تحلیل آماری خطرپذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله

علی زنگی‌آبادی[۱*]، راحله صنیعی[۲]، حمیدرضا وارثی[۳]

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانش‌آموخته برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت: ۸۶/۷/۱۰ پذیرش: ۸۷/۲/۳۰

چکیده

علی‌رغم تلاشهای گسترده بسیاری که در جهان برای تعیین خطرات زمین‌لرزه‌ای انجام شده است هنوز امکان پیش‌بینی دقیق زمان و مکان زمین‌لرزه‌ها میسر نشده است. بررسی‌ها و مطالعات انجام شده حاکی از آن است که با توجه به اطلاعات قابل دسترس و آمار و احتمالات می‌توان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی در حین رخداد زمین‌لرزه را پیش‌بینی و تدابیر لازم را اندیشید. در راستای این هدف با توجه به پژوهشهای کتابخانه‌ای و میدانی پرسشنامه‌ای تهیه شد و از طریق معادله کوکران ۳۲۲ پرسشنامه در مناطق ۱۱ و ۱۲ براساس جمعیت موجود توزیع شد. سپس با استفاده از تحلیلهایی مثل رگرسیون و روش T، کی‌دو و همبستگی از طریق نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری انجام شده است. نتایج تحلیلهای به‌عمل آمده حاکی از آن است که بین شاخصهای آسیب‌پذیری، قدمت ساختمان، تراکم، نوع مصالح و عرض معبر رابطه معنیدار وجود دارد و از نظر شاخص آسیب‌پذیری، منطقه ۱۲ بیش از منطقه ۱۱، در شاخص عرض معبر، منطقه ۱۲ کمتر از منطقه ۱۱ بوده و ۸۱/۳٪ از مساکن قرار گرفته در بافت متراکم در سطح آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند. در ضمن برای طراحی نقشه‌ها و تحلیل فضایی نیز از نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است.

---

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: aliza@ltr.ui.ac.ir

کلیدواژه‌ها: زلزله (زمین‌لرزه)، زلزله تهران، مناطق ۱۱ و ۱۲ شهرداری تهران، مخاطرات زلزله، آسیب‌پذیری.

۱- مقدمه

به مرور زمان و با پیشرفت علوم و فنون، انسان قدرت بیشتری برای غلبه بر عوامل قهرآمیز طبیعی پیدا کرده، هوشیارتر از گذشته از کانونهای خطر فاصله می‌گیرد و خود را برای همسازی و مقابله با آنها مجهزتر می‌کند[۱، ص ۱].

انقلاب صنعتی دگرگونی عمیقی در شکل و فرم شهرها به‌وجود آورد. شهرهایی که تا آن زمان جمعیت زیادی نداشتند، با تراکم زیاد انسانی مواجه شدند. انسانی که تا آن روز به بلایای طبیعی رنگ دینی و معنوی می‌داد و آن را خشم خدایان می‌دانست، در این موقع از چشم‌انداز جدیدتری به این موضوع نگریست. او به‌درستی دریافت که زلزله صرفاً واقعه مضر نبوده، بلکه مکانیسمی مفید برای طبیعت است. از این رو سعی در سازگار کردن سکونتگاه خویش با این امر کرد. بسیاری از ویرانیها و فجایعی که پس از زلزله به بار می‌آیند، ناشی از شدت زلزله نیست، بلکه همواره به سبب ساخت‌وسازهای ناپایدار انسانها رخ می‌دهد[۱، ص ۵].

با توجه به افزایش وقوع سوانح طبیعی به‌ویژه زلزله در سده‌های اخیر در نقاط مختلف جهان و به تبع آن افزایش تلفات، خسارات و آسیبهای ناشی از وقوع این پدیده‌ها موضوع کاهش آسیبهای ناشی از سوانح و افزایش مقاومت و آمادگی در برابر این بلایا از اهمیت خاصی برخوردار شده است[۲، ص ۷۷۷]. اغلب زلزله‌های دنیا در نواحی مشخصی که به مناطق زلزله‌خیز معروف بوده و با کمربند آتشین نیز منطبق است، روی می‌دهند [۳، ص ۲۲۵].

میزان مرگ و میر ناشی از بلایای طبیعی در کشورهای در حال توسعه ۳ تا ٤ برابر و تعداد مصدومین، ٤۰ برابر کشورهای توسعه‌یافته بوده است[٤، ص ۹]. ایران با ۱۲۰ هزار نفر تلفات انسانی در زمره کشورهای پرتلفات از نظر زلزله‌خیزی محسوب می‌شود. بین سالهای ٦۰۰ تا ۱۹۷٦ میلادی، ٦۰۰۰ زلزله در ایران به ثبت رسیده است[٥، ص ٦۰]. در ایران در بین ۳۱ بلایای طبیعی که امکان وقوع آنها وجود دارد، زلزله از مهمترین آنها است؛ زیرا

در شهرهای ایران پس از وقوع زلزله‌های بزرگ، تخریب به‌طور کامل صورت گرفته و پس از وقوع زلزله مردم منطقه از نظر ذهنی، مالی و جانی آسیب فراوان دیده‌اند. در هشتاد سال گذشته، در سطح جهان ۱/۵ میلیون و در ایران بیش از صدهزار نفر در اثر زلزله جان خود را از دست داده‌اند که رقم اخیر در مقایسه با کل تلفات ٦٪ می‌باشد؛ حال آن که جمعیت ایران ۱٪ جمعیت دنیا است. این خسارت شدید نشان می‌دهد که ما نسبت به مساحت کشورمان تلفات سنگینی داشته‌ایم[٦، ص ۱۰۳].

در همه کشورهای جهان، به خصوص کشورهای در حال توسعه، روند فزایندهٔ شهرنشینی به سرعت ادامه دارد و این خود، پتانسیلی برای وارد آمدن خسارات زیادی، هنگام وقوع بلایای طبیعی است. رشد سریع و بیبرنامه حاشیه‌های بدون دفاع شهری، تمرکز روزافزون جمعیت در محله‌های پرتراکم، برج‌سازیهای بعضاً بدون ارتباط با طرحهای جامع، گسترش بی‌رویه شبکه‌های گازرسانی، بی‌توجهی به احتمال وقوع سوانح در توسعه و نحوه استقرار مرکزهای جمعیتی، عدم رعایت ابتدایی‌ترین نکات ایمنی در ساخت‌وسازهای شهری و وضعیت نامناسب بخش اعظم ساخت‌وسازهای شهری و بدون برنامه‌ریزی بودن این ساخت‌وسازها، پیش‌بینی خسارتهای سنگین را ناشی از هرگونه حادثه‌ای در آینده، دور از ذهن نمی‌دارد[٥، ص ٦٠]. در همین راستا و به‌دلیل اهمیت تراکم در بافت شهری یکی از اهداف این مقاله محاسبه تراکم در این دو منطقه می‌باشد.

تهران یکی از شهرهایی است که روی خط زلزله قرار گرفته است ـ البته بیشتر شهرهای ایران چنین شرایطی دارند. به‌عقیده کارشناسان تنها شهری که ممکن است در اثر زلزله‌ای در مقیاس مهندسی، «زلزله متوسط» به شدت خراب شود (۷۰ درصد تخریب)، تهران است، چون تهران دقیقاً روی گسل بنا شده است. برای تحلیلهایی که در مورد زلزله انجام می‌گیرد، کمربند لرزه‌ای کلید اصلی است[۷، ص ٤].

منطقهٔ شهری تهران، روی لایه‌های آبرفتی (که از طریق سازندهای زمین‌شناختی پیچیده‌ای بر سنگ سخت انباشته شده‌اند) توسعه یافته است. بر پایه داده‌های زلزله‌های تاریخی، تهران ـ تا به امروز ـ چندین زلزله شدید با دوره‌های بازگشت ۱۵۰ سال داشته است. زلزله‌شناسان وقوع زلزله‌ای شدید در آینده نزدیک را برای تهران محتمل می‌دانند، زیرا این شهر از سال ۱۲۰۹ شمسی تاکنون زلزله مصیبت‌باری را تجربه نکرده است[۸، ص ۱].

در میان انبوه گسلهای فعال منطقه، خطرناکترین آنها گسل مشا (به‌طول حدود ۲۰۰ کیلومتر)، گسل شمال تهران (به‌طول حدود ۹۰ کیلومتر) و گسل جنوب ری (به‌طول حدود ۲۰ کیلومتر) هستند که در شکل ۱ نشان داده شده است[۹، ص ۱۱۵].

شکل ۱ نقشه پراکنش گسلها نسبت به شهر تهران[۱۰]

زلزله و زلزله‌خیزی تهران موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است که از میان انبوه آنها می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد:

۱- در «برنامه‌ریزی مقابله با خطرات طبیعی»، پویان، راه‌حلها و الگوهایی را برای ایجاد آمادگی در برابر زلزله ارائه کرده است[۲، ج ۲].

۲- در «پیش‌بینی زلزله از طریق مدل استنتاج فازی»، وجودی، به راهکاری برای مدلسازی زلزله از طریق مدل استنتاج فازی پرداخته است[۱۱].

۳- در سمینار کاهش آسیب‌پذیری زلزله و الگوهای بازسازی که در شیراز برگزار شده، راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در مقابل زلزله و الگوهای بازسازی و مرمت بعد از زلزله ارائه شده است[۱۲].

٤- در «محاسبه آسیب‌پذیری شهر تهران و نحوه برخورد با عوارض آن»، ابراهیمی و غلامرضا افرا وجود خطر بالقوه زلزله‌ای را با احتمال زیاد برای تهران بررسی و نسبت آسیب‌پذیری را برای مناطق تهران محاسبه کرده‌اند[۱۳].

٥- در «نحوه رسوبات آبرفتی شهر تهران در مشخصات یک زلزله محتمل»، جعفرزاده بر آن است که با توجه به نوع رسوبات موجود، تهران روانگرایی بالایی داشته و زلزله نیز آن را تشدید خواهد کرد[١٤].

٦- در «تهدیدات طبیعی تهران»، هدایی به اثرات بلایای طبیعی بر تهران می‌پردازد و آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهر تهران را با توجه به شاخصهای مختلف از جمله دوری و نزدیکی به گسلها و غیره بیان می‌کند. در نهایت نیز راهکارهایی را در جهت کاهش آسیب‌پذیری شهر تهران ارائه می‌کند[١٥، ص ٤٧].

٧- در مقاله «آسیب‌پذیری شهر تهران»، غفوریان و حسینیون به این نتیجه می‌رسند که با توجه به وجود گسلهای جنوب تهران این مناطق نیز از خطر نسبتاً بالایی برخوردار هستند[١٦].

٨- در «تحلیل فضایی آسیب‌پذیری و مدیریت بحران زلزله در بخش مرکزی تهران (مناطق ۱۱ و ۱۲) با استفاده از GIS»، صنیعی به تحلیل مقاومت مساکن و تأسیسات در این دو منطقه پرداخته و در آخر نیز راهکارهایی را برای مدیریت بحران ارائه می‌کند[۱، ج۲].

