسخگویان شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم رودخانه را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله تا حدودی، ۲۳٪ آن را زیاد، ۱۶/۷٪ خیلی زیاد، ۱۷٪ کم و ۱۰٪ می دانند.

شاخص عدم رعایت همجواری و سازگاری کاربری ها: ۴۶/۷٪ پاسخگویان شاخص عدم رعایت همجواری و سازگاری کاربری ها را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله تا حدودی، ۲۰٪ آن را زیاد، ۲۰٪ خیلی زیاد، ۶/۷٪ کم و ۶/۷٪ خیلی کم می دانند.

شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری: ۴۵/۴٪ پاسخگویان شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری را به عنوان یکی از پتانسیل های مخاطره زای زلزله تا حدودی، ۲۰٪ آن را خیلی کم، ۱۳/۶٪ کم و ۳/۳٪ آن را زیاد می دانند.

با توجه به رتبه بندی عوامل کالبدی مخاطره زای زلزله در بین این عوامل، شاخص قدمت بالای ساختمان با میانگین رتبه ای ۴/۴۸، رتبه اول و شاخص عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل با میانگین رتبه ای ۴/۴۶، رتبه دوم را دارد (جدول ۲). اساساً یکی از مشکلات اساسی که مدیریت شهری تهران در هر دوره با آن مواجه بوده، مشکلات بافت های فرسوده و ساختمان های با قدمت بالا و مصالح کم دوام بوده است (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸). این مشکل در یک دوره با رویکرد فن گرایانه به دست بولدزرها سپرده شده و پروژه نواب را پدید آورد و در

دوره‌ای با ایجاد دفاتر نوسازی به صورت پدیده‌ای با رویکرد اجتماعی نگریسته شده است.

جدول ۲. رتبه‌بندی عوامل کالبدی مخاطره‌زای زلزله تهران

رتبه‌بندی	انحراف معیار	میانگین رتبه‌ای	
۱	۰/۸۴۶	۴/۴۸	قدمت بالای ساختمان
۴	۰/۹۹۴	۴/۳۳	مصالح کم‌دوام در ساختمان
۶	۱/۲۲	۳/۹۰	ریزدانگی قطعات
۵	۱/۱۰	۴/۲۲	معابر کم‌عرض
۳	۰/۷۸۴	۴/۳۶	تراکم بالای واحد مسکونی
۹	۱/۱۸	۳/۳۶	عدم دسترسی به فضای باز عمومی
۲	۱/۱۶	۴/۴۶	عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل
۷	۱/۲۵	۳/۴۳	عدم رعایت ساخت و ساز در حریم رودخانه
۸	۱/۱۰	۳/۴۰	عدم رعایت همجواری و سازگاری کاربری‌ها
۱۰	۱/۲۸	۲/۶۳	عدم رعایت ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری

عوامل اقتصادی - اجتماعی

در رابطه با عوامل اقتصادی و اجتماعی نیز عواملی از قبیل نرخ پایین اشتغال، تراکم بالای جمعیتی، رشد بالای جمعیت، میزان بالای کم‌سواد، عدم آگاهی با آموزش‌های زلزله، عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله در رابطه با کیفیت بناها، آسیب‌پذیری و لرزه‌خیزی مورد بررسی قرار گرفت که نظر پاسخگویان در رابطه با عوامل مذکور به صورت زیر بوده است.

شاخص نرخ پایین اشتغال: ۳۶/۷٪ پاسخگویان شاخص نرخ پایین اشتغال را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۳۰٪ آن را کم، ۲۳/۳٪ خیلی کم، ۶/۷٪ زیاد و ۳/۳٪ خیلی زیاد می‌دانند.

شاخص تراکم بالای جمعیتی: ۴۳/۴٪ پاسخگویان شاخص تراکم بالای جمعیتی را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۲۳/۸٪ آن را زیاد، ۱۵/۶٪ کم، ۱۳/۹٪ خیلی کم و ۳/۳٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص رشد بالای جمعیت: ۴۰٪ پاسخگویان شاخص رشد بالای جمعیتی را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۳۰٪ آن را زیاد، ۱۳/۳٪ کم و ۱۰٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص میزان بالای کم‌سواد: ۳۸/۴٪ پاسخگویان شاخص میزان بالای کم‌سواد را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله تا حدودی، ۲۳/۳٪ آن را کم، ۱۹/۹٪ خیلی کم، ۱۵/۱٪ زیاد و ۳/۳٪ خیلی زیاد می‌دانند.

شاخص عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله: ۳۶/۱٪ پاسخگویان شاخص عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله زیاد، ۲۳/۳٪ آن را خیلی زیاد، ۲۰/۵٪ تا حدودی، ۱۶/۷٪ کم و ۳/۴٪ خیلی کم می‌دانند.

شاخص عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله: ۳۶/۷٪ پاسخگویان شاخص عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله را به عنوان یکی از پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله زیاد، ۲۳٪ آن را خیلی زیاد، ۱۹/۱٪ تا حدودی، ۱۳/۲٪ کم و ۵/۷٪ خیلی کم می‌دانند.

رتبه بندی عوامل اقتصادی و اجتماعی مخاطره‌زای زلزله در تهران نشان می‌دهد که بیشترین امتیاز مربوط به

آموزش‌های مرتبط با زلزله است و شاخص‌های دیگر نظیر نرخ اشتغال، تراکم و جمعیت نقش بسیار کمتری دارند. به طوری که مشخص است، عامل عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله با میانگین رتبه‌ای ۴/۲۲ در رتبه اول و عامل عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله با میانگین رتبه‌ای ۴/۱۱ و با اختلاف اندک از عامل قبلی در رتبه دوم قرار دارد (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که متولیان این امر، در مدیریت شهری، مدیریت بحران، فرمانداری‌ها و استانداری باید در زمینه آموزش‌های مرتبط با زلزله در تهران کارهای بسیار جدی انجام دهند. با توجه به نتایج طرح‌ها و پژوهش‌های انجام‌شده و همچنین نتایج این تحقیق، تهران در خطر بالای احتمال وقوع زلزله وجود دارد و با توجه به بستر زمین شناسی و ژئومورفیک و همچنین سایر عوامل تشدیدکننده نظیر بار جمعیتی بالا و تمرکزگرایی انجام‌شده در این شهر، این خطر تشدید می‌شود؛ بنابراین باید کارهای جدی در این زمینه انجام شود. شهر تهران با توجه به مرکزیت کشور و همچنین سایر عوامل اجتماعی از تمرکز خدمات و امکانات میانگین میزان اشتغال و سواد آن بالاست، بنابراین این عوامل، نقش کمتری در شاخص اجتماعی مخاطره‌زایی زلزله دارند.

جدول ۳. رتبه‌بندی عوامل اقتصادی و اجتماعی مخاطره‌زای زلزله تهران

رتبه‌بندی	انحراف معیار	میانگین رتبه‌ای	
۵	۱/۰۵	۲/۱۶	نرخ پایین اشتغال
۳	۱/۲۲	۳/۱۳	تراکم بالای جمعیتی
۴	۱/۰۶	۳/۱۰	رشد بالای جمعیت
۶	۱/۰۵	۱/۳۳	میزان بالای کم‌سواد
۱	۱/۱۳	۴/۲۲	عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله
۲	۱/۲۹	۴/۱۱	عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله

عوامل تشدیدکننده آسیب‌پذیری

در این زمینه از پرسش شوندگان خواسته شده عوامل زیر که از موارد بارز محیطی، کالبدی و اجتماعی شهر تهران است تا چه حد در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله احتمالی تهران نقش دارند؟

وجود چندین گسل در شهر تهران: ۶۳/۳٪ پاسخگویان شاخص وجود چندین گسل شهر تهران را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله زیاد، ۲۰٪ آن را خیلی زیاد، ۶/۷٪ تا حدودی، ۶/۷٪ کم و ۳/۳٪ خیلی کم می‌دانند.

قرارگیری چندین رودخانه در اطراف و درون محدوده شهری تهران: ۴۰٪ پاسخگویان شاخص وجود چندین رودخانه را در محدوده تهران را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله تا حدودی، ۲۶/۶٪ آن را زیاد، ۲۰٪ کم، ۶/۷٪ خیلی زیاد و ۶/۷٪ خیلی کم می‌دانند.

قرارگیری بیشتر مناطق شهر در خطرپذیری بالای از زلزله: ۴۶/۷٪ پاسخگویان شاخص قرارگیری بیشتر مناطق شهر در خطرپذیری بالای زلزله را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله خیلی زیاد، ۴۳/۳٪ زیاد، ۶/۷٪ تا حدودی، ۳/۳٪ آن را کم و ۰٪ آن را خیلی کم می‌دانند.

