جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۲/۹/۲۱
تأیید نهایی : ۱۳۹۳/۴/۵
صفحات : ۱۹۴ - ۱۷۷

مدل‌سازی آسیب‌پذیری فیزیکی بافت‌های شهری در برابر زلزله در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد شناسی: منطقهٔ ۳ شهرداری شیراز

پریسا مشک‌سار [۱]، دکتر علی سلطانی [۲]، دکتر حسن ایزدی [۳]، دکتر محمد رضا بذرگر [۴]

چکیده

در هشتاد سال اخیر بخش عمده‌ای از کشورمان متحمل خسارات سنگینی دراثر وقوع زلزله شده است. بنابراین موضوع ایمنی شهرها در برابر مخاطرات طبیعی یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری بوده و در این راستا اولین گام شناسایی میزان آسیب پذیری اجزا و عناصر شهری با استفاده از مدل‌ها و روش‌های موجود در این زمینه است. منطقهٔ شیراز بارها در معرض زلزله‌های ویرانگر هرچند با فواصل طولانی واقع شده است و در طی ۹۰۰ سال اخیر بخش بزرگی از شهر شیراز حدود ۵ بار آسیب دیده است. در این پژوهش منطقه ۳ شهرداری شیراز از نظر عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از شاخص‌هایی چون سازگاری و ناسازگاری کاربری‌ها، ساختار بنا، کیفیت بنا و... در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی شد. این مطالعه نشان می‌دهد که وجود بافت ارگانیک، شبکهٔ ارتباطی نامنظم و نبود تجهیزات شهری مناسب، موجب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله می‌گردد. بعد از تحلیل‌های انجام‌شده مشخص گردید که منطقهٔ ۳ با در نظر گرفتن این عوامل دارای آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله بوده به طوری که حدود ۶۵ درصد از ساختمان‌های واقع شده در این ناحیه، آسیب‌پذیری خیلی بالا - بالا دارند؛ البته اگر شدت زلزله در این برآورد مد نظر قرار گیرد، این درصد متفاوت خواهد بود. بنابراین مطالعهٔ این معیارها در این منطقه برای کاهش آثار زلزله الزامی است.

کلید واژگان: آسیب‌پذیری، زلزله، عوامل بیرونی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطقهٔ ۳ شهرداری شیراز.

۱- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران(نویسنده مسئول) pr.moshksar.25@gmail.com
۲- دانشیار بخش شهرسازی، دانشگاه شیراز، شیراز soltani@shirazu.ac.ir
۳- استادیار بخش شهرسازی، دانشگاه شیراز، شیراز izady@shirazu.ac.ir
۴- استادیار بخش شهرسازی، دانشگاه شیراز، شیراز bazregar@ shirazu.ac.ir

مقدمه

بر مبنای گزارش‌های ثبت شده از ۴۰ نوع سانحهٔ شناخته‌شده در دنیا ۳۱ مورد در ایران به وقوع پیوسته است. از آن‌جا که حدود ۷۰ درصد سرزمین ایران در معرض خطر زلزله قرار دارد، زمین لرزه یکی از خطرهای اصلی به شمار می‌آید. از ابتدای قرن بیستم تا قرن حاضر، ۲۰ زلزله به بزرگی ۷ ریشتر در سطح گسترهٔ ایران به وقوع پیوسته است؛ یعنی به طور متوسط هر ۵ سال یک زلزله بسیار مخرب رخ داده است (ایری، ۱۳۷۸: ۱). این مطالب نشان‌دهندهٔ این است که طی هشتاد سال اخیر بخش عمده‌ای از کشورمان متحمل خسارات سنگینی شده است. زلزله به عنوان یک پدیدهٔ طبیعی به خودی خود نتایج نامطلوبی در پی ندارد؛ آنچه از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، عدم آمادگی به منظور مقابله با آن و پیشگیری از عواقب زیان‌باری است که به بار می‌آورد. بنابراین ضروری‌ترین اقدامات، به کارگیری" اصول مدیریت بحران "است. این فرایند با تکیه بر اصول مدیریت برنامه‌ریزی، سازماندهی، رهبری و نظارت و هماهنگی به عنوان مهم‌ترین بحث در استراتژی کاهش آثار زلزله است. بنابراین جا دارد برنامه‌ریزان شهری کشور ما قبل از احداث هر سکونت‌گاهی، این مهم را مد نظر داشته باشند تا از خسارات جانی و مالی جلوگیری شود. با وجود ناشناخته‌بودن زمان وقوع زلزله، با شناخت نحوهٔ عمل و رفتار زلزله در مناطق شهری و به کارگیری راهبردهای مناسب در زمینهٔ برنامه‌های منطقه‌ای، برنامه‌ریزی و طراحی شهری، می‌توان خطر زلزله را در مناطق شهری به کم‌ترین میزان کاهش داد (امینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱).

منطقهٔ شیراز بارها در معرض زلزله‌های ویرانگر هرچند با فواصل طولانی واقع شده است و در طی ۹۰۰ سال اخیر بخش بزرگی از شهر شیراز حدود ۵ بار آسیب دیده است (بازنگری طرح تفصیلی شیراز، ۱۳۸۲). منطقهٔ ۳ شهرداری شیراز یکی از بافت‌های شهری قدیمی را دارد. از سوی دیگر وجود معابر باریک با عرض کم‌تر از ۶ متر آسیب‌پذیری منطقه را در برابر بلایای طبیعی افزایش می‌دهد. همچنین غالب بناهای مسکونی مساحتی کم‌تر از ۲۰۰ مترمربع دارند. بنابراین بخش‌هایی از این منطقه رو به فرسودگی گذاشته و در زمرهٔ بافت‌های فرسوده قرار می‌گیرند. این موضوع توجه به این منطقه و ارائهٔ برنامه‌هایی جهت مقاوم‌سازی آن در برابر بلایای طبیعی چون زلزله را الزامی می‌گرداند.

سؤالات تحقیق

در این تحقیق سؤالات زیر مطرح می شود:

۱- با توجه به بافت کالبدی منطقه چه شاخص‌هایی در تعیین آسیب‌پذیری کالبدی منطقه مناسب هستند؟

۲- کدامیک از شاخص‌ها از نظر میزان آسیب‌پذیری اهمیت بالاتری دارند؟ وزن هر یک از شاخص‌ها چه میزان است؟

۳- الگوی توزیع نواحی آسیب‌پذیر در منطقهٔ ۳ شهر شیراز به چه گونه است و این منطقه از نظر آسیب‌پذیری در چه موقعیتی قرار دارد؟

پیشینهٔ تحقیق

در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، پژوهش‌های چندی در سطح جهانی و داخلی صورت پذیرفته است که در اینجا به بعضی از آن‌ها اشاره شده است.

استاندارد (طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله- آیین‌کار) نخستین بار در سال ۱۳۶۷ تهیه شد. براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی و تأیید کمیسیون‌های

مربوط برای سومین بار توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در کمیسیون‌های مربوطه مورد تجدید نظر قرار گرفت و با عنوان(طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله- آیین‌نامه) در ۱۲۱ کمیته ملی استاندارد ساختمان و مصالح ساختمانی در مورخ ۸۴/۴/۲۶ مورد تأیید قرار گرفته است، اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ایران منتشر می شود(مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن: ۱۳۸۴: ۲).

احدنژاد روشتی(۱۳۸۸) در رساله دکتری خود تحت عنوان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با به کارگیری مدل(RISK-UE) و بومی‌سازی آن با استفاده از توابع آسیب‌پذیری زلزله‌های رخ داده و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در مناطق مختلف کشور به مطالعهٔ آسیب‌پذیری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته و برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری شهر زنجان با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی اجزا و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی و تعیین تأثیر هر کدام از معیارهای به کار گرفته در میزان آسیب را انجام داده است(احدنژاد روشتی، ۱۳۸۹: ۷۱).

احمد پوراحمد و همکاران (۱۳۸۸) ابعاد پیشگیری از بحران زلزله درچارچوب مناطق هفده‌گانه شهر بابل را بررسی و تحلیل کرده است. در این راستا، از روش معیاری- تحلیلی برای تحلیل ابعاد کالبدی و خصوصیات جمعیتی شهر بابل از نظر آسیب‌پذیری زلزله استفاده کرده و به تحلیل تجهیزات امدادرسانی و آتش‌نشانی پرداخته است و در کنار آن از روش مقایسه‌ای برای جمع‌بندی یافته‌ها و تعیین سلسله-مراتب آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری استفاده نموده است.

حمید فتحی (۱۳۹۰) چگونگی استفاده ترکیبی از دو تکنیک دلفی و مدل تحلیلی سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات مکانی را در یک مدل یکپارچه تلفیقی ارائه می‌دهد و شیوهٔ ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و سازه‌ای و انسانی را در یک سکونت‌گاه انسانی به ارزیابی و اجرا می‌گذارد. به این ترتیب اولویت نواحی برای اجرای برنامه‌های کاهش خطرپذیری را مشخص می‌کند.

از سوی دیگر در خارج از مرزهای ایران به دنبال زلزلهٔ ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو، گروهی در کالیفرنیا در سال ۱۹۰۷جامعهٔ زلزله‌شناسی آمریکا را تأسیس نمودند. در اثر تلاش این افراد برای پیشگیری از آثار این حوادث اقدامات علمی در این زمینه تقویت گشت. انجمن نقشه‌برداری پیمایشی ایالات متحده برنامه‌هایی برای حومه‌ها و به ویژه محل‌های مستعد زلزلهٔ خود اجرا نمود. با گذشت زمان توجه گروهی از این افراد به ساخت و سازهای انسانی و مقاوم‌سازی آن‌ها در برابر زلزله جلب گشت. از اینرو در سال ۱۹۵۰ موسسهٔ تحقیقاتی مهندسی زلزله شکل یافت (دیویس،۱۹۵۵)[1] . هدف آنان یافتن علل ویرانی ساختمان‌ها در اثر وقوع زلزله و روش‌های پیشگیری از این‌گونه حوادث است. سپس تصمیم گرفته شد که ارتباطاتی بین این گروه و علاقه‌مندان در این زمینه در کل جهان برقرار گردد. به این ترتیب در سال ۱۹۵۲، EERI[2] اولین کنفرانس مهندسی زلزله را در دانشگاه کالیفرنیا، لس‌آنجلس[3] سازماندهی و در سال ۱۹۵۵ اولین کنفرانس جهانی مهندسی زلزله را برگزار نمود. پانزدهمین کنفرانس آن در سال ۲۰۱۲ در لیسبون، پرتغال تشکیل گشت (www.Wikipedia.org).

مالهوترا و هیلی (۲۰۰۸) ۴براساس تجزیه- تحلیل رگرسیون خسارات بلایای طبیعی و هزینهٔ مدیریت

1. (Davis, 1955)
2. Earthquake Engineering Research Institute(EERI)
3.University of California, Los Angeles (UCLA)
4.(Healy & Malhotra, 2008)

بحران در آمریکا برای حفاظت از سیل و برنامه‌ریزی برای زلزله‌ها و طوفان‌های احتمالی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۴ نشان می‌دهند که هر ۱دلاری که برای کاهش خطر هزینه می‌شود، می‌تواند به اندازهٔ ۱۵دلار خسارت ناشی از این گونه حوادث را کاهش دهد. اما سایر محققان معتقدند که میزان این تأثیرگذاری براساس نوع واقعه متفاوت خواهد بود. به عنوان مثال نسبت سود به هزینهٔ پروژه‌های کاهش خسارت سیل آژانس مدیریت بحران فدرال ایالات متحده[1] حدوداً ۵ است. در حالی‌که در پروژه‌های کاهش خسارت زمین‌لرزه این نسبت عدد ۱/۵ را نشان می‌دهد (ویکینسون،۲۰۱۲:۱)[2].

اهداف تحقیق

۱. شناسایی و انتخاب شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای: در این مقاله شاخص‌ها بر اساس تلفیق سه مقولهٔ برنامه‌ریزی، مدیریت و آسیب‌پذیری انتخاب می‌شوند.

۲. سپس معیارها بر مبنای میزان و شدت عملکردی آن‌ها رتبه‌بندی خواهند شد.

۳. ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای و تحلیل خطر زلزله نمونهٔ مورد مطالعه: در نهایت نقشهٔ پهنه‌بندی بافت منطقه بر مبنای آسیب‌پذیری ارائه می‌شود.

با مشخص‌شدن این عوامل و رعایت آن‌ها در ساخت و سازهای آتی می‌توان خسارات ناشی از این وقایع را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

اهمیت و ضرورت تحقیق

امروزه نزدیک به ۲۰درصد جمعیت جهان در مناطق زلزله‌خیز فعال زندگی می‌کنند و در طول ۵۰ سال آتی، نیمی از شهرنشینان در ۵۰ تا از شهرهای بزرگ جهان در ۲۰۰ کیلومتری گسل‌هایی که زلزله‌هایی با بزرگی ۷ ریشتر و بیش‌تر تولید می‌کنند، ساکن خواهند شد. ۹۰ درصد این افراد در معرض خطر، در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند. این کشورها تