

ارزیابی میزان تراکم و ارتباط آن با آسیب‌پذیری لرزه‌ای (نمونه موردی: منطقه چهار شهرداری تهران)

صفر قائد رحمتی^۱

بابک عظیمی‌نیا^۲

چکیده

وضعیت تراکم در کلان‌شهرهای کشور از جمله تهران، با افزایش شدید جمعیت و بدون توجه به آثار اجتماعی، اقتصادی، روانی، فضایی-کالبدی و زیست‌محیطی مشکلات و مسائلی را به وجود آورده که توجه مدیران و برنامه‌ریزان شهری را به خود جلب نموده است. پژوهش حاضر به دنبال دستیابی به یک چارچوب مناسب از تراکم (تراکم جمعیتی، تراکم ارتفاعی و تراکم کاربری) در سطح نواحی نه‌گانه در منطقه چهار شهر تهران می‌باشد و در ادامه تأثیر تراکم بر افزایش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را ارزیابی می‌کند. ماهیت پژوهش کاربردی و روش بررسی پژوهش با استفاده از مدل‌های فازی، همبستگی و رگرسیون خطی چندمتغیره می‌باشد. روش جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش به صورت اسنادی و پیمایشی است. بر همین اساس با استفاده از روش مجموع ساده وزنی فازی (FSAW) مشخص گردید که ناحیه ۶ (رتبه تراکمی: ۱/۴۶) و ناحیه ۵ (رتبه تراکمی: ۲/۴۸)؛ به ترتیب بالاترین میانگین رتبه تراکم را به خود اختصاص داده‌اند؛ و به عبارتی عمده تراکم‌های جمعیتی، کاربری و ارتفاعی منطقه چهار شهرداری تهران، در این نواحی بوده‌اند. همچنین با استفاده از همبستگی و نیز رگرسیون خطی چندمتغیره ارتباط آسیب‌پذیری با انواع تراکم مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که ضرایب همبستگی چندگانه این سه متغیر مستقل با متغیر وابسته (یعنی

۱- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. Email: safarahmati@modares.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

آسیب‌پذیری مساکن)، برابر با ۰/۷۵۴ است؛ و نیز ضریب رگرسیون تراکم‌های سه‌گانه بیانگر این بوده است که ضریب رگرسیون تراکم جمعیتی برابر با ۰/۷۳۸، ضریب رگرسیون تراکم ساختمانی برابر با ۰/۳۰۸، ضریب رگرسیون تراکم کاربری برابر با ۰/۱۶۵ بوده است که در حقیقت بیش‌ترین ضریب متعلق به تراکم جمعیتی در سطح نواحی نه‌گانه منطقه چهار شهر تهران است.

واژگان کلیدی: تراکم جمعیتی، کاربری، تراکم ارتفاعی، آسیب‌پذیری مساکن.

مقدمه

خطر زلزله در شهرهای کشورهای جهان سوم به‌دلیل شهرنشینی بدون برنامه، توسعه شهر در مناطق مخاطره‌آمیز، اقدامات مدیریتی نارسا در شهرها و ساخت‌وساز نامناسب، افزایش چشمگیری داشته است (Lewis & Mioch, 2005: 52). طی سالیان گذشته ایران با ۴۵۰ هزار کشته آن‌هم به‌واسطه زلزله، دومین کشور بلاخیز در سطح جهان بوده است (Faizian & Schacher, 2006: 1). مساله این تحقیق از اینجا ناشی می‌شود که در منطقه چهار شهر تهران تراکم بی‌رویه و غیراصولی در حالی صورت گرفته است که بر اساس موقعیت جغرافیایی منطقه به گسل‌های اصلی شهر و با توجه به وجود بافت‌های خودرو، قدیمی و نیز بدون رعایت حداقل اصول مهندسی، تمرکز شدید ساختمانی در بعضی نواحی، کمبود فضاهای باز و توزیع نامناسب آن‌ها، شبکه دسترسی نامناسب، پژوهشگران را مجاب به تحقیق پیرامون آسیب‌پذیری کاربری‌های مسکونی این منطقه از شهر تهران نموده است.

تاکنون پژوهش‌های بی‌شماری در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله با روش‌های و مدل‌های مختلف صورت گرفته‌شده است؛ گالاتی^۳ (۲۰۰۶) در پژوهشی به ارزیابی خطر ساختمان‌های شهر دهرادون هند در برابر زلزله با استفاده از مدل (HAZUS) پرداخته و به این نتیجه رسیده است که این مدل به‌دلیل کثرت و تنوع داده‌ها و متغیرهای موردبررسی، می‌تواند به‌عنوان مدل مناسبی جهت ارزیابی و کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله

مورد استفاده قرار گیرد. مارتینلی^۴ و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و ارائه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا، ابتدا با استفاده از مدل ارزیابی آسیب‌پذیری از جمله Risk-ue میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته است. زاکای سن^۵ (۲۰۱۰) در پژوهشی تحت عنوان «ارزیابی سریع خطر زلزله بصری از ساختمان‌های موجود با استفاده از مدل منطق فازی»، یک روش محاسبات نرم با استفاده از مجموعه‌های فازی صورت گرفته و طبقه‌بندی ساختمان به پنج کلاس تحت عناوین «بدون خطر»، «خطر کم»، «خطر متوسط»، «خطر زیاد» و «کاملاً خطرناک» در شهر استانبول در نظر گرفته شده است. ژوما^۶ و ریوزو^۷ (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان «بررسی آسیب‌پذیری مناطق مختلف مسکونی در برابر مقابله با حوادث زلزله نمونه موردی کشور چین»، در این پژوهش شهرستان تیانجین به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است و تمرکز پژوهشگران بر روی وضعیت ایمنی محیط‌های مسکونی در منطقه هدف بوده و به ارزیابی عددی آسیب‌پذیری مسکن موجود پرداخته شده و تحقیقات مشخص نمود است که در صورت وقوع زلزله چه خطراتی مسکن منطقه را تهدید می‌نماید. حبیبی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه ۱۰ شهر تبریز پرداخته‌اند. در این مقاله چنین نتیجه‌گیری شده است که با توجه به تراکم جمعیتی و ساختمانی، انجام مطالعات دقیق در راستای به حداقل رسانده آسیب‌های ناشی از زلزله ضروری است. از نظر آقایی و همکاران (۱۳۹۴)، ارزیابی ریسک، مدل‌سازی و مدیریت مرتبط با آن مؤثرترین رویکرد برای بررسی اثر واقعی زلزله است. قائدرحمتی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله، شهر بروجرد»، یافته‌های حاصله از این پژوهش نشان می‌دهد بافت مرکزی و حاشیه شهر بروجرد جز مناطق پرخطر و نواحی شمالی و شمال شرق جز مناطق