هدف این مقاله آن است که با رویکرد جدید و آماری به موضوع پرداخته و نقش بعضی از شاخصها را در آسیب‌پذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ از طریق روشهای آماری بازگویی کند.

۲- داده‌ها و روشها

با توجه به ماهیت علم جغرافیا که روابط متقابل انسان و محیط را در یک بستر مکانی به صورت متقابل بررسی می‌کند و تعریف شهر که به‌عنوان یک پدیده جغرافیایی که تجلیگاه و زاییده تفکر انسانی به‌شمار می‌رود، داده‌های مکانی مورد نیاز را می‌توان با استفاده از اسناد و مدارک به روش کتابخانه‌ای تهیه کرد. از طرفی مکان، بستر و ظرفی است که شهرها به‌عنوان مظروف روی آن ساخته شده‌اند. در اینجا مطالعات پیمایشی به‌عنوان بخش دیگری از مطالعه مدنظر قرار می‌گیرد. در مطالعات پیمایشی ابزار جمع‌آوری اطلاعات می‌تواند از

طریق پرسشنامه و مشاهده باشد که با توجه به موضوع تحقیق از مشاهده مستقیم برای کسب اطلاعات مورد نیاز استفاده می‌گردد. در این پژوهش نیز برای جمع‌آوری اطلاعات از روشهای پرسشنامه، مشاهده، مصاحبه و روش ترکیبی استفاده شده است. در این مرحله برای محاسبه تعداد پرسشنامه‌ها از فرمول کوکران استفاده شده است[۱۷].

با توجه به این‌که مناطق شهری از نظر خصوصیات جمعیتی و شهرسازی ناهمگن هستند، بهترین روش نمونه‌گیری در این پژوهش، نمونه‌گیری خوشه‌ای و روش رائو (R.H.C) است. در نمونه‌گیری خوشه‌ای کار اصلی این است که ابتدا از میان مناطق نمونه‌ای انتخاب گردد. نخست از میان مناطق بزرگ نمونه‌گیری شده و رفته‌رفته از هر منطقه بزرگ، مناطق کوچکتری نمونه‌گیری می‌شوند[۱۸ ص ۲۶]. بدین منظور براساس حجم خانوارها، محدوده مطالعاتی به دو طبقه (منطقه ۱۱، منطقه ۱۲) تقسیم شد. در مرحله بعد به کمک نرم‌افزار NCSS با روش تصادفی و با توجه به حوزه‌های سرشماری، بلوکها انتخاب شدند. برای انتخاب مساکن داخل بلوکها از روش سیستماتیک استفاده شده است. نقطه مبدأ در هر بلوک نقطه صفر و یا کنار خیابان بوده است. تکمیل پرسشنامه‌ها نیز به روش گام سه بوده است. پرسشنامه از دو قسمت تشکیل شده است. در بخش اول شاخصهایی مانند قدمت ساختمان، تعداد طبقات و واحدهای آن، مصالح بنا، تأسیسات مساکن، مشخصات معبر و غیره موردنظر بوده است.

در بخش دوم، مدیریت بحران اطلاعاتی، در مورد کمکهای اولیه، کپسول آتشنشانی، اتاقک امن، شبکه اعلان خطر، تخلیه اضطراری و غیره داده‌هایی جمع‌آوری شده است. در این مطالعه از روشهای آماری که شامل روشهای آزمون تی یا تی تست (که در آن فرضیه‌ها به‌صورت H0 یا فرض صفر (بین دو متغیر اختلاف معناداری وجود ندارد) و H1 یا فرض مقابل (بین دو متغیر اختلاف معناداری وجود دارد) تعریف شده‌اند)، کی (خی) دو، همبستگی و رگرسیون چندگانه می‌باشد، استفاده شده است.

۳- تجزیه و تحلیل متغیرها

یکی از اهداف برنامه‌ریزی شهری، مقاوم نمودن شهر در برابر زلزله است که در آن، چگونگی استقرار اجزاء فیزیکی شهر مانند شبکه‌های ارتباطی، میادین، فضاهای باز، مکانهای

پرتراکم، محل کاربریهای عمومی و خدمات، و غیره مدنظر قرار می‌گیرد. اما گذشته از هر چیز، شکل دادن دوباره به الگوی شهر خصوصاً در شهرهای بزرگ هدفی درازمدت بوده و با سیاستهای طراحی سالها طول می‌کشد تا بتوان فرم شهری را تغییر داد.

اما در طراحی فرایند شهری داده‌های دیگری هم وجود دارد که از طریق آنها می‌توان کاهش خطرات زلزله را عملی ساخت، چرا که طراحان شهری دائماً در پروژه‌های مختلفی که در بخشهای گوناگون کالبد شهر اجرا می‌شوند (مثل نظام فضاهای باز و بسته، تسهیلات تفریحی طراحی شبکه ارتباطی، احیاء بخشهای تجاری، طرحهای توسعه شهری، طراحی واحدهای همسایگی و همجواریها، بازسازی صنعتی، حفاظت تاریخی و بازسازی و نوسازی بافتهای کهن، طراحی و حفاظت از منابع طبیعی، طراحی منظر و غیره) مشارکت و همکاری دارند و کاهش خطرات زلزله و کاهش آسیب‌پذیری فرم شهر در هر یک از این پروژه‌ها می‌تواند به‌صورت یکی از اهداف دنبال شود[۱۹، ص ٤٢].

۳-۱- محاسبه نوع بافت منطقه‌های ۱۱ و ۱۲ با استفاده از روش کی‌دو

شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچکترین اجزاء تشکیل‌دهندهٔ شهر، بافت شهری را مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به‌هنگام وقوع زلزله، مقاومت خاصی در برابر زلزله دارد. واکنش هر نوع بافت شهری در هنگام وقوع زلزله براساس قابلیتهای گریز و پناهگیری ساکنان، امکانات کمکرسانی، چگونگی پاکسازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، مشخص می‌شود. دامنه تأثیر این ویژگیها نه تنها در طراحی ساختمان، بلکه در طراحی شهری و در مدیریت بحران نیز گسترده شده و حائز اهمیت است.