نقش قرارگیری بیشتر ساختمان‌ها در معرض مخاطره بالا: ۴۶/۳٪ پاسخگویان شاخص ناشی از قرارگیری بیشتر ساختمان‌ها در معرض مخاطره بالا را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله زیاد، ۳۶/۷٪ آن را خیلی زیاد، ۱۰٪ آن را تا حدودی، ۷/۶٪ آن را کم و ۰٪ آن را خیلی کم می‌دانند.

نسبت بالای ساختمان‌های کم‌دوام به کل ساختمان‌ها: $۳۳/۳\%$ پاسخگویان شاخص نسبت بالای ساختمان‌های کم‌دوام به کل ساختمان‌ها را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله تا حدودی، $۲۶/۷\%$ آن را زیاد، $۲۳/۳\%$ خیلی زیاد، ۱۰% کم و $۶/۷\%$ خیلی کم می‌دانند.

نقش بافت‌های ریزدانه در مناطق مرکزی و جنوبی شهر: $۴۳/۲\%$ پاسخگویان شاخص وجود بافت‌های ریزدانه را در تشدید مخاطرات ناشی از زلزله زیاد، $۳۰/۱\%$ آن را تا حدودی، $۲۳/۳\%$ آن را خیلی زیاد، $۳/۴\%$ آن را کم و ۰% آن را خیلی کم می‌دانند.

رتبه‌بندی عوامل تشدیدکننده مخاطره زلزله شهر تهران در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است، کارشناسان عامل وجود چندین گسل در شهر تهران را به عنوان عامل اول تشدیدکننده مخاطره زلزله معرفی می‌کنند که با میانگین رتبه‌ای $۴/۴۸$ بیشترین نمره را دارد. پس از آن در رتبه دوم تشدیدکنندگی خطر زلزله عامل قرارگیری بیشتر مناطق شهر در خطرپذیری بالای از زلزله است. این عامل نیز با توجه به عامل اول و به نوعی معلول آن است. به طوری که با قرارگیری چندین گسل در شهر تهران به تبع خطرپذیری تمام مناطق بالا می‌رود. این عامل نیز با میانگین رتبه‌ای $۴/۳۳$ با فاصله اندک در رتبه دوم است. پس از آن عامل نقش قرارگیری بیشتر ساختمان‌ها در معرض مخاطره بالا با میانگین رتبه‌ای $۴/۱۵$ در رتبه سوم است. در این مورد عامل انسانی یعنی غیرمستحکم بودن ساختمان‌ها تشدیدکننده زلزله است. البته در زمینه قرارگیری بیشتر مناطق شهر در خطرپذیری بالای از زلزله نیز عامل فرسودگی و غیرمستحکم بودن تا حد بسیار زیادی تأثیر می‌گذارد و شدت خسارات و مخاطرات را تشدید می‌کند.

جدول ۴. رتبه‌بندی عوامل تشدیدکننده مخاطره زلزله تهران

رتبه‌بندی	انحراف معیار	میانگین رتبه‌ای	
۱	۰/۷۴۹	۴/۴۸	وجود چندین گسل در شهر تهران
۴	۰/۷۵۸	۳/۸۳	قرارگیری چندین رودخانه در اطراف و درون محدوده شهری تهران
۲	۰/۸۰۸	۴/۳۳	قرارگیری بیشتر مناطق شهر در خطرپذیری بالای از زلزله
۳	۰/۸۳۳	۴/۱۵	نقش قرارگیری بیشتر ساختمان‌ها در معرض مخاطره بالا
۵	۱/۰۶	۳/۸۰	نسبت بالای ساختمان‌های کم‌دوام به کل ساختمان‌ها
۶	۰/۷۷۶	۳/۵۰	نقش بافت‌های ریزدانه در مناطق مرکزی و جنوبی شهر

با توجه به اینکه در این پژوهش متغیرهای مورد نظر کیفی بوده و داده‌های جمع‌آوری شده از مقیاس رتبه‌ای و از طیف لیکرت برخوردار بوده‌اند، از آزمون t تک‌نمونه‌ای و آزمون دوجمله‌ای برای آزمون یافته‌ها استفاده شده است.

در این پژوهش همان‌طور که اشاره شد به بررسی نقش عوامل محیطی، کالبدی و اجتماعی - اقتصادی در آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر زمین‌لرزه پرداخته شد. عوامل محیطی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت مواردی را دربر می‌گیرند که منشأ آنها مربوط به محل استقرار بافت‌ها مهم‌ترین پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله شهر تهران هستند؛ بنابراین پتانسیل‌های محیطی شامل وضعیت تکتونیکی، گسل، توپوگرافی، شیب، رودخانه (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ خاکپور و همکاران، ۱۳۹۰) مهم‌ترین پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله شهر تهران هستند. عوامل کالبدی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت عواملی را دربر می‌گیرد که به علت نوع قرارگیری بافت، مصالح بافت و سایر مواردی که به بافت‌های شهری برمی‌گردد مربوط است. بنابراین پتانسیل‌های کالبدی شامل قدمت بالای ساختمان‌ها، مصالح

کم دوام، ریزدانی، معابر کم عرض، تراکم بالای واحدهای مسکونی، عدم دسترسی به فضاهای باز، ساخت و ساز در حریم گسل، رودخانه، عدم رعایت همجواری، ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ خاکپور و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسین زاده، ۱۳۸۳) می شوند. عوامل اجتماعی و اقتصادی مؤثر در آسیب پذیری بافت شامل عواملی می شود که به خاطر موقعیت اجتماعی و اقتصادی ساکنین منطقه مورد مطالعه در کاهش یا شدت آسیب پذیری بافت ها تأثیر دارد؛ بنابراین پتانسیل هایی از قبیل اقتصادی - اجتماعی شامل نرخ پایین اشتغال، تراکم بالای جمعیتی، رشد بالای جمعیت، میزان بالای کم سواد، عدم آگاهی با آموزش های زلزله، عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش های مرتبط با زلزله (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ خاکپور و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسین زاده، ۱۳۸۳) مهم ترین پتانسیل های مخاطره زای زلزله شهر تهران هستند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده های پیمایشی نشان داد که در زمینه مخاطره زایی زلزله احتمالی تهران، به ترتیب پتانسیل های محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی نقش کلیدی را دارند. همان طور که در جدول ۱ نشان داده شد، در زمینه پتانسیل های محیطی، به ترتیب وضعیت تکتونیکی ناپایدار، نزدیکی و همجواری با گسل، شیب زیاد، توپوگرافی شدید و نزدیکی به رودخانه، بیشترین تأثیر را دارند؛ بنابراین در بین پتانسیل های محیطی، وضعیت تکتونیکی ناپایدار شهر تهران اصلی ترین عامل مخاطره زای زلزله در شهر تهران است. نتایج مطالعات جایکا (۱۳۷۶) نشان داده با فعال شدن هر یک از گسل های شهر تهران، خسارات شدیدی به مناطق مختلف این شهر وارد می شود؛ بنابراین نقش پتانسیل های محیطی در مخاطره زایی زلزله، بسیار بالا بوده و این عوامل از اصلی ترین عوامل در مخاطره زایی محسوب می شوند.

در زمینه پتانسیل های کالبدی مخاطره زای زلزله نیز همان طور که نتایج نشان داد، شاخص قدمت بالای ساختمان بیشترین نمره را کسب کرده و در بین این پتانسیل ها، رتبه اول را کسب کرده است. در این زمینه نیز به ترتیب شاخص های قدمت بالای ساختمان، عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل، تراکم بالای واحد مسکونی، مصالح کم دوام در ساختمان، معابر کم عرض، ریزدانی قطعات، عدم رعایت ساخت و ساز در حریم رودخانه، عدم رعایت همجواری و سازگاری کاربری ها، عدم دسترسی به فضای باز عمومی، عدم رعایت ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری بیشترین تأثیر را دارند (جدول ۲)؛ بنابراین نقش پتانسیل های کالبدی نیز در مخاطره زایی زلزله، بالا بوده و این عوامل از اصلی ترین عوامل در مخاطره زایی محسوب می شوند.

در زمینه پتانسیل های اقتصادی و اجتماعی نیز بیشترین امتیاز مربوط به آموزش های مرتبط با زلزله است؛ و شاخص های دیگر نظیر نرخ اشتغال، تراکم و جمعیت نقش بسیار کمتری دارند. در این زمینه نیز همان طور که جدول ۳ نشان می دهد، شاخص های عدم آگاهی با آموزش های مرتبط با زلزله، عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش های مرتبط با زلزله، تراکم بالای جمعیتی، رشد بالای جمعیت، نرخ پایین اشتغال، میزان بالای کم سواد به ترتیب بیشترین نقش را دارند؛ بنابراین نقش پتانسیل های اقتصادی - اجتماعی در مخاطره زایی زلزله، تا حدودی بوده و تأثیر نسبتاً کمتری نسبت به دو عامل محیطی و کالبدی دارند؛ اما در برخی شاخص ها، تأثیر بیشتر و در برخی کمتر است.

همچنین برای مشخص شدن مهم ترین پتانسیل های مخاطره زای زلزله شهر تهران با توجه به طیف مورد استفاده (لیکرت) برای پرسش های مطرح شده از آزمون t تک نمونه ای استفاده شده است. جدول ۵، نتایج آزمون t را برای پرسشنامه کارشناسان شهرداری در راستای تعیین مهم ترین پتانسیل های مخاطره زای زلزله شهر تهران نشان می دهد.

جدول ۵. نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای حاصل از پرسشنامه کارشناسان به منظور تعیین مهم‌ترین پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله شهر تهران

تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای میانگین استاندارد شده	حد استاندارد: ۳					
				مقدار T	درجه آزادی	سطح معنی داری	تفاوت میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪	
								پایین تر	بالا تر
۸۵	۴/۰۱	۱/۰۲	۰/۱۷۱	۲۴/۳۱۵	۵۴	۰/۰۰۰	۴/۱۶	۳/۸	۴/۵

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون t بیانگر این مورد است که از نظر کارشناسان، در زمینه وجود پتانسیل‌های مخاطره‌زایی تهران در زمان وقوع زلزله، با توجه به اینکه مقدار sig در سطح معنی‌داری ۹۵٪ برابر با ۰/۰۰۰ است، این امر صادق است؛ بنابراین به نظر می‌رسد پتانسیل‌های محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی، مهم‌ترین پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله شهر تهران باشند.

در این پژوهش، همچنین میزان نقش عوامل محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی در ایجاد مخاطره لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که در زمینه عوامل محیطی، شاخص «وضعیت تکتونیکی ناپایدار» با درصد تأثیر ۲۳/۶ و پس از آن «نزدیکی و همجواری با گسل» با درصد ۲۳/۳ در رتبه‌های اول و دوم هستند. با توجه به متوسط نمره این عامل که ۴/۲۷ است، کسب نمره ۴/۹۵ برای وضعیت تکتونیکی ناپایدار و ۴/۸۹ برای نزدیکی و همجواری با گسل که بالاتر از متوسط است و همچنین نمره ۳/۸۳ و ۳/۲ به ترتیب برای توپوگرافی شدید و نزدیکی به رودخانه که پایین‌تر از متوسط هستند، نشانگر اختلاف درون عامل محیطی است. این نتیجه تأثیر متوسط برخی شاخص‌ها تا تأثیر خیلی‌زیاد برخی دیگر را نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶. درصد تأثیر شاخص‌های مربوط به عامل محیطی

پتانسیل‌های محیطی	درصد تأثیر	میانگین رتبه‌ای
وضعیت تکتونیکی ناپایدار	۲۳/۶	۴/۹۵
نزدیکی و همجواری با گسل	۲۳/۳	۴/۸۹
توپوگرافی شدید	۱۸/۲	۳/۸۳
شیب زیاد	۱۹/۷	۴/۱۳
نزدیکی به رودخانه	۱۵/۲	۳/۲
جمع	۱۰۰	۲۱
نمره متوسط عامل محیطی		۴/۲

در زمینه عامل کالبدی، شاخص «قدمت بالای ساختمان» و «عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل» به ترتیب با درصد تأثیر ۱۱/۶ و ۱۱/۵ در رتبه‌های اول و دوم هستند. با توجه به متوسط نمره این عامل که ۳/۸۵ است، کسب نمره بالاتر و پایین‌تر از آن برای برخی شاخص‌ها نشانگر اختلاف درون عامل محیطی است. این نتیجه تأثیر متوسط برخی شاخص‌ها تا تأثیر خیلی‌زیاد برخی دیگر را نشان می‌دهد (جدول ۷). در همین راستا، مطالعه عزیزی و اکبری (۱۳۸۷) نیز نشان داده است که با افزایش مقدار متغیرهایی چون تراکم ساختمانی، عمر ساختمان‌ها و فاصله از فضاهای باز، میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهایی نظیر فاصله از گسل، مساحت قطعات، دسترسی بر اساس عرض معبر و سازگاری کاربری‌ها از نظر همجواری باعث کاهش آسیب‌پذیری می‌شود.