4- Martineli

5- Zakai Sen

6- Xue Ma

7- Ryuzo Ohno

کم‌خطر در زمان وقوع زلزله می‌باشند. بایستی به این نکته مهم اشاره نمود که نقطه عطف این پژوهش به نسبت دیگر پژوهش‌های ذکر شده در فوق در این است که در اکثر مطالعات صورت گرفته از «تراکم» به‌عنوان یک معیار مجزا در سنجش آسیب‌پذیری در سطح نواحی و مناطق استفاده شده است که با ادغام با سایر معیارها و استفاده از مدل‌های مختلف، پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری به تصویر کشیده شده است. این در حالی است که در این تحقیق، پژوهشگران معیار تراکم را به سه متغیر تقسیم نموده و با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره به تأثیر متغیرهای مستقل ذکر شده بر متغیر وابسته که همان (آسیب‌پذیری مساکن است) پرداخته‌اند و با استفاده از روش مجموع ساده وزنی ساده (FSAW) به ارزش‌گذاری هریک از آن‌ها در پهنه‌های مختلف (نواحی نه‌گانه منطقه)، به رتبه‌بندی منطقه چهار بر اساس سه متغیر نام‌برده اقدام نموده‌اند.

مواد و روش‌ها

ماهیت پژوهش «کاربردی» و روش پژوهش «توصیفی-تحلیلی» است. و هم‌چنین داده‌های استفاده شده در پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

۱- داده‌های مربوط به تراکم جمعیت روند جمعیتی از ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰ که شامل متغیرهایی مانند تعداد جمعیت حاضر، بعد خانوار و متوسط رشد سالانه جمعیت منطقه بر اساس نواحی نه‌گانه.

۲- داده‌های مربوط به تراکم کاربری‌ها که از طریق جدول سطح و سرانه کاربری هر ناحیه در طرح تفصیلی موجود در منطقه و هم‌چنین فرم برداشت میدانی استخراج و خلاصه‌سازی شده است.

۳- داده‌های مربوط به تراکم ساختمانی منطقه که در قالب پروانه‌های صادر شده سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ روندی ۵ ساله که از سالنامه‌های آماری استان تهران و هم‌چنین شهرداری منطقه، به تفکیک تعداد طبقات اخذ گردیده.

۴- داده‌های مربوط به آسیب‌پذیری مسکن که از مهم‌ترین سند فرادست در این حوزه در منطقه چهار که طرح مطالعاتی جایکا (اژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن) و مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ است، استفاده گردیده است؛ که در نهایت درجه آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی نواحی نه‌گانه، منطقه چهار بر اساس چهار گسل عمده شهر تهران شامل: گسل شمال تهران، گسل ری، گسل مشاء و گسل شناور محاسبه شده است (متغیر وابسته - آسیب‌پذیری).

برای ترکیب معیارها، روش‌های متفاوتی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها شامل منطق بولین یا منطق صفر و یک، منطق هم‌پوشانی، منطق احتمالات، ضریب هم‌بستگی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی است (قائد رحمتی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۱۰). تئوری مجموعه‌های فازی به‌عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی ابهام، عدم قطعیت، عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی از ابزارهای بسیار کارآمد برای این منظور به‌شمار می‌آید (Lootsma, 2005: 66)؛ با توجه به ماهیت موضوع پژوهش حاضر، کمیت و کیفیت داده‌ها و دامنه داده‌ها، از بین روش‌های متفاوت مذکور، منطق فازی انتخاب شده است. شیوه استفاده شده جهت فازی‌سازی اعداد در این پژوهش مبتنی بر روش محاسبه مستقیم است که با استفاده از عدد مثلثی مبتنی بر دامنه حداقل و حداکثر در یک مجموعه، عدد فازی مثلثی بر مبنای دامنه مذکور محاسبه و عدد فازی آن‌ها استخراج می‌شود.

$$FCM = (x_{ij} - x_{\max}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

FCM: نشان‌دهنده درجه عضویت تراکم به مجموعه یا مجموعه‌های هدف است.

x_{ij} : بیانگر شاخص X در تراکم مورد مطالعه.

x_{\max} : بیانگر دامنه حداکثر شاخص X در مجموعه هدف.

x_{\min} : بیانگر دامنه حداقل شاخص X در مجموعه هدف.

