

ارزیابی آسیب‌پذیری محله فرحزاد تهران بر اثر زمین‌لرزه احتمالی^۱

سیده‌فائزه میرحسینی^۲

اکبر حاج ابراهیم زرگر^۳

استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

شریف مطوف^۴

استاد مدعو دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

دریافت: ۱۵ تیر ۱۳۹۸
پذیرش: ۳۰ دی ۱۳۹۸
(صفحه ۹۵-۱۱۲)

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول است، با عنوان برنامه‌ریزی بازسازی پس از زلزله احتمالی در سکونتگاه‌های غیررسمی؛ مورد مطالعاتی: محله فرحزاد تهران که در سال ۱۳۹۷ با راهنمایی نگارندگان دوم و سوم در دانشگاه شهید بهشتی دفاع شده است.

۲. نویسنده مسئول، کارشناس ارشد بازسازی پس از سانحه، دانشگاه شهید بهشتی

Mirhosseini.faezeh@gmail.com

3. a-zargar@sbu.ac.ir

(استاد ارجمند جناب آقای دکتر زرگر به افتخار سال‌ها خدمت در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی در ۲۹ اسفندماه ۱۳۹۶ بازنشسته شده‌اند. فصلنامه صفا از ایشان قدردانی می‌کند.)

4. Sm_1332@yahoo.com

5. Glossary of Statistical Terms, No. 67.

کلیدواژگان: زمین‌لرزه، زلزله، ارزیابی آسیب‌پذیری، سکونتگاه غیررسمی، محله فرحزاد، تهران.

چکیده

تهران همواره در معرض آسیب‌پذیری ناشی از رخداد زمین‌لرزه احتمالی بوده است. در این میان، سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل ساخت‌وساز بدون ضابطه و بافت فرسوده در کنار معضلات اقتصادی و اجتماعی بیشتر در معرض این آسیب هستند. محله فرحزاد یکی از سکونتگاه‌های غیررسمی تهران و مورد مطالعاتی این پژوهش در برابر این مخاطره به شدت آسیب‌پذیر است.

هدف از پژوهش پیش رو بررسی میزان آسیب‌پذیری محله با استفاده از سناریونویسی برای آسیب‌های احتمالی و خسارت‌های ناشی از زمین‌لرزه بر کالبد محله و پیش‌بینی میزان خسارت‌ها و تلفات ناشی از آن است.

روش پژوهش توصیفی-تحلیلی با رویکرد کمی است. تحلیل فضایی پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Arcmap انجام شده است. روش‌های گردآوری اطلاعات نیز شامل مطالعه اسناد بالادست در کنار مشاهده و مصاحبه اکتشافی با اهالی بوده است.

پس از شناخت محله و مطالعه آسیب‌پذیری آن، با استفاده از

مدل‌های عرضه‌شده برای زمین‌لرزه احتمالی در تهران، بدترین حالت ممکن برای محله فرحزاد، که وقوع زمین‌لرزه ناشی از لغزش گسل شمال تهران است و بیشترین خسارات و تلفات را بر جای می‌گذارد، در نظر گرفته شده و سناریوی مخاطره برای آن نوشته شده است تا حدود و حجم آسیب‌پذیری و میزان تخریب حدودی ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، و سایر جنبه‌ها مشخص شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده محله فرحزاد با تخریب ۶۵ درصدی در اثر زمین‌لرزه واقع‌شده و در پی لغزش گسل شمال تهران روبه‌رو خواهد شد که در آن بین ۱۱۵۳ تا ۱۳۴۵ ساختمان آسیب جدی خواهند دید و تلفات انسانی در صورت وقوع زمین‌لرزه در هنگام شب و نبود امدادرسانی به بیش از ۵۰۰ نفر خواهد رسید.

مقدمه

افراد بر روی زمین‌هایی که بر آن مالکیت ندارند به طور غیرقانونی اقدام به ساخت‌خانه کنند، در واژه‌نامه اصطلاحات آماری این مناطق سکونتگاه‌های غیررسمی نامیده شده است.^۵ مورد مطالعاتی این پژوهش محله فرحزاد واقع در ناحیه ۹ منطقه ۲ تهران است. علت



پرسش تحقیق

- وضعیت آسیب‌پذیری محله فرحزاد به منزله یک سکونتگاه غیررسمی در برابر زمین‌لرزه چگونه است؟

انتخاب این محله موقعیت خاص آن به منزله سکونتگاهی غیررسمی است. در نظر آوردن ویژگی‌های منحصر به فرد تهران مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های مناطق مختلف، جمعیت زیاد، رعایت نشدن سرانه‌ها، و سایر عوامل، که در صورت بروز خطر، آن را با مشکلات عدیده و متفاوتی نسبت به سایر شهرها مواجه می‌کند، اهمیت شناخت محدوده‌های آسیب‌پذیر و مقاوم را بیش از پیش روشن می‌کند. آسیب‌پذیری بالای بافت فرحزاد و موقعیت و ویژگی‌های خاص آن، مانند غیررسمی بودن، قرار گرفتن در نزدیکی گسل، ایزوله بودن نسبت به سایر مناطق تهران، همچنین فقدان سناریوی زمین‌لرزه احتمالی، برای آگاهی از حجم آسیب‌ها به منظور برنامه‌ریزی‌های بعدی از نکات قابل توجه در پژوهش حاضر است.

در این پژوهش کوشش می‌شود تا با استفاده از اطلاعات موجود از محله و تحلیل آن‌ها، عواقب احتمالی زمین‌لرزه در این محله تحلیل و بررسی شود. بنابراین ارزیابی وضع موجود و پیش‌بینی آینده بر اساس اطلاعات و داده‌های زمان حال بسیار ارزشمند است. وجود ضعف اساسی در زیرساختار داده‌های مکانی و غیرمکانی در کشور، فقدان بانک اطلاعاتی مدون با تکیه بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در خصوص داده‌های شهری و ریزپهنه‌بندی آسیب‌پذیری آن‌ها باعث شده تا تصمیم‌گیری و ارزیابی چه قبل از وقوع حوادث طبیعی و انسانی و چه بعد از آن با مشکلات اساسی مواجه شود.^۷

هدف از این پژوهش شناخت محله و آسیب‌پذیری آن و ترسیم سناریوی زمین‌لرزه احتمالی است؛ چراکه بدون بررسی احتمال‌های ممکن در وقوع زمین‌لرزه و پیش‌آگاهی مبتنی بر مطالعات نسبت به حجم، موقعیت و ویژگی‌های آسیب‌پذیری، تخریب و تلفات، و با توجه به اینکه پس از وقوع سانحه زمان کافی برای شناخت و بررسی همه‌جانبه محله‌ها با پیچیدگی‌های اجتماعی و اقتصادی و کالبدی‌شان وجود ندارد، تدوین سناریو امری عقلانی برای آمادگی برای مواجهه با سوانح به‌شمار می‌رود. وجوه افتراق این مقاله با سایر مقالاتی که پیش از این درباره محله فرحزاد انجام گرفته است، علاوه بر آنچه گفته شد، در عرضه سناریویی همه‌جانبه است که در آن نه تنها به آسیب‌های کالبدی محله توجه شده است، بلکه آسیب‌های زیرساخت، ساختمانی، و تلفات جانی نیز مورد مذاقه بوده است.

۶. منوچهر طیبیان و نگین مظفری، «ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری؛ مطالعه موردی: منطقه ۶ شهرداری تهران»، ص ۹۴.
۷. هوشنگ سرور و امیر کاشانی اصل، «ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله»، ص ۹۰.

۱. پیشینه پژوهش

در دهه‌های اخیر بیش از همه سازمان اسکان بشر^۸ پیشرو در مطالعه و بررسی سکونتگاه‌های غیررسمی بوده است. در کنار آن در بیانیه‌ها و نشست‌های متعددی به مقوله سکونتگاه غیررسمی پرداخته شده است. در این میان می‌توان به نشست بولهوریزونته اشاره کرد که با عنوان «چالش شهرهای غیررسمی» در سال ۱۹۹۵ در برزیل برگزار شد. هیئتات نیز دو اجلاس جهانی درباره شهر در سال ۱۹۹۶ برگزار کرد که در آن‌ها به اهمیت تأمین حق سکونت به‌ویژه برای گروه‌های کم‌درآمد در محلات فقیرنشین تأکید شده بود.^۹

کمیته اقتصادی سازمان ملل متحد در اروپا^{۱۰} در سال ۲۰۰۹ در کتاب شهرهای خودساخته دستورالعمل‌های جهانی را پیرامون حل چالش‌های اقتصادی، اجتماعی، و محیط‌زیستی در سکونتگاه‌های غیررسمی تدوین کرد.^{۱۱}

مطالعات سالنامه سکونتگاه‌های غیررسمی در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ بر سکونتگاه‌های غیررسمی کشورهایی متمرکز بود که برخی از آن‌ها مانند هائیتی بر اثر سوانح طبیعی آسیب‌های زیادی متحمل شده بودند. در این گزارش سازمان ملل متحد به آسیب‌پذیری ناشی از سوانح طبیعی در کنار سایر مشکلات و ویژگی‌های سکونتگاه‌های غیررسمی پرداخته است.^{۱۲}

در ایران پرویز پیران و صرافی^{۱۳} از جمله کسانی هستند که سکونتگاه‌های غیررسمی را بررسی کرده‌اند. از جمله مطالعاتی که پیرامون محله انجام گرفته است می‌توان به مقالاتی جداگانه از شاه‌حسینی و ناصری^{۱۴} اشاره کرد که به بررسی راهکارهای مدیریتی و توانمندسازی و مداخلات نوسازی در محله پرداخته‌اند و از منظر نوسازی بافت فرسوده مطالعاتی را انجام داده‌اند.

پژوهشگران داخلی اغلب تنها به تعیین نوع سکونتگاه‌های غیررسمی و بیان پیشنهادهایی برای ارتقای کیفیت زندگی ساکنان پرداخته‌اند، اما کمتر از منظر ریسک مخاطرات طبیعی به این سکونتگاه‌ها نگریده‌اند. مطالعاتی که در زمینه‌های مشابه با

تمرکز بر محله فرزند انجام شده است شامل مدل‌سازی مکانی برای کاهش آسیب خسارت زمین‌لرزه^{۱۵}، بررسی ملاحظات شهرسازی مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه، و معرفی معیارهایی شامل معیارهای زمین‌ساختی و انسان‌ساختی برای سنجش آسیب‌پذیری است.^{۱۶}

۲. مبانی نظری

آسیب‌پذیری شهری میزان خساراتی است که در صورت بروز سانحه به یک شهر و اجزا و عناصر آن، برحسب ماهیت و کیفیت آن‌ها، وارد می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری شهری در واقع تحلیل، ارزیابی، و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی وارده بر شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است.^{۱۷}

ضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زمین‌لرزه یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی، برنامه‌ریزی شهری، و طراحی شهر محسوب می‌شود.^{۱۸} به همین علت لازم است میزان خطرپذیری و خسارت‌ها بر اساس انجام مطالعات مختلف مشخص گردد. در این راستا، ارزیابی اثرات سوانح پیش از وقوع آن‌ها می‌تواند نقش زیادی در مدیریت بهینه خطرپذیری و بحران داشته باشد.

به عقیده پورموسوی و همکاران^{۱۹}، شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری را می‌توان به دسته‌های عناصر فیزیکی (شامل منازل، زیرساخت‌ها، امکانات، اکوسیستم، و غیره)، عناصر اقتصادی (شامل کاربری اراضی، بیمه، سرمایه‌گذاری اقتصادی، و غیره) و عناصر اجتماعی (شامل وضعیت اقتصادی، اجتماعی، ثروت، اخلاق، طبقه، معلولیت‌ها، سن، و غیره) تقسیم‌بندی کرد. ویژگی‌های کالبدی بافت‌های مسکونی جنبه‌های تأثیرپذیری آن‌ها از زمین‌لرزه را تشکیل می‌دهد. به بیان دیگر، تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری مناسب بر اساس این ویژگی‌ها در ایمن‌سازی محیط مسکونی در برابر زمین‌لرزه نیز نقش بسزایی

8. UN-HABITAT

۹. نک: مهرداد جواهری‌پور و بابک داوریناه، «سکونتگاه‌های ناپایدار اقشار کم‌درآمد شهری (بازبینی سیاست‌گذاری‌های دوران اخیر در زمینه اسکان غیررسمی یا نابسامان)».

10. United Nations Economic Commission for Europe Region

11. UNECE, *Self-made Cities*, pp. 35-43.

12. UN-Habitat. *Slum Almanac 2015-2016*, pp. 42-44.

۱۳. نک: پرویز پیران، «از اسکان غیررسمی تا اسکان ناپایی»؛ همو، «آلونک‌نشینی در ایران، دیدگاه‌های نظری با نگاهی به شرایط ایران»؛ مظفر صرافی، «به سوی نظریه‌ای برای ساماندهی اسکان غیررسمی — از حاشیه‌نشینی تا متن شهرنشینی».

۱۴. نک: پروانه شاه‌حسینی و یعقوب حق‌پناه، «بررسی، ساماندهی و توانمندسازی اسکان غیررسمی؛ مطالعه موردی: دره فرزند»؛ سارا ناصری و محمدمهدی بلندیان، «بازبینی مدیریت راهبردی برنامه‌های بهسازی و نوسازی بافت‌های شهری...».

۱۵. نک: حسین آقامحمدی و همکاران، «مدل‌سازی مکانی برای کاهش خسارت‌های بحران زلزله در ایران».

۱۶. نک: محمدمهدی عزیزی و رضا اکبری، «ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله؛ مطالعه موردی: منطقه فرزند تهران».

۱۷. محسن احدنژاد روشتی، «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی: شهر زنجان»،

ص ۸۸.

۱۸. ابوالفضل قنبری، «برنامه‌ریزی کاربری اراضی بایر تبریز مبتنی بر پهنه بندی خطر زلزله با استفاده از شاخص همپوشانی»، ص ۱.

۱۹. نک: سیدموسی پورموسوی و همکاران، «ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر با مدل Fuzzy و AHP».

۲۰. طیبیان و مظفری، همان.

۲۱. سرور و کاشانی اصل، همان.

۲۲. شیدا حیدریان و همکاران، «تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله با رویکرد اجتماعی؛ نمونه موردی: محله فرحزاد تهران»، ص ۲۵۷.

۲۳. نک: کیومرث ایران‌دوست و همکاران، «گونه‌شناسی سکونتگاه‌های غیررسمی در شهرهای ایران».

۲۴. نک:

I. Armaş, "Multi-criteria vulnerability analysis to earthquake hazard of Bucharest, Romania".

۲۵. طیبیان و مظفری، همان، ص ۹۷.

۲۶. نک: سرورس برازان لطفی، و محمود رحیمی، «سنجش میزان آسیب‌پذیری محله فرحزاد تهران در برابر خطر زلزله با رویکرد مدیریت بحران»: برازان لطفی و رحیمی، «تحلیل بر مؤلفه‌های مؤثر در کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله».

دارد. در ادامه، در این پژوهش کاربری اراضی، قطعه‌بندی زمین و الگوی شکل‌گیری بافت، تراکم، شبکه ارتباطی، فضای باز و مراکز خدماتی عوامل و مراکز مهم و تأثیرگذار دانسته شده‌اند.^{۲۰} در مطالعه آسیب‌پذیری کالبدی در برابر زمین‌لرزه، از شاخص‌هایی شامل مصالح و کیفیت ابنیه، میزان فضای باز، نزدیکی به گسل، تعداد طبقات، قدمت ابنیه، جمعیت، کاربری اراضی، و راه‌های ارتباطی با درجه تأثیر بالا باید استفاده شود.^{۲۱} حیدریان و همکاران در پژوهشی به دنبال یافتن شاخص‌های تاب‌آوری در محله فرحزاد به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه بر شاخص‌های کالبدی، اقتصادی، و زیست‌محیطی، باید به شاخص‌های اجتماعی نیز توجه شود.^{۲۲} شاخص‌های اجتماعی مانند نحوه نگرش به مسائل قومی، شاخص‌های اقتصادی مانند درآمد و شغل و شاخص‌های کالبدی مانند تراکم و فضای بهداشتی و آموزشی برای بررسی آسیب‌پذیری در سکونتگاه‌های غیررسمی باید مد نظر باشند.^{۲۳}

بر اساس پژوهش‌های آرما^{۲۴}، هرکدام از این نوع آسیب‌پذیری‌ها با متغیرهای مختلفی سنجیده می‌شوند. به طور مثال آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، که در پژوهش یادشده بیشتر مد نظر است، از طریق ارزیابی تراکم ساختمانی، تراکم جمعیت در ساختمان‌ها، قدمت ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، و کیفیت ابنیه قابل بررسی است. به این دلیل است که تنها توجه به ایمنی واحدهای مسکونی کفایت نمی‌کند. چنان‌که بررسی تلفات زمین‌لرزه‌های گذشته نشان می‌دهد که بسیاری از واحدهای مسکونی مقاوم، به دلیل هم‌جواری با کاربری‌های خطرناک و بی‌توجهی به سازگاری در جانمایی کاربری‌ها در محیط مسکونی، دچار خسارات و همچنین تلفات سنگینی شده‌اند.^{۲۵} برازان لطفی و رحیمی نیز همانند آرما آسیب‌پذیری ساختمان را حاصل تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، و قدمت و کیفیت ابنیه می‌دانند. آن‌ها در پژوهش دیگری مؤلفه‌های مؤثر بر کاهش آسیب‌پذیری محله فرحزاد را با استفاده از روش AHP و وزن‌دهی به شاخص‌ها استخراج کرده‌اند و آسیب‌پذیری

بافت و ضریب تأثیر هریک از عوامل را با تکیه بر وضعیت کالبدی بناها به دست آورده‌اند.^{۲۶} در پژوهش دیگری که اخیراً صیدبگی و همکاران انجام داده‌اند، بر اساس شاخص‌های کیفیت، تعداد طبقات، عمر بنا، عرض معابر، مساحت قطعات، و نوع مصالح، نقشه آسیب‌پذیری «کالبدی» محله را تهیه کرده‌اند؛ اما رویکرد مورد نظر آن‌ها درباره آسیب‌پذیری این محله بیشتر معطوف به واکنش ساختمان‌ها در برابر زمین‌لرزه و مقاوم‌سازی آن‌ها است.^{۲۷}

۳. تجربه‌های جهانی

پژوهش‌های مشابهی در جهان، به‌ویژه در کشورهای زلزله‌خیز، انجام گرفته است. به طور مثال تعدادی از پژوهشگران برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود در اثر زمین‌لرزه در گجرات هند از سه رویکرد ارزیابی سریع بصری (RVS)، ارزیابی لرزه‌ای مقدماتی چند ساختمان منتخب، و ارزیابی دقیق معدودی از ساختمان‌ها استفاده کردند.^{۲۸} در هلند نیز برای ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه و تخمین خسارت ساختمان‌ها پژوهشی انجام شده است که در آن ابتدا به محدودیت‌های انجام این قبیل پژوهش‌ها، به علت کمبود داده و ناهمخوانی آن‌ها با یکدیگر، پرداخته می‌شود، سپس، با بهره‌گیری از شاخص‌های ارتفاع ساختمان و تقسیم‌بندی آن‌ها، بر اساس مصالح ساخت، تعداد طبقات، سال ساخت، و مکانیزم تخریب، مدل جدیدی پیشنهاد می‌شود.^{۲۹} در ایتالیا نیز در پژوهشی در خصوص ارزیابی آسیب‌پذیری خطوط حیاتی در زمین‌لرزه احتمالی، به بررسی آسیب‌پذیری خطوط حیاتی از جنبه‌های کالبدی، کارکردی، سازمان‌دهی، و ارتباطشان با یکدیگر پرداخته و برای دستیابی به این هدف از ابزارهایی برای سنجش میزان در معرض زمین‌لرزه بودن خطوط حیاتی استفاده شده است. آن‌ها، با در نظر گرفتن عواملی مانند تعداد لوله‌های آب، تعداد و موقعیت ژنراتورهای برق، عمق قرارگیری و میزان خدمات‌دهی این عوامل و امتیازبندی آن‌ها، نقشه آسیب‌پذیری خطوط حیاتی را تهیه کردند.^{۳۰} در پژوهش دیگری در همان کشور درباره ارزیابی سناریوهای

می‌شود. تراکم خالص مسکونی در این محدوده ۸/۶۱۶ نفر در هکتار و تراکم ناخالص مسکونی در آن برابر ۵/۲۶۱ نفر در هکتار است.^{۳۴} در این محدوده شهر خانه‌هایی با سیمای روستایی و با کیفیت بسیار پایین بنا شده‌اند که قشری فقیر در آن‌ها جای دارند. این خانه‌ها، که در دامنه ارتفاعات البرز به طور فشرده و متراکم در کنار هم قرار گرفته‌اند، از طریق کوچه‌های تنگ و باریک و شیب‌دار به هم مربوط می‌شوند.^{۳۵}

دسترسی به محله فرحزاد از طریق پایانه‌های حمل‌ونقل عمومی، که در جنوب محله و در بزرگراه یادگار امام قرار گرفته‌اند، تأمین می‌شود. ورود وسایط حمل‌ونقل عمومی به درون بافت و خیابان‌های پرشیب و باریک محله امکان ندارد و اهالی برای رفت‌وآمد از ماشین‌های شخصی یا موتورسیکلت استفاده می‌کنند. خیابان اصلی فرحزاد (شهید فرحزادی) محور اصلی گردشگری و اقتصادی محله است که کاربری‌های مختلف پذیرایی در آن در کنار کاربری‌های نامتجانس، مانند تعمیرات ماشین، قرار گرفته است. اجتماع این محله از قومیت‌های مختلفی تشکیل شده است و جمعیت قابل توجهی را افغانستانی‌ها تشکیل می‌دهند. بافت محله ریزدانه و متراکم است و واحدهای مسکونی با فشردگی بالا درون بافت ارگانیک محله، که زمانی با باغات بسیاری ممزوج بود، قرار گرفته‌اند. نزدیکی فرحزاد به گسل شمال تهران و استحکام نداشتن ساختمان‌ها و باریکی معابر در کنار فقدان آگاهی و نرخ بالای بی‌سوادی در محله باعث افزایش آسیب‌پذیری این محله در برابر زمین‌لرزه شده است.

۵. روش جمع‌آوری و تحلیل داده

روش این پژوهش مبتنی بر یک روش توصیفی-تحلیلی است. در روش توصیفی مطالعه کالبدی منطقه صورت می‌گیرد. داده‌های مورد مطالعه با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و اداری و بررسی‌های پیمایشی به دست آمده است. اسناد مهم مورد مطالعه شامل سند توسعه محله فرحزاد است که مهندسین مشاور فرهاد

مختلف آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه، به چهار گام تعیین نوع و تیپ ساختمان‌ها، تشخیص کلاس‌های آسیب‌پذیری، سپس تعیین شتاب زمین‌لرزه احتمالی، و در نهایت عرضه سناریو و آمادگی برای آن پرداخته و نوع ساختمان بر اساس قدمت و میزان فرسودگی و میزان آسیب‌پذیری بر اساس احتمال آسیب‌پذیری تحلیل و بررسی شده است.^{۳۱} در پژوهشی در ترکیه، برای تعیین چارچوبی برای آسیب‌پذیری لرزه‌ای، آسیب‌پذیری مناطق شهری به دو دسته تقسیم شده است. در نوع اول، آسیب‌پذیری بر اساس مخاطره زمین‌لرزه و تحلیل شکنندگی عناصر سازه‌ای مناطق شهری تعریف شده است؛ اما در نوع دوم باور بر این است که عناصر شهری در برابر هر سانحه‌ای مانند تهدید ساختار اجتماعی و اقتصادی و دسترسی به خدمات حیاتی آسیب‌پذیر هستند. در آن پژوهش در نهایت استفاده از تلفیقی از هر دو نوع آسیب‌پذیری پیشنهاد شده است و شاخص‌های مورد استفاده شامل تحلیل خطر لرزه‌ای و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و در نهایت تلفیق آن‌ها است.^{۳۲} در پژوهش پیش رو نیز مدل‌های شدت زمین‌لرزه مطرح و از میان آن‌ها مدلی با بیشترین آسیب انتخاب شده است. سپس درباره آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها، با توجه به محل قرارگیری آن‌ها، گفته می‌شود و در گام بعدی آسیب‌پذیری محله فرحزاد با استفاده از فاکتورهای تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، قدمت و کیفیت ابنیه، و فرسودگی بافت بررسی می‌شود. در نهایت با توجه به آسیب‌پذیری احتمالی، میزان تخریب و تلفات انسانی بررسی می‌شود.

۴. محدوده پژوهش

فرحزاد یکی از سکونتگاه‌های غیررسمی و در شمال غربی شهر تهران، ناحیه ۹ از منطقه ۲، واقع شده است. منطقه ۲ شهر تهران از شمال به محدوده قانونی شهر، از جنوب به خیابان آزادی، از شرق به بزرگراه چمران و مسیل درکه، و از غرب به بزرگراه محمدعلی جناح، بلوار اشرفی اصفهانی، و مسیل فرحزاد محدود می‌شود.^{۳۳} فرحزاد به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم

۲۷. نک: صیدبیگی و همکاران، «کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیر رسمی محله فرحزاد در برابر زلزله احتمالی تهران». نک: ۲۸.

T. Srikanth, et al, "Earthquake vulnerability assessment of existing buildings in Gandhidham and Adipur cities Kachchh, Gujarat (India)".

۲۹. نک: H. Crowley, et al, "A Probabilistic Displacement-based Vulnerability Assessment Procedure for Earthquake Loss Estimation".

۳۰. نک: S. Menoni, et al, "Lifelines Earthquake Vulnerability Assessment: a Systemic Approach".

۳۱. نک: M. Dolce, et al, "Vulnerability Assessment and Earthquake Damage Scenarios of the Building Stock of Potenza (Southern Italy) Using Italian and Greek Methodologies". 32. Duzgun, H. S. B, et al (2011). An integrated earthquake vulnerability assessment framework for urban areas, 59(2), 917.

۳۳. مهندسین مشاور سراوند، بررسی مسائل توسعه شهری تهران، منطقه ۲، ص ۱-۱۸.

در سال ۱۳۸۴ با همکاری دفتر بهسازی و نوسازی تهیه کرده‌اند و شامل بررسی ویژگی‌ها و ابعاد مختلف محله فرحزاد است. سند دیگری مربوط به مطالعه مخاطرات در طرح آمایش استان تهران است که توسط معاونت برنامه‌ریزی استانداری تهران در سال ۱۳۸۸ تدوین شده است.

برای تحلیل فضایی از اطلاعات محلی- فضایی و نرم‌افزار Arcmap استفاده شده است. بدین شکل که شاخص‌های آسیب‌پذیری استخراج و در محله فرحزاد مطالعه و بررسی شده است سپس با تلفیق^{۳۶} این لایه‌ها در نرم‌افزار Arcmap محدوده آسیب‌پذیری به دست آمده است.

۶. آسیب‌پذیری

همواره هر اندازه که برنامه‌های بازسازی خوب باشند، ممکن است پیشامدهای غیرمنتظره پس از وقوع سوانح ایجاد شوند؛ چراکه ماهیت هیچ سازه‌ای به طور دقیق قابل‌پیش‌بینی نیست.^{۳۷} اما شناخت محدوده و حجم آسیب‌پذیری به برنامه‌ریزان پیش و پس از سانحه کمک می‌کند تا بتوانند برنامه‌های مقاوم‌سازی را متناسب با محدوده آسیب‌پذیر عرضه کنند و پس از وقوع حادثه مانع سردرگمی و اتلاف زمان و هزینه بازسازی می‌شوند. در این قسمت به سناریوی وقوع زمین‌لرزه احتمالی، که موجب بیشترین تخریب و ایجاد بدترین وضعیت در محله فرحزاد می‌شود، پرداخته می‌شود. این سناریو که سناریوی بدترین حالت ممکن است به کمک مدل‌های شدت زمین‌لرزه بر اساس برداشت از مطالعات جایکا و سپس مطالعات شهرداری منطقه ۲ نگاشته شده است.

۶.۱. مدل‌های شدت زمین‌لرزه بر اساس مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ- جایکا^{۳۸}

جایکا در مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران چهار مدل برای شدت زمین‌لرزه با عنوان‌های مدل‌های گسل ری، گسل شمال تهران، گسل مشاء و مدل شناور عرضه کرد. بر اساس مدل

گسل ری، در منطقه جنوبی شهر شدت زمین‌لرزه ۹ و منطقه شمالی آن شدت زمین‌لرزه بین ۷ تا ۸ ریشتر رخ خواهد داد. در مدل گسل شمال تهران شدت زمین‌لرزه در بخش شمال شهر به ۹ و در بخش جنوبی آن به ۷ ریشتر خواهد رسید و در بخش اعظم شهر شدت زمین‌لرزه ۸ ریشتر تجربه خواهد شد. در مدل گسل مشاء، در بخش اعظم شهر، شدت زمین‌لرزه ۷ ریشتر تجربه خواهد شد و در مدل شناور بخش اعظم شهر شدت زمین‌لرزه ۸ ریشتر و چندین قسمت نیز شدت زمین‌لرزه ۹ ریشتر روی خواهد داد.^{۳۹}

بر این اساس، با توجه به نزدیکی فرحزاد به گسل شمال تهران، همان‌طور که در «ت ۱» مشخص است، سناریوی بدترین حالت ممکن برای محله فرحزاد زمانی رخ می‌دهد که گسل شمال تهران فعال شود.

۶.۲. پهنه حریم گسلش

در این ناحیه که شامل دو طرف گسل‌های اصلی با عرض تقریبی ۱۰۰۰ متر است، برای زمین‌لرزه‌ای با بزرگی حدود ۸ ریشتر، تکان‌هایی بسیار شدید و ویرانگر و خطر گسلش و جابه‌جایی زمین انتظار می‌رود (ت ۲). نواحی حصارک، فرحزاد و درکه جزو این منطقه هستند. این گسل‌ها می‌توانند در هر جهش تا ۱۳۰ سانتی‌متر جابه‌جا شوند.^{۴۰}

در نقشه‌ای که آقای محمدی و همکاران^{۴۱}، عرضه کرده‌اند، با در نظر گرفتن معیارهای روان‌گرایی و نزدیکی به گسل و فرونشست، نقشه تقسیم‌بندی منطقه به سایت‌های مختلف بر اساس خطر زمین‌لرزه تهیه شده است که بر اساس آن خطر زمین‌لرزه با حرکت از شمال به جنوب محله کاهش می‌یابد (ت ۳).

۶.۳. آسیب‌پذیری زیرساخت‌های گسترده مورد مطالعه

زیرساخت‌های مورد مطالعه و بررسی در این قسمت سیستم‌های

۳۴. همان، ص ۵-۳۵.
۳۵. نک: صبا خراسانی مقدم و همکاران، «بررسی شاخص‌های کیفیت زندگی مؤثر بر میزان رضایتمندی ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی».

36. overlay

۳۷. نک:

J. Schwab, et al, "Planning for Post-disaster Recovery and Reconstruction".

38. JICA-Japanese International Cooperation Agency

۳۹. نک: استانداری تهران، «طرح تهیه و تدوین برنامه آمایش استان، مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست، تحلیل مخاطرات (زلزله و حرکات توده‌ای)».

۴۰. مهندسان مشاور سراوند، همان، ص ۵-۱۹.

۴۱. آقای محمدی و همکاران، همان، ص ۶

در این منطقه اکثر مدارهای ۳۸۰ ولتی به صورت خطوط هوایی هستند و با توجه به ضعف‌های اجرایی، در اثر بروز زمین‌لرزه احتمالی، تیرهای برق و پست‌های تبدیل در سراسر منطقه تخریب خواهند شد. یکی از کابل‌های فشارقوی در شمال محله فرحزاد از غرب تا شرق کشیده شده که ساکنان غیررسمی، بدون رعایت حریم‌ها، زیر آن ساخت‌وساز کرده‌اند و در صورت سقوط دکل یا سقوط کابل‌های سنگین وزن برق خسارات زیادی به بار خواهد آمد (ت ۴).

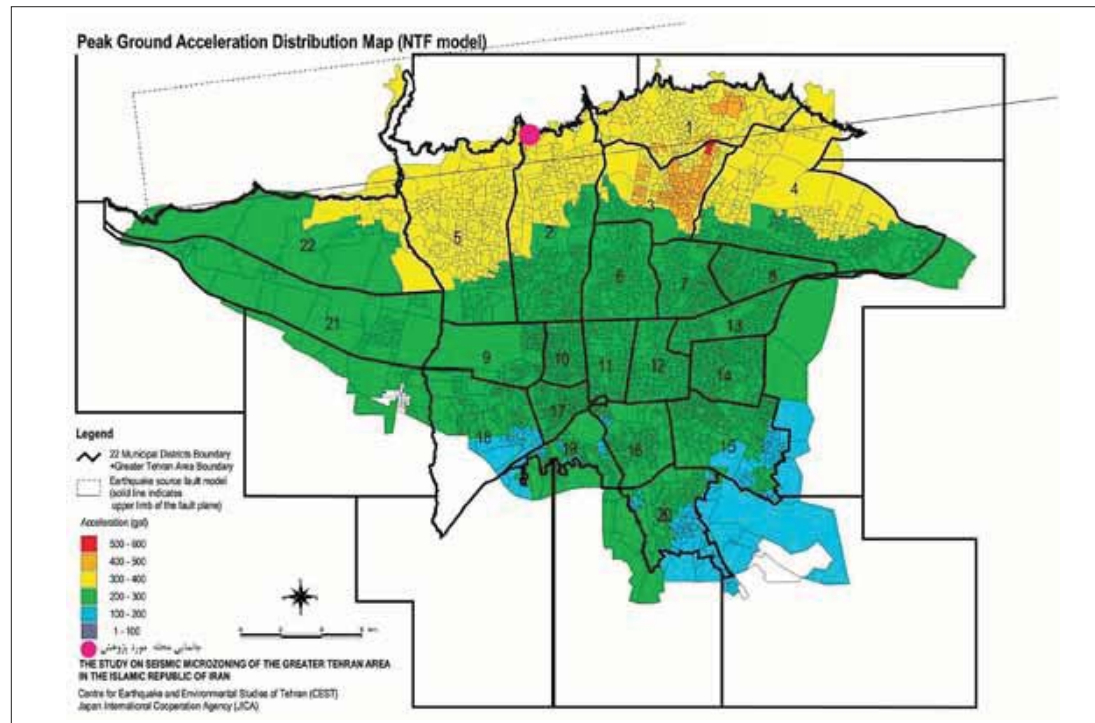
۲.۳.۶. سیستم آب‌رسانی

عمدتاً بیش از ۲۰ سال از عمر همه ۸ مخزن موجود سرپوشیده آب در منطقه ۲ می‌گذرد، این مخازن از جنس بتن مسلح و دارای سقف‌های مسطح هستند و در طراحی بیشتر آن‌ها

برق‌رسانی، آب‌رسانی، گازرسانی، و حمل‌ونقل هستند که هر یک جداگانه بررسی شده است.

۱.۳.۶. سیستم برق‌رسانی

خطوط انتقال شرقی-غربی برق فشارقوی و پست‌های ۶۳/۲ کیلوولت بر روی دو گسل شمال تهران و نیاوران قرار دارند. فعالیت این گسل‌ها می‌تواند منجر به سقوط دکل‌های خطوط انتقال در اثر ناپایداری خاک و پاره شدن کابل‌ها در اثر اندرکنش کابل و دکل در حین ارتعاش شود. همچنین پست ۶۳/۲ کیلوولت بهرود بر روی گسل نیاوران واقع شده است که، در صورت فعالیت این گسل، تخریب کامل این مرکز دور از انتظار نخواهد بود و همه مناطق مرتبط با این مرکز برق پس از حادثه در خاموشی فرو خواهند رفت.



۴۲. مهندسان مشاور سراوند، همان، ص ۵-۲۵.

ت ۱. نقشه پراکنندگی بیشینه شتاب سطح زمین بر اساس مدل گسل شمال تهران، مأخذ: استانداری تهران، «طرح تهیه و تدوین برنامه آمایش استان، مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست».

ت ۲ (راست). درجه بندی حریم‌ها و پهنه بندی لرزه‌ای منطقه ۲، مأخذ: مهندسان مشاور سراوند، بررسی مسائل توسعه شهری تهران، منطقه ۲.

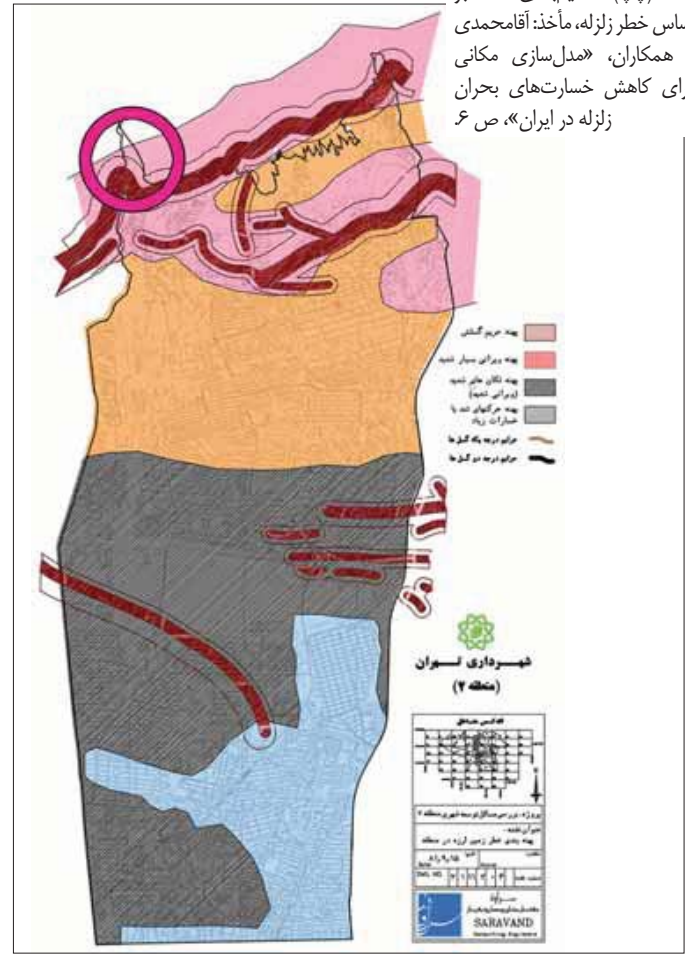
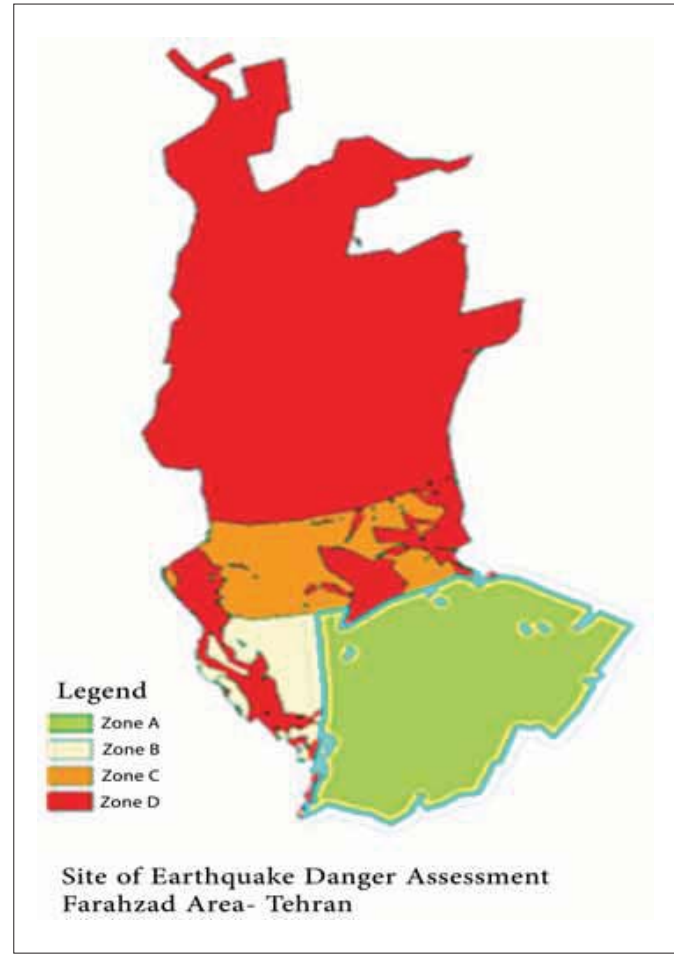
ت ۳ (چپ). تقسیم بندی محله بر اساس خطر زلزله، مأخذ: آقامحمدی و همکاران، «مدل سازی مکانی برای کاهش خسارت‌های بحران زلزله در ایران»، ص ۶.

نیروهای زمین لرزه منظور نشده‌اند.^{۳۳} در نتیجه تحت نیروهای ناشی از ارتعاشات زمین لرزه احتمال ورود آسیب دیدن جدی به آن‌ها وجود دارد. همان طور که در «ت ۴» است، ۳ مخزن در شمال منطقه در محدوده حریم گسل نیاوران هستند که در صورت فعالیت این گسل‌ها، شکست بدنه این مخازن و منهدم شدن آن‌ها دور از انتظار نیست. با شکست بدنه این مخازن

نه تنها جریان آب مانع از امداد رسانی می‌شود، بلکه تأمین آب آشامیدنی منطقه نیز با مشکل روبه‌رو خواهد بود (ت ۴).

۳.۳.۶. سیستم گازرسانی

لوله‌های مدفون در مقابل زمین لرزه چندان آسیب پذیر نیستند، اما با توجه به اینکه لوله اصلی انتقال ۱۲۴ اینچ در شمال منطقه ۲



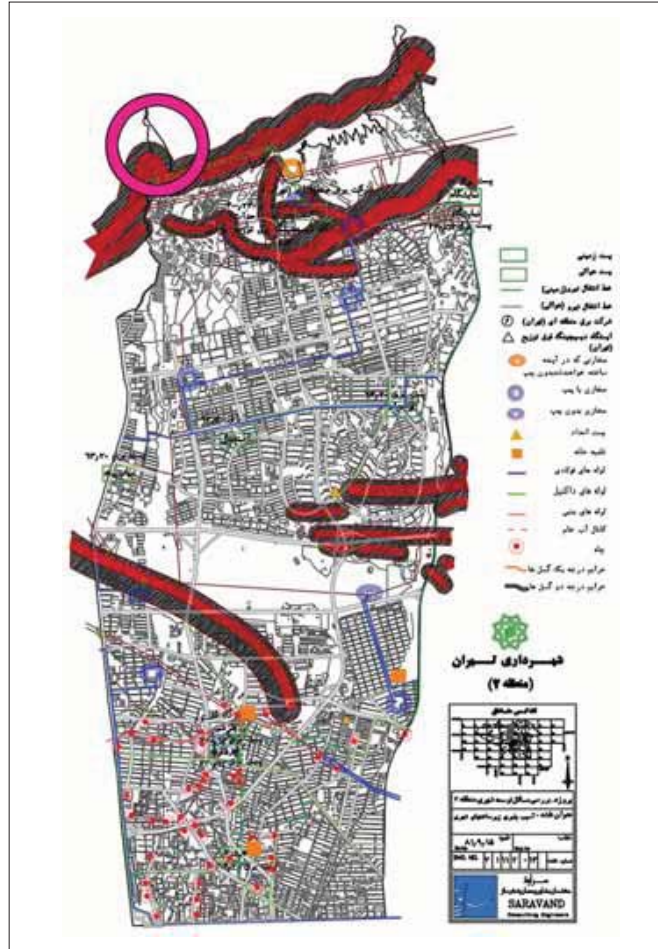
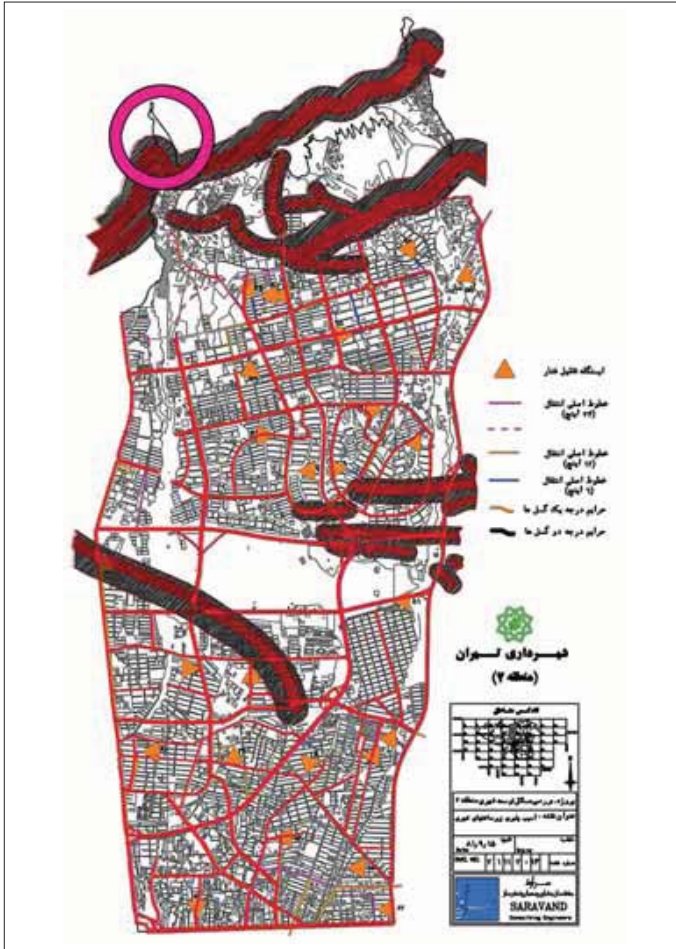
ت ۴ (راست). نقشه آسیب‌پذیری شبکه آب و برق، مأخذ: مهندسین مشاور سراوند، همان، ص ۵-۲۸. ت ۵ (چپ). نقشه آسیب‌پذیری شبکه گاز و حمل‌ونقل، مأخذ: همان.

شهر در هنگام زمین‌لرزه دور از انتظار نیست. خطر آتش‌سوزی پس از زمین‌لرزه در اثر آسیب توأم شبکه‌های برق و گاز و با توجه به احتمال زیاد قطع آب یکی از خطرات جدی خواهد بود.^{۴۴}

۴.۳.۶. آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل

منطقه ۲، با در بر گرفتن بیش از ۲۰٪ از بزرگراه‌های تهران،

دقیقاً از روی گسل نیاوران عبور می‌کند، لغزش و گسلش بر اثر فعالیت گسل‌ها و به دلیل شیب‌دار بودن بسیاری از نقاط منطقه می‌تواند صدمات جدی به لوله‌ها وارد کند (ت ۵). با تعیبه سیستم لوله‌های گاز درون و بیرون ساختمان‌های ضعیف در برابر زمین‌لرزه و یا مجاورت آن‌ها، امکان آسیب دیدن این لوله‌ها در اثر تخریب این ساختمان‌ها و آتش‌سوزی‌های پراکنده در سطح



نقش یک پل ارتباطی شرقی- غربی و شمالی- جنوبی را دارد. سیستم‌های ترابری در شرایط بحران دارای اهمیت بسیار زیادی هستند و اختلال در عملکرد آن‌ها عملیات امداد و نجات را با مشکلات جدی روبه‌رو خواهد کرد.^{۴۵} به طور کلی برای بزرگراه‌ها و خیابان‌های شهری دو خطر اساسی وجود دارد: اول، آسیب دیدن پل‌ها در اثر نداشتن استحکام، که علاوه بر قطع

ت ۶ خطرپذیری انسداد معابر، مأخذ: آقامحمدی و همکاران، همان، ص ۷.

مسیر فوقانی پل منجر به مسدود شدن مسیر عبوری از زیر پل نیز می‌شود، دوم، صعب العبور شدن و یا مسدود شدن خیابان‌ها در اثر ریزش احتمالی ساختمان‌های بلند مجاور. آسیب به برخی از شریان‌های حیاتی مانند لوله‌های اصلی آب، گاز، و یا تیرهای برق نیز ممکن است باعث بسته شدن مسیرها و کند شدن تردد شود (ت ۶).

۵.۳.۶. آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی

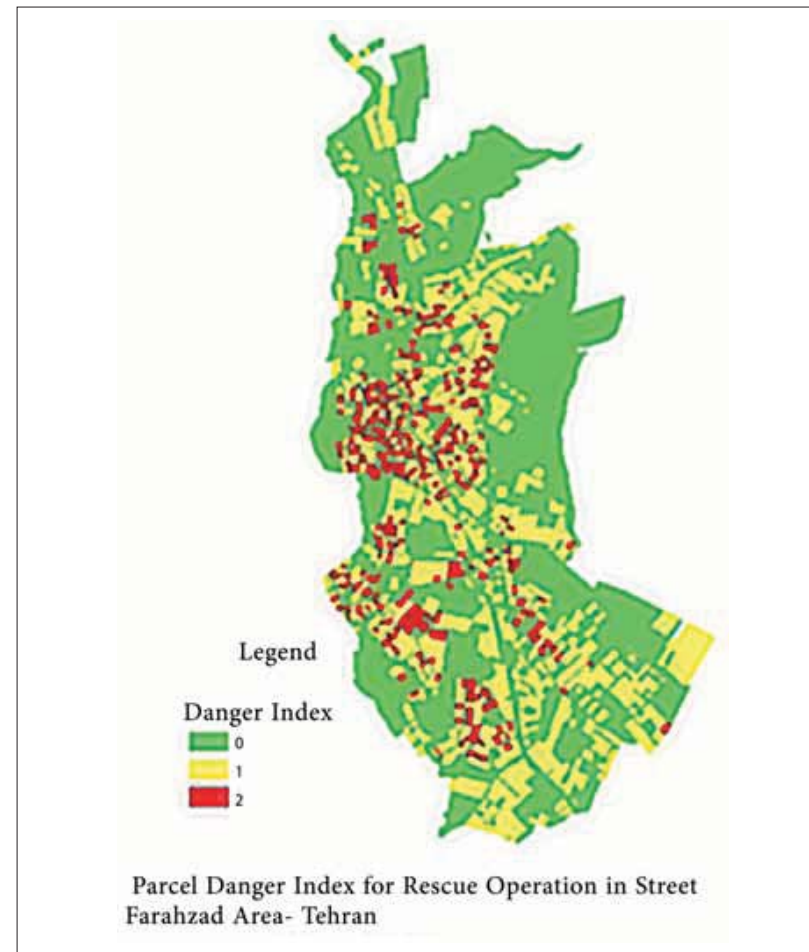
ساختمان‌های «خسارت‌دیده» به مفهوم آن است که ساختمان‌ها خسارات سنگین دیده و فروریخته‌اند و بدون تعمیرات اساسی قابل سکونت نیستند. به‌علاوه، علت خسارت به خود ارتعاش لرزه‌ای محدود می‌گردد و خسارات ناشی از سوانح ثانویه مانند روان‌گرایی، زمین‌لغزه، آتش‌سوزی، و انفجار مشمول این محاسبات نمی‌شود^{۴۶} (شکل ۷).

۷. تحلیل و ارزیابی

۷.۱. ارزیابی ساختمان‌ها

از مجموع ۶۵۳۳۵ ساختمان در نظر گرفته‌شده در منطقه ۲، تعداد ساختمان‌های آسیب‌دیده در منطقه تحت فعالیت هریک از گسل‌های تهران در «جدول ۱» آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تحت فعالیت گسل شمال تهران بیشترین خسارت به ساختمان‌های منطقه وارد می‌گردد و طی آن در حدود نیمی از ساختمان‌های منطقه منهدم می‌گردند.^{۴۷}

همان‌گونه که در نقشه‌های «ت ۱ تا ۷» مشخص است درصد آسیب‌پذیری محله فرحزاد نسبت به اکثر محلات منطقه ۲ بیشتر است. در «جدول ۲» نسبت درصد ساختمان‌های آسیب‌دیده در اثر وقوع هریک از مدل‌ها با درصد آسیب محله فرحزاد در هرکدام از مدل‌ها مقایسه شده است. همان‌گونه که مشخص است بیشترین آسیب زمانی خواهد بود که گسل شمال تهران فعال شود. بنابراین، با در نظر گرفتن احتمال وقوع



۱۰۲۷ قطعه از آن بافت ناپایدار است که در سرتاسر محله گسترده شده است و تنها ۳۶۵ قطعه قابل نگهداری است.^{۴۸} با توجه به «جدول ۲» انتظار می‌رود که با فعال شدن گسل شمال تهران و وقوع زمین‌لرزه، بین ۶۰ تا ۷۰٪ از ساختمان‌های محله فرحزاد تخریب شود. اگر شدت تخریب را با توجه به فرسوده و ناپایدار بودن بافت حدود ۱۰۰٪ فرض کنیم، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد ساختمان‌های تخریبی در بازه ۱۱۵۳ ساختمان تا ۱۳۴۵ ساختمان خواهد بود. برای تعیین محدوده این تخریب از نقشه‌های آسیب‌پذیری کمک گرفته می‌شود (ت ۸ تا ۱۱).

هریک از لایه‌های تراکم جمعیت، قدمت ابنیه، تراکم ساختمانی، و کیفیت ابنیه به نرم‌افزار Arcmap منتقل شده و در آن نرم‌افزار مجدداً ترسیم می‌شود تا با ادغام آن‌ها به نقشه آسیب‌پذیری ساختمانی دست یابیم. این نقشه نشان‌دهنده محدوده‌ای است که در آن احتمال آسیب دیدن و تخریب ساختمان‌ها بیشتر است. همان‌گونه که در نقشه موقعیت قرارگیری بافت فرسوده در محله فرحزاد مشخص است، مساحت زیادی از این محدوده دارای بافت ناپایدار یا فرسوده است که موجب می‌شود تا حجم تخریب‌ها گسترده‌تر باشد.

نام گسل	تعداد ساختمان‌های آسیب‌دیده در منطقه ۲	درصد نسبت به کل ساختمان‌های منطقه ۲
ری	۲۶۹۸۰	۴۱٫۳
شمال تهران	۲۹۸۶۲	۴۵٫۷
مشاء	۷۷۲۴۸	۱۱٫۱
مدل شناور	۳۳۶۱۷	۵۱٫۵

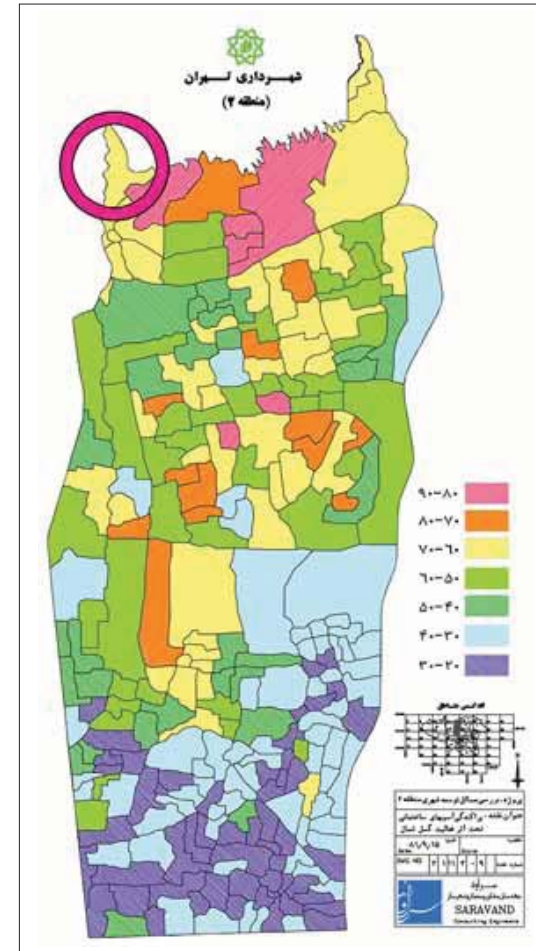
نام گسل	درصد نسبت به کل ساختمان‌های منطقه ۲	درصد آسیب‌پذیری در محله فرحزاد
ری	۴۱٫۳	۴۰-۳۰
شمال تهران	۴۵٫۷	۷۰-۶۰
مشاء	۱۱٫۱	۴۰-۳۰
مدل شناور	۵۱٫۵	۶۰-۵۰

- ۴۳. همان، ص ۵-۲۷.
- ۴۴. همان.
- ۴۵. همان.
- ۴۶. همان، ص ۵-۲۲.
- ۴۷. همان، ص ۵-۲۰.
- ۴۸. نک: مهندسان مشاور فرزه‌اد، بازنگری سند توسعه محله فرحزاد.

ت ۷ (راست). آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در مدل گسل شمال تهران، مأخذ: مهندسان مشاور سراوند، همان، ص ۵-۲۲. جدول ۱ (چپ، بالا). پیش‌بینی تعداد و نسبت ساختمان‌های آسیب‌دیده در منطقه ۲ بر اساس مدل‌های زلزله، مأخذ: مهندسان مشاور سراوند، همان. جدول ۲ (چپ، پایین). مقایسه درصد آسیب‌پذیری محله فرحزاد نسبت به کل منطقه ۲، مأخذ: میرحسینی، ص ۱۶۹.

زمین‌لرزه، با فعال شدن گسل شمال تهران ۶۵٪ محله آسیب خواهد دید (جدول ۲).

طبق آخرین برداشت انجام‌گرفته در محله فرحزاد (سال ۱۳۹۴)، این محله دارای ۲۰۶۷ قطعه ساختمان و ۳۵۶۴ واحد مسکونی است. از این تعداد ساختمان‌های موجود در محله ۱۴۵ قطعه فاقد بنا هستند. ۶۷۳ قطعه آن بافت فرسوده و

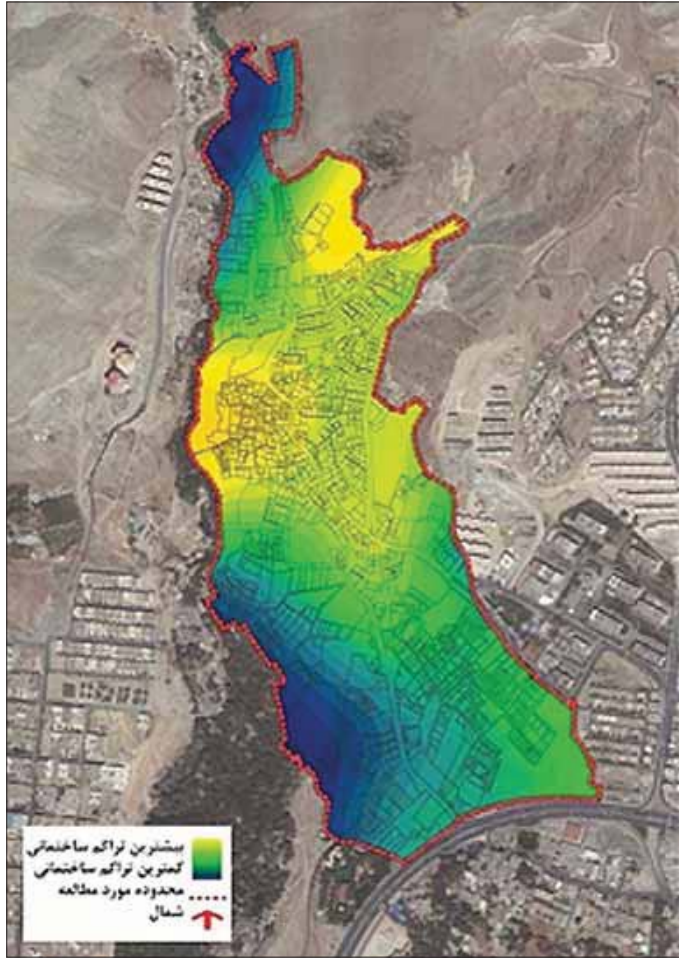


ت ۸ (راست). تراکم جمعیت در محله فرحزاد، مأخذ: برازان لطفی و رحیمی، «سنجش میزان آسیب‌پذیری محله فرحزاد تهران در برابر خطر زلزله با رویکرد مدیریت بحران».

ت ۹ (چپ). تراکم ساختمانی در محله فرحزاد، مأخذ: همان.

اگرچه تخریب در ناحیه قرمزرنگ صد درصد فرض شده است، این‌گونه نیست که مناطق خارج از محدوده قرمزرنگ کاملاً سالم و بدون آسیب باقی بمانند. می‌توان انتظار داشت که این نواحی نیز تخریب قابل‌توجهی داشته باشند (ت ۱۲ و ۱۳). برای محاسبه دقیق تعداد قطعات ساختمانی و تعداد تقریبی واحدها (از آن جهت تقریبی که تعداد دقیق واحدها در قطعات

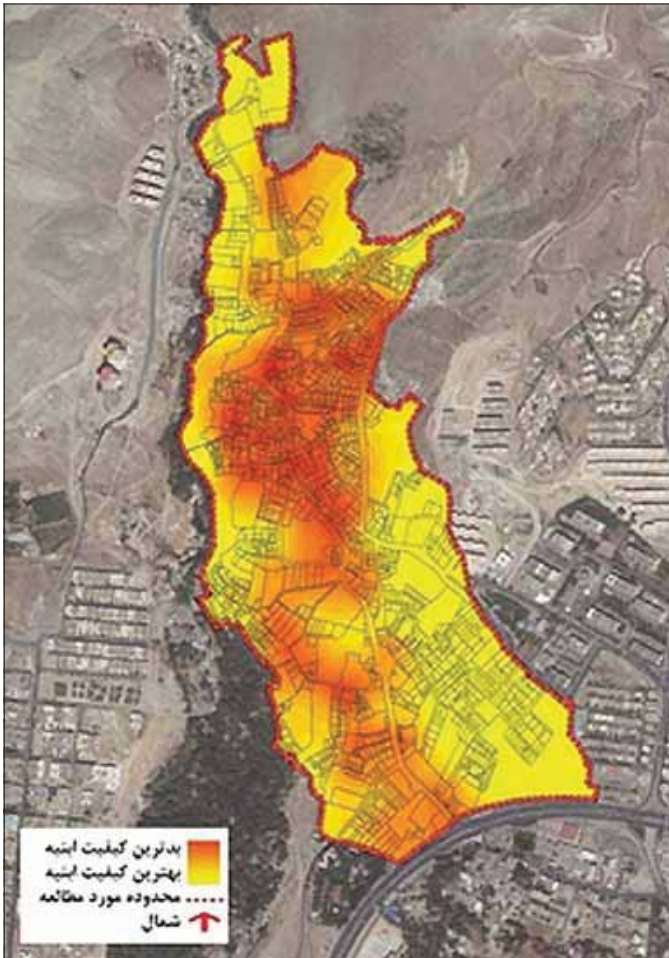
مشخص نیست) و اعتبارسنجی نقشه و مقایسه آن با آمار و ارقامی که در مطالعات صورت گرفته تا بدین جا ادعا شده است، همه نقشه‌های مورد مطالعه مجدد بازنگری شدند و جدول‌هایی از این اطلاعات استخراج شد. در این نقشه محله به بلوک‌های آماری تقسیم شده است. انتخاب محدوده این بلوک‌ها از روی مطالعات سند توسعه است تا برای تطبیق اطلاعات به‌دست‌آمده



ت ۱۰ (راست). قدمت ابنیه در محله فرحزاد، مأخذ: همان.
ت ۱۱ (چپ). کیفیت ابنیه در محله فرحزاد، مأخذ: همان.

با توجه به نقشه محدوده آسیب‌پذیری، قطعات ساختمانی موجود در محدوده تیره‌تر شمرده شده است. تا مطابق بودن یا نبودن آن با درصد تخریب سنجیده شود. محدوده تیره‌تر شامل بلوک‌های ۶ و ۵ و ۳ و ۷ است. با شمارش تعداد قطعات موجود در این ۴ بلوک به عدد ۱۲۴۷ قطعه می‌رسیم که در بازه تخریب ۶۰ تا ۷۰ درصدی قرار دارد. از این شمارش می‌توان نتیجه گرفت که

با اطلاعات برآمده از سند توسعه مشکلی ایجاد نشود (ت ۱۴). اطلاعات مربوط به تعداد قطعات موجود در این بلوک‌ها و تعداد طبقات هر قطعه در «جدول ۳» آورده شده است. با در نظر گرفتن مساحت قطعات فاقد بنا که معادل ۲۰۰۶۴۳/۳۹ متر مربع هست، مجموع مساحت بلوک‌ها برابر ۷۲۹۷۹۴ متر مربع خواهد بود (جدول ۴).

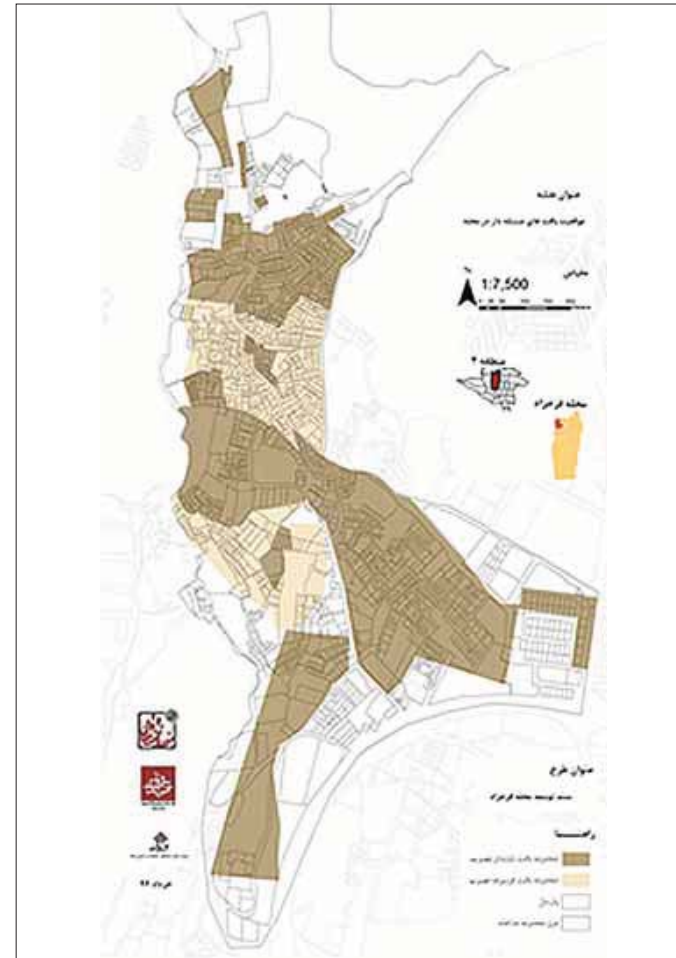


ت ۱۲ (راست). بافت فرسوده و ناپایدار در محدوده مورد مطالعه، مأخذ: دفتر خدمات نوسازی محله فرحزاد، سند توسعه محله فرحزاد. ت ۱۳ (چپ). محدوده آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، مأخذ: میرحسینی، ص ۱۷۲.

۲.۷. تلفات انسانی

علل مستقیم تلفات انسانی ناشی از زمین‌لرزه چنین هستند: فروریزی ساختمان‌ها، آتش‌سوزی، سنگ‌ریزش، و زمین‌لغزه‌ها که به ویژگی‌های ساختمان‌های مورد نظر بستگی دارند. تلفات انسانی ناشی از فروریزی ساختمان‌ها یک پدیده کلی در همه مناطق زلزله‌زده است. بنابراین تلفات انسانی ناشی از فروریزی

محدوده آسیب‌پذیری به‌دست‌آمده با درصد پیش‌بینی‌شده توسط جایکا تناقض ندارد و نقشه‌ها و ارقام یکدیگر را تأیید می‌کنند. مساحت قطعات در محدوده تیره‌تر معادل ۳۰۳۸۵۰ متر مربع است که با توجه به فرضیه تخریب ۶۰-۷۰ درصدی، انتظار می‌رود که مساحتی معادل ۱۸۲۳۱۰ تا ۲۱۲۶۹۵ با میانگین ۱۹۷۵۰۲ متر مربع در اثر زمین‌لرزه احتمالی در آن تخریب شود.



مقادیر نیز با توجه به تخریب ۶۵ درصدی ساختمان‌ها جای تعمق دارند.

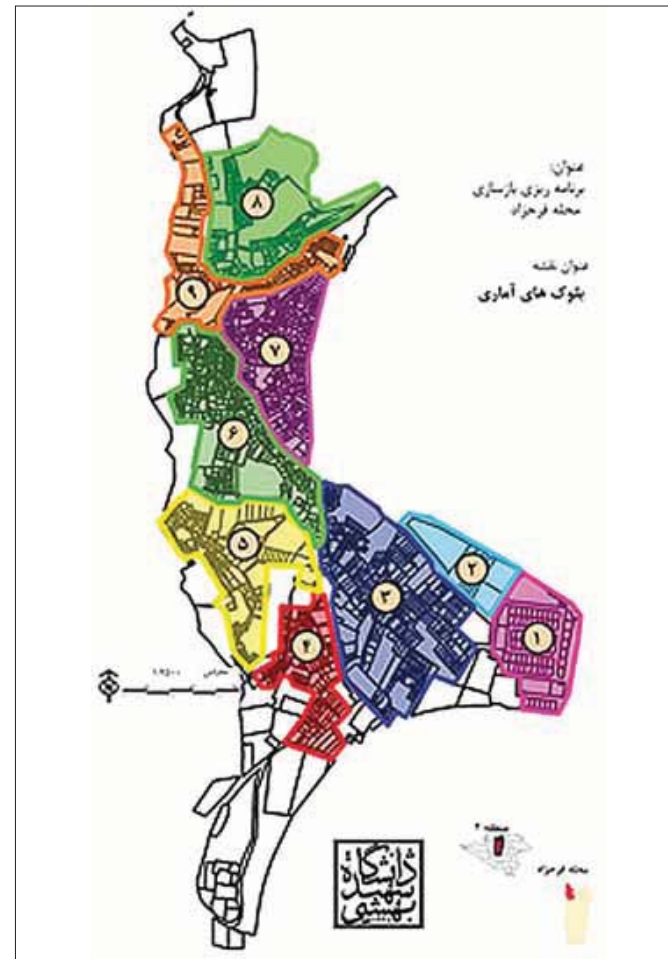
چهار نوع فعالیت امداد رسانی اضطراری به طور جداگانه برای شب و روز در نظر گرفته می‌شود که منجر به هشت نوع برآورد به ازای هر سناریوی زمین‌لرزه می‌شود. وقوع زمین‌لرزه در شب و بدون هیچ‌گونه امداد رسانی موجب شدیدترین تلفات می‌گردد.

ساختمان در مطالعه جایکا عامل اصلی به حساب آمده است. تلفات در تعریف تحقیق جایکا افرادی هستند که فقط در نتیجه فروریزی ساختمان کشته می‌شوند و نه در اثر سایر عوامل. به‌ویژه در زمین‌لرزه‌های مقیاس وسیع ممکن است مردم در اثر بیماری‌های رایج در اردوگاه‌ها و پناهگاه‌ها فوت کنند، پس آن عده در این مطالعه در نظر گرفته نشده‌اند که البته این

شماره بلوک	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	طبقه ۵	طبقه ۶	طبقه ۷	طبقه ۸	مجموع
بلوک ۱	-	۳۹	۲۶	۳	-	-	-	-	۶۸
بلوک ۲	۱	۷	۲	۲	-	-	۲	۱	۱۵
بلوک ۳	۱۱۵	۱۷۵	۵۹	۵	۳	-	-	-	۳۵۷
بلوک ۴	۶۱	۸۰	۲۱	۲	-	-	-	-	۱۶۴
بلوک ۵	۷۴	۱۰۴	۱۴	-	-	-	-	-	۱۹۲
بلوک ۶	۱۵۶	۲۱۵	۴۳	۱	-	-	-	-	۴۱۵
بلوک ۷	۱۱۴	۲۰۸	۶۰	۱	-	-	-	-	۳۸۳
بلوک ۸	۵۳	۱۱۲	۲۷	۱	-	-	-	-	۳۶۳
بلوک ۹	۴۲	۶۸	۲۵	۱	-	-	-	-	۲۵۷
مجموع	۶۱۶	۱۰۰۸	۲۷۷	۱۶	۳	-	۲	۱	۱۹۲۳

شماره بلوک	مساحت (متر مربع)
بلوک ۱	۳۸۵۰۰
بلوک ۲	۲۳۴۰۰
بلوک ۳	۱۱۰۰۰۰
بلوک ۴	۳۸۲۱۳
بلوک ۵	۶۵۰۸۰
بلوک ۶	۷۳۸۳۰
بلوک ۷	۵۴۹۴۰
بلوک ۸	۷۶۶۴۵
بلوک ۹	۴۸۵۴۳
مجموع	۵۲۹۱۵۱

ت ۱۴ (راست). بلوک‌بندی محله فرحزاد، برگرفته از: مهندسان مشاور فرهاد، بازنگری سند توسعه محله فرحزاد. جدول ۳ (چپ، بالا). تعداد قطعات به تفکیک طبقه در بلوک‌ها، مأخذ: میرحسینی، ص ۱۷۴. جدول ۴ (چپ، پایین). مساحت بلوک‌ها، مأخذ: همان‌جا.



وضعیت امداد رسانی کامل آن است که در آن گروه‌های مردمی، گروه‌های امداد ویژه، و گروه‌های متخصصان همگی با هم به عملیات امداد رسانی بپردازند^{۴۹} (جدول ۵).

نام	هنگام شب		هنگام روز	
	نوع امداد رسانی		نوع امداد رسانی	
	بدون امداد رسانی	امداد رسانی مردمی	امداد رسانی مردمی	بدون امداد رسانی
مدل شناور	۳٫۶	۲٫۹	۲٫۶	۲٫۴
شمال تهران	۲٫۷	۲٫۷	۱٫۹	۱٫۸
ری	۲	۲	۱٫۴	۱٫۳
مشا	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱

بر این اساس بیشترین تلفات در صورت وقوع مدل شمال تهران در شب هنگام در صورتی است که امداد رسانی انجام نشود. با توجه به جمعیت محله فرحزاد که برابر ۱۹۴۰۷ نفر است، این میزان تلفات برای وقوع زمین‌لرزه در شب و بدون امداد رسانی معادل ۵۲۴ نفر خواهد بود. از آنجاکه تخمین زده می‌شود حدود ۶۵٪ ساختمان‌ها در بلوک‌های ۳ و ۵ و ۶ و ۷ تخریب شوند، جمعیت ساکن در این بلوک‌ها آسیب بیشتری را متحمل خواهند شد. به بیان دیگر، اگر درصد تخریب را در جمعیت تقریبی این بلوک‌ها، که از حاصل ضرب ۸٫۶۱۶ (تراکم در هکتار) در ۳۰/۳۸۵۰ (مساحت به هکتار) به دست می‌آید، تأثیر دهیم به عدد ۱۷۰ نفر می‌رسیم. این عدد نشان‌دهنده تعداد تقریبی افرادی است که احتمال می‌رود در زمین‌لرزه آسیب ببینند و نمی‌توانند نماینده تعداد تلفات باشد.

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش اسناد و پژوهش‌های پیشین به منظور آگاهی

نسبت به بزرگی و شدت زمین‌لرزه احتمالی در تهران انتخاب و مطالعه شد. وجه تمایز این پژوهش پرداختن به آسیب‌ناشی از زمین‌لرزه بر زیرساخت‌ها و تلفات انسانی ناشی از فرو ریختن ساختمان‌هاست. از میان سناریوهای مختلف وقوع زمین‌لرزه، سناریویی انتخاب شد که بدترین حالت ممکن را ایجاد می‌کند. سپس شاخص‌های آسیب‌پذیری در محله فرحزاد با توجه به مطالعات سایر پژوهشگران در این زمینه و با توجه به ویژگی‌های خاص محله، استخراج شد و با ادغام لایه‌های عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری، محدوده آسیب‌پذیری در محله مشخص شد. این محدوده به صورت حدودی منطبق بر محدوده بافت فرسوده محله است. سپس، با استفاده از محدوده آسیب‌پذیری و مقایسه آن با ویژگی‌های کالبدی و جمعیتی محله، میزان خسارات به ساختمان‌ها و تلفات برآورد شد. در بدترین حالت ممکن فرسودگی بافت و نبود امکان امداد رسانی، به دلیل معابر شیب‌دار و باریک محله که پس از زمین‌لرزه با فروریختن ساختمان‌ها مسدود شده و علاوه بر ممانعت از فرار مردم، مانع از حضور ماشین‌ها و نیروهای امدادی در محله نیز می‌شوند، میزان خسارت و آسیب‌های انسانی میزان قابل توجهی خواهد بود که طبق برآوردها شامل خسارت دیدن ۱۱۵۳ تا ۱۳۴۵ ساختمان و فوت بیش از ۵۰۰ نفر می‌شود.

با بررسی روند مطالعاتی که پیش از این درباره محله فرحزاد انجام شده است و پرداختن روزافزون پژوهشگران به مقوله اسکان غیررسمی و آسیب‌پذیری این محله در برابر زمین‌لرزه از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، کالبدی، محیط زیستی، و سایر جنبه‌ها، اهمیت آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زمین‌لرزه با نگاه ویژه‌ای به محله فرحزاد رخ می‌نمایند. بنابراین انتظار می‌رود تا برنامه‌ریزان و مسئولان بیش از پیش درصدد عرضه و عملیاتی کردن راهکارهای مناسب برای کاهش آسیب‌پذیری محله در برابر زمین‌لرزه برآیند.

۴۹. مهندسان مشاور سراوند، همان، ص ۵-۲۸.

جدول ۵. جدول تلفات انسانی احتمالی (به درصد). مأخذ: مهندسان مشاور سراوند، بررسی مسائل توسعه شهری تهران، منطقه ۲.

آقامحمدی، حسین و محمد سعدی مسگری و رضا نورجو. «مدل‌سازی مکانی برای کاهش خسارت‌های بحران زلزله در ایران»، در همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی ۸۴، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۴، قابل‌دسترسی در https://www.civilica.com/Paper-GIS84-GIS84_02.html

احدنژاد روشتی، محسن. «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله؛ نمونه موردی: شهر زنجان»، در *مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای*، سال دوم، ش ۷ (زمستان ۱۳۸۹)، ص ۷۱-۹۰.

استانداری تهران، معاونت برنامه‌ریزی، «طرح تهیه و تدوین برنامه آمایش استان، مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست، تحلیل مخاطرات (زلزله و حرکات توده‌ای)»، ۱۳۸۸، ص ۷۲-۸۱.

ایران دوست، کیومرث و هوشمند علیزاده و لیلا خسروانی و روح‌الله تولایی. «گونه‌شناسی سکونتگاه‌های غیررسمی در شهرهای ایران، مطالعه تطبیقی شهرهای سنندج و کرمانشاه»، در *نامه معماری و شهرسازی*، دانشگاه هنر، ش ۱۰ (بهار و تابستان ۱۳۹۲)، ص ۹۱-۱۰۴.

برازان لطفی، سروش و محمود رحیمی. «سنجش میزان آسیب‌پذیری محله فرحزاد تهران در برابر خطر زلزله با رویکرد مدیریت بحران»، در دومین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران، محیط زیست، لرستان، گروه مهندسان پایا شهر، ۱۳۹۶، قابل‌دسترسی در https://www.civilica.com/Paper-PSHCONF02-PSHCONF02_064.html

برازان لطفی، سروش و محمود رحیمی. «تحلیل بر مؤلفه‌های مؤثر در کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله؛ مورد پژوهی: محله فرحزاد منطقه ۲ کلان‌شهر تهران»، در *فصل‌نامه مطالعات مدیریت شهری*، سال دهم، ش ۳۶ (زمستان ۱۳۹۷)، ص ۸۹-۱۰۲.

پورموسوی، سیدموسی و علی شمعی و محسن احدنژاد و علی عشقی چهاربرج و سمیه خسروی. «ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر با مدل Fuzzy AHP و GIS؛ مطالعه موردی: منطقه ۳ شهرداری تهران»، در *جغرافیا و توسعه*، ش ۳۴ (بهار ۱۳۹۳)، ص ۱۲۱-۱۳۸.

پیران، پرویز. «از اسکان غیررسمی تا اسکان نایابی (در جستجوی راه‌حل)»، در *مجله هفت شهر*، ش ۲۳ و ۲۴ (۱۳۸۷)، ص ۱۴-۳۰.

_____ . «آلونک‌نشینی در ایران، دیدگاه‌های نظری با نگاهی به شرایط ایران»، در *مجله اطلاعات سیاسی-اقتصادی*، ش ۸۷-۸۸ (۱۳۷۲)، ص ۹۶-۱۰۱.

جواهری پور، مهرداد و بابک داوودپناه. «سکونتگاه‌های ناپایدار اقشار کم‌درآمد

شهری (بازبینی سیاست‌گذاری‌های دوران اخیر در زمینه اسکان غیررسمی یا نابسامان)»، در *نشریه هفت شهر*، دوره ۱، ش ۸ (۱۳۸۱)، ص ۸۲-۹۷.

حیدریان؛ شیدا و محمود رحیمی و ثریا فتح‌الهی و سیروان غفوری. «تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله با رویکرد اجتماعی؛ نمونه موردی: محله فرحزاد تهران»، در *فصل‌نامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ش ۳۷ (زمستان ۱۳۹۶)، ص ۲۴۵-۲۶۰.

خراسانی مقدم، صبا و سیدعباس یزدان‌فر و سیدباقر حسینی. «بررسی شاخص‌های کیفیت زندگی مؤثر بر میزان رضایتمندی ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی؛ مطالعه موردی: محله فرحزاد تهران- فرحزاد شمالی»، در *فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ش ۹۱ (بهار ۱۳۹۴)، ص ۹۷-۱۱۷.

دفتر خدمات نوسازی محله فرحزاد. *سند توسعه محله فرحزاد*، خرداد ۱۳۹۴. سرور، هوشنگ و امیر کاشانی اصل. «ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله»، در *فصل‌نامه آمایش محیط*، ش ۳۴ (پاییز ۱۳۹۵)، ص ۸۷-۱۰۸.

شاه‌حسینی، پروانه و یعقوب علی‌پناه. «بررسی، ساماندهی و توانمندسازی اسکان غیررسمی؛ مطالعه موردی: دره فرحزاد»، در *فصل‌نامه جغرافیا*، ش ۲۶ (پاییز و زمستان ۱۳۹۲)، ص ۷۹-۱۰۲.

صرافی، مظفر. «به سوی نظریه‌ای برای ساماندهی اسکان غیررسمی - از حاشیه‌نشینی تا متن شهرنشینی»، در *هفت شهر*، دوره ۱، ش ۸ (تابستان ۱۳۸۱)، ص ۵-۱۱.

صیدبیگی، صادق و محمد نصیری و سروش برازان لطفی و سیدحسن رسولی. «کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی محله فرحزاد در برابر زلزله احتمالی تهران»، در *فصل‌نامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، دوره نهم، ش ۲ (تابستان ۱۳۹۸)، ص ۱۹۳-۲۰۶.

طیبیان، منوچهر و نگین مظفری. «ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری؛ مطالعه موردی: منطقه ۶ شهرداری تهران»، در *فصل‌نامه مطالعات شهری*، ش ۲۷ (تابستان ۱۳۹۷)، ص ۹۳-۱۱۲.

عزیزی محمدمهدی و رضا اکبری. «ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله؛ مطالعه موردی: منطقه فرحزاد، تهران»، در *نشریه هنرهای زیبا*، ش ۳۴ (تابستان ۱۳۸۷)، ص ۲۵-۳۶.

قنبری، ابوالفضل. «برنامه‌ریزی کاربری اراضی بایر تبریز مبتنی بر پهنه‌بندی

سالکی ملکی، محمدعلی و ابوالفضل قنبری و معصومه قاسمی. «پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه؛ نمونه موردی: شهر تبریز»، در نشریه جغرافیا و مخاطرات طبیعی، دوره ۲، ش ۵ (بهار ۱۳۹۲)، ص ۲۱-۳۵.

میرحسینی، سیده‌فائزه. برنامه‌ریزی بازسازی پس از زلزله احتمالی در سکونتگاه‌های غیررسمی؛ مورد مطالعاتی: محله فرحزاد تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۷.

وزارت راه و شهرسازی. سند ملی راهبردی احیاء، بهسازی و نوسازی و توانمندسازی بافت‌های فرسوده و ناکارآمد شهری، ۱۳۹۳، قابل‌دسترس در سایت وزارت راه و شهرسازی، شرکت بازآفرینی شهری ایران به نشانی <http://udrc.ir/component/k2/item/3810>

Armaş, I. "Multi-criteria Vulnerability Analysis to Earthquake Hazard of Bucharest, Romania", in *Natural Hazards*, 63(2) (2012), pp. 1129-1156, doi:10.1007/s11069-012-0209-2

Crowley, H. & R. Pinho & J.J. Bommer. "A Probabilistic Displacement-based Vulnerability Assessment Procedure for Earthquake Loss Estimation", in *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2(2) (2004), pp. 173-219.

Dolce, M. & A. Kappos & A. Masi & G. Penelis & M. Vona. "Vulnerability Assessment and Earthquake Damage Scenarios of the Building Stock of Potenza (Southern Italy) Using Italian and Greek Methodologies", in *Engineering Structures*, 28(3) (2006), pp. 357-371.

Duzgun, H.S.B. & M.S. Yucemen & H.S. Kalaycioglu & K. Celik & S. Kemec & K. Ertugay & A. Deniz. "An Integrated Earthquake Vulnerability Assessment Framework for Urban Areas", in *Natural Hazards*, 59(2) (2011), Article number: 917.

Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, 1997 available at: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1351>

خطر زلزله با استفاده از شاخص همپوشانی»، در اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت‌وساز شهری در مجاورت گسل‌های فعال، ۱۳۹۰.

مهندسان مشاور سراوند، بررسی مسائل توسعه شهری تهران، منطقه ۲، ج ۲، مطالعات کاربری زمین، شهرداری تهران، معاونت شهرسازی و معماری، مردادماه ۱۳۸۲.

مهندسان مشاور فرنهاد، بازنگری سند توسعه محله فرحزاد، خرداد ۱۳۹۴. ناصری، سارا و محمد مهدی بلندیان. «بازبینی مدیریت راهبردی برنامه‌های بهسازی و نوسازی بافت‌های شهری و ارائه مدل برتر در فرایندهای مداخلاتی آن»، در نشریه مدیریت شهری، دوره ۱۳، ش ۳۵ (تابستان ۱۳۹۳)، ص ۱۴۳-۱۶۶.

Menoni, S. & F. Pergalani & M.P. Boni & V. Petrini. "Lifelines Earthquake Vulnerability Assessment: a Systemic Approach", in *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22(9-12) (2002), pp. 1199-1208.

Schwab, J. & K.C. Topping & C.C. Eadie & R.E. Deyle & R.A. Smith. "Planning for Post-disaster Recovery and Reconstruction", Chicago, IL: American Planning Association, 1998, pp. 483-484.

Srikanth, T. & R.P. Kumar & A.P. Singh & B.K. Rastogi & S. Kumar. "Earthquake Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Gandhidham and Adipur Cities Kachchh, Gujarat (India)", in *European Journal of Scientific Research*, 41(3) (2010), pp. 336-353.

UNECE. Self-made Cities. *In Search of Sustainable Solutions for Informal Settlements in the United Nations Economic Commission for Europe Region*, 2009, available at <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/oes/SelfMadeCities.pdf>

UN-Habitat. *Slum Almanac 2015-2016: Tracking Improvement in the Lives of Slum Dwellers*, 2015.