جدول ۷. درصد تأثیر شاخص‌های مربوط به عامل کالبدی

پتانسیل‌های کالبدی	درصد تأثیر	میانگین رتبه‌ای
قدمت بالای ساختمان	۱۱/۶	۴/۴۸
مصالص کم‌دوام در ساختمان	۱۱/۲	۴/۳۳
ریزدانگی قطعات	۱۰/۱	۳/۹
معابر کم‌عرض	۱۰/۹	۴/۲۲
تراکم بالای واحد مسکونی	۱۱/۳	۴/۳۶
عدم دسترسی به فضای باز عمومی	۸/۷	۳/۳۶
عدم رعایت ساخت و ساز در حریم گسل	۱۱/۵	۴/۴۶
عدم رعایت ساخت و ساز در حریم رودخانه	۸/۹	۳/۴۳
عدم رعایت همجواری و سازگاری کاربری‌ها	۸/۸	۳/۴
عدم رعایت ساخت و ساز در حریم تأسیسات و تسهیلات شهری	۶/۸	۲/۶۳
جمع		۳۸/۵۷
نمره متوسط عامل کالبدی		۳/۸۵۷

در رابطه با عامل اقتصادی - اجتماعی، شاخص «عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله» و «عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله» به ترتیب با درصد تأثیر ۲۳/۴ و ۲۲/۸ در رتبه‌های اول و دوم هستند. با توجه به متوسط نمره این عامل که ۳ است، کسب نمره بالاتر و پایین‌تر از آن برای برخی شاخص‌ها نشانگر اختلاف درون عامل اقتصادی - اجتماعی است (جدول ۸). این نتیجه تأثیر خیلی کم برخی شاخص‌ها تا تأثیر زیاد برخی دیگر را نشان می‌دهد.

جدول ۸. درصد تأثیر شاخص‌های مربوط به عامل اقتصادی - اجتماعی

شاخص‌های اقتصادی - اجتماعی	درصد تأثیر	میانگین رتبه‌ای
نرخ پایین اشتغال	۱۲	۲/۱۶
تراکم بالای جمعیتی	۱۷/۳	۳/۱۳
رشد بالای جمعیت	۱۷/۲	۳/۱
میزان بالای کم‌سودای	۷/۴	۱/۳۳
عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله	۲۳/۴	۴/۲۲
عدم وجود نهادهای مربوط به آموزش‌های مرتبط با زلزله	۲۲/۸	۴/۱۱
جمع	۱۰۰	۱۸/۰۵
نمره متوسط عامل اقتصادی - اجتماعی		۳/۰۰۸۳

در این زمینه با توجه به نتایج جداول ۶ تا ۸ مشخص است که میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در هر کدام از عوامل سه گانه محیطی، کالبدی و اقتصادی و اجتماعی متفاوت است. همچنین میزان اثرگذاری کلی هر یک از سه عامل نیز متفاوت است. در این زمینه، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، متوسط نمره شاخص‌های عامل محیطی ۴/۲۷، کالبدی ۳/۸۵ و اقتصادی - اجتماعی ۳ است؛ بنابراین در زمینه ایجاد مخاطره، عامل اقتصادی - اجتماعی، در سطح متوسط، عامل کالبدی، در سطح متوسط تا زیاد و عامل محیطی زیاد تا تمایل به خیلی زیاد است. برای اینکه مشخص شود کدام یک از عوامل محیطی، اقتصادی - اجتماعی و کالبدی دارای اهمیت بیشتری هستند با توجه به طیف مورد استفاده (لیکرت) برای سؤالات مطرح شده از آزمون t تک نمونه‌ای استفاده شده است (جدول ۹).

جدول ۹. نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای حاصل از پرسشنامه کارشناسان به منظور میزان اهمیت عوامل محیطی، اقتصادی -

اجتماعی و کالبدی

حد استاندارد: ۳						خطای میانگین استاندارد شده	انحراف معیار	میانگین	تعداد	
فاصله اطمینان ۹۵٪		تفاوت میانگین	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t					
پایین تر	بالا تر									
۴/۵۵۳	۴/۰۰۲	۴/۲۷	۰/۰۰۰	۵۴	۳۱/۵۱	۰/۱۳۵	۰/۸۱۴	۴/۲۷	۸۵	عوامل محیطی
۳/۸۸	۲/۴۷۳	۰/۶۵۹	۰/۰۰۶	۵۴	۳۵/۰۶۲	۰/۰۹۴۶	۱/۸۷۹	۳/۸۵	۸۵	عوامل کالبدی
۲/۵۲۷	۲/۲۹۲	۲/۴۰۹	۰/۰۳۶	۵۴	۴۰/۲۷۵	۰/۰۵۹۸	۱/۱۳۶	۳	۸۵	عوامل اقتصادی - اجتماعی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون t بیانگر این مورد است که از نظر کارشناسان با توجه به اینکه مقدار sig در تمامی عوامل در سطح معنی‌داری ۹۵٪ معنی‌دار کمتر از ۰/۰۵ است، بنابراین این پتانسیل‌ها در درجه بالایی از اهمیت قرار داشته و سبب ایجاد مخاطره در شهر تهران می‌شوند؛ اما با توجه به آنکه در عوامل محیطی، سطح معنی‌داری در سطح ۹۹٪ بوده و برابر با ۰/۰۰۰ است و همچنین در زمینه عوامل کالبدی نیز که در سطح ۹۹٪ سطح معنی‌داری ۰/۰۰۶ است و در عوامل اقتصادی - اجتماعی در سطح ۹۵٪ برابر ۰/۰۳۶ می‌باشد؛ بنابراین عوامل محیطی و سپس عوامل کالبدی و پس از آن عوامل اقتصادی - اجتماعی در سطح خیلی زیاد تا متوسط درجه اهمیت بوده و سبب ایجاد مخاطره در سطح متوسط تا خیلی زیاد می‌شود که عوامل محیطی بیشترین و اقتصادی - اجتماعی کمترین مخاطره را ایجاد می‌کنند؛ بنابراین به نظر می‌رسد این پتانسیل‌ها در درجه بالایی از اهمیت قرار داشته و سبب ایجاد مخاطره در سطح متوسط تا خیلی زیاد می‌شود که عوامل محیطی بیشترین و اقتصادی - اجتماعی کمترین مخاطره را ایجاد می‌کنند. به نظر می‌رسد بررسی‌های بیشتر با آزمون‌های مکرری که با تغییرات در حجم و ویژگی‌های جامعه آماری صورت می‌گیرد بتواند میزان خطرپذیری نواحی را روشن‌تر بیان نماید و به یقین بررسی‌های پرسشنامه‌ای و مصاحبه با صاحب‌نظران و کارشناسان متخصص با توجه به اطلاعاتی که در زمینه مخاطره لرزه‌ای ارائه می‌دهد می‌تواند نقش مهمی در شناخت زوایای مختلف این مخاطره ایفا کند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های پیمایشی این پژوهش نشان می‌دهد که در زمینه مخاطره‌زایی زلزله احتمالی تهران، به ترتیب پتانسیل‌های محیطی، کالبدی - فیزیکی و اقتصادی - اجتماعی نقش کلیدی را دارند. در بین پتانسیل‌های محیطی، وضعیت تکتونیکی ناپایدار شهر تهران اصلی‌ترین شاخص مخاطره‌زای زلزله در این شهر است و در بین پتانسیل‌های کالبدی نیز شاخص قدمت بالای ساختمان بیشترین تأثیر را دارد؛ اما در زمینه پتانسیل‌های اقتصادی و اجتماعی شاخص عدم آگاهی با آموزش‌های مرتبط با زلزله بیشترین نقش را دارد.

بررسی‌های آماری این پژوهش نیز نشان می‌دهد پتانسیل‌های محیطی، کالبدی و اقتصادی - اجتماعی مهم‌ترین پتانسیل‌های مخاطره‌زای زلزله شهر تهران باشند؛ اما میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در هر کدام از عوامل سه گانه محیطی، کالبدی و اقتصادی و اجتماعی متفاوت است همچنین میزان اثرگذاری کلی هر یک از سه عامل نیز متفاوت است. در این زمینه، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، متوسط نمره شاخص‌های عامل محیطی ۴/۲۷، کالبدی ۳/۸۵ و اقتصادی - اجتماعی ۳ می‌باشد؛ بنابراین در زمینه ایجاد مخاطره، عامل اقتصادی - اجتماعی، در

سطح متوسط، عامل کالبدی، در سطح متوسط تا زیاد و عامل محیطی زیاد با تمایل به خیلی زیاد است؛ بنابراین عوامل محیطی و سپس کالبدی و پس از آن عوامل اقتصادی - اجتماعی در سطح خیلی زیاد تا متوسط درجه اهمیت بوده و سبب ایجاد مخاطره در سطح متوسط تا خیلی زیاد می شود که عوامل محیطی بیشترین و اقتصادی - اجتماعی کمترین مخاطره را ایجاد می کنند.

منابع

- احمدی، حسن (۱۳۷۶) نقش شهرسازی در کاهش آسیب پذیری شهر، **مسکن و محیط روستا**، ۸۰، صص. ۶۱-۷۰.
- افضلی، رسول؛ یاری شگفتی، اسلام (۱۳۹۱) مدیریت بحران های سیاسی احتمالی تهران: بحران اقتدار و مشروعیت سیاسی، **پژوهشنامه علوم سیاسی**، ۷ (۲)، صص. ۸۶-۴۹.
- جایکا (۱۳۷۶) **مطالعات ریزپهنه بندی شهر تهران**، آژانس بین المللی زلزله شناسی ژاپن، تهران.
- حاتمی نژاد، حسین؛ فتحی، حمید؛ عشق آبادی، فرشید (۱۳۸۸) ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه در (نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، **پژوهش های جغرافیای انسانی**، ۴۱ (۶۸)، صص. ۲۰-۱.
- حسین زاده، سید رضا (۱۳۸۳) برنامه ریزی شهری همگام با مخاطرات طبیعی با تأکید بر ایران، **جغرافیا و توسعه ناحیه ای**، ۲ (۳)، صص. ۸۸-۵۹.
- حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱) ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب پذیری مسکن از سوانح طبیعی، **مجموعه مقالات سیاست های توسعه مسکن در ایران**، تهران، صص. ۲۱۸-۲۱۱.
- خاکپور، براتعلی؛ زمردیان، محمدجعفر؛ صادقی، سلیمان؛ مقدمی، احمد (۱۳۹۰) تحلیل میزان آسیب پذیری فیزیکی - کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله خیزی، **جغرافیا و توسعه ناحیه ای**، ۹ (۱۶)، صص. ۳۳-۱.
- زنگی آبادی، علی؛ تبریزی، نازنین (۱۳۸۵) زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب پذیری مناطق شهری، **پژوهش های جغرافیایی**، ۳۸ (۵۶)، صص. ۱۳۰-۱۱۵.
- زنگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفایی، همایون؛ قائد رحمتی، صفر (۱۳۸۷) تحلیل شاخص های آسیب پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله، نمونه موردی، مسکن شهر اصفهان، **جغرافیا و توسعه**، ۶ (۱۲)، صص. ۸۹-۶۱.
- ستوده، بابک (۱۳۸۰) **برنامه ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر جهت ایمن سازی در برابر زلزله (نمونه موردی: محله باغ فردوس شهرداری منطقه ۱ تهران)**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- عابدی، مهدی (۱۳۸۵) **بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری نمونه موردی محله چیدر منطقه یک تهران**، پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، گرایش برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تهران.
- عبدالهی، محمد (۱۳۸۰) **مدیریت بحران در نواحی شهری**، چاپ اول، انتشارات انوار، تهران.
- عزیزی، محمد مهدی؛ اکبری، رضا (۱۳۸۷) ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله، **نشریه هنرهای زیبا**، ۳۴ (۳)، صص. ۳۶-۲۵.
- فرمود، شبنم (۱۳۸۵) **برنامه ریزی کاهش آسیب پذیری و ایجاد آمادگی مواجهه با زلزله مطالعه موردی مهرشهر**، پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، گرایش برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تربیت مدرس.
- فرج زاده اصل، منوچهر؛ احدنژاد، محسن؛ امینی، جمال (۱۳۹۰) ارزیابی آسیب پذیری مسکن شهری در برابر زلزله مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران، **مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای**، ۳ (۹)، صص. ۳۶-۱۹.

Dunford, M., Li, L. (2011) Earthquake Reconstruction in Wenchuan: Assessing the State Overall Plan and Addressing the Forgotten Phase, **Applied Geography**, 31 (3), pp. 998-1009.

Erdem, D., Rasim, T., Gebrail, B., Baris, S. (2011) Damages and Causes on the Structures During

- the October 23, 2011 Van Earthquake in Turkey, **Case Studies in Construction Materials**, 3, pp. 112-131.
- Gabriele, C., Takashi, K., Rama, M. P., Katsuichiro, G., Toshihiko K., Keshab, Sh. (2015) Reconnaissance Report on Geotechnical and Structural Damage Caused by the 2015 Gorkha Earthquake, Nepal, **Soils and Foundations**, 55, pp. 1030-1043.
- Jetson, R. A., Carlo, G. L., Apostolos, P. (2012) Basin-Effects Observed During the 2012 Emilia Earthquake Sequence in Northern Italy, **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, 78, pp. 230-242.
- Jigyasu, R., (2013) What Makes Cities Vulnerable to Disaster, **International Journal of Disaster Recovery and Business Continuity**, 4, pp. 11-22.
- Yihe, H., Jean-Paul, A., Don, V. H. (2015) The Potential for Supershear Earthquakes in Damaged Fault Zones – Theory and Observations, **Earth and Planetary Science Letters**, 433, pp. 109-115.

