



تبیین، تحلیل و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله

(مورد مطالعاتی: یک واحد همسایگی از محله گلستان شرقی در منطقه ۲۲ تهران)

فرشته اصلانی

دانشجوی دکتری عمران، مهندسی زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران. Fereshteh.aslani@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: بررسی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای و ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری از موضوعات مهم روز است. از این رو، این مقاله به تبیین، تحلیل و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در یک واحد همسایگی از محله گلستان شرقی واقع در منطقه ۲۲ تهران، به عنوان مورد مطالعاتی، می‌پردازد. بدین منظور، این مقاله با اهداف کاهش تلفات و خسارات در زلزله احتمالی، شناخت آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه، شناسایی نقاط امن و خطرناک محدوده مورد مطالعه و تهیه نقشه‌های شناسایی و تخلیه در محدوده مورد مطالعه تدوین شده است.

روش: روش به کار رفته در این پژوهش، روش توصیفی-تحلیلی از نوع پیمایشی می‌باشد. در ابتدا، نیاز به جمع‌آوری منابع اطلاعاتی مورد نیاز می‌باشد. برای جمع‌آوری داده‌ها از شیوه‌های مختلفی همانند مشاهده استفاده شده است. برای آسیب‌شناسی و آسیب‌نگاری نیز از نقشه‌های مربوطه، تصویربرداری و نقشه‌های GIS استفاده شده است. جهت دستیابی به راهکارها به منابع کتابخانه‌ای اعم از مقالات، کتب، گزارشات، اسناد مکتوب و سایت‌های الکترونیکی معتبر، مراجعه شده است.

یافته‌ها: راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای، به سه دسته راهکارهای سازه‌ای، غیرسازه‌ای و مدیریتی تقسیم می‌شوند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که علاوه بر اقدامات کاهش آسیب‌پذیری سازه‌ای و غیرسازه‌ای در واحد همسایگی، راهکارهای مدیریتی و نقش آموزش و آمادگی مردم در سوانحی مانند زلزله بسیار حیاتی است. همچنین، با بکارگیری روش‌های ساده و کارآمد می‌توان اجزای غیرسازه‌ای را در برابر خطرات ناشی از بروز سوانحی همانند زمین‌لرزه، مقاوم نمود.

نتیجه‌گیری: نصب آذیرهای هشدار حریق، کیسول‌های آتش‌نشانی، تابلوها و علائم تخلیه در مسیرهای عبوری، تابلوهای نشان‌دهنده مکان‌های امن و خطرناک، مقاوم‌سازی دیوارها و تیغه‌ها، مستحکم نمودن اتصالات در مبلمان شهری، کاهش سطوح شیشه‌ای در حد امکان در جداره‌های بنا و استفاده از لایه‌های پلاستیک و لمینیت برای جلوگیری از فروریزش و خرد شدن شیشه‌ها، در کنار توجه به راهکارهای مدیریتی، میزان صدمات و خسارات را در سطح واحد همسایگی به حداقل می‌رساند.

واژگان کلیدی: زلزله، کاهش آسیب‌پذیری، واحد همسایگی، تهران

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** اصلانی، فرشته (پاییز، ۱۳۹۷). تبیین، تحلیل و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله (مورد مطالعاتی: یک واحد همسایگی از محله گلستان شرقی در منطقه ۲۲ تهران). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. ۸ (۳)، ۲۴۱-۲۵۴.

Understanding, analyzing and reducing the vulnerability to earthquakes (Case Study of East Golestan Neighborhood Unit: Tehran District 22)

Fereshteh Aslani

PhD Student, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran. Fereshteh.aslani@gmail.com

ABSTRACT

Background & Objective: The study of seismic vulnerability and providing vulnerability reduction strategies are the important issues. Therefore, this paper deals with the study, analysis and strategies for reducing seismic vulnerability in a neighborhood from the eastern Golestan area in Tehran's 22nd district. For this purpose, this paper has been written with the aim of reducing losses in an earthquake, identifying the vulnerability of the case study, identifying the safe and dangerous points of the case study and providing identification and evacuation maps in the area.

Method: The method used in this research is a descriptive-analytical method of survey type. At first, to gather information resources is needed. Different methods such as observation have been used to collect data. Mapping, imaging and GIS maps have also been used. Library resources, including articles, books, reports, written documents, and valid electronic sites are used for finding the solutions.

Findings: Seismic vulnerability reduction strategies are divided into three categories: structural, non-structural, and managerial solutions. The results of the research show that in addition to the measures to reduce the structural and non-structural vulnerability in the neighborhood, management solutions and the role of education and readiness of people in a disaster like earthquake are very important. Also, using simple and efficient methods, non-structural components can be resilient to the disasters such as earthquakes.

Conclusion: Installation of fire alarm sirens, fire extinguishers, signs and evacuation marks in routes, signboards indicating safe and dangerous places, reinforcement of fittings in urban furniture, reduction of glass surfaces as far as possible in the walls of the building and the use of plastic and laminate layers to prevent it from falling and crushing the glasses, along with the attention to management solutions, the amount of damage at the level of the neighboring unit is minimized.

Key Words: Earthquake, Vulnerability Reduction, Neighborhood Unit, Tehran

► **Citation (APA 6th ed.):** Aslani F. (2018, Fall). Understanding, analyzing and reducing the vulnerability to earthquakes (Case Study of East Golestan Neighborhood Unit: Tehran District 22). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 8(3), 241-254.

مقدمه

با توجه به وقوع زلزله‌های متعدد ویرانگر، فلات ایران یکی از مناطق فعال از نظر لرزه‌خیزی به شمار می‌رود. ایران بخشی از کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا است. بنابراین مطالعه و بررسی آسیب‌پذیری مناطق مختلف ایران بخصوص زون البرز که زلزله‌های مخربی را تجربه کرده لازم و بدیهی به نظر می‌رسد. منطقه تهران هم در زون البرز واقع شده است که یکی از فعال‌ترین زون‌های ایران به شمار می‌رود.

زلزله، یکی از مخاطرات طبیعی بوده که در طول تاریخ زندگی بشر، همواره خسارات و تلفات گسترده‌ای را بر انسان تحمیل کرده و گاه حتی باعث نابودی تمدن‌ها شده است. در صد سال گذشته، بیش از هزار زلزله مخرب در هفتاد کشور جهان به وقوع پیوسته و جان صدها هزار نفر را گرفته و خسارات مادی بسیاری به بار آورده است. ۸۰ درصد از تلفات ناشی از این زلزله‌ها در ۶ کشور جهان بوده که متأسفانه ایران یکی از این ۶ کشور می‌باشد و از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده، ۱۷/۵ درصد آن مربوط به ایران بوده که این رقم حتی از کشورهای چین و ژاپن بیشتر بوده است.

از این رو، ایران از نظر وقوع زلزله، یکی از فعال‌ترین مناطق جهان است و هر از چند گاه زلزله‌ای مخرب و مصیبت‌بار با آسیب‌های جانی و مالی وسیع بوقوع می‌پیوندد که برای مثال می‌توان به زلزله‌های سلماس، درود، بوئین زهرا، طیس، رودبار- منجیل، بم و ورزقان و کرمانشاه اشاره نمود. شهرهای ایران در مواجهه با این مخاطره طبیعی، تاکنون آسیب‌های فراوان دیده‌اند. (بشیری، ۱۳۹۲) تهران به عنوان کلان‌شهر اول کشور و به عنوان پایتخت، نه تنها از این قاعده و بحران مستثنی نیست، بلکه با توجه به وجود گسل‌های متعدد، بافت‌های فرسوده، تراکم سازه‌ای، امکانات محدود امداد و نجات، ضعف سازه‌ای ساختمان‌ها، عرض کم معابر، جمعیت متراکم و عدم رعایت استانداردها و توسعه فیزیکی نامناسب، با خطر جدی مواجه است. (کریمی کردآبادی و نجفی ۱۳۹۴).

