

دکتر علی عسگری  
پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس  
دکتر اکبر پرهیزکار  
دانشگاه تربیت مدرس  
محمودعلی قدیری  
دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس  
شماره مقاله: ۵۵۴

## کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری (کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری خطرات زلزله (با GIS): مطالعه موردی: منطقه ۱۷ تهران

### خلاصه

زلزله یکی از خطرات طبیعی است که در مدت زمان کوتاهی می‌تواند تلفات، خسارات و آسیب‌های بسیاری را ایجاد کند. غالباً تحقیقات به عمل آمده در رابطه با کاهش خسارات ناشی از زلزله حول محور روش‌های ساخت و ساز واحدهای ساختمانی جهت افزایش مقاومت بنا در برابر زلزله بوده است. در این مقاله اعتقاد بر این می‌باشد که با کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری به ویژه کاربری زمین شهری می‌توان از آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله کاست.

در این تحقیق به منظور بررسی رابطه بین کاربری زمین و آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطرات زلزله، بخشی از منطقه ۱۷ تهران شامل ۱۳ حوزه آماری انتخاب گردید و داده‌های مورد نیاز تهیه شد. سپس پایگاه اطلاعاتی لازم در محیط نرم‌افزاری Arcview تشکیل گردید. در ادامه به منظور تحلیل آسیب‌پذیری محدوده در برابر زلزله مدلی تهیه و با استفاده از آن آسیب‌پذیری محدوده در برابر زلزله از نظر کاربری زمین تحلیل شد. سپس راه‌های کاهش آسیب‌پذیری محدوده بررسی گردید و در نهایت طرحی پیشنهادی برای کاهش آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه ارائه شد. در نهایت با مقایسه آسیب‌پذیری وضع موجود و طرح پیشنهادی، این نتیجه حاصل شد که با استفاده از برنامه‌ریزی کاربری زمین و ایجاد تغییراتی در بافت موجود شهر می‌توان ساختار کالبدی شهری مناسبی فراهم آورد.

**واژه‌های کلیدی:** مناطق شهری، زلزله، برنامه‌ریزی شهری، کاربری زمین، کاهش آسیب‌پذیری،

تهران

## مقدمه

شواهد نشان می‌دهد که در سال ۱۹۵۰، در حدود ۱ نفر از هر ۴ نفری که در ۵۰ شهر بزرگ اول جهان زندگی می‌کردند، در برابر زلزله تهدید می‌شدند. در حالی که در سال ۲۰۰۰، حدود یک نفر از هر ۲ نفر در معرض خطر زلزله قرار داشتند. علاوه بر این، از بین مردمی که در سال ۱۹۵۰ در ۵۰ شهر بزرگ جهان زندگی می‌کردند و در برابر خطر زلزله قرار داشتند  $\frac{۲}{۳}$  آن‌ها در کشورهای در حال توسعه بودند در حالی که در سال ۲۰۰۰ حدود  $\frac{۹}{۱۰}$  جمعیت آسیب‌پذیر ساکن در ۵۰ شهر بزرگ جهان در کشورهای در حال توسعه بودند. چنین شواهدی نشان می‌دهد که تهدید زلزله در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند رو به افزایش، از مشکلات مهم کشورهای در حال توسعه می‌باشد. [۱]

امروزه معلوم شده که بهبود محیط کالبدی شهرها به بهبود وضعیت جامعه بستگی دارد [۲]. در واقع اگر بخواهیم انواع برنامه‌ریزی‌ها را با توجه به کیفیت زندگی مردم بررسی کنیم می‌توانیم به سه نوع برنامه‌ریزی عمده شامل برنامه‌ریزی فیزیکی، برنامه‌ریزی اجتماعی و برنامه‌ریزی اقتصادی اشاره کنیم. در شهرها روند اقتصادی، اجتماعی و محیطی به صورت روشنی در هم بافته شده‌اند. بنابراین برنامه‌ریزی فیزیکی باید به موازات برنامه‌ریزی‌های اجتماعی - اقتصادی انجام گیرد تا در همه زوایای جامعه شهری به نتایج مطلوب برسد. [۳]

یکی از مهمترین عوامل در کاهش ضایعات زلزله، وجود آمادگی قبلی یک جامعه برای برخورد با پدیده زلزله می‌باشد. آمادگی برای برخورد با زلزله جنبه‌های گوناگونی دارد و می‌توان با استفاده از تمهیدات برنامه‌ریزی، شهرها را به گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی کرد که به هنگام وقوع زلزله کمترین آسیب به آن‌ها وارد شود. تفاوت‌های عمده‌ای در دیدگاه‌هایی که برنامه‌ریزان نسبت به خطرات محیطی می‌توانند اتخاذ کنند وجود دارد [۴] که بعضی از آن‌ها می‌توانند با هم همراه شوند. رسی و دیت [۵] آن‌ها را به سه سیاست زیر رده‌بندی کرده‌اند:

- ۱- سیاست بازار<sup>۱</sup> که بر پایه اصل بازار آزاد است [۶]؛
- ۲- سیاست اضطرار و رفع بحران<sup>۲</sup> که بر مبنای این ایده است که تقریباً امکان شناخت و تسکین کامل ریسک وجود ندارد. بنابراین یک گزینه و سیاست مناسب برای اقدام فوری، تسکین و احیای

1- Market Policy

2- Emergency and Disaster Relief

مجدد در صورت وقوع حادثه باید فراهم شود [۷]؛

۳- سیاست کاهش<sup>۳</sup> که بر مبنای پذیرش مسئولیت و برنامه‌ریزی حکومتی برای کاهش ریسک خطرات طبیعی در حد امکان می‌باشد [۸]. در این سیاست معیارهای برنامه‌ریزی برای کاستن ریسک خطرات طبیعی به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

کدهای ساختمانی، برنامه‌ریزی کاربری زمین، اطلاعات عمومی و ابزارهای محرک<sup>۴</sup>.  
مطالعات نشان می‌دهد که علی‌رغم توسعه در همه جنبه‌های ابزارهای تسکین، پیشرفت‌های کمی در کاهش ریسک توسط این سیاست وجود دارد [۹].

هدف نهایی هر سیاستی، کاهش خطرات زلزله با ایجاد تغییراتی در ساختمان بناها یا تغییراتی در کاربری زمین (یا هر دو) می‌باشد. بطور کلی ابزار برنامه‌ریزی برای کاهش خطرات زلزله را می‌توان به دو سیاست سنتی و ۵ ابزار مهم طبقه‌بندی کرد: سیاست ساختمان بناها، سیاست کاربری زمین، و ابزار قانونی، مالی، اطلاعاتی، محرک و بیمه<sup>۵</sup> [۱۰].

با توجه به سیاست کاربری زمین می‌توان گفت که برنامه‌ریزی کاربری زمین ابزاری برای جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات در زمینه تناسب توسعه زمین‌های در معرض خطرات طبیعی است به طوری که محدودیت‌های نواحی مستعد خطر توسط شهروندان، سرمایه‌گذاران و سازمان‌های دولتی شناخته شود. در این زمینه ابزار متنوعی برای مدیریت توسعه وجود دارد. به طور مثال، مقررات منطقه‌بندی<sup>۶</sup> که فشار و تراکم توسعه را در نواحی خطرناک محدود می‌کند، مقررات تفکیک اراضی شهری<sup>۷</sup>، تحصیل نواحی خطرناک با ارزش‌های محیطی یا فضای باز، مکان‌یابی مجدد و در واقع تغییر مکان‌های توسعه‌ای موجود در معرض خطر، استانداردهای طراحی و مکانی زیرساخت‌ها<sup>۸</sup> و برنامه‌های اطلاعات عمومی<sup>۹</sup> که هشدار و آگاهی را نسبت به خطرات بالا می‌برد [۱۱].

تعیین مشخصات کالبدی (تیپ ساختمانی، ترکیب کالبدی قطعات و راه‌ها) و مشخصات عملکردی (نوع کاربری‌ها، تراکم جمعیتی) در هر یک از مقیاس‌های شهری با توجه به میزان آسیب‌پذیری و محدودیت‌های مکان طبیعی جهت افزایش امکانات گریز و پناه مردم (تیپ ساختمانی

3- Mitigation Policy

4- Building Codes, Land Use Planning, Public Information, Incentive Measures,

5- Building Construction Policy, Land Use Policy, Incentive

6- Zoning Regulation

7- Subdivision Regulation

8- Infrastructures

9- Public Information

مناسب، تراکم ساختمانی کم، استفاده از راه‌ها به عنوان فضاهای گریز و پناه و... از جمله روش‌های کاهش آسیب‌پذیری می‌باشند [۱۲]. هرگاه در تعیین کاربری زمین‌های شهری، همجواری‌ها رعایت شود و کاربری‌های ناسازگار در کنار یکدیگر نباشند، امکان تخلیه سریع فراهم می‌گردد [۱۳].

برنامه‌ریزی کاربری زمین در جوامعی که هنوز در حال رشد می‌باشند و دارای زمین‌های توسعه نیافته می‌باشند بسیار مفید است [۱۴]. اصل بر این است که هر زمینی با درجه مقاومت خود در مقابل خطر زلزله به صورت بهینه، متناسب است با یک دسته کاربری و هر دسته از کاربری‌ها به صورت بهینه برای رسیدن به ایمنی در مقابل زلزله باید در سایت‌هایی با درجه خطر متناسب خود قرار گیرند. برنامه‌ریز و طراح شهری نیاز دارد به اینکه بداند کدام اراضی در معرض خطر گسیختگی پوسته، روانگرایی و نیز شکستگی گسله‌های سطحی قرار دارند. تفاوت‌های لرزش زمین نیز بسیار مهم هستند چراکه باتوجه به آن‌ها محدودیت‌های کاربری زمین مشخص می‌شوند و این تفاوت‌ها دلیل منطقی برای تعیین اراضی هستند [۱۵].

در حقیقت برنامه‌ریزی شهری باید کاربری‌های شهری را به صورتی جانمائی و طراحی کند که این کاربری‌ها اولاً به صورت سکونتگاه‌های مقاوم در برابر زلزله عمل نمایند، ثانیاً شرایط لازم را برای اجرای هر چه بهتر طرح مدیریت بحران تسهیل کند. در واقع وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تأسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها در برابر زلزله دارند. عناصری مانند ساختار شهر، بافت شهر، فرم شهر، تراکم‌های شهری، شبکه‌های ارتباطی شهر و مکان‌گزینی عناصر شهری از جمله عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری می‌باشد [۱۶].

شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچکترین اجزای تشکیل‌دهنده شهر، بافت شهری را مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله مقاومت خاصی در برابر زلزله دارد [۱۷]. در ارزیابی و قطعه‌بندی اراضی، شکل هندسی قطعه، ابعاد و اندازه قطعه، تناسب طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت ملاک سنجش قرار می‌گیرد. مشخصات ساخت و ساز درون هر قطعه زمین، الگوی ترکیب فضاهای باز و بسته و نسبت سطح ساخته شده به فضای باز مهمترین ملاک کارآیی و سنجش خواهد بود. شبکه راه‌های فرعی نیز نقش مهمی در کارآیی بافت هنگام وقوع سوانح طبیعی دارند. در مسیرهای فرعی، الگوی راه، مشخصات فیزیکی آن شامل طول و عرض مطرح است. غیر از الگوی ترکیب قطعات در یک بافت شهری، الگوی همجواری ساخت و سازها و فضاهای

باز قطعات مجاور نیز از شاخص‌های دیگر در ارزیابی آسیب‌پذیری و قابلیت بافت شهری است. از دیگر شاخص‌های بخشی، قابلیت بافت، الگو و اندازه بلوک‌های شهری، الگوی ترکیب راه‌ها و بلوک‌های شهری، نحوه مجاورت قطعات تفکیکی با گذر، همجواری فضای باز و ساخته شده هر قطعه با گذر و نیز درجه محصوریت معابر می‌باشد. الگوی فضاها در کل سطح بافت بخش‌های مسکونی، عامل دیگری در افزایش کارآیی بافت هنگام سوانح طبیعی است [۱۸].

با توجه به موارد فوق در این تحقیق تحلیل رابطه کاربری زمین شهری با میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله به عنوان یکی از سیاست‌های کاهش آسیب‌پذیری مدنظر می‌باشد. به طوری که با تحلیل این رابطه و شناخت متغیرهای مؤثر در میزان آسیب‌پذیری به شکل مناسب‌تری بتوان روش‌های کاهش آسیب‌پذیری را بیان کرد.

بنابراین برای دستیابی به این هدف بخشی از منطقه ۱۷ تهران شامل ۱۳ حوزه آماری انتخاب شده و در ادامه مدلی جهت تحلیل آسیب‌پذیری پیشنهاد شده است. با استفاده از این مدل آسیب‌پذیری محدوده در برابر زلزله تحلیل شده و در نهایت با توجه به نتایج حاصل روش‌های کاهش آسیب‌پذیری بیان شده است.

### محدوده مورد مطالعه

با توجه به اینکه شهر تهران و حومه در معبر نوار زلزله خیز فعالی قرار گرفته است که دارای سوابق متعددی از زمین‌لرزه‌های مخرب در گذشته می‌باشد، باید پذیرفت که با توجه به زلزله‌خیز بودن این شهر و در نظر گرفتن کیفیت ساختمان‌ها بخصوص در بافت‌های کهن و ارگانیک و نیز سایر پارامترها از قبیل شبکه دسترسی و ساختمان‌ها، وقوع یک زلزله بزرگ در تهران بسیار مصیبت‌بار خواهد بود. به طور مثال بزرگی زلزله طبس (۱۹۷۸ میلادی) معادل ۷/۸ ریشتر بود که حدود ۲۵ هزار نفر تلفات را در برداشت [۱۹] که اگر چنین زلزله‌ای در تهران رخ دهد تلفات جانی آن صدها هزار نفر خواهد بود. بنابراین آسیب‌پذیری بالای این شهر نیازمند مطالعات کافی در این زمینه می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه بخشی از منطقه ۱۷ تهران شامل ۱۳ حوزه آماری می‌باشد و در بخش مرکزی منطقه ۱۷ قرار دارد. این حوزه‌ها در مجموع به ۱۵۰ بلوک مسکونی تقسیم می‌شوند. جمعیت کل این حوزه‌ها ۳۸۱۲۰ نفر با تراکم جمعیتی معادل ۴۶۵ نفر در هکتار می‌باشد. تعداد کل ساختمان‌های محدوده نیز ۴۸۴۳ واحد می‌باشد (نقشه ۱).

مکان جغرافیایی محدوده، بخش جنوبی شهر تهران می‌باشد جایی که پایین‌ترین لبه مخروط افکنه

بزرگ آبرفتی در اثر فرایندهای رسوبی شمالی-جنوبی رودهایی که از کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرند تشکیل شده است. ارتفاع توپوگرافی محدوده از ۱۱۲۰ متر تا ۱۱۱۰ متر بالای سطح دریا متغیر است و سطح زمین دارای شیب ملایمی از شمال به جنوب می‌باشد. زمین به طور عمده شامل خاک رس سخت حاوی ماسه نرم است. سطح آب زیرزمینی در این محدوده در عمق بیش از ۲۰ متر از سطح زمین است و باتوجه به آن و نهشته رسی سخت آن، استعداد روانگرایی در این محدوده بسیار پایین می‌باشد. بزرگترین جنبش لرزه‌ای زمین که می‌تواند در این محدوده اتفاق افتد ناشی از مدل گسل ری و مقدار این جنبش بیش از ۴۰۰ گال و شدت آن ۹ در مقیاس ریشتر می‌باشد (طرح ریز پهنه‌بندی زلزله تهران بزرگ، ۱۳۷۹).

این محدوده در نتیجه تمرکز جمعیت در تهران، از دهه ۱۳۴۰ توسعه یافته است. در این محدوده تعداد محدودی از ساختمان‌ها دارای بیش از پنج طبقه می‌باشند و تقریباً تمام ساختمان‌ها با کمتر از ۳ طبقه ساخته شده‌اند. محدوده مورد نظر به طور کلی دارای کاربری مسکونی می‌باشد. نقشه شماره ۲ کاربری زمین محدوده را نشان می‌دهد.

### مواد و روش‌های تحقیق

در این تحقیق آسیب‌پذیری بیشتر از جنبه کالبد شهری مطرح است و منظور آن است که تأثیرات زلزله بر روی فرم و عناصر شهری به گونه‌ای خواهد بود که کارآیی آن‌ها را مختل نموده و یا کاهش خواهد داد. به طور کلی داده‌های مورد نیاز شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- داده‌های فضایی شامل شبکه معابر محدوده به تفکیک عرض، واحدهای تفکیکی در مقیاس قطعات ملکی، انواع کاربری‌ها و به طور کلی نقشه رقوم و وضع موجود به تفکیک کاربری‌ها و شامل اطلاعات لازم از جمله مساحت قطعات، نوع کاربری و...

۲- داده‌های آماری و توصیفی شامل: نوع کاربری، تعداد طبقات، نوع سازه، ضریب اشغال، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، تعداد خانوار در واحد مسکونی، تعداد جمعیت هر واحد مسکونی، کاربری‌های خطرناک، عمر سازه‌ها (سال تأسیس بنا) و...

بنابراین تشکیل پایگاه اطلاعات جغرافیایی در برگرفته کلیه عوامل و داده‌های موردنیاز لازم می‌باشد که این امر در محیط نرم‌افزاری Arcview انجام شده است.