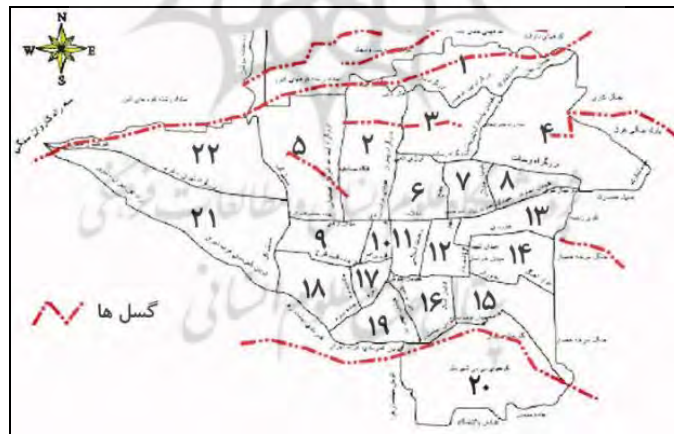
وضعیت لرزه خیزی منطقه

تعدادی از گسل‌ها در داخل و یا پیرامون بلافصل منطقه چهار وجود دارند که می‌توانند نقش بارزی، در رخ نمودن پدیده زلزله در منطقه ایفا نمایند که عبارت‌اند از:

راندگی سرخه‌حصار: این راندگی خم‌دار از دو بخش شامل بخش باختری با راستای E-W و شیب به‌سوی جنوب و یک بخش خاوری با راستای N.NW-S.ES و شیب به‌سوی جنوب تشکیل شده است. درازای راندگی ۲۲ کیلومتر است و در جنوب سرخه‌حصار قرار دارد.

گسل تلو پایین: گسلی کوتاه‌تری است با درازای نزدیک به ۲۰ کیلومتر، راستای آن NW-SE، شیب به‌سوی جنوب باختری با جابه‌جایی راستا لغز راست‌بر (درویش، ۱۳۶۸: ۷).

گسل شیان-کوثر: گسل شیان دارای راستای خاوری-باختری و درازای ۳ کیلومتر در شمال شیان و شمال خاوری شمس‌آباد، مجیدیه قرار گرفته و ممکن است ادامه باختری گسل کوثر باشد (آقانیاتی، ۱۳۸۵: ۵۵۲).

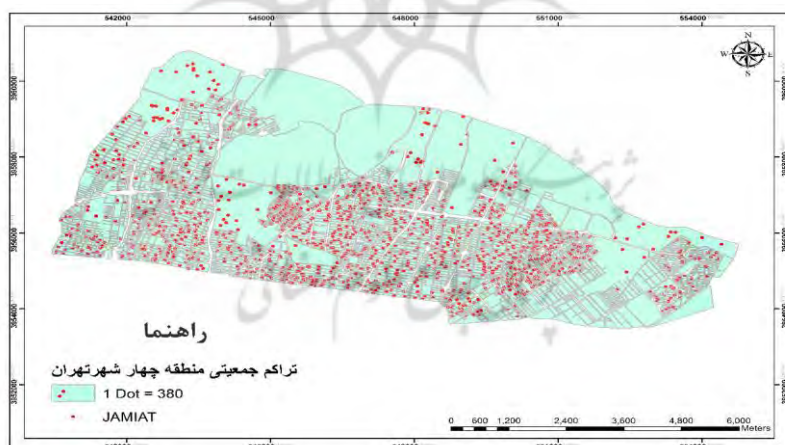


شکل (۱) نقشه گسل‌های تهدیدکننده منطقه چهار شهر تهران

یافته‌ها و بحث

تحلیل وضعیت تراکم در منطقه چهار شهر تهران، نشان می‌دهد منطقه در اولین دوره سرشماری (۱۳۵۵)، ۳۱۶۹۰۴ نفر جمعیت داشته که این جمعیت در آخرین دوره سرشماری (۱۳۹۰) به ۸۶۱۲۸۰ نفر رسیده است. میانگین تراکم جمعیت در همین سال برای منطقه چهار در حدود ۱۶۱/۹ نفر در هکتار است. بیش‌ترین تعداد جمعیت در نواحی به‌ترتیب به ناحیه شش با جمعیتی بالغ بر ۱۷۳۵۹۰، ناحیه هفت با جمعیتی بالغ بر ۱۱۸۰۵۴ و درنهایت ناحیه سه و پنج با ۱۱۴۶۶۵ و ۱۱۴۰۱۳ در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

میانگین تراکم جمعیت در سال ۱۳۹۰ در سطح منطقه چهار ۱۶۱/۹ نفر در هکتار بوده است، بیش‌ترین تراکم جمعیتی در سطح منطقه چهار متعلق به ناحیه شش با تراکمی بالغ بر ۳۳۵/۷۱ نفر در هکتار است و نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای این ناحیه بر اساس این شاخص (جمعیتی) در هنگام مواجهه با خطر زلزله است. بعد از ناحیه شش، ناحیه پنج با تراکمی بالغ بر ۲۸۳/۶۱ در جایگاه بعدی پرتراکم‌ترین نواحی منطقه چهار شهر تهران را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل (۲) نقشه تراکم جمعیت در سطح منطقه چهار. مأخذ: مرکز آمار ایران، سرشماری ۱۳۹۰

کاربری‌های شهری منطقه در دو تقسیم‌بندی کلی در نظر گرفته است. ۱- کاربری‌هایی که فضای ساخته‌شده منطقه را تشکیل می‌دهند، ۲- کاربری‌هایی که فضای باز منطقه را تشکیل می‌دهند، به این صورت که کاربری‌های فضای باز شامل: معابر، زمین‌های بایر و ساخته نشده، مخروبه، فضای سبز و پارک‌های جنگلی در سطح منطقه است و سایر کاربری‌ها به‌عنوان فضای ساخته‌شده منطقه در نظر گرفته شده‌اند. مطابق جدول (۱)، تحلیل‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تراکم کاربری در بین نواحی نه‌گانه به ترتیب عبارت‌اند از: ناحیه سه با ۷۱/۴۵ تراکم، ناحیه چهار ۶۶/۹۸ تراکم، ناحیه شش ۶۵/۵۷ و ناحیه پنج ۶۴/۳۸ و همچنین کم‌ترین تراکم کاربری‌ها در منطقه عبارت‌اند از: ناحیه نه با ۳۱/۹۸ تراکم و ناحیه هفت با ۴۰/۶۱ تراکم؛ که از دلایل افت تراکم کاربری‌ها در این دو ناحیه می‌توان به غلبه فعالیت‌های صنعتی-کارگاهی و نیز وجود پهنه‌های وسیعی از پارک‌های جنگلی از جمله لویزان و سرخه‌حصار اشاره نمود.