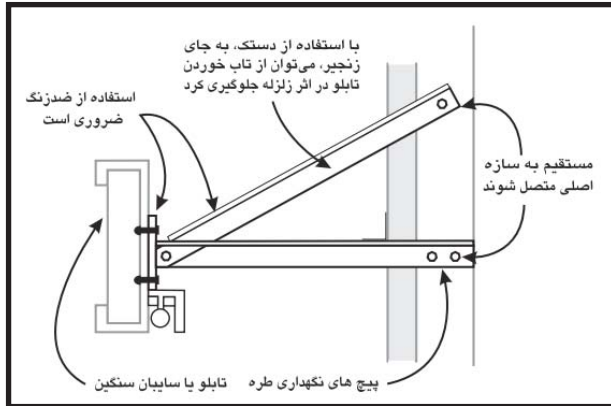
با توجه به مطالب عنوان شده، ضرورت پژوهشی پیرامون تبیین، تحلیل و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله،

بیش از پیش آشکار می‌شود که در این مقاله به صورت تفصیلی به آن پرداخته و نتایج تحلیل می‌شوند. بدین منظور، این مقاله با اهداف کاهش تلفات و خسارات در زلزله احتمالی، شناخت آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه، شناسایی نقاط امن و خطرناک محدوده مورد مطالعه، تهیه نقشه‌های شناسایی و تخلیه در محدوده مورد مطالعه تدوین شده است.

بیان مسئله

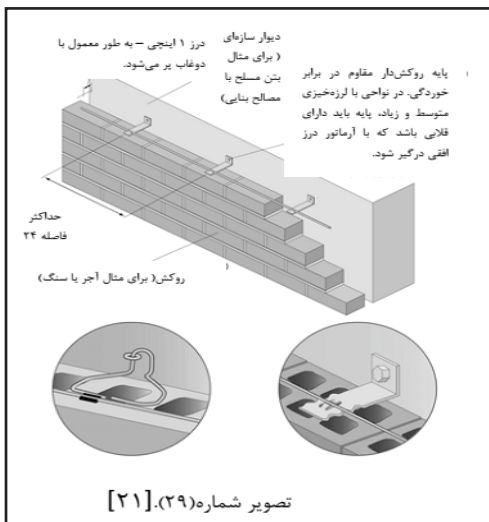
کشور ایران به علت موقعیت لرزه‌خیزی و قرارگیری آن بر روی کمربند زلزله در برابر این پدیده بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد. بسیاری از شهرهای مهم کشور از جمله تهران به عنوان پایتخت سیاسی- فرهنگی- اقتصادی، بر روی گسل‌های فعال قرار گرفته است که ضعف کلی کالبد شهر و عدم برنامه ریزی صحیح در این خصوص، تراکم جمعیت بالا و نحوه نامناسب پراکنش جمعیت در سطح محلات شهری در هنگام وقوع زلزله باعث افزایش خسارات جانی و مالی در آنها می‌گردد. فزونی ابنیه و مسکن ناپایدار عموماً در بافت‌هایی است که به دلیل مسائل و نارسایی‌های کالبدی، عملکردی، حرکتی، اجتماعی- اقتصادی و زیست محیطی، از وضعیتی نامطلوب برخوردار بوده و در برابر مخاطرات طبیعی به ویژه زلزله نایمن و آسیب‌پذیر است. آسیب‌پذیری بافت‌ها گرچه عمدتاً ناشی از ناپایداری ابنیه است، ولی نفوذناپذیری این بافت‌ها (بدلیل دسترسی نامناسب سواره) و فشردگی بافت که ناشی از ریز دانگی و کثرت قطعات کوچک است، نایمنی این بافت‌ها را به ویژه با بروز سوانح شدت می‌دهد. وضعیت لرزه‌خیزی و گسل‌های تهران، نشان‌دهنده ضرورت اهمیت موضوع کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله می‌باشد. لرزه‌خیزی تهران را می‌توان از دو دیدگاه تاریخی و دستگامی مورد ارزیابی قرار داد که مجموعاً بیانگر وضعیت لرزه‌خیزی گستره تهران می‌باشد. نظری به تاریخچه زلزله‌های تهران نشان می‌دهد که در فاصله چند قرن پیش از میلاد تا ابتدای قرن بیستم، شهر ری و پیرامون آن بارها بوسیله زلزله‌های شدید ویران شده است. گذشته از شهر ری، سایر مناطق اطراف تهران، مانند گرمسار، ایوانکی، غار، طالقان، قزوین، بوئین زهرا و دماوند نیز از زیان‌های زلزله‌ها به دور نمانده‌اند.

تصویر ۱، نقشه تراکم گسل‌های تهران را نشان می‌دهد که توسط نگارندگان در نرم‌افزار جی‌آی‌اس^۱ تهیه شده است. تصویر ۲ هم نقشه گسل‌ها و زلزله‌های تاریخی تهران را نشان می‌دهد. طبق تصویر ۲، گسل‌های اصلی تهران عبارت‌اند از: گسل مشاء (طول: حدود ۲۰۰ کیلومتر)، گسل شمال تهران (طول: حدود ۹۰ کیلومتر)، گسل جنوب ری (طول: حدود ۲۰ کیلومتر).

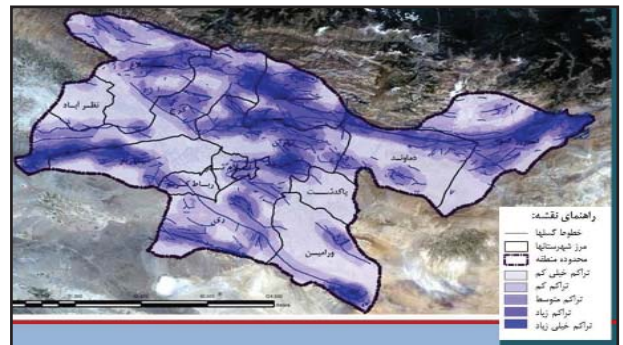


تصویر ۳: جزئیات مقاوم‌سازی تابلوها (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۱)

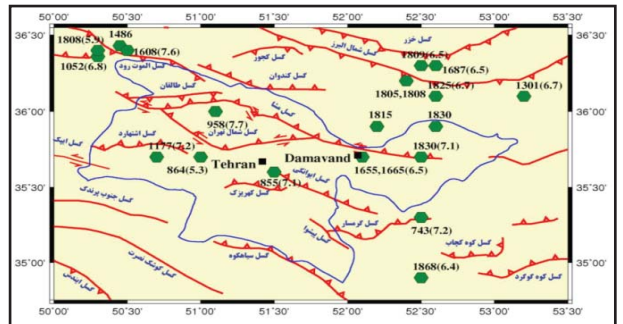
برای مهار شیشه‌ها می‌توان راه‌حلهایی از قبیل استفاده از شیشه‌های مقاوم و چندلایه با ورق محافظ، نصب فیلم‌ها و نوارهای محافظتی و همچنین لمینیت کردن استفاده نمود. (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲) مهار نمودن نمای ساختمان‌ها و جان‌پناه‌ها هم بسیار مهم است که مطابق تصاویر ۴ و ۵ می‌توان آنها را مهاربندی کرد. با بکارگیری روش‌های ساده و کارآمد می‌توان اجزای غیرسازه‌ای را در برابر خطرات ناشی از بروز سوانحی همانند زمین‌لرزه، مقاوم نمود. (فلاحی و جلالی، ۱۳۹۲)



تصویر ۴: روش مهار کردن نما (فیما، ۲۰۱۱)



تصویر ۱: نقشه تراکم گسل‌های تهران



تصویر ۲: نقشه گسل‌ها و زلزله‌های تاریخی و بزرگای آنها در تهران (امبرسیز و ملویل، ۱۳۷۰)

پیشینه پژوهش

پیرامون موضوع کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، تاکنون مطالعاتی توسط فیما و همچنین پژوهشگران داخلی و خارجی انجام شده است و بویژه، راهکارهایی در خصوص ثابت نمودن اجزای غیرسازه‌ای ارائه شده است. یکی از دلایل اصلی که می‌بایست به اجزای غیرسازه‌ای توجه شود، اثرات مستقیم و غیرمستقیمی است که توسط آنها در اثر زلزله پدید می‌آید. این اثرات به سه دسته آسیب‌های جانی، خسارات مالی و کاهش کارایی تقسیم می‌شوند.

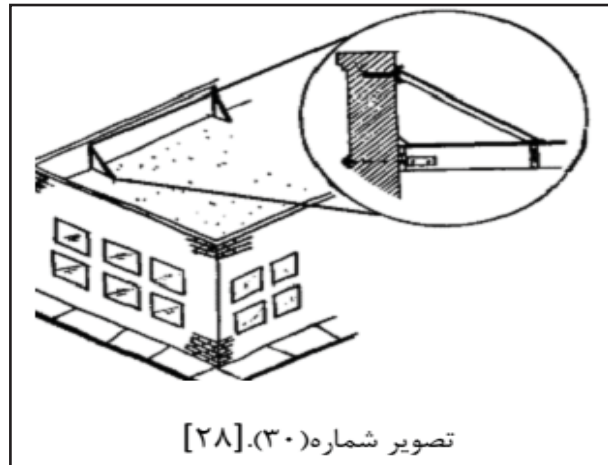
1. Arc GIS

۲. تاریخ وقوع رویدادهای تاریخی بر حسب میلادی و اعداد داخل پرانتز بزرگای رویدادها در مقیاس امواج سطحی MS بیان شده‌اند. زمین‌لرزه‌های تاریخی برگرفته از کتاب تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران (امبرسیز و ملویل، ۱۳۷۰) می‌باشند.

3. (NSM, 2003)

4. (FEMA, 2011)

بر اساس دیدگاه ترکیبی، آسیب پذیری مفهوم و پدیده‌ای صرفاً «فنی و زیستی- فیزیکی» یا «اجتماعی- اقتصادی» نیست، بلکه بطور همزمان، پدیده‌ای چندبعدی و فرایندی اجتماعی- اکولوژیک می‌باشد. لذا تحلیل آسیب پذیری باید جامع باشد و مطابق آن، ملاحظه مجموعه پیچیده‌ای از عوامل، تعاملات و فرایندهای ریشه‌دار در «تعامل جامعه و طبیعت» برای مطالعه و تبیین کامل آن و ارائه راه‌حل‌هایی همه‌جانبه و هماهنگ لازم و ضروری است. (قدیری، ۱۳۸۶: ۴)



تصویر ۵: روش مهار کردن جان پناه (فیما، ۲۰۰۴)^۱

روش پژوهش

آسیب فیزیکی و کالبدی شهر معمولاً در دوره بسیار کوتاه پس از وقوع زلزله نمود می‌یابد. اما آسیب اجتماعی- اقتصادی در دوره طولانی تری پس از وقوع زلزله نمود می‌یابد. میزان آسیب فیزیکی و کالبدی شهرها به عوامل کالبدی شهر که به صورت اشکال اندازه ها و الگوهای خاص عناصر و اجزا فرم شهری مانند ساختمان ها، قطعات زمین، شبکه راه ها، مراکز، کاربری زمین و زیر ساخت‌ها متبلور می‌شود، بستگی دارد.

سه مولفه اصلی آسیب پذیری عبارت‌اند از: (آدگر^۳، ۲۰۰۶)

- در معرض بودن (درجه‌ای که یک گروه انسانی یا اکوسیستمی با تنش‌ها یا تهدیدهای خاصی روبرو است)؛
- حساسیت (درجه‌ای که آن گروه انسانی یا اکوسیستم از تهدیدات پیش رو تاثیر پذیرفته و دچار اختلال یا آسیب می‌گردد)؛
- ظرفیت رسیدگی (توانایی و قابلیت آن گروه انسانی یا اکوسیستم برای پیشگیری، رسیدگی، واکنش و بهبود از آسیب احتمالی)

بر این اساس، اولین اقدام برای به کارگیری کاهش کامل خطر از طریق توجه به تمامی جنبه‌های محیط خطر زاست. این به معنای مطالعه دلیل پدید آمدن زلزله و تبعات طبیعی آن، تأثیر بر خاک، نتایج سازه ای این سانحه، هم از دیدگاه حیات انسانی و هم توسعه اقتصادی می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه:

محدوده مورد مطالعه، واقع در منطقه ۲۲ تهران می‌باشد (تصویر ۶). همچنین، واحد همسایگی مورد نظر، واقع در ناحیه ۱ و محله

روش به کار رفته در این پژوهش، روش توصیفی- تحلیلی از نوع مشاهده دقیق^۲ می‌باشد. در ابتدا، نیاز به جمع آوری منابع اطلاعاتی مورد نیاز می‌باشد. برای جمع آوری داده‌ها شیوه‌های مختلفی همانند حضور در محدوده مورد مطالعه، مشاهده، برداشت عکس، ترسیم کروکی و نقشه بکار گرفته شده است. برای آسیب شناسی و آسیب‌نگاری نیز از نقشه‌های مربوطه، تصویربرداری و نقشه‌های GIS استفاده شده است. جهت دستیابی به راهکارها به منابع کتابخانه‌ای اعم از مقالات، کتب، گزارشات، اسناد مکتوب و سایت‌های الکترونیکی معتبر، مراجعه شده است.

مبانی نظری

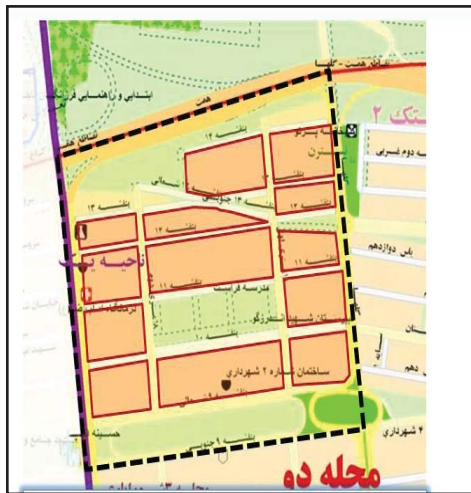
آسیب پذیری عبارت است از گرایش عناصر گوناگون به تخریب شدن در اثر وقوع سوانح. در تعریفی دیگر مجموعه ای از شرایط غالب و منتج از عوامل مختلف فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی که برخلاف توانایی پاسخگویی به سانحه عمل می‌کند را آسیب پذیری می‌نامند. آسیب پذیری، بر اساس مقیاس صفر تا یک بسته به شدت سانحه، به عنوان میزان خسارت مورد انتظار بیان می‌شود (به عبارتی هزینه تعمیر یا تعویض). آسیب پذیری می‌تواند فیزیکی، اجتماعی، یا اقتصادی باشد و می‌تواند به طور ابتدایی یا ثانوی باشد. استراتژی‌های کاهش آسیب پذیری، خطر را نیز کاهش می‌دهند. (فلاحی، ۱۳۸۸: ۸۱).

1. FEMA, 2004

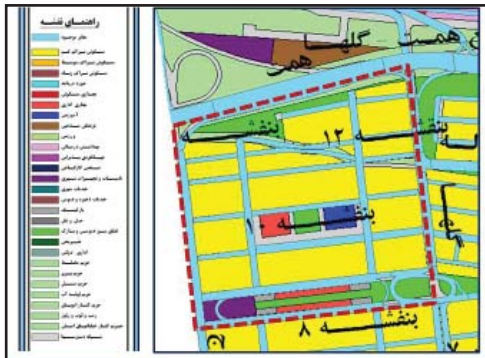
2. Careful Observation

3. Adger

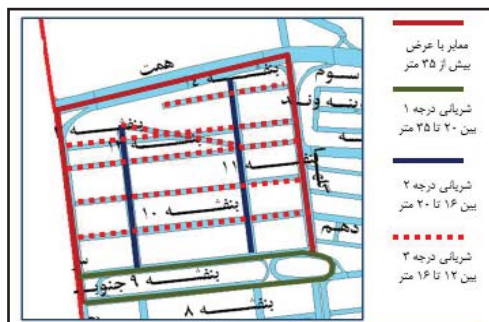
است. (تصویر ۹). طبق تعریف، بلوک شهری یا به اختصار بلوک کوچکترین جز شهر محسوب می‌شود که توسط خیابان‌های اطراف محصور شده باشد. بلوک شهری فضایی است که توسط ساختمان‌های شهر ایجاد شده است و ابتدایی‌ترین واحد بافت شهری محسوب می‌گردد. یک بلوک شهری می‌تواند مجموعه‌ای از یک یا تعدادی زمین یا ساختمان با مالکیت‌های مستقل باشد. بلوک شهری معمولاً جداره شهری یا فضای عمومی را تشکیل می‌دهد.



تصویر ۹: تعداد بلوک‌ها در محدوده مورد مطالعه: ۱۳ بلوک

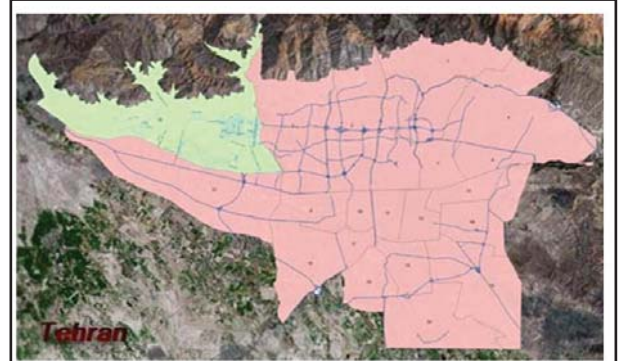


تصویر ۱۰: نقشه کاربری‌های محدوده مورد مطالعه

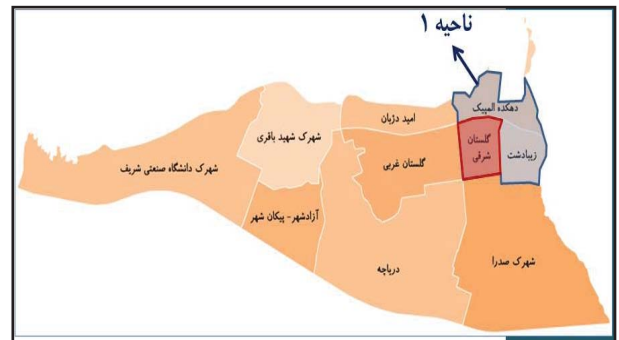


تصویر ۱۱: نقشه معابر و دسترسی‌های محدوده مورد مطالعه

گلستان شرقی است. (تصویر ۷). در تصویر ۸، موقعیت محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



تصویر ۶: موقعیت منطقه ۲۲ تهران (اسماعیلی، ۱۳۹۶)



تصویر ۷: محدوده مورد مطالعه واقع در ناحیه ۱، محلۀ گلستان شرقی

(نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

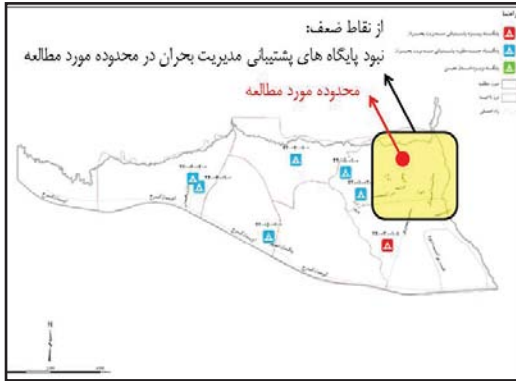


تصویر ۸: موقعیت محدوده مورد مطالعه

شناخت وضع موجود:

واحد همسایگی مورد مطالعه، از ۱۳ بلوک شهری^۱ تشکیل شده

1. City Block

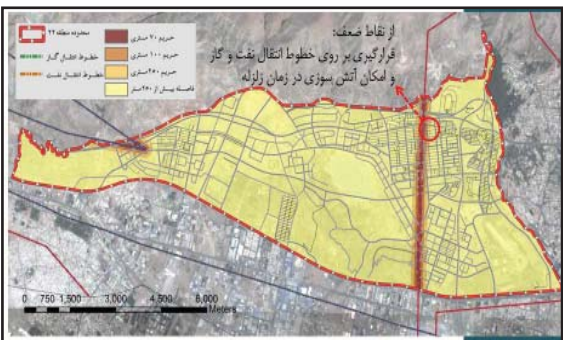


تصویر ۱۳: نبود پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در محدوده مطالعاتی (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

طبق تصویر ۱۵، نزدیکی به دامنه‌های ناپایدار و امکان زمین‌لغزش و سنگ‌ریزش در زلزله، یکی دیگر از نقاط ضعف محدوده مورد نظر می‌باشد. وجود تقارن معکوس در بعضی از ساختمان‌ها (تصویر ۱۶)، همچنین طراحی معماری نامناسب و عدم استفاده بهینه از فضا (تصویر ۱۸) از دیگر عوامل افزایش آسیب‌پذیری در برابر زلزله هستند. از دیگر نقاط ضعف واحد همسایگی مورد مطالعه، آسیب‌پذیری برخی سیم‌ها و کابل‌های برق است که در تصویر ۱۷ مشخص شده است.



تصویر ۱۴: قرارگیری محدوده بر روی خطوط انتقال نفت و گاز (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)



تصویر ۱۵: نزدیکی محدوده به دامنه‌های ناپایدار (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

طبق تصویر ۱۰ که نقشه کاربری‌های محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که کاربری غالب محدوده، عمدتاً کاربری مسکونی می‌باشد که با رنگ زرد مشخص شده است. از نظر شبکه معابر، منطقه ۲۲ در سطح تهران و فرا شهری قابلیت دسترسی بی نظیری دارد. دسترسی‌های مهم منطقه، آزاد راه تهران-کرج و بزرگراه تهران-شمال می‌باشد که آزادراه در حال احداث تهران-شمال به عنوان شریان اصلی شمال به جنوب کشور، مسیر اصلی رفت و آمد است. در تصویر ۱۱، نقشه معابر و دسترسی‌های محدوده مورد مطالعه نشان داده شده که شامل معابر با عرض بیش از ۳۵ متر، بین ۲۰ تا ۳۵ متر و بین ۱۲ تا ۲۰ متر می‌باشد. همچنین تصویر ۱۰، فضاهای سبز محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. فضاهای سبز، از نقاط امن محدوده و از منابع مدیریت بحران محسوب می‌شود که در شرایط پس از سانحه، می‌تواند به عنوان فضاهای تخلیه و اسکان اضطراری در نظر گرفته شود.

نقاط ضعف محدوده مورد مطالعه:

در این قسمت از مقاله، به نقاط ضعف و نقاط خطرناک محدوده مورد مطالعه اشاره می‌شود. یکی از نقاط ضعف، قرار گرفتن محدوده بر روی گسل فرعی می‌باشد (تصویر ۱۲). مورد دیگر، نبود پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در محدوده مطالعاتی است (تصویر ۱۳). همچنین طبق تصویر ۱۴، مشاهده می‌شود که محدوده مورد نظر بر روی خطوط انتقال نفت و گاز واقع شده که امکان انفجار و آتش‌سوزی را در هنگام زلزله احتمالی تشدید می‌کند.



تصویر ۱۲: قرار گرفتن محدوده مطالعاتی بر روی گسل فرعی (اسماعیلی، ۱۳۹۶)

فلش‌ها، اشیای معلق را نشان می‌دهند که امکان سقوط در زلزله را دارند؛ بدین منظور می‌بایست به‌گونه مناسبی مهار شوند. اجزای غیرسازه‌ای نقشی اساسی در هنگام وقوع زلزله ایفا می‌کنند. سرمایه‌گذاری در بخش اجزای غیرسازه‌ای در زمان ساخت، بیش از اجزای سازه‌ای می‌باشد و در حدود ۶۰٪ از هزینه‌های ساخت را دربرمی‌گیرد. (ویتاکر و سونگ، ۲۰۰۳)^۲



تصویر ۱۹: وجود اشیای معلق و امکان سقوط در زلزله



تصویر ۲۰: امکان سقوط برخی از اجزای غیرسازه‌ای



تصویر ۲۱: امکان سقوط اجزای نمای ساختمان در زلزله

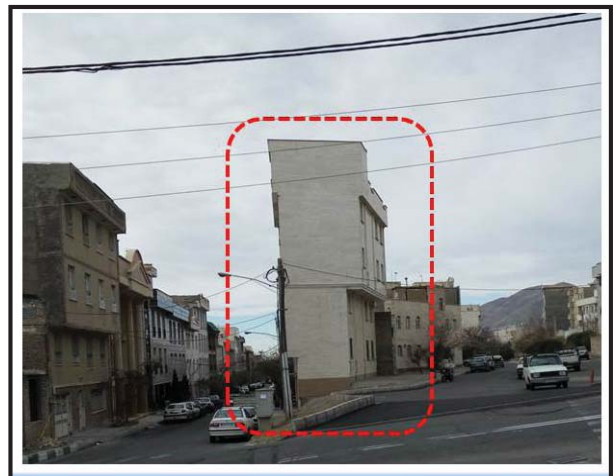
تصویر ۲۰، امکان سقوط برخی از اجزای غیرسازه‌ای مهار



تصویر ۱۶: وجود تقارن معکوس در بعضی از ساختمان‌ها



تصویر ۱۷: آسیب‌پذیری برخی سیم‌ها و کابل‌های برق



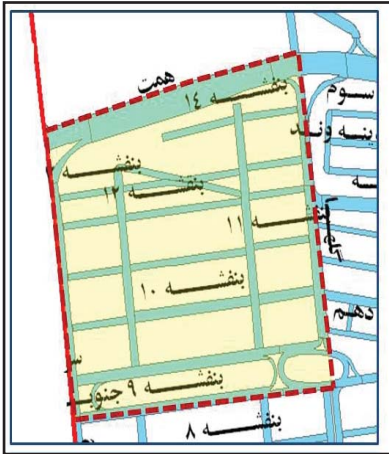
تصویر ۱۸: طراحی معماری نامناسب، افزایش آسیب‌پذیری و عدم استفاده بهینه از فضا

اجزای غیرسازه‌ای، شامل بخش‌هایی از ساختمان، به‌غیر از اجزای سازه‌ای (تیر، ستون، اسکلت و غیره) می‌باشد. از اجزای غیرسازه‌ای رایج می‌توان به شیشه‌ها، سقف‌های کاذب، قفسه‌ها، مبلمان و تجهیزات اشاره کرد. (فیما، ۲۰۰۵)^۱ در تصویر ۱۹،

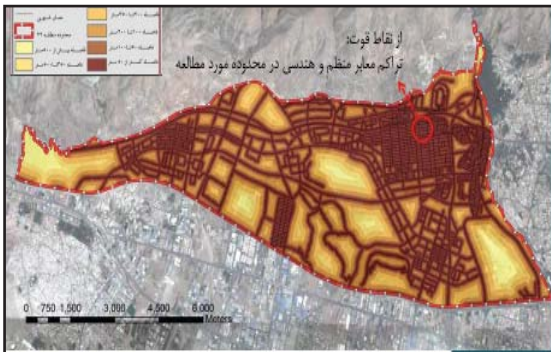
2. (Whittaker & Soong, 2003)

1. (FEMA, 2005)

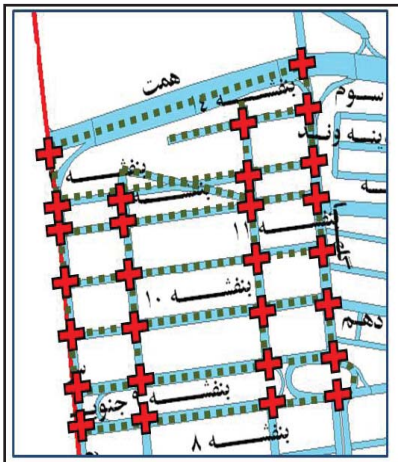
(۲۷)، نسبت عرض به ارتفاع مناسب معابر (تصویر ۲۹) و وجود تقاطع‌های کافی (تصویر ۲۶). سه الگوی اصلی راه‌ها، شبکه‌ای، شعاعی و بی‌قاعده می‌باشد. واحد همسایگی مورد نظر از الگوی شبکه‌ای پیروی می‌کند که نسبت به دو الگوی دیگر، در برابر زلزله مناسب‌تر است. (تصویر ۲۴). (امینی حسینی، ۱۳۹۵)



تصویر ۲۴: نقشه معابر و دسترسی‌ها، فرم Grid



تصویر ۲۵: وجود معابر منظم و هندسی در محدوده مطالعاتی (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

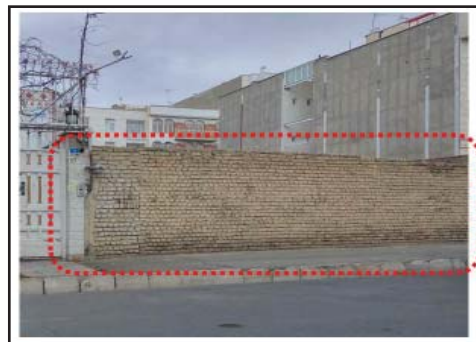


تصویر ۲۶: وجود تقاطع‌های متعدد در محدوده مورد مطالعه

نشده در زلزله را نشان می‌دهد. همچنین امکان سقوط اجزای نما در تصویر ۲۱ نشان داده شده است. مورد دیگر امکان ریزش جان‌پناه‌ها، تراس‌ها و سایر بیرون‌زدگی‌های ساختمان در زلزله است. (تصویر ۲۲). بعضی از دیوارها هم مطابق تصویر ۲۳ به خوبی مهار نشده‌اند و امکان ریزش دارند. نقطه ضعف دیگر، امکان خردشدگی و ریزش شیشه‌ها در زلزله است. وجود منبع آب و دسترسی به آب بلافاصله بعد از زلزله در واحد همسایگی مورد نظر، یک نقطه قوت محسوب می‌شود. مورد دیگر، نزدیکی به دامنه‌های ناپایدار و امکان زمین‌لغزش در زلزله احتمالی است که نقطه ضعف محسوب می‌شود.



تصویر ۲۲: امکان ریزش جان‌پناه‌ها، تراس‌ها و سایر بیرون‌زدگی‌های ساختمان در زلزله



تصویر ۲۳: امکان ریزش بعضی از دیوارها در زلزله

نقاط قوت محدوده مورد مطالعه:

نقاط قوت در حوزه معابر، دسترسی‌ها و تقاطع‌ها در واحد همسایگی مورد نظر عبارت‌اند از: پیروی از فرم شبکه‌ای^۱ در شبکه معابر (تصویر ۲۵)، نبود معابر باریک (عریض بودن کلیه معابر) (تصویر

1. grid

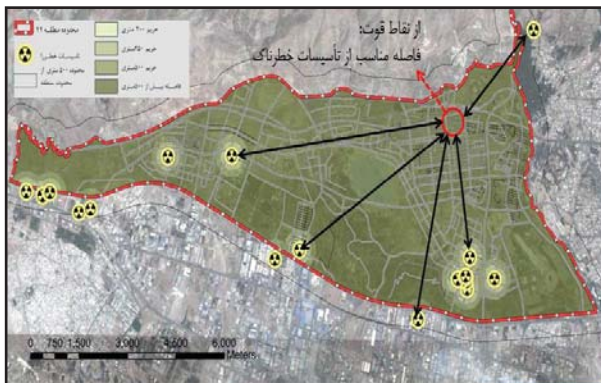


تصویر ۲۹: نسبت عرض به ارتفاع مناسب معابر



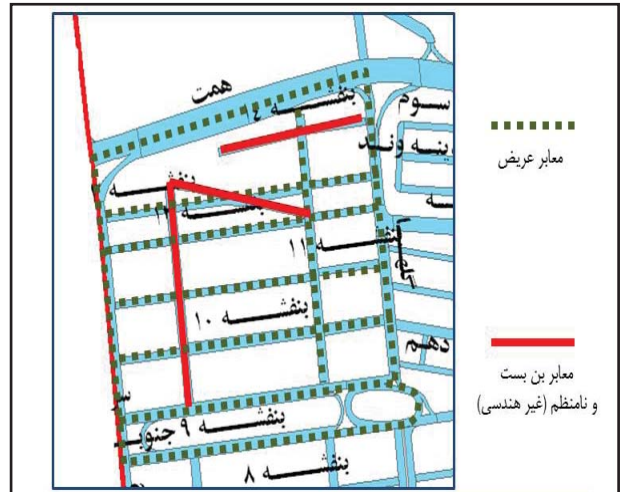
تصویر ۳۰: وجود خیابان‌های عریض

قابل ذکر است که بیش از ۹۰٪ معابر واحد همسایگی، عریض هستند که یکی از نقاط قوت محسوب می‌شود (تصویر ۳۰). از نظر تراکم، تراکم نسبتاً پایین جمعیت در محدوده مطالعاتی، با توجه به وجود ساختمان‌های یکی دو طبقه ویلایی مشهود است. طبق بررسی‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران، تراکم جمعیتی محدوده، بین ۱۰ تا ۵۰ نفر در هکتار است که نشان از تراکم نسبتاً پایین جمعیت است.



تصویر ۳۱: فاصله مناسب محدوده از تأسیسات خطرناک (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

هرچه تعداد تقاطع‌ها در یک محدوده بیشتر باشد، آسیب‌پذیری آن در برابر زلزله کمتر است چون اگر راهی مسدود شود، امکان دسترسی از معابر دیگر وجود دارد. تصویر ۲۶، وجود تقاطع‌های متعدد در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد که یکی از نقاط قوت است. در تصویر ۲۷، معابر عریض با نقطه‌چین و معابر بن‌بست با خطوط پر قرمز رنگ مشخص شده است. خطوط نقطه‌چین، نقاط قوت و خطوط پر، نقاط ضعف محدوده هستند.



تصویر ۲۷: وضعیت معابر عریض و معابر بن‌بست در محدوده مورد مطالعه



تصویر ۲۸: وجود برخی پیاده‌روهای عریض

نسبت عرض به ارتفاع معبر، نشان‌دهنده وضعیت تناسب معبر و تعیین‌کننده ضریب خطر خواهد بود. اگر نسبت عرض به ارتفاع معبر، کمتر از ۰/۵ باشد، ضریب خطر، بیشینه و اگر این نسبت بیشتر از ۲ باشد، ضریب خطر، کمینه خواهد بود. (امینی حسینی، ۱۳۹۵). این نسبت در معابر واحد همسایگی مورد مطالعه بین ۱ تا ۲ ارزیابی می‌شود که آسیب‌پذیری را به حداقل می‌رساند. (تصویر ۲۹)

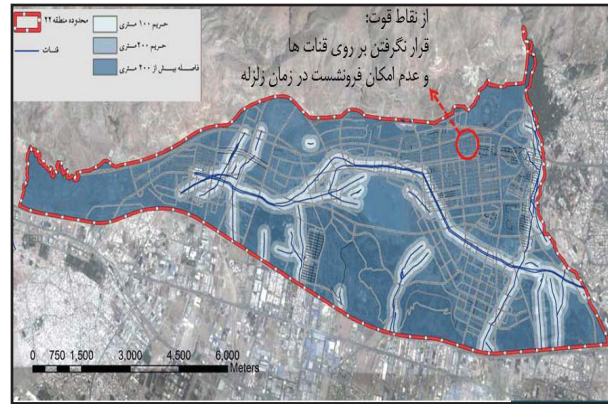
بحث و تحلیل یافته‌ها

رعایت انعطاف‌پذیری در فرم شهری، هم‌جواری و سازگاری کاربری‌ها با یکدیگر و توزیع متناسب تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی، از جمله مواردی هستند که به میزان زیادی، اثرات و تبعات ناشی از زلزله را کاهش می‌دهند؛ اما یکی از مهم‌ترین نکات این است که در برنامه‌ریزی و طراحی معابر و دسترسی‌ها، باید ضرورت‌های امداد و نجات برای دسترسی سریع ماشین‌آلات به نقاط تخریب شده، اطفاء حریق و تخلیه در نظر گرفته شود.

با توجه به شناسایی نقاط قوت و ضعف محدوده مورد مطالعه، در این بخش از مقاله به زون‌بندی، مسیرها و مکان‌های تخلیه پیشنهادی اشاره می‌شود. «تخلیه امن اضطراری» فرایندی است که طی آن شهروندان هنگام وقوع زلزله و خطرات ناشی از آن یا احتمال وقوع خطر، محل سکونت خود را ترک کرده و تا زمان رفع خطر به مدت ۷۲ ساعت در مراکز تخلیه اضطراری مستقر می‌شوند. برای این مهم نقشه‌های ساده‌ای از محلات در اختیار شهروندان قرار می‌گیرد که در آن مراکز تخلیه اضطراری محله و مسیرهای کلّی حرکت به سمت این مراکز مشخص شده است. مؤلفه‌های اصلی تخلیه امن عبارتند از:

۱. تأمین فضاهای مناسب برای استقرار یا اسکان پناهجویان.
۲. تعبیه مسیرهای امن.
۳. هشدار و اطلاع‌رسانی از احتمال وقوع خطر.
۴. برنامه ریزی انتقال، بازگشت و پشتیبانی بر حسب ابعاد و دامنه خطر.

از این مؤلفه‌ها، تأمین فضا و راههای تخلیه امن مواردی هستند که در برنامه‌ریزی شهری به طور مستقیم تأثیرگذار می‌باشد. برای مکان‌یابی و طراحی مکان‌های تخلیه امن عوامل مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی همراه مسائل فنی باید مورد توجه قرار گیرد. (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۵: ۳۰۹-۳۱۰). لازم به توضیح است که مراکز تخلیه امن اضطراری فضاهای باز یا مراکز سرپوشیده امن و مقاومی هستند که جهت استقرار افراد محله از زمان وقوع بحران تا ۷۲ ساعت پس از آن پیش‌بینی شده‌اند.



تصویر ۳۲: قرار نگرفتن بر روی قنات‌ها و عدم امکان فرونشست به این دلیل (نگارنده برگرفته از اسماعیلی، ۱۳۹۶)

طبق تصویر ۳۱، دوری از تأسیسات خطرناک، نقطه قوت دیگر است. همچنین قرار نگرفتن بر روی قنات‌ها، خطر فرونشست به دلیل زلزله را کاهش می‌دهد (تصویر ۳۲). وجود کاربری‌های آموزشی، مذهبی، فرهنگی و درمانی در محدوده مورد مطالعه، همگی ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های خوب واحد همسایگی مورد نظر هستند که می‌توانند در شرایط رخداد سانحه، به عنوان فضاهایی برای تخلیه و اسکان اضطراری استفاده شوند. (تصاویر ۳۳ و ۳۴)



تصویر ۳۳: وجود کاربری آموزشی، مناسب برای مکان تخلیه



تصویر ۳۴: وجود مرکز درمانی در محدوده مورد مطالعه

از حفاظت و امنیت کافی برخوردار باشند. منظور از امنیت، حفظ جان و مال بازماندگان و افراد در برابر عملیات تهاجمی و جنایتکارانه اشخاص یا گروه‌های متجاوز می‌باشد. از جمله تمهیدات حفاظتی می‌توان به حصار، نگهبانی و روشنایی محوطه اشاره کرد. همچنین، مکان‌های در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای باشند که حفاظت جمعیت را در برابر مخاطرات طبیعی و بیماری‌های مسری تأمین نمایند. (فلاحی، ۱۳۸۶)

یکی از راهکارهای پیشنهادی، آموزش مستمر و پایدار ساکنین توسط متخصصان و کارشناسان مدیریت بحران، آتش‌نشانی، هلال احمر، امداد و نجات در هر مرحله از مدیریت بحران به منظور پیشگیری، آمادگی و مقابله با زلزله می‌باشد. همچنین، برگزاری مانورهای متعدد در طول سال در سطح محله می‌توان باعث کاهش تلفات و خسارات در شرایط رخداد مخاطره شود. این مانورها، همانند تجربه‌های کشورهای موفق جهانی مانند ژاپن، بر اساس نقشه‌های شناسایی و مدیریت بحران و خروج اضطراری افراد محله و عبور آنها از مسیرهای دسترسی با ضریب اطمینان بالا و تسریع عملیات گریز و پناه‌گیری در فضاهای باز شهری در لحظات اولیه وقوع زلزله می‌باشد.

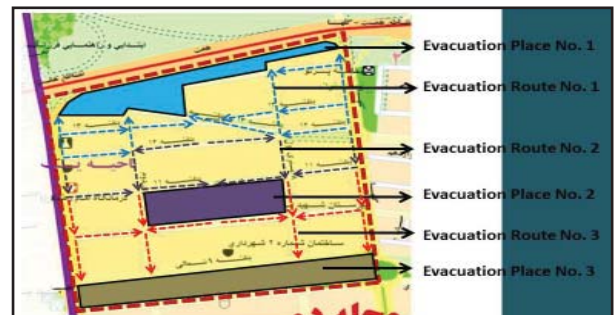
نتیجه‌گیری و راهکارهای پیشنهادی

بررسی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای و ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری از موضوعات مهم روز است. این مقاله به شناسایی، تحلیل و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در یک واحد همسایگی می‌پردازد. بدین منظور برای جمع‌آوری داده‌ها از شیوه‌های مختلفی همانند مشاهده و پیمایش استفاده شده است. با توجه به مکان واحد همسایگی که واقع در یکی از محلات منطقه ۲۲ شهر تهران می‌باشد، در ابتدا وضعیت گسل‌ها و لرزه‌خیزی تهران مورد مطالعه واقع شده است. پس از شناخت وضع موجود و ترسیم نقشه‌های شناسایی، نقاط ضعف و خطرناک، همچنین نقاط قوت و امن تبیین شدند که در جدول ۱ لیست شده‌اند.

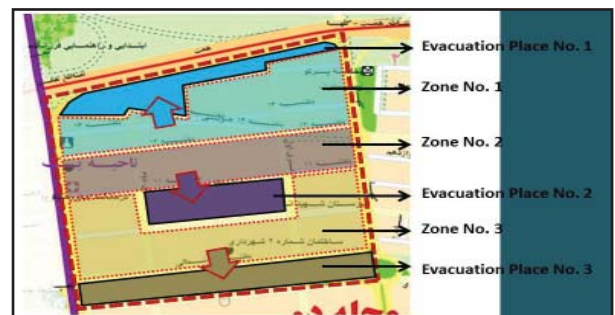


تصویر ۳۵: نقاط امن در محدوده مورد مطالعه

بر اساس بررسی‌های انجام شده، نقاط امن واحد همسایگی در تصویر ۳۵ مشخص شده‌اند. بر این اساس، مکان‌های تخلیه طبق تصویر ۳۷ شامل ۳ زون و ۳ مکان تخلیه در نظر گرفته شدند. همچنین تصویر ۳۶ مسیرهای تخلیه منتهی به فضاهای تخلیه را نشان می‌دهد.



تصویر ۳۶: نقشه مسیرهای تخلیه^۱



تصویر ۳۷: نقشه تخلیه^۲

مکان‌های در نظر گرفته شده برای اسکان اضطراری می‌بایست

1. Evacuation Route
2. Evacuation Map

جدول ۱: نقاط قوت و ضعف واحد همسایگی مورد مطالعه

نقاط ضعف	نقاط قوت
وجود تعدادی معابر بن‌بست	قرار نگرفتن بر روی گسل‌های اصلی
نبود پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران	جدید بودن غالب ساخت‌وسازها
قرار گرفتن بر روی گسل فرعی	پیروی از فرم شبکه‌ای در شبکه معابر (معابر منظم و هندسی)
قرار گرفتن بر روی خطوط انتقال نفت و گاز (امکان آتش‌سوزی در زمان زلزله)	نبود معابر باریک (عریض بودن کلیه معابر)
نزدیکی به دامنه‌های ناپایدار (امکان زمین‌لغزش و سنگ‌ریزش در زمان زلزله)	نسبت عرض به ارتفاع مناسب معابر
وجود برخی بافت‌های فرسوده و ساختمان‌های آسیب‌پذیر	وجود تقاطع‌های کافی
	تراکم نسبتاً پایین جمعیت
	وجود فضاهای باز برای مکان‌های تخلیه
	وجود فضاهای باز برای اسکان اضطراری و موقت
	وجود یک مرکز درمانی در واحد همسایگی (درمانگاه امام رضا (ع))
	وجود کاربری‌های آموزشی مناسب برای تخلیه و اسکان اضطراری
	وجود کاربری‌های مذهبی برای مکان تخلیه و اسکان اضطراری
	وجود مسیرهای تخلیه مناسب، عریض و کافی
	فاصله کم تا کلانتری و ایستگاه‌های پلیس
	فاصله کم تا ایستگاه آتش‌نشانی
	فاصله زیاد از تأسیسات خطرناک
	قرار نگرفتن بر روی قنات‌ها (عدم امکان فرونشست در زلزله)
	شتاب نسبتاً پایین در زمان زلزله احتمالی
	عدم امکان تشدید در هنگام رخداد زلزله احتمالی
	وجود ساختمان‌های کم‌ارتفاع (۸۰٪ ساختمان‌ها، ۲ طبقه)
	نزدیکی و سهولت دسترسی به بزرگراه‌های همت و آزادگان
	وجود منبع آب و دسترسی به آب بلافاصله بعد از زلزله

- بر این اساس، زون‌بندی‌ها انجام شده و مسیرها و مکان‌های تخلیه مشخص شدند. همچنین به راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله اشاره شده است. این راهکارها به سه دسته راهکارهای سازه‌ای، غیرسازه‌ای و مدیریتی تقسیم می‌شوند. به بیان دیگر، نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که علاوه بر اقدامات کاهش آسیب‌پذیری سازه‌ای و غیرسازه‌ای در واحد همسایگی، راهکارهای مدیریتی و نقش آموزش و آمادگی مردم در سوانحی مانند زلزله بسیار حیاتی است. از جمله راهکارهای پیشنهادی، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:
- حفظ وضعیت فعلی واحد همسایگی از نظر تراکم و ندادن مجوز ساخت ساختمان‌های بیش از سه طبقه
- تدوین و پیش‌بینی برنامه عملیاتی پیشگیرانه در خصوص خدمات حیاتی از قبیل ذخیره آب، برق اضطراری، سیستم مخابراتی، اطفاء حریق و مخازن نگهداری سوخت
- تفہیم اهمیت موضوع به اهالی با مراجعه به نمونه‌های موفق داخلی و خارجی
- آموزش و ارتقاء آگاهی مردم
- تشکیل گروه‌های محله‌محور و مردمی
- تأمین امنیت مورد نیاز جهت نگهداری مطمئن از اطلاعات مهم و ضروری مورد استفاده در مواقع بحران



امینی حسینی، کامبد؛ (۱۳۹۵)، جزوه مبانی مدیریت خطرپذیری و بحران، سال تحصیلی ۹۶-۹۵، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران

بشیری، مهسا؛ خواجه‌ای، سایما؛ (۱۳۹۲)، کاهش آسیب‌پذیری زلزله و خطر آتش‌سوزی در خوابگاه‌های دانشجویی، مطالعه موردی: خوابگاه متأهلین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، دوفصلنامه مدیریت بحران، شماره ۳، بهار و تابستان ۱۳۹۲. بازیابی از:

http://www.joem.ir/article_3779.html

حسینی، مازیار؛ منتظرالقائم، سعید؛ امینایی چترودی، عبدالرضا؛ (۱۳۸۷)، راهنمای کاربردی کاهش خسارات اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها در اثر

زلزله، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران

سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، (۱۳۸۵)، اصول و مبانی مدیریت بحران با نگاه راهبردی و کلان، تهران، ایران

فلاحی، علیرضا؛ (۱۳۸۶)، معماری سکونت‌گاه‌های موقت پس از سوانح، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران

فلاحی، علیرضا؛ (۱۳۸۸)، ارزیابی سازه، خطرپذیری، آسیب‌پذیری و خسارت، مرکز انتشارات مؤسسه آموزش عالی هلال احمر ایران، تهران، ایران

فلاحی، علیرضا؛ جلالی، تارا؛ (۱۳۹۲)، کاهش آسیب‌پذیری فضاهای دانشگاهی در برابر زلزله: پیشنهادهایی برای دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره سوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲. بازیابی از:

<http://tdmmo.tehran.ir/Portals/0/Document/1392/fa-slname9.pdf>

قدیری، محمود؛ (۱۳۸۶)، کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله؛ ضرورت نگرش همه‌جانبه در برنامه‌های توسعه پنج‌ساله ایران، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران، شرکت کیفیت ترویج، بازیابی از:

https://www.civilica.com/Paper-INDM03-INDM03_142.html

کریمی کردآبادی، مرتضی؛ نجفی، اسماعیل؛ (۱۳۹۴). ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی Fuzzy-AHP در امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱ کلان‌شهر تهران)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ششم، شماره بیستم، ۳۴-۱۷. بازیابی از:

http://journals.miau.ac.ir/article_817.html

مهدی‌پور، هاله؛ گمینی، هدیه؛ اصلانی، فرشته؛ (۱۳۹۲)، تدوین سامانه فرماندهی حادثه به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله و آتش‌سوزی، مورد مطالعاتی: ساختمان مجموعه کلاس‌های دانشگاه شهید بهشتی تهران (ساختمان شهدا)، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران، اسفند

۱۳۹۲، تهران. بازیابی از:

<http://www.e7p8.com/kharid/365742/1/%D8%AF%D8%A7%D9%86%D9%84%D9%88%D8%AF-%D9%BE%D8%B1%D9%88%DA%98%D9%87.html>

Adger, W. N. (2006), Vulnerability, Global Environmental Change. 16: 268- 281, retrieved from: http://coastalcluster.curtin.edu.au/local/docs/Resilience/Adger%202006_CS.pdf

FEMA, 2004, non-structural earthquake mitigation,

• بازدید منظم و ماهانه از کلیه تجهیزات مهم و خطرناک واحد همسایگی

• بسیج تمامی اهالی به مشارکت همه‌جانبه در امور مربوط با بحران

• صدور کارت‌های عملیاتی برای اعضای عضو کمیته بحران محله و مشخص کردن مسئولیت هر نفر در هنگام بحران و در شرایط عادی

• اجرای مانورهای منظم محلی

• تهیه، تکثیر و انتشار دستورالعمل مربوط به ایمنی در سطح محله و واحد همسایگی

نصب آژیرهای هشدار حریق، کپسول‌های آتش‌نشانی، تابلوها و علائم تخلیه در مسیرهای عبوری، تابلوهای نشان‌دهنده مکان‌های امن و خطرناک، مقاوم‌سازی دیوارها و تیغه‌ها، مستحکم نمودن اتصالات در مبلمان شهری، کاهش سطوح شیشه‌ای در حد امکان در جداره‌های بنا و استفاده از لایه‌های پلاستیک و لمینیت برای جلوگیری از فروریزش و خرد شدن شیشه‌ها، در کنار توجه به راهکارهای مدیریتی، میزان صدمات و خسارات را در سطح واحد همسایگی به حداقل می‌رساند.

بهسازی و بازسازی سکونت‌گاه‌های شهری مستقر در پهنه‌های پرخطر لرزه‌ای، تقویت مشارکت مردم در جهت خروج تدریجی به نقاط امن شهری، ارائه تسهیلات لازم برای اقبال ضعیف و کم‌درآمد در جهت ساخت خانه‌های امن با نظارت سازمان نظام مهندسی ساختمان، از دیگر راهکارهای پیشنهادی می‌باشد. بدین ترتیب، مهم‌ترین دستاورد این مقاله، شناسایی نقاط ضعف و قوت، تهیه نقشه‌های تخلیه و زون‌بندی و شناخت عوامل تأثیرگذار در کاهش تبعات زلزله و کاهش آسیب‌پذیری برای مواجهه با اثرات آن در سطح واحد همسایگی می‌باشد.

منابع

اسماعیلی، سهیلا؛ (۱۳۹۶)، مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی تهران در فضاهای سبز شهری منطقه ۲۲ شهرداری تهران، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶. بازیابی از: <https://dpmk.ir/article-1-157-fa.html>

امیرسیز؛ ملویل؛ (۱۳۷۰)، تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه ابولحسن رده، تهران.



NSM, 2003, nonstructural risk mitigation, handbook, p.6, 12, 28, 31, 32, retrieved from: <http://www.koeri.boun.edu.tr/aheb/pdf%20dokumanlar/nsm%20education%20handbook.pdf>

Whittaker, A., and Soong, T., 2003, an overview of non-structural components research at three U.S. earthquake engineering research centers, proceedings of seminar on seismic design, performance, and retrofit of nonstructural components in critical facilities, Applied Technology Council, State University of New York at Buffalo, ATC-29-2, p. 271, retrieved from: <https://atcouncil.org/pdfs/Whittaker.pdf>

guidance manual, URS, Gaithersburg, Maryland, p 2-6, retrieved from: https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1738-25045-6673/nonstructural_eq_tech_manual.pdf

FEMA, 2005, earthquake hazard mitigation for non-structural elements, field manual, 74-FM, p. 1, retrieved from: http://mitigation.eeri.org/files/FEMA74_FieldManual.pdf

FEMA, 2011, reducing the risks of non-structural earthquake damage, a practical guide, E-74, p. 3, 12, 13, 23, 156, 186, 457, 537, retrieved from: <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/21405>