### نحوه تحلیل آسیب‌پذیری

برای بیان آسیب‌پذیری و تعیین اندازه و نوع آن نیاز به تهیه مدلی در این ارتباط بسیار محسوس

می‌باشد. در این تحقیق با توجه به سطح مطالعه و محدوده مورد مطالعه مدلی مناسب برای تحلیل آسیب پذیری تهیه شده که دربرگیرنده عوامل و پارامترهای مؤثر در آسیب پذیری است که با ترکیب آن‌ها می‌توان میزان آسیب پذیری را با توجه به کاربری زمین تعیین نمود. با توجه به خصوصیات محدوده مورد مطالعه و موضوع تحقیق، مدلی شامل هفت متغیر (فضاهای باز، تراکم جمعیتی، ضریب اشغال بنا و تراکم ساختمانی، عمر و نوع سازه بنا، مساحت قطعات، دسترسی، همجواری) برای بیان آسیب پذیری در برابر زلزله مورد توجه قرار گرفته است بیان ریاضی این مدل به شرح زیر می‌باشد:

$$f(K_1, K_2, \dots, K_7) = \text{آسیب پذیری}$$

$K_1, K_2, \dots, K_7$  عوامل مؤثر در آسیب پذیری می‌باشند. یعنی آسیب پذیری تابعی از متغیرهای  $K_1$  تا  $K_7$  می‌باشد. بنابراین در تحلیل محدوده مطالعاتی با استفاده از این مدل واحدهای مطالعاتی (قطعات تفکیکی) با توجه به شرایط محدوده و متغیرهای مورد نظر بین ۱ تا ۴ رتبه بندی می‌شوند. تعریف و نحوه اندازه گیری متغیرهای مدل به اختصار مورد بحث قرار گرفته است. قابل ذکر است که کلیه متغیرها با توجه به محدوده مورد مطالعه تعریف شده‌اند.

فضاهای باز عمومی ( $K_1$ )؛ شامل فضاهایی نظیر پارک‌ها، زمین‌های ورزشی و سایر فضاهای باز عمومی است که پتانسیل تجمع و پناه گیری را دارند. در واقع هرچه دسترسی به چنین کاربری‌هایی بیشتر باشد آسیب پذیری نیز کمتر می‌باشد. در اینجا با توجه به محدوده مورد مطالعه نحوه محاسبه آسیب پذیری ناشی از دسترسی به فضاهای باز به طرز زیر می‌باشد.

فاصله شعاعی کمتر از ۵۰ متر ← $K_1=1$	فاصله شعاعی بین ۵۰ تا ۱۵۰ متر ← $K_1=2$
فاصله شعاعی بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر ← $K_1=3$	فاصله شعاعی بالای ۳۰۰ متر ← $K_1=4$

قابل ذکر است که در کلیه متغیرها، رتبه ۱ بیانگر کمترین و رتبه ۴ بیانگر بیشترین میزان آسیب پذیری می‌باشد. آسیب پذیری ناشی از تراکم جمعیتی ( $K_2$ ) به طرز زیر انجام می‌شود:

آسیب پذیری کم	$K_2=1$	→	مساوی یا کمتر از ۴۰۰ نفر در هکتار
آسیب پذیری متوسط	$K_2=2$	→	۴۰۰-۵۰۰ نفر در هکتار
آسیب پذیری قابل توجه	$K_2=3$	→	۵۰۰-۶۰۰ نفر در هکتار
آسیب پذیری زیاد	$K_2=4$	→	مساوی یا بالای ۶۰۰ نفر در هکتار

محاسبه آسیب پذیری ناشی از ضریب اشغال بنا و تراکم ساختمانی ( $K_3$ ) نیز طبق جدول شماره ۱ انجام می‌شود:

جدول ۱ نحوه محاسبه آسیب پذیری بر اساس ضریب اشغال بنا و تراکم ساختمانی

تراکم ساختمانی / ضریب اشغال	۰-۶۰	۶۰-۱۰	۱۶۰-۱۰۰	۳۴۰-۱۶۰	بالای ۳۴۰
۰-۴۰	۱	۱	۲	۳	۳
۶۰-۴۰	۱	۱	۲	۳	۳
۷۰-۶۰	-	۱	۲	۳	۴
۸۰-۷۰	-	۲	۳	۴	۴
بالای ۸۰	-	۲	۳	۴	۴

این متغیر با توجه به ماتریس فوق در مدل به کار گرفته شده است. به طور مثال:

$$K_3=1 \text{ ضریب اشغال کمتر از } ۷۰ \text{ درصد و تراکم ساختمانی کمتر از } ۱۰۰ \text{ درصد}$$

در ادامه در تحلیل آسیب پذیری ناشی از عمر ساختمان‌ها و نوع سازه آن‌ها ( $K_4$ ) برای در نظر گرفتن عمر ساختمان‌ها از سال‌های انتشار آیین‌نامه‌های ساختمانی استفاده می‌شود و با ترکیب آن با نوع سازه نحوه تحلیل آن تعیین می‌شود. بنابراین محاسبه این متغیر که ترکیبی از عمر و نوع سازه بنا می‌باشد به شرح جدول شماره ۲ در زیر است:

جدول ۲ نحوه تحلیل آسیب پذیری ناشی از عمر ساختمان‌ها و نوع سازه آن‌ها

$K_4 -$	سال ساخت	نوع سازه
۱	بعد از ۶۷	اسکلت فولادی، بتون مسلح
	بعد از ۶۷	بنایی (آجر و آهن)
۲	۶۷ تا ۵۰	اسکلت فولادی، بتون مسلح
	۶۷ تا ۵۲	بنایی (آجر و آهن)
۳	۵۰ تا ۴۳	اسکلت فولادی، بتون مسلح
	قبل از ۵۲	بنایی
۴	قبل از ۴۳	اسکلت فولادی، بتون مسلح
	سال ساخت مهم نیست	سایر سازه‌ها (بجز اسکلت فولادی، بتون مسلح، بنایی (آجر و آهن))

مساحت قطعات تفکیکی در کوچکترین مقیاس آن که واحدهای مسکونی می‌باشد نیز عاملی در تعیین میزان آسیب پذیری می‌باشد به طوری که قطعات کوچکتر به علت خرد نمودن فضاهای باز و افزایش تراکم باعث افزایش میزان آسیب پذیری می‌گردد. ارزش گذاری این عامل به شرح زیر است:

$$S \leq 100 \rightarrow 4 \text{ آسیب پذیری زیاد}$$

$$K_5 \rightarrow \leq S \pi 200 \rightarrow 3 \text{ آسیب پذیری قابل توجه}$$



$$\begin{aligned} \pi S \pi 300 &\longrightarrow 2 && \text{آسیب‌پذیری متوسط} \\ S \geq 300 &\longrightarrow 1 && \text{آسیب‌پذیری کم} \end{aligned}$$

در اینجا S برابر با مساحت می باشد و عددهای فوق نیز بر حسب متر مربع می باشد. در تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از دسترسی از شاخص عرض معابر استفاده شده است به طوری که هرچه قدر معابر دارای عرض مناسب‌تری با توجه به سلسله مراتب عملکردهای شهری باشند آسیب‌پذیری نیز به همین میزان به خاطر دسترسی بهتر به نواحی آسیب‌پذیر کمتر می‌گردد. تحلیل این عامل با توجه به محدوده مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

- ۴  $\longrightarrow$  کاربری‌هایی که ورودی و خروجی آن‌ها به معابر با عرض کمتر از ۶ متر و بن بست می‌باشد.  
 ۳  $\longrightarrow$  کاربری‌هایی که ورودی و خروجی آن‌ها به معابر ۶-۹ متری می‌باشد.  
 ۲  $\longrightarrow$  کاربری‌های پیرامون معابر ۹-۱۴ متری  
 ۱  $\longrightarrow$  کاربری‌های پیرامون معابر با عرض بالای ۱۴ متر

در تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از همجواری و سازگاری و ناسازگاری کاربری‌ها نیز، کاربری‌ها از دو طریق آسیب‌رسانی فیزیکی و آسیب‌رسانی ناشی از ایجاد اختلال در عملکرد دیگر کاربری‌ها نظیر ایجاد ازدحام و شلوغی، باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری می‌شوند که در این قسمت نیز در تحلیل آسیب‌پذیری با توجه به نوع آن، بین ۱ تا ۴ رتبه‌بندی می‌گردد.

### وزن‌دهی به متغیرها و ارائه مدل پیشنهادی

برای تعیین وزن عوامل از روش دیدگاه کارشناسان استفاده شده و با تهیه پرسشنامه و نظرخواهی از کارشناسان مرتبط وزن این عوامل مشخص شدند. در واقع برای هر متغیر وزنی بین ۰ تا حداکثر ۱۰ در نظر گرفته شده است که میانگین نظرات کارشناسان، وزن هر متغیر را بین این دو یعنی ۰ تا ۱۰ قرار می‌دهد. بنابراین با توجه به توضیحات بیان شده در نهایت مدل پیشنهادی مورد استفاده در این تحقیق به شرح می‌باشد:

$$K_t = \sum_{i=1}^{i=7} A_i K_i$$

A = وزن عوامل (که از طریق تکمیل پرسشنامه و میانگیری از نظرات کارشناسان بدست آمده است)

K = عوامل به کار رفته در مدل

بنابراین با در نظر گرفتن وزن عوامل مدل فوق به شکل زیر ارائه می‌گردد:

$$Kt=5/9K_1+7/5K_2+7/4K_3+8/4K_4+5./K_5+5/4K_6+5/9K_7$$

## تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری

در این بخش ابتدا تحلیل آسیب پذیری به تفکیک هریک از متغیرها انجام شده و سپس با توجه به ترکیب عوامل آسیب پذیری محدوده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

در ابتدا وضعیت محدوده مورد مطالعه با توجه به هر یک از متغیرها بررسی شده که در اینجا برای تلخیص بیشتر مقاله، از بحث و توضیح بیشتر روی این قسمت خودداری شده و نتایج مربوط به تحلیل با توجه به کلیه عوامل مورد بررسی قرار گرفته است.

طبق الگوی پیشنهادی، حداقل مقدار عددی آسیب پذیری  $4/46$  و حداکثر آن  $6/185$  به دست می آید. این مقادیر در محدوده مورد مطالعه نیز به طور متوسط بین  $46$  تا  $9/167$  متغیر می باشد. بنابراین با قبول حداقل آسیب پذیری برابر با مقدار عددی  $4/46$  و حداکثر آن برابر با  $9/167$ ، مقدار عددی بالاترین میزان آسیب پذیری،  $5/121$  می باشد.  $(5/121 = 4/46 - 9/167)$

در ادامه چون آسیب پذیری به چهار گروه آسیب پذیری کم، متوسط، قابل توجه و زیاد تقسیم می گردد، برای تحلیل آن به شکل زیر عمل شد: (در واقع در محاسبه این مقادیر و دامنه ها با توجه به شرایط محدوده از گزینه Natural Breaks نرم افزار Arcview استفاده شده است)

- آسیب پذیری کم برابر است با  $39\%$  حداکثر آسیب پذیری  $8/93 = 4/46 + (39 \times 5/121)$

- آسیب پذیری متوسط برابر است با  $39$  تا  $4/59$  درصد حداکثر آسیب پذیری  $5/118 = 4/46 + (59 \times 5/121)$

- آسیب پذیری قابل توجه برابر است با  $7/59$  تا  $6/74$  درصد حداکثر آسیب پذیری  $9/136 = 4/46 + (74 \times 5/121)$

- آسیب پذیری زیاد برابر است با  $6/74$  تا  $100$  درصد حداکثر آسیب پذیری  $9/167 = 4/46 + 5/121$

بنابراین محدوده طبقات آسیب پذیری به شرح زیر خواهد بود:

آسیب پذیری کم = کمتر از  $8/93$  آسیب پذیری قابل توجه =  $5/118$  تا کمتر از  $9/136$

آسیب پذیری متوسط =  $8/93$  تا کمتر از  $5/118$  آسیب پذیری زیاد = مساوی یا بیش از  $9/136$

نقشه شماره ۳، نتیجه تحلیل را با توجه به کلیه عوامل (Kt) نشان می دهد. جدول زیر بیانگر

خصوصیات هر یک از نواحی فوق می باشد:

جدول ۳ نتیجه تحلیل آسیب پذیری با توجه به کلیه عوامل

متوسط مساحت قطعات	متوسط تراکم جمعیتی	متوسط طبقات	متوسط ضریب اشغال	قطعات		مساحت $m_2$		خانوار		جمعیت		$K_2$
				درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۲۶۳/۲۵	۳۹۴/۹۹	۲	۶۱/۸	۶/۴	۲۸۶	۱۵/۵	۷۲۹۹۱	۶/۷۱	۵۵۶	۷/۲	۲۷۲۱	آسیب پذیری کم
۱۲۲/۴۸	۴۴۰/۵	۲/۳	۷۳/۲۰	۲۲/۵	۱۰۰۳	۲۵/۶	۱۲۰۵۵۱	۲۲/۲۱	۱۸۵۱	۲۲	۸۳۹۸	آسیب پذیری متوسط
۴۹/۱۹	۵۰۸/۶۱	۲/۵	۷۴/۵۳	۳۴/۷	۱۵۵۲	۱/۳۱	۱۴۶۱۷۶	۳۴/۸۳	۲۸۹۶	۳۴/۸	۱۳۲۷۵	آسیب پذیری قابل توجه
۸۰/۵۵	۶۰۵/۶۵	۲/۴	۷۴/۰۵	۳۶/۴	۱۶۲۷	۲۷/۸	۱۳۱۰۶۲	۳۶/۲۵	۳۰۱۵	۳۶	۱۳۷۲۶	آسیب پذیری زیاد
-	-	-	-	-	۴۴۶۶	۱۰۰	۴۷۰۷۸۰	۱۰۰	۸۳۱۸	۱۰۰	۳۸۱۲۰	جمع

مطابق جدول فوق مشاهده می شود که حدود ۳۶ درصد جمعیت و مساحت محدوده در ناحیه با آسیب پذیری زیاد قرار دارد که متوسط ضریب اشغال، طبقات، تراکم جمعیت و مساحت قطعات در این محدوده (آسیب پذیری زیاد) به ترتیب ۷۴/۰۵ درصد، ۲/۴ طبقه، ۶۰۵/۶۵ نفر در هکتار و ۸۰/۵۵ مترمربع می باشد. جدول فوق این مقادیر را برای سایر محدوده های آسیب پذیری نیز دارد. همان طور که مشاهده می شود با افزایش آسیب پذیری از کم به زیاد، متوسط ضریب اشغال، متوسط طبقات و متوسط تراکم جمعیتی افزایش یافته و متوسط مساحت قطعات کاهش می یابد.

قسمت هایی که دارای حداکثر آسیب پذیری می باشند به طور متوسط از نظر کلیه عوامل دارای شرایط نامناسبی می باشند. در واقع تراکم بالای جمعیتی، ضریب اشغال بالا، کوچک بودن قطعات، معابر با عرض کم و بِن بست، عدم دسترسی به فضاهای باز مناسب، و عمر بالای ساختمان ها و مقاومت پایین سازه ها در برابر زلزله از ویژگی های این محدوده می باشد. در مقابل محدوده دارای آسیب پذیری کم دارای پایین ترین نسبت تراکم جمعیتی، بالاترین میزان دسترسی به فضاهای باز، ضریب اشغال پایین، تراکم ساختمانی پایین و از نظر دسترسی به معابر نیز دارای شرایط مناسب تری می باشد.

نکته ای که در اینجا مطرح می شود این است که چه روش هایی برای کاهش آسیب پذیری چنین نواحی که به بالاترین حد توسعه (البته توسعه غیر اصولی) رسیده است وجود دارد. در این زمینه با توجه به شرایط محدوده مورد مطالعه راهبردها و سناریوهایی را به شرح زیر می توان برشمرد.

- ۱- تجمع و بلندمرتبه سازی به منظور ایجاد شرایط کالبدی مناسب
- ۲- ساماندهی سلسله مراتب معابر و فضاهای باز شهری جهت کاهش آسیب پذیری

۳- جلوگیری از افزایش تراکم ساختمانی و جمعیتی محدوده و توزیع مناسب کاربری‌ها جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش دسترسی همراه با تخریب و بازسازی، مرمت و مقاوم‌سازی ساختمان‌های فرسوده و آسیب‌پذیر

بنابراین با توجه به وضع موجود محدوده و آسیب‌پذیری بالای آن از جنبه‌های مختلف در برابر زلزله، طرح پیشنهادی ترکیبی از سناریوهای بیان شده در بالا می‌باشد و اولویت‌هایی با توجه به ضرورت اقدامات فوری و کوتاه‌مدت، میان مدت و اقدامات اساسی و بلندمدت با تاکید بر سناریوی اول مطرح می‌گردد.

کاهش آسیب‌پذیری محدوده باید در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت مدنظر قرار گیرد به طوری که در کوتاه‌مدت باید معابر کم عرض و نامناسب اصلاح شود، کاربری‌های فرسوده و خطرناک ساماندهی گردد. در میان مدت باید ضمن تجمیع قسمت‌های فرسوده و بسیار فشرده محدود، نسبت به ایجاد فضاهای باز و مناسب اقدام شود و در بلند مدت ساختار کالبدی مناسبی برای محدوده پیش بینی گردد. بنابراین با توجه به شرایط موجود محدوده، پیش بینی ساختار کالبدی مناسب نظیر نقشه شماره ۴ در میان مدت و نقشه شماره ۵ و ۶ در بلند مدت منطقی به نظر می‌رسد.

همان طور که مشاهده می‌شود قسمت‌هایی از محدوده تجمیع شده و به صورت بلوک‌های مسکونی چند طبقه درآمده است. در این زمینه ساختمان‌های پیشنهادی با زیربنای ۴۰۰ و ۶۰۰ مترمربع و بین ۴ تا ۱۰ طبقه مورد نظر است. ضریب اشغال مورد نظر برای بلوک‌های مسکونی ۲۰ تا ۴۰ درصد سطح زمین و تراکم ساختمانی نیز تا سقف ۲۴۰ درصد با رعایت متوسط ۱۸۰ درصد مجاز می‌باشد. و اجازه افزایش تراکم جمعیتی داده نمی‌شود.

البته از طرفی هدف از ارائه چنین طرح‌هایی نباید مشخص کردن الگویی ثابت و ایستا برای آینده باشد بلکه بهتر است که به عنوان راهنمایی در امر توسعه و برنامه‌ریزی مورد توجه قرار گیرد و از طرف دیگر در نظر گرفتن شرایط اجتماعی و اقتصادی و همچنین نظرات و مشارکت مردم لازم و ضروری می‌باشد.

در نهایت، مقایسه آسیب‌پذیری وضع موجود (نقشه ۳) و آسیب‌پذیری طرح پیشنهادی (نقشه ۷) با توجه به مدل پیشنهادی نشان می‌دهد که در صورت توجه به سیاست کاربری زمین در کنار سایر سیاست‌ها می‌توان به ساختار مناسب و انعطاف‌پذیری در برابر خطرات طبیعی بویژه زلزله دست یافت.

البته این نکته قابل ذکر است که سیاست‌های کاربری زمین و در واقع برنامه‌ریزی کاربری زمین در نواحی مختلف تفاوت می‌کند و سیاست‌ها و اقدامات اتخاذ شده لازم است با توجه به شرایط محلی باشد.

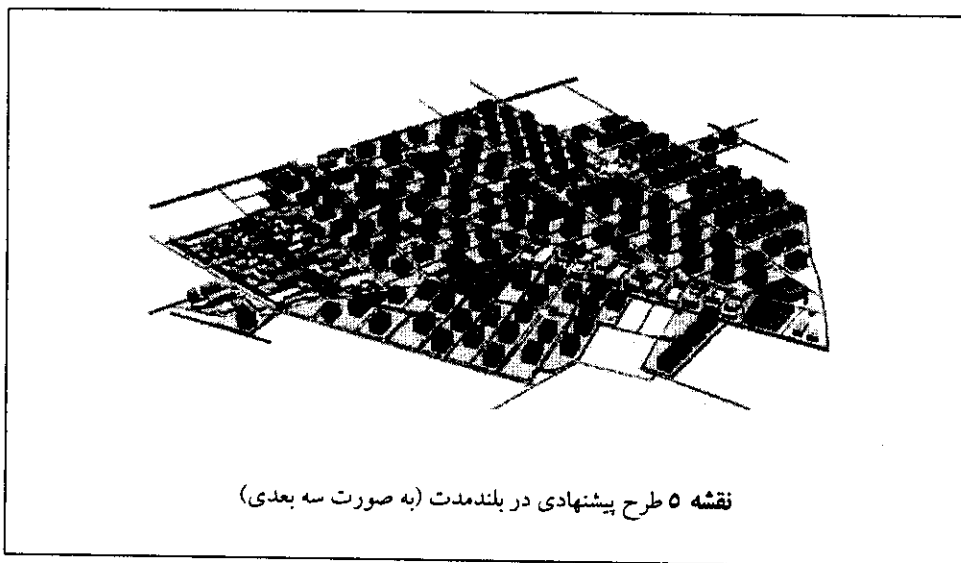
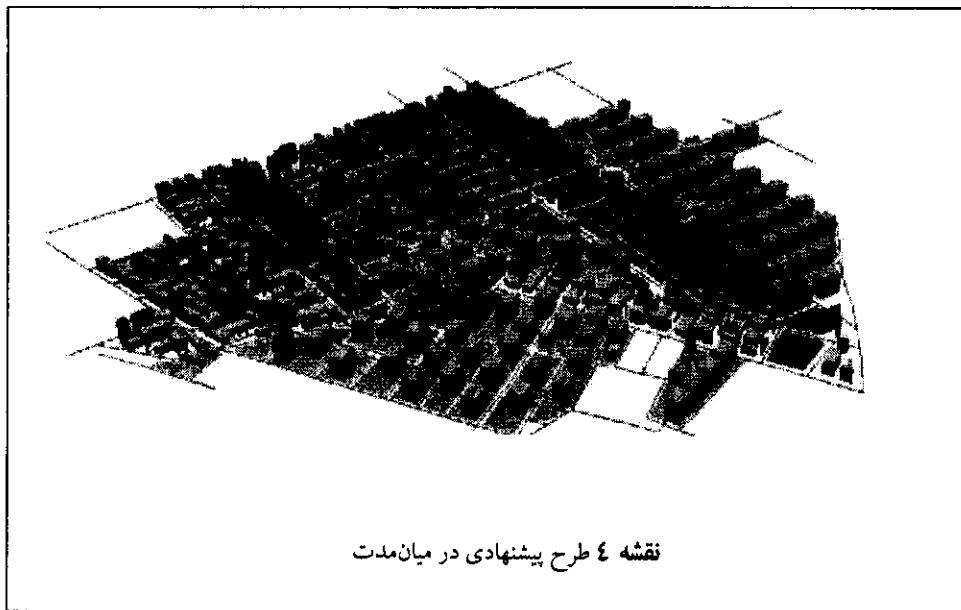


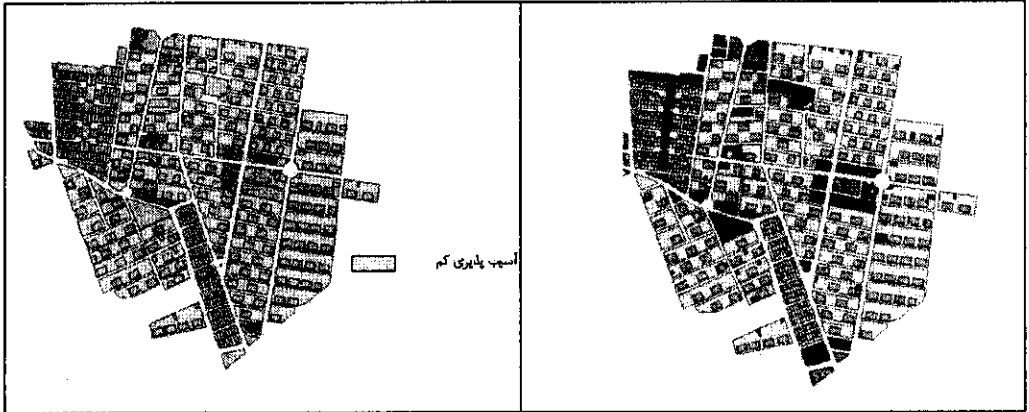
نقشه ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه

نقشه ۲ کاربری زمین محدوده مورد مطالعه



نقشه ۳ آسیب‌پذیری محدوده با توجه به ترکیب عوامل





نقشه ۷ آسیب پذیری طرح پیشنهادی

نقشه ۶ طرح پیشنهادی در بلندمدت (به صورت دو بعدی)

### پی نوشت ها

1- Tuckerr, 1994.

۳- شکویی، ۱۳۷۴.

۲- سعیدنیا، ۱۳۷۷.

4- Smith, 1995

5- Rossi and Date 1982

6- Low, 1991

7- Macleod et al, 1987

8- Camerer and Kunreuther, 1959

9- Asgari, 1997; Berke

and Beatly, 1992; Commer and Kunreuther, 1962

11- Burby, 2000

10- Asgari, 1994

۱۳- احمدی ۱۳۷۶.

۱۲- حمیدی، ۱۹۹۵.

14- Smith, 1996

۱۷- احمدی، ۱۳۷۲.

۱۶- عبداللهی، ۱۳۸۰.

۱۵- بحرینی، ۱۳۷۵.

۱۹- عادل، ۱۳۵۷.

۱۸- حمیدی، ۱۳۷۱.

### منابع و مآخذ

- ۱- احمدی، حسن، نقش شهرسازی در کاهش آسیب پذیری شهر، مسکن، زمستان ۱۳۷۶.
- ۲- بحرینی، سید حسن و همکاران، برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز (نمونه شهرهای لوشان، منجیل و رودبار)، چاپ اول، مرکز مقابله با انواع بلایای طبیعی ایران، بهار ۱۳۷۵.
- ۳- حبیب، فرح، نقش فرم شهر در به حداقل رساندن خطرات ناشی از زلزله، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، دفتر مطالعات برنامه ریزی شهر تهران، تهران، ۱۳۷۱.
- ۴- حمیدی، ملیحه، نقش برنامه ریزی و طراحی شهری در کاهش خطرات و مدیریت بحران، دومین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۵ تا ۱۷ می ۱۹۹۵، تهران.
- ۵- حمیدی، ملیحه، ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب پذیری مسکن از سوانح طبیعی، مجموعه مقالات

- سینار سیاست‌های توسعه مسکن در ایران، تهران، ۱۳۷۱.
- ۶- سعیدنیا، احمد، کتاب سبز، جلد دوم؛ کاربری زمین شهری، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، ۱۳۷۷.
- ۷- شکویی، حسین، دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری، سمت، چاپ دوم، زمستان ۱۳۷۴.
- ۸- عادل‌لی، حجت‌الله، چطور می‌توان تلفات و خسارات ناشی از زلزله را در شهرها کاهش داد، تهران، دهخدا، ۱۳۵۷.
- ۹- عبداللهی، مجید، مدیریت بحران در نواحی شهری، سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ اول، ۱۳۸۰.
- ۱۰- مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ، مطالعه ریز پهنه‌بندی زلزله تهران بزرگ، گزارش نهایی، ۱۳۸۰.

- 11- Asgari , Ali: limitation of planning For Reduction of earthquake Hazard , London, Mcgraw Hill,1994.
- 12- Asgari, Ali: Assessing the Benefits of planning measures to Reduce Risks: Case of Natural Hazards induced Risks.
- 13- Burby Raymond et al (2000), (Creating Hazard Resilient Communities through land use planning,natural Hazard Review, may 2000:99-106.
- 14- Camerer C.F., and Kunreuther H., (1989), Dicision Processes For Low Probablity Events: Policy Implication",Journal Policy Analysis and Management, 8(4), 564-592.
- 15- Chapin F.Stuart, Urban land use Planning, University of Illinios, 1970.
- 16- Godschalk, D.R., Kaiser, E,J., and Berke, P.R (1998). " Integrating Hazard Mitigation and local land Use planning" Modernizing state Planning Statutes: The Growing Smart Working Papers , Vol.2. PAS Report 480-481. PP. 57-81, American Planning Assosiation, Chicago, JI.
- 17- Japan Internatinal Cooperation Agency, Agency (JICA), The study on Seismic Microzoning, Of Gerater Tehran Area in the Islamic Republic Of Iran, Tehran Municipality , November 2000.
- 18- Macleod J.D, Scott, and Eeri M., (1987), Earthquake Safety: California's Comprehensive New Pogram, Earthquake Specta, 3(4) , 811-819.
- 19- Rossi P., and Date H., (1982) , " Natural Hazards and public Choic, The State and Local Policies Of Hazard Mitigation", Academic Press, New York.
- 20- Smith, Keith. 1996, Environmental Hazards, Second Edition, Routledge, London and New Yourk.
- 21- Tucker. B.E, (1994). "Some Remark Concerning Wordwide Urban Eearthquake Hazard And Eearthquake Hazard mitigation. Inssues in urban Eearthquake Risk, pp1-10.