با افزایش نسبت سطح بافته شده به کل سطح زمین و یا به فضای باز، آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمانها و غیرقابل استفاده شدن بافت، افزایش می‌یابد. میزان افت کارایی فضای باز با ارتفاع ساختمانها نیز ارتباط مستقیم دارد[٥، ج ۲، ص ۷۸].

به‌همین دلیل نوع بافت برای این دو منطقه و تأثیر آن بر آسیب‌پذیری از طریق آزمون کی‌دو محاسبه شد. در این رابطه نوع بافت از به هم پیوستن پنج پارامتر قدمت ساختمان، اسکلت فلزی، عرض معبر، تعداد طبقات ساختمان و تعداد واحد ساختمان به‌وجود آمده است. جداول ۱ و ۲ به ترتیب آسیب‌پذیری نوع بافت و نتایج آزمون کی‌دو را نشان می‌دهند.

جدول ۱ نتایج جدول توافقی (آسیب‌پذیری نوع بافت)

		نوع بافت			جمع
		تراکم کم	تراکم متوسط	تراکم زیاد	
آسیب‌پذیری	کم	۱۰	۷	۰	۱۷
		٪۵۸/۸	٪٤۱/۳	٪۰	٪۱۰۰
	متوسط	۲	۱۸۱	۷۵	۲۵۸
		٪۸	٪۷۰/۳	٪۲۹/۱	٪۱۰۰
	زیاد	۰	۹	۳۹	٤۸
		٪۰	٪۱۸/۸	٪۸۱/۳	٪۱۰۰
جمع		۱۲	۱۹۷	۱۱٤	۳۲۳
		٪۳/۷	٪٦۱	٪۲۵/۳	٪۱۰۰

جدول ۲ نتایج آزمون کی‌دو

	مقدار	درجه آزادی	سیگ دوطرفه
کی‌دو پیرسون	۲۰۲/۹۹۵	٤	۰/۰۰۰
نسبت درست‌نمایی	۸۵۲/۱۰۸	٤	۰/۰۰۰
مساعی خط به خط	۱۰۲/۸۵	۱	۰/۰۰۰
تعداد نمونه‌های معتبر	۳۲۳		

در جدول ۲ با توجه به مقدار Sig [۰] که کوچکتر از ۰/۰۵ می‌باشد، نتیجه می‌گیریم که بین دو متغیر رابطه معناداری وجود دارد. حال با توجه به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که ۵۸/۸ درصد از خانه‌هایی که دارای تراکم کم می‌باشند در سطح آسیب‌پذیری کم قرار دارند و در سطح مقابل ۸۱/۳ درصد از خانه‌های دارای بافت متراکم در سطح آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند. ۷۰/۲ درصد از خانه‌هایی که در بافت نسبتاً متراکم قرار دارند در سطح آسیب‌پذیری

متوسط قرار دارند. پس نتیجه می‌گیریم که بافت دو منطقه متراکم بوده و آسیب‌پذیری آنها بالا است.

۳-۲- همبستگی بین متغیرها

رابطه آسیب‌پذیری با بعضی از متغیرهای مطالعه شده در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳ جدول نتایج همبستگی

	شریانهای حیاتی	قدمت ساختمان	نوع مصالح	عرض معبر	بافت متراکم
عرض معبر					۰/٤٦٥
آسیب‌پذیری	۰/۲۸۸	۰/٤٦٦	۰/٦۷۰	۰/۳۱۷	۰/٥۱٤
تعداد طبقات		-۰/٤٥۹			
شریانهای حیاتی		۰/۲٤۳		۰/۲٥۹	

همان‌گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود بعضی از عناصر با بعضی از متغیرهای دیگر، همبستگی نشان داده‌اند. رابطه متغیر آسیب‌پذیری با شریانهای حیاتی مستقیم ضعیف، با قدمت ساختمان مستقیم متوسط، با نوع مصالح مستقیم قوی، با عرض معبر مستقیم متوسط و با بافت متراکم مستقیم قوی است. به‌دلیل اهمیت این موضوع، از روش رگرسیون برای شرح و تفسیر آن استفاده شده است.

تعداد طبقات با قدمت ساختمان رابطه معکوس قوی را نشان داده است که براساس آن، هر چه قدمت ساختمان بیشتر باشد تعداد طبقات کمتر خواهد بود. شریانهای حیاتی با قدمت ساختمان رابطه مستقیم ضعیف دارد؛ بدین معنی که هر چه قدمت ساختمان بیشتر باشد شریانهای حیاتی ضعیفتر خواهد بود. همین وضعیت نیز درباره عرض معبر و شریانهای حیاتی وجود دارد؛ هرقدر عرض معبر تنگتر باشد، شریانهای حیاتی ضعیفتر خواهد بود.

۳-۳- محاسبه آسیب‌پذیری منطقه ۱۱ و ۱۲ با استفاده از روش رگرسیون چندگانه توأم Enter

در این روش همه متغیرهای مستقل، همزمان وارد تحلیل شده و اثرات همه متغیرهای مستقل (قدمت ساختمان، تراکم، نوع مصالح و عرض معبر) بر متغیر وابسته (آسیب‌پذیری) بررسی می‌شود. در جدول ٤ ماتریس همبستگی متغیرهای موجود در مدل آورده شده است.

جدول ۴ نتایج همبستگی بین شاخصها

شاخصها		آسیب‌پذیری	قدمت ساختمان	تراکم	نوع مصالح	عرض معبر
همبستگی پیرسون	آسیب‌پذیری	۱/۰۰۰	۰/۴۶۶	۰/۰۴۱	۰/۶۷۰	۰/۳۱۷
	قدمت ساختمان	۰/۴۶۶	۱/۰۰۰	-۰/۴۱۶	۰/۳۰۱	-۰/۰۲۴
	تراکم	۰/۰۴۱	-۰/۴۱۶	۱/۰۰۰	-۰/۰۷۳	۰/۰۸۳
	نوع مصالح	۰/۶۷۰	۰/۳۰۱	-۰/۰۷۳	۱/۰۰۰	-۰/۱۰۵
	عرض معبر	۰/۳۱۷	-۰/۰۲۴	۰/۰۸۳	-۰/۱۰۵	۱/۰۰۰
سطح معنی‌داری یکطرفه	آسیب‌پذیری	۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	قدمت ساختمان	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۳۴
	تراکم	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۹۵	۰/۰۶۹
	نوع مصالح	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۹۵	۰	۰/۰۲۹
	عرض معبر	۰/۰۰۰	۰/۳۳۴	۰/۰۶۹	۰/۰۲۹	۰

به‌عنوان مثال همبستگی بین دو متغیر آسیب‌پذیری و نوع مصالح ٦٧٪ محاسبه شده است که نشان می‌دهد یک رابطه خطی مثبت قوی بین این دو متغیر وجود دارد؛ به عبارت دیگر هرچه از سمت مصالح پردوام (اسکلت فلزی، اسکلت بتونی) به سمت مصالح کم دوام (چوب و خشت و گل) نزدیک شویم، میزان آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

۳-۳-۱- ضریب تعیین (R square)

در تحلیل رگرسیون مقداری از متغیر وابسته را که برمبنای متغیرهای مستقل تبیین می‌شود، ضریب تعیین می‌نامند. در اینجا ضریب تعیین ۰/۷۱۳ به دست آمده است و نشان می‌دهد که ۷۱/۳ درصد تغییرات متغیر وابسته به‌وسیله متغیرهای مستقل تبیین شده است. خلاصه‌ای از نتایج مدل در جدول ۵ درج شده است.

جدول ۵ خلاصه‌ای از نتایج مدل

مدل	همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	انحراف معیار برآورد
۱	۰/۸٤٤*	۰/۷۱۳	۰/۷۰۹	۰/۳۳۷

* پیش‌بینی عرض معبر، قدمت ساختمان، نوع مصالح و تراکم

۳-۳-۲- معنادار بودن رگرسیون

معنادار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها به کمک آزمون تحلیل واریانس یکطرفه انجام شده است. سطح معناداری Sig به‌دست آمده، معنادار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها را در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید یا رد می‌کند. این آزمون محاسبه و نتایج آن در جدول ٦ درج شده است.

جدول ۶ جدول آنالیز واریانس

مدل		جمع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری
۱	رگرسیون	٤٤/۲۰۸	٤	۱۱/۰۵۲	۱۹۷/۲٦٥	۰/۰۰۰*
	باقی مانده	۱۷/۸۱٦	۳۱۸	۰/۰٥٦		
	کل	٦۲/۰۲٥	۳۲۲			

* پیش‌بینی عرض معبر، نوع مصالح، قدمت ساختمان، تراکم

با توجه به مقدار Sig نتیجه می‌گیریم که مدل رگرسیون فوق معنادار بوده و رابطه خطی بین متغیرها وجود دارد. به عبارت دیگر فرضیه معنادار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین

متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته می‌شود. نتایج و ضرایب رگرسیون در جدول ۷ درج شده است.

جدول ۷ نتایج و ضرایب مدل رگرسیون

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای بتا	
	بتا	خطای استاندارد	بتا			باند پایینی	باند بالایی
۱ (ثابت)	-۰/٤٧٥	۰/۰۱۱۵		-٤/۱۲۷	۰/۰۰۰	-/۷۰۱	۰/۲٤۹
قدمت ساختمان	۰/۲۱۷	۰/۰۲۰	۰/۳۸۰	۱۰/۹۷۵	۰/۰۰۰	۰/۱۷۸	۰/۲٥٦
تراکم	۰/۱٥٦	۰/۰۲٤	۰/۲۱۳	٦/٤۱۹	۰/۰۰۰	۰/۱۰۸	۰/۲۰٤
نوع مصالح	۰/۳۳۹	۰/۰۱۸	۰/٦۱۰	۱۹/۲۱۹	۰/۰۰۰	۰/۳۰٤	۰/۳۷۳
عرض معبر	۰/۳٦۱	۰/۰۲۹	۰/۳۷۲	۱۲/۲٦۸	۰/۰۰۰	۰/۳۰۳	۰/٤۱۹

در این جدول آماره آزمون t تک‌تک ضرایب رگرسیون و سطح معناداری آنها در آخرین ستون جدول آمده است. مقادیر سطح معناداری نشانگر اثرات معنادار متغیرها است. براساس مقادیر بتا جدول معادله رگرسیون به شرح فوق است.

همان‌طور که مقدار سطح معناداری Sig نشان می‌دهد. اثرات همه متغیرهای موجود در مدل معنادار شده است. مدل حاصل از بررسی متغیرهای موجود در جدول ۷ به شرح ذیل است.

$$y = a + b_1x + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$$

(عرض معبر)۰/۳٦۱+(نوع مصالح)۰/۳۳۹+(تراکم)۰/۱٥٦+(قدمت ساختمان)۰/۲۱۷+۰/٤٧٥=آسیب‌پذیری

در مورد اهمیت و نقش متغیرهای مستقل در معادله رگرسیون باید از مقادیر بتا استفاده کرد، زیرا این مقادیر استاندارد شده می‌باشند. بنابراین از طریق آن می‌توان در مورد اهمیت نسبی متغیرها قضاوت کرد.

بزرگ بودن مقدار بتای یک متغیر نشاندهنده اهمیت نسبی و تأثیر آن بر متغیر وابسته می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر مقدار بتای یک متغیر ۰/٦۱۰ به‌دست آمده باشد، نشان می‌دهد که با یک واحد تغییر در انحراف معیار آن، انحراف معیار متغیر وابسته، به اندازه ۰/٦۱۰ تغییر می‌کند. در اینجا مقدار بتای متغیر نوع مصالح ۰/٦۱۰ محاسبه شده است و بدین ترتیب نشان می‌دهد که این متغیر در مقایسه با سایر متغیرها دارای اهمیت و نقش بیشتری در آسیب‌پذیری می‌باشد و متغیرهای قدمت ساختمان و عرض معبر در جایگاه بعدی قرار دارند.

۳-۴- مقایسه آسیب‌پذیری دو منطقه با استفاده از روش T

۳-۴-۱- شاخص آسیب‌پذیری

با توجه به مباحث مطرح شده مقایسه‌ای انجام شد تا معلوم گردد که کدام‌یک از مناطق ۱۱ و ۱۲ آسیب‌پذیری بالاتری دارد. در جدول ۸ شاخصهای مرکزی و پراکندگی و در جدول ۹ آزمون نمونه‌های مستقل آورده شده است.

جدول ۸ گروههای محاسباتی

	منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
آسیب‌پذیری	منطقه ۱۱	۱۳۰	۹/۲۷	۱/٦٤۱	۰/۱٤٤
	منطقه ۱۲	۱۹۳	۹/۳۹	۰/۹۷٤	۰/۰۷۰

جدول ۹ آزمون نمونه‌های مستقل

	تی تست برای آزمون برابری میانگینها				
				فاصله اطمینان ۵٪ برای تفاضلها	
	آماره تی	درجه آزادی	سطح معنی‌داری دو طرفه	حد پایین	حد بالا
آسیب‌پذیری	-۰/۸۵۵	۳۲۱	۰/۳۹۳	-۰/٤۱۱	۰/۱٦۲

حال با توجه به مقدار Sig (سطح معناداری) جدول ۹، فرض صفر را رد کرده و فرض مقابل را می‌پذیریم. به عبارت دیگر بین دو منطقه اختلاف معناداری از نظر میزان آسیب‌پذیری وجود دارد. با توجه به مقدار میانگین منطقه ۱۲ آسیب‌پذیرتر از منطقه ۱۱ می‌باشد.

۳-۴-۲- شاخص تراکم

هرچه تراکم جمعیت در شهر کمتر باشد و این تراکم به‌طور متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله کمتر خواهد بود. برعکس تراکم جمعیتی بالا در شهر به معنای تلفات و خسارتهای بیشتر به هنگام وقوع زلزله است.

از بین رفتن تعداد بیشتری از مردم در اثر فروریختن آوارها به‌دلیل بسته شدن راهها و معابر، کاهش امکان گریز از موقعیتهای خطرناک و دسترسی به مناطق امن و نیز سخت شدن تخلیه مجروحان در اثر قطع راههای ارتباطی از نتایج تراکم جمعیتی بالا است. همچنین تراکمهای بالای شهری به‌معنای کمبود فضای خالی برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان است. جدول ۱۰ نشانگر گروههای محاسباتی و جدول ۱۱ نشانگر آزمون نمونه‌های مستقل هستند.

جدول ۱۰ گروههای محاسباتی

	منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
تراکم	منطقه ۱۱	۱۳۰	۲/۲٤	۰/۵۹۵	۰/۰۵۲
	منطقه۱۲	۱۹۳	۱/۹۷	۰/۵۸۱	۰/۰٤۲

جدول ۱۱ آزمون نمونه‌های مستقل

	تی تست برای آزمون برابری میانگینها				
	آماره تی	درجه آزادی	سطح معنی‌داری دوطرفه	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضلها	
				حد پایین	حد بالا
تراکم	۳/۹۷۲	۳۲۱	۰/۰۰۰	۰/۱۳۳	۰/۳۹۵

با توجه به مقدار Sig در جدول ۱۱ فرض صفر رد و فرض مقابل پذیرفته می‌شود. به عبارت ساده‌تر بین دو منطقه از نظر تراکم اختلاف معناداری وجود دارد. با توجه به میانگینها ملاحظه می‌شود که میانگین تراکم در منطقه ۱۲ کمتر از منطقه ۱۱ است که البته این مسأله به تجاری بودن این منطقه برمی‌گردد.

۳-۴-۳- شاخص عرض معبر

با نگاهی اجمالی به خیابانهای تهران درمی‌یابیم که شبکه حمل‌ونقل تهران در شرایط عادی نیز پاسخگوی بار ترافیکی تهران نیست، بنابراین به‌دلیل اهمیت دسترسی به نقاط مختلف پس از وقوع حادثه، ترمیم این شبکه حیاتی ضروری به‌نظر می‌رسد.

گذرهای با عرض ۳ و ٦ متر که معمولاً خیابانهای باریک به‌حساب می‌آیند در مقابل خطر زلزله به‌عنوان عنصر ضعیف برای عملیات نجات تلقی می‌شوند. بخش قدیمی‌تر شهر تهران دارای طول بیشتری از گذرهای با عرض ۳ و ٦ متر است. به نحوی که مناطق ۱۱، ۱۲ نسبت

بالاتری از گذرهای با عرض باریک دارند[۲۰، ص ۷]. در جدول ۱۲ آمار توصیف دو منطقه و در جدول ۱۳ آزمون نمونه‌های مستقل آمده است.

جدول ۱۲ گروههای محاسباتی

	منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
عرض معبر	منطقه ۱۱	۱۳۰	۳/۸۰۲	۳/۱۲۲۷	۰/۲۷۳۹
	منطقه۱۲	۱۹۳	۳/۰۰۸	۱/۳۵۳۵	۰/۰۹۷٤

جدول ۱۳ آزمون نمونه‌های مستقل

	تی تست برای آزمون برابری میانگینها				
				فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضلها	
	آماره تی	درجه آزادی	سطح معنی‌داری دو طرفه	حد پایین	حد بالا
عرض معبر	۳/۱۲۷	۳۲۱	۰/۰۰۲	۰/۲۹٤۷	۱/۲۹٤٤

حال با توجه به مقدار Sig (سطح معناداری) فرض صفر رد و فرض مقابل پذیرفته می‌شود. به عبارت ساده‌تر با توجه به میانگینها ملاحظه می‌شود که بین میانگینهای اندازه عرض معابر، اختلاف معناداری وجود دارد. میانگین اندازه معابر در منطقه ۱۲ (۳/۰۸m) کمتر از منطقه ۱۱ (۳/۸m) است.

۳-۴-۴- شاخص قدمت ساختمان

سن ساختمانها نیز به‌عنوان یک پارامتر مهم در مقاومت مطرح است. همان‌گونه که قبلاً نیز گفته شد، آیین‌نامه اجرایی زلزله در سال ۱۳٦۹ تصویب شده و قابلیت اجرایی پیدا کرد.

در جدول ١٤ تعداد، میانگین، انحراف معیار و خطای استاندارد میانگین‌ها و در جدول ١٥ آزمون نمونه‌های مستقل آورده شده است.

جدول ۱۴ گروههای محاسباتی

	منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
سالهای سکونت در محل	منطقه ۱۱	۱۳۰	١٦/٧٩	١٤/٩١٣	۱/۳۰۸
	منطقه ۱۲	۱۹۳	٢٠/٦٨	١١/١٧٥	۰/۸۰٤

جدول ۱۵ آزمون نمونه‌های مستقل

	تی تست برای آزمون برابری میانگینها				
	آماره تی	درجه آزادی	سطح معنی‌داری دو طرفه	فاصله اطمینان ۵٪ برای تفاضلها	
				حد پایین	حد بالا
سالهای سکونت در محل	-۲/٦٧٨	۳۲۱	۰/۰۰۸	-٦/٧٥١	-۱/۰۳۲

ملاحظه می‌شود که میانگین سکونت در منطقه ۱۱ برابر ١٦/٧٩ و در منطقه ۱۲ برابر ٢٠/٦٨ محاسبه شده است. در جدول ۱۵ آزمون T برای دو نمونه مستقل انجام شده و مقدار آماره T برابر ۲/٦٧٨- به‌دست آمده است. حال با توجه به مقدار Sig (۰/۰۰۸) فرض صفر را رد کرده و فرض مقابل را می‌پذیریم. با توجه به آزمون نتیجه می‌گیریم که بین دو منطقه اختلاف معناداری از نظر میزان سالهای سکونت وجود دارد. با توجه به میانگینها نیز ملاحظه می‌شود که میزان سالهای سکونت در منطقه ۱۲ بیشتر از منطقه ۱۱ است.

۴- نتیجه‌گیری

اهمیت این مقاله از آن روست که تاکنون در مورد زلزله تهران پژوهش آماری انجام نشده است. این مقاله با استفاده از روشهای آماری، تأثیر بعضی از شاخصها را در آسیب پذیری این دو منطقه در برابر زلزله بررسی کرده است. محاسبات مربوط به مدل رگرسیون و ضرایب همبستگی و ضرایب تعیین به‌دست آمده نشان داده‌اند که قدمت ساختمان، اسکلت ساختمان، تعداد طبقات، تعداد واحد در طبقات و عرض معبر بر آسیب‌پذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ در برابر زلزله مؤثرند.

در مدل رگرسیون به‌دست آمده، مقدار بتای متغیر نوع مصالح ۰/۶۱۰ محاسبه شده و نشان می‌دهد که این متغیر در مقایسه با سایر متغیرها دارای اهمیت و نقش بیشتری در آسیب‌پذیری است و متغیرهای قدمت ساختمان و عرض معبر در جایگاه بعدی قرار دارند. بقیه ضریبها نیز به‌شرح زیر است:

[عرض معبر] ۰/۳۶۱+[نوع مصالح]۰/۳۳۹+[تراکم]۰/۱۵۶+[قدمت ساختمان]۰/۲۱۷+۰/۴۷۵=آسیب‌پذیری

با روش کی‌دو آشکار شد که ۵۸/۸ درصد از خانه‌ها با تراکم کم در سطح آسیب‌پذیری کم و در مقابل، ۸۱/۳ درصد از خانه‌های با بافت متراکم در سطح آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند. ۷۰/۲ درصد از خانه‌هایی که در بافت نسبتاً متراکمند، در سطح آسیب‌پذیری متوسط جای گرفته‌اند. بنابراین دو منطقه متراکم بوده و آسیب‌پذیریشان بالا است.