جدول (۱) وضعیت تراکم کاربری در سطح نواحی نه‌گانه منطقه چهار

نسبت کاربری	نسبت کاربری معابر	نسبت کاربری فضای سبز و پارک جنگلی	نسبت کاربری سایر ^۱	نسبت کل فضای باز	نسبت کاربری	نواحی
۳۱.۳۷	۴.۳۶	۳.۶۵	۳۹.۳۸	۶۰.۶۲	۱	ناحیه ۱
۲۷.۱۹	۵.۱۲	۳.۹۹	۳۶.۳۰	۶۳.۶۹	۲	ناحیه ۲
۱۹.۷۲	۷.۳۶	۱.۴۷	۲۸.۵۵	۷۱.۴۵	۳	ناحیه ۳
۲۹.۴۰	۱.۴۳	۲.۱۹	۳۲.۰۲	۶۶.۹۸	۴	ناحیه ۴
۳۲.۲۸	۰.۹۲	۲.۴۲	۳۵.۶۲	۶۴.۳۸	۵	ناحیه ۵
۳۱.۳۹	۱.۳۰	۱.۷۴	۳۴.۴۳	۶۵.۵۷	۶	ناحیه ۶
۱۳.۵۹	۴۴.۶۴	۱.۱۶	۵۹.۳۹	۴۰.۶۱	۷	ناحیه ۷
۱۹.۶۸	۷.۹۲	۱۱.۰۴	۳۸.۶۴	۶۱.۳۶	۸	ناحیه ۸
۱۷.۰۲	۴۶.۶۵	۴.۵۵	۶۸.۰۲	۳۱.۹۸	۹	ناحیه ۹
۲۴.۶۲	۱۳.۵۱	۳.۵۷	۴۱.۴۸	۵۸.۵۱		کل منطقه

۸- کاربری سایر در این پژوهش شامل اراضی بایر، مخروبه، اراضی کشاورزی و باغی می‌باشد.

هم‌چنین بایستی اشاره نمود که نسبت کاربری معابر، فضای سبز و پارک جنگلی و کاربری سایر در سطح منطقه به ترتیب عبارت‌اند از: $۲۴/۶۲$ ، $۱۳/۵۱$ ، $۳/۵۷$. هم‌چنین تراکم کاربری در منطقه چهار که از میانگین مجموع تراکم کاربری، نواحی نه‌گانه به‌دست‌آمده است، برابر با $۸۵/۵۱$ درصد می‌باشد.



شکل (۳) نقشه کاربری اراضی منطقه ۴ تهران. مأخذ: شهرداری منطقه چهار، ۱۳۹۰ (ترسیم: نگارندگان)

بر اساس اطلاعات برگرفته از صدور تعداد پروانه‌های ساختمانی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ به تفکیک تعداد طبقات با تقسیم‌بندی به ۵ گروه صورت گرفته؛ نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد فراوانی صدور پروانه متعلق به گروه پنج طبقه و بیش‌تر بوده که تفاوت خیلی زیادی، با سایر گروه‌ها داشته است، به طوری که با مجموع ۵۹۳۹ پروانه صادر شده، $۹۶/۰۳$ درصد از صدور پروانه‌ها را به تنهایی به خود اختصاص داده است. پس از آن گروه چهار طبقه با مجموع ۱۱۵ پروانه صادر شده با تفاوتی فاحش در جایگاه دوم قرار گرفت است. بیش‌ترین تعداد پروانه در سال‌های اخیر متعلق به سال ۱۳۹۱ است که در این سال ۱۷۶۱ پروانه صادر شده است و تعداد پروانه‌های پنج طبقه و بیش‌تر در این سال ۱۷۰۳ پروانه است. در مجموع روند پنج‌ساله، پروانه‌های صادره یک طبقه ($۰/۶۳$)، پروانه‌های صادره دو طبقه ($۰/۶۲$)، پروانه‌های صادره سه طبقه ($۰/۷۲$ درصد)، پروانه‌های صادره چهار طبقه ($۱/۸۵$)

درصد) و در نهایت پروانه‌های صادره پنج طبقه و بیش‌تر (۹۶/۳ درصد) را از کل پروانه‌های صادره به‌خود اختصاص نموده‌اند. هم‌چنین بایستی اشاره نمود که مجموع پروانه‌های صادرشده، چهار طبقه، پنج طبقه و بیش‌تر در سطح منطقه چهار در این روند پنج‌ساله برابر با ۹۸/۲ درصد از مجموع پروانه‌های صادرشده می‌باشد.

جدول (۲) تعداد پروانه‌های صادرشده برحسب تعداد طبقات در سطح منطقه چهار (۱۳۸۹-۱۳۹۳)

سال	مجموع	یک طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	پنج طبقه و بیش‌تر	مجموع (۴ و ۵ طبقه)
۱۳۸۹	۱۰۱۶	۱۸	۸	۹	۳۵	۹۴۶	۹۴.۵
۱۳۹۰	۱۱۴۲	۱	۳	۸	۱۵	۱۱۱۵	۹۸.۹
۱۳۹۱	۱۷۶۱	۶	۹	۱۴	۲۹	۱۷۰۳	۹۸.۳
۱۳۹۲	۱۵۳۱	۷	۱۰	۱۰	۲۲	۱۴۸۲	۹۸.۱
۱۳۹۳ ^۱	۷۳۴	۷	۱۰	۴	۱۴	۶۹۳	۹۳.۳
مجموع	۶۱۸۴	۳۹	۴۰	۴۵	۱۱۵	۵۹۳۹	۹۸.۲

مأخذ: مرکز آمار ایران و محاسبات نگارندگان

هم‌چنین طبق جدول (۳) مشخص می‌شود که ناحیه پنج (محلّه تهران‌پارس غربی) با مجموع ۱۵۵۲ پروانه چهار طبقه، پنج طبقه و بیش‌تر رتبه نخست را در این زمینه در سطح منطقه دارا است. پس‌ازاین ناحیه نواحی دو و شش با مجموع ۸۲۲ و ۸۱۴ پروانه در جایگاه‌های بعدی قرارگرفته‌اند. هم‌چنین ناحیه هشت (محلّه حکیمیه) با ۸۹ پروانه چهار طبقه، پنج طبقه و بیش‌تر متعادل‌ترین شرایط را در سطح منطقه دارا است که از مهم‌ترین دلایل در این زمینه می‌توان به غلبه کاربری‌های صنعتی-کارگاهی و انبارداری بر سایر کاربری‌ها به‌ویژه کاربری مسکونی در سطح ناحیه و نیز به نوساز بودن ناحیه اکثر ساخت و سازها از سال ۱۳۸۰ صورت پذیرفته است.

۹- اطلاعات پروانه‌های ساختمانی فصل زمستان ۱۳۹۳ هنوز منتشر نشده است.

جدول (۳) وضعیت صدور پروانه‌های ساختمانی در نواحی نه‌گانه ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ (بر اساس تعداد طبقات)

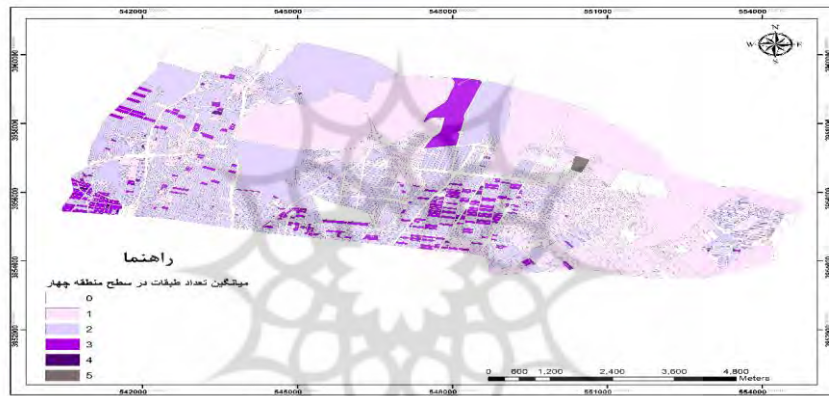
نواحی	چهار طبقه	پنج طبقه و بیشتر	مجموع (چهار طبقه و ۵ طبقه و بیشتر)
۱	۱۷	۴۶۸	۴۸۵
۲	۱۲	۸۱۰	۸۲۲
۳	۱۱	۶۰۵	۶۱۶
۴	۱۵	۷۵۰	۷۶۵
۵	۲۵	۱۵۲۷	۱۵۵۲
۶	۱۳	۸۰۱	۸۱۴
۷	۱۱	۴۱۵	۴۲۶
۸	۴	۸۵	۸۹
۹	۷	۴۷۸	۴۸۵
کل منطقه	۱۱۵	۵۹۳۹	۶۰۵۴

مأخذ: شهرداری منطقه ۴ شهر تهران

تحلیل‌ها نشان می‌دهد که ارتباطی بین وضعیت تراکم ارتفاعی در نواحی نه‌گانه و وضعیت عوارض بر مازاد تراکم و هم‌چنین صدور پروانه‌های چهار طبقه، پنج طبقه و بیش‌تر در سطح منطقه وجود ندارد. چنانچه در جداول فوق نشان داده شد؛ پروانه‌های صادرشده چهار طبقه، پنج طبقه و بالاتر، بیش‌ترین فراوانی را در مجموع پروانه‌های صادرشده به خود اختصاص داده‌اند و نکته مهم‌تر آن است که این پروانه‌های صادرشده با طبقات بالا اکثریت برای نواحی صادرشده است که به‌خودی‌خود، دارای تراکم ارتفاعی بالایی می‌باشند که بر این اساس درصد آسیب‌پذیری نواحی را افزایش داده است.

وجه تمایز تراکم بر مبنای منطق فازی با تراکم مرسوم این است که در تراکم بر مبنای منطق فازی، قبول یا رد کامل (منظور تراکم زیاد یا تراکم کم) مدنظر نیست و نخواهد بود و از این‌رو امکان ایجاد تراکم بینابین (تراکم خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و...) را در نظر می‌گیرد. ضمن این‌که نظام فازی، امکان درجه‌بندی تراکم را به هر یک از گروه‌ها (به‌عنوان مثال تراکم مفید، تراکم مجاز و ...) برای محقق فراهم می‌کند. در این پژوهش بر اساس

روش مجموع ساده وزنی^{۱۰}، امتیاز و رتبه نواحی در هر سه نوع تراکم محاسبه شده و پس از آن با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره، ارتباط آسیب‌پذیری با انواع تراکم مورد بررسی قرار گرفته است. روش مجموع ساده وزنی تقریباً همانند روش مجموع ساده وزنی است. با این تفاوت که از متغیرهای فازی و عملیات فازی در طول محاسبات استفاده می‌شود. در این روش در ابتدا حد بالا و حد پایین انواع تراکم شناسایی و دامنه فازی به شرح زیر محاسبه شده است:



شکل (۴) نقشه تراکم ارتفاعی در سطح منطقه چهار. مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰ (ترسیم: نگارندگان)

$$F = \frac{XMAX - XMIN}{10}$$

دامنه فازی تراکم ساختمانی	دامنه فازی تراکم کاربری	دامنه فازی تراکم جمعیتی
۱۴۶	۴	۳۰

پس از این مرحله برای تعیین درجه عضویت در بازه‌ی (بیش‌ترین تراکم ۱ تا کم‌ترین تراکم ۱۰) مقادیر محاسبه شده برای هر تراکم امتیازبندی شده و امتیاز هر نوع تراکم از ۱ تا ۱۰ تعیین می‌گردد. بر همین اساس می‌توان با توجه به امتیاز تراکم‌های مختلف رتبه نواحی

را بر اساس جدول (۴) نشان داده و پس از به‌دست آوردن امتیازات مربوطه، به‌عنوان معیاری برای آسیب‌پذیری می‌توان به تحلیل برای تراکم با آسیب‌پذیری پرداخت.

جدول (۴) کلی تراکم در نواحی نه‌گانه منطقه چهار بر اساس مدل فازی

رتبه تراکم	میانگین رتبه تراکم	رتبه انواع تراکم			نواحی
		ارتفاعی	کاربری	جمعیتی	
۶	۴.۹۶	۷.۳	۲.۷	۴.۹	ناحیه یک
۳	۳.۱۶	۵	۱.۹	۲.۶	ناحیه دو
۵	۴.۲۶	۶.۴	۱	۵.۴	ناحیه سه
۴	۳.۵۶	۵.۳	۱.۱	۴.۳	ناحیه چهار
۱	۱.۴۶	۱	۱.۷	۱.۷	ناحیه پنج
۲	۲.۴۸	۵.۰۵	۱.۴	۱	ناحیه شش
۷	۶.۴۳	۷.۷	۷.۷	۳.۹	ناحیه هفت
۸	۷.۴۶	۱۰	۲.۵	۹.۹	ناحیه هشت
۹	۸	۷.۳	۹.۸	۶.۹	ناحیه نه

مأخذ: محاسبات نگارندگان

جهت درجه‌بندی متغیر وابسته (آسیب‌پذیری مساکن) از مهم‌ترین سند فرادست در این حوزه در منطقه چهار طرح مطالعاتی جایکا (آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن) و مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ استفاده گردیده است. بر این اساس محقق با بهره‌گیری از این اطلاعات و اتخاذ میانگین درصد تلفات به درجه‌بندی آسیب‌پذیری نواحی نه‌گانه منطقه چهار شهر تهران پرداخته است. بایستی به این نکته نیز اشاره نمود که درجه‌بندی در بازه یک (آسیب‌پذیری زیاد) تا ده (آسیب‌پذیری کم) در نظر گرفته شده است. لذا درصد و شدت آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی مناطق ۲۲ گانه بر اساس چهار گسل عمده شهر تهران (شمال تهران، ری، مشاء و شناور) محاسبه شده است. میانگین درجه آسیب‌پذیری منطقه در ارتباط با گسل شمال تهران ۴/۹۱، درجه آسیب‌پذیری منطقه در ارتباط با گسل شمال مشاء ۶/۱۹، درجه آسیب‌پذیری منطقه در ارتباط با گسل ری ۷/۲۱ و در نهایت درجه آسیب‌پذیری منطقه در ارتباط با گسل شناور ۵/۳۵ است و مشخص می‌شود،

ساختمان‌های مسکونی منطقه به هنگام زلزله ناشی از گسل شمال تهران و تا حدودی گسل شناور آسیب‌پذیرتر بوده و در نهایت درصد تلفات افزایش پیدا می‌نماید.

جدول (۵) درجه آسیب‌پذیری نواحی منطقه در ارتباط با گسل شمال تهران

ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	میانگین
درجه	۳.۵۰	۳.۰۳	۴.۱۲	۵.۲۷	۵	۵.۱۵	۵.۳۵	۸.۶۵	۴.۱۵	۴.۹۱

جدول (۶) آسیب‌پذیری نواحی منطقه در ارتباط با گسل مشاء

ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	میانگین
درجه	۶.۲۸	۶.۳۹	۶.۸۲	۷.۱۲	۵.۲۳	۵.۴۰	۶.۱۰	۶.۸۵	۵.۶۰	۶.۱۹

جدول (۷) درجه آسیب‌پذیری نواحی منطقه در ارتباط با گسل ری

ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	میانگین
درجه	۶.۳۵	۶.۳۳	۶.۲۰	۵.۲۰	۵.۵۲	۵.۶۰	۶.۱۵	۷.۷۰	۶.۹۲	۷.۲۱

جدول (۸) درجه آسیب‌پذیری نواحی منطقه در ارتباط با گسل شناور

ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	میانگین
درجه	۳.۵	۳.۵	۶.۲۸	۶	۵.۵	۵.۵	۵.۸۰	۶.۶۰	۵.۵	۵.۳۵

در نهایت با ادغام درجه‌های داده‌شده به چهار نوع گسل در سطح هر ناحیه، رتبه نهایی هر ناحیه طبق جدول (۹) به‌دست‌آمده است؛ و مشخص گردید بیش‌ترین درجه آسیب‌پذیری متعلق به نواحی دو، یک، پنج و شش به‌ترتیب با درجه ۴.۴۸، ۴.۹۰، ۵.۳۰ و ۵.۴۱ است.

جدول (۹) درجه نهایی آسیب‌پذیری مسکن، نواحی نه‌گانه منطقه چهار

ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درجه آسیب‌پذیری	۴.۹۰	۴.۴۸	۵.۸۵	۵.۸۰	۵.۳۰	۵.۴۱	۵.۸۵	۷.۵۱	۵.۵۰

با استفاده از جدول (۱۰) مشخص می‌شود که همبستگی بین این دو متغیر (تراکم جمعیتی-مستقل و آسیب‌پذیری وابسته) ۰/۷۳۹ نزدیک به یک با سطح احتمال ۰/۰۲۶ است؛ که نشان‌دهنده ارتباط بسیار زیاد این دو متغیر با یکدیگر در سطح منطقه چهار شهر

تهران را نشان می‌دهد. به عبارتی با افزایش تراکم جمعیتی، آسیب‌پذیری مسکن هنگام مواجهه با خطر زلزله افزایش پیدا می‌کند.

جدول (۱۰) همبستگی میان آسیب‌پذیری و تراکم جمعیتی در منطقه چهار

تراکم جمعیتی	آسیب‌پذیری	شاخص
۰.۷۲۹	۱	آسیب‌پذیری (پیرسون)
۰.۲۶	-	سطح احتمال (2-tailed)
۱	۰.۷۲۹	تراکم جمعیتی
-	۰.۲۶	سطح احتمال (2-tailed)
۹	۹	حجم نمونه

با استفاده از جدول (۱۱) مشخص می‌شود که همبستگی بین این دو متغیر (تراکم ساختمانی - مستقل و آسیب‌پذیری وابسته) $0/581$ با سطح احتمال $0/011$ است؛ که نشان دهنده ارتباط نسبتاً قوی این دو متغیر با یکدیگر در منطقه چهار شهر تهران می‌باشد.

جدول (۱۱) همبستگی میان آسیب‌پذیری و تراکم ساختمانی در منطقه چهار

تراکم ساختمانی	آسیب‌پذیری	شاخص
۰.۵۸۱	۱	آسیب‌پذیری (پیرسون)
۰.۰۱۱	-	سطح احتمال (2-tailed)
۱	۰.۵۸۱	تراکم ساختمانی
-	۰.۰۱۱	سطح احتمال (2-tailed)
۹	۹	حجم نمونه

با استفاده از جدول (۱۲) مشخص می‌شود که همبستگی بین این دو متغیر (تراکم کاربری - مستقل و آسیب‌پذیری وابسته) $0/334$ با سطح احتمال $0/039$ است؛ که نشان‌دهنده ارتباط این دو متغیر با یکدیگر در سطح منطقه چهار شهر تهران را نشان می‌دهد؛ اما این همبستگی نسبت به دو تراکم فوق از شدت (میزان) کم‌تری برخوردار است.

جدول (۱۲) همبستگی میان آسیب‌پذیری و تراکم کاربری در منطقه چهار

شاخص	آسیب‌پذیری	تراکم کاربری
آسیب‌پذیری (پیرسون)	۱	۰.۲۳۴
سطح احتمال (2-tailed)	-	۰.۰۳۹
تراکم کاربری	۰.۲۳۴	۱
سطح احتمال (2-tailed)	۰.۰۳۹	-
حجم نمونه	۹	۹

در پژوهش حاضر برای انجام رگرسیون چند متغیره، از روش Enter استفاده شده است که در آن کلیه متغیرهای مستقل همزمان وارد تحلیل شده و اثرات کلیه متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته بررسی شده است. تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای تبیین متغیر وابسته (آسیب‌پذیری مسکن) به شرح زیر است.

جدول (۱۳) ضرایب آزمون تحلیل رگرسیون درباره عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری مسکن شهری، منطقه چهار

Model Sammuray		Anova		Coefficients		مدل
R(square)	R	Sig	F	Sig	Beta	
۰.۵۶۸	۰.۷۵۴	۰.۰۲۷	۲.۱۹۲	۰.۰۰۱	۰.۷۳۸	تراکم جمعیتی
-	-	-	-	۰.۰۰۰	۰.۱۶۵	تراکم کاربری
-	-	-	-	۰.۰۰۰	۰.۳۰۸	تراکم ساختمانی

جدول (۱۳)، نتایج رگرسیون درباره عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری مسکن شهری را نشان می‌دهد. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که ضرایب همبستگی چندگانه این سه متغیر مستقل با متغیر وابسته برابر با ۰/۷۵۴ است که از نظر شدت، یک همبستگی قوی است و بیانگر ارتباط مستقیمی بین این متغیرها با متغیر وابسته است. علاوه بر این، در حدود ۰/۵۶۸ از تغییرات آسیب‌پذیری مسکن توسط این سه متغیر تبیین شده‌اند. بر همین اساس لازم است، تحقیقات دیگری پیرامون متغیرهای مستقل دیگری که بر آسیب‌پذیری تأثیرگذار می‌باشند، توسط محققان دیگر صورت گیرد تا در نهایت از طریق هم‌پوشانی تمام متغیرهای تأثیرگذار آسیب‌پذیری منطقه به‌طور جامع صورت پذیرد. هم‌چنین سطح معناداری هر سه نوع تراکم کم‌تر از ۰/۰۵ و دارای تأثیری معنادار بر متغیر وابسته می‌باشند.

نتیجه‌گیری

منطقه چهار شهر تهران در دامنه لرزه‌خیزی ۴/۵ تا ۷/۵۰ قرار گرفته و عبارتی دارای لرزه‌خیزی متوسط در اکثر محدوده اما در برخی از نواحی دارای شرایط آسیب‌پذیری بالا مانند نواحی پنج و شش است. بر همین اساس در این پژوهش با استفاده از داده‌های خام گردآوری‌شده و انجام پردازش بر روی آن‌ها پیرامون تراکم‌های سه‌گانه و نیز روش مجموع ساده وزنی فازی (FSAW)، امتیاز و رتبه نهایی نواحی نه‌گانه، در هر سه نوع تراکم محاسبه گردید. بر این اساس ناحیه شش (رتبه تراکمی: ۱/۴۶)، ناحیه پنج (رتبه تراکمی: ۲/۴۸)، ناحیه دو (رتبه تراکمی: ۳/۱۶) و ناحیه چهار (رتبه تراکمی: ۳/۵۶) به ترتیب بالاترین میانگین رتبه تراکم را به خود اختصاص داده‌اند؛ و به عبارتی دیگر عمده تراکم‌های جمعیتی، کاربری و ارتفاعی در این نواحی است. بر همین اساس مشخص گردید که نواحی آسیب‌پذیر منطقه اکثراً در نواحی مرکزی (نواحی ۵ و ۶) منطقه چهارت مرکز دارند. ناحیه هفت (رتبه تراکمی: ۶/۴۳)، ناحیه هشت (رتبه تراکمی: ۷/۴۶) و ناحیه نه (رتبه تراکمی: ۸) در سطح منطقه چهار شهر تهران پایین‌ترین میانگین رتبه تراکمی را به خود اختصاص داده‌اند؛ که البته وجود فضای سبز و بالأخص وجود سطوح زیاد پارک‌های جنگلی در نواحی ۷ و ۹ و نیز غلبه فعالیت‌های صنعتی و کارگاهی از یک‌طرف و از طرفی دیگر وجود اراضی با ارتفاع بیش از ۱۸۰۰ متر در ناحیه ۸ (محل حکیمی) و محدودیت‌های ایجادشده از این طریق، نقش بارزی در پایین بودن تراکم این نواحی داشته است. هم‌چنین با استفاده از همبستگی و نیز رگرسیون خطی چند متغیر ارتباط آسیب‌پذیری با انواع تراکم موردبررسی قرار گرفت، همبستگی تراکم جمعیتی با آسیب‌پذیری ۰/۷۲۹، همبستگی تراکم ساختمانی با آسیب‌پذیری ۰/۵۸۱ و همبستگی تراکم کاربری با آسیب‌پذیری ۰/۲۳۴ و هم‌چنین ضرایب همبستگی چندگانه این سه متغیر مستقل با متغیر وابسته برابر با ۰/۷۵۴ است. بر همین اساس نتایج تحلیل نشان می‌دهد که میان سه متغیر تراکم جمعیتی، تراکم کاربری و تراکم ارتفاعی و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای ارتباط مستقیمی وجود دارد. به عبارت دیگر با افزایش هر یک از تراکم‌های یادشده، آسیب‌پذیری افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین ضریب رگرسیون تراکم‌های

سه‌گانه بیانگر این است که ضریب رگرسیون تراکم جمعیتی برابر با $۰/۷۳۸$ ، ضریب رگرسیون تراکم ساختمانی برابر با $۰/۳۰۸$ ، ضریب رگرسیون تراکم کاربری برابر با $۰/۱۶۵$ بوده است و مشخص شد که بیش‌ترین ضریب متعلق به تراکم جمعیتی در سطح نواحی نه‌گانه منطقه چهار شهر تهران است.



منابع

- آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا)، (۱۳۸۰)، «پروژه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ (گزارش نهایی)»، انتشارات مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ، تهران.
- آقائباتی، سیدعلی (۱۳۸۵)، «زمین‌شناسی ایران»، چاپ دوم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- حبیبی، کیومرث؛ عزتی، محمد؛ ترابی، کمال و بختیار عزت‌پناه (۱۳۹۵). «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل MIHWP (مطالعه موردی منطقه ۱۰ تبریز)»، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۷، انتشارات دانشگاه تبریز، صفحات ۱۱۸-۱۰۱.
- آقایاری هیر، محسن و کلثوم ذاکری میاب (۱۳۹۴). «ارزیابی ریسک مبتنی بر مخاطره و آسیب‌پذیری در نواحی روستایی»، مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مرند، نشریه علمی - جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۷، انتشارات دانشگاه تبریز، صفحات ۲۱-۱.
- درویش، محمدعلی (۱۳۶۸)، «زمین‌لرزه در سطح تهران بزرگ»، چاپ اول، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران.
- قائدرحمتی، صفر؛ باستانی‌فر، ایمان و لیلا سلطانی (۱۳۹۰)، «بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان با رویکرد فازی»، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴۱، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۱۰۷-۱۲۲.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۳-۱۳۸۹)، «اطلاعات پروانه‌های ساختمانی صادرشده توسط شهرداری‌های کشور سال ۱۳۸۹»، چاپ اول، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی مرکز آمار ایران، تهران.
- Faizian.M& Schalche, H.R. (2006), Consequence Assessment in Indicators , Federal Institute of Technology, ETH-Hönggerberg, PP. P202-222.
- Gulaty, B. (2006), Erthquake risk assessment of building applicability of hazus in dehradun , Unpublished MSc Thesis, ITC, the Netherland, P1-121.

- Karimzade, S. Miyajima, M. Hassan zadeh, R. Amirarsalanzadeh, R. Kamel, B. (2014), A GIS-based seismic hazard, building vulnerability and human loss assessment for the earthquake scenario in Tabriz *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 66, PP. 263-280.
- Lewis, D& Mioch, J. (2008) Urban vulnerability, good government , *Journal of Contingencies and Crisis Management*.
- Lootsma, F.A. (2005), **Fuzzy logic for planning and Decision Making** , Dordrecht Academic Publisher, PP. 1-198.
- Martinesi, A. Cifani, G. Cialone, G. Corozza, L. Petrucci, G. (2008), Building vulnerability Assessment and damage scenarios in celano(Italy) using a quick survey data-based methodology , *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 28, PP. 875-889.
- Xue, M.A. & Ryuzo, O. (2012), Examination of Vulnerability of Various Residential Areas in China for Earthquake Disaster Mitigation *Journal of Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 35, PP. 369-377.
- Zekai, S. (2010), Rapid visual earthquake hazard evaluation of existing buildings by fuzzy logic modeling *Journal of Expert Systems with Applications*, Vol. 37, PP. 5653-5660.