در روش همبستگی رابطه آسیب‌پذیری با بعضی متغیرها بدین گونه است: ارتباط این متغیر با شریانهای حیاتی مستقیم ضعیف، با قدمت ساختمان مستقیم متوسط، با نوع مصالح مستقیم قوی، با عرض معبر مستقیم متوسط و با بافت متراکم مستقیم قوی است. تعداد طبقات با قدمت ساختمان رابطه معکوس قوی و شریانهای حیاتی با قدمت ساختمان رابطه مستقیم ضعیف دارند؛ یعنی هر چه قدمت ساختمان بیشتر باشد، شریانهای حیاتی ضعیفتر خواهد بود. همین وضعیت درباره عرض معبر و شریانهای حیاتی نیز وجود دارد.

در مرحله بعد، روش T نشان داد که منطقه ۱۲ آسیب‌پذیرتر از منطقه ۱۱، میانگین تراکم در منطقه ۱۲ کمتر از منطقه ۱۱ و میانگین اندازه معابر در منطقه ۱۲ [۳/۰۰۸m] کمتر از منطقه ۱۱ [۳/۸m] است.

عمده راهکارهای پیشنهادی برای کاهش آسیب‌پذری در برابر زلزله به شرح ذیل هستند: ۱- تخریب مناطق مسکونی با قدمت زیاد ۲- کاهش تراکم در دو منطقه با استفاده از طراحی فضاهای باز در محلات برای عملیات امداد و نجات ۳- تقویت و تعمیر شبکه‌های حیاتی مانند آبرسانی، برق و غیره ٤- تقویت سازه‌های مسکونی قابل تعمیر ٥- تعریض بعضی از شبکه‌های ارتباطی در حد امکان ٦- طراحی بناهای عمومی جدید مانند آتشنشانی، بیمارستان، فرودگاه اضطراری برای هواپیما و یا هلیکوپتر، پناهگاه و غیره با توجه به ضوابط ۷- با توجه به اینکه تراکم در دو منطقه بالا بوده و مناطق باز و وسیع وجود ندارد، باید مناطق کم‌خطر و بدون عارضه پیرامون تهران شناسایی شده و تجهیزات مدیریت بحران در آنجا مستقر شود تا در وقوع حادثه بتوان از امکانات حداکثر استفاده را کرد.

۵- منابع

[۱] صنیعی، ر.؛ تحلیل فضایی آسیب‌پذیری زلزله و مدیریت بحران مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران با استفاده ازGIS؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم‌انسانی، دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۵.

[۲] پویان، ژ.؛ برنامه‌ریزی مقابله با خطرات طبیعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۳.

[۳] برگی، خ.؛ اصول مهندسی زلزله، چ ۱، تهران: انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۳.

[٤] توکلی، ب.، توکلی، ش.؛ تخمین تابع زیان و آسیب‌پذیری ساختمانهای مسکونی زمین‌لرزه ۱۳٦۹ رودبار منجیل، اولین کنفرانس بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش اول زلزله، چ ۱، تهران: دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۷۱.

[٥] عبدالهی، م.؛ مدیریت بحران در نواحی شهری، چ ۱، تهران: انتشارات سازمان شهرداریهای کشور، ۱۳۸٤.

[٦] نوربالا، ا.؛ تحلیل فضایی سازه‌ها؛ تهران: مجموعه مقالات، نشر شکوفه،۱۳۷۱.

[۷] نجفی، م.؛ زمین‌شناسی عمومی، چ ۱، انتشارات خراسان، ۱۳۷۱.

[۸] آژانس همکاریهای بین‌المللی ایران و ژاپن؛ گزارش ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران، ۱۳۸۰.

[۹] پرتوی، پ.؛ بررسی موانع، محدودیتها و تقابلها در زمینه اجرای معیارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله؛ ج ۲، انتشارات وزارت فرهنگ و آموزش عالی، ۱۳۷٤.

[10] www.gis.com

[۱۱] وجودی، م.؛ پیش‌بینی زلزله از طریق مدل استنتاج فازی، برگرفته از سایت www.sid.ir، ۱۳۸۵.

[۱۲] سمینار کاهش آسیب‌پذیری زلزله و الگوهای بازسازی، شیراز؛ ۱۳۷۵.

[۱۳] ابراهیمی، م.، افرا، غ.؛ محاسبه آسیب‌پذیری شهر تهران و نحوه برخورد با عوارض آن، تهران: پژوهشکده بین‌المللی زلزله، ۱۳۷۷.

[۱٤] جعفرزاده ف.؛ نحوه تأثیر رسوبات آبرفتی شهر تهران در مشخصات یک زلزله محتمل، تهران: پژوهشکده بین‌المللی زلزله، ۱۳۷۸.

[۱۵] هدایی، ع.ا.؛ تهدیدات طبیعی شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

[۱٦] غفوریان، م.، حسینیون، م.؛ آسیب‌پذیری شهر تهران، تهران: پژوهشکده بین‌المللی زلزله، ۱۳۷۸.

[۱۷] حافظنیا، م. ر.؛ روش تحقیق در علوم انسانی، تهران: سمت، ۱۳۸۱.

[۱۸] عمیدی، ر.؛ روش‌های نمونه‌گیری، دانشگاه پیام نور، تهران، ۱۳۸۳.

[۱۹] حبیب، ف.؛ نقش فرم شهر در کاهش خطرات ناشی از زلزله اولین کنفرانس بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش اول زلزله، چ ا، تهران: دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۷۱.

[۲۰] مهندسین مشاور پارت، بررسی مسائل توسعه شهری: مطالعات کاربری زمین منطقه ۱۱؛ تهران: گزارش منتشر نشده، ۱۳۸۳.

[21] Talebian, M.; Bam Iran earth quake. Geo physical research letters. California, s. a. 2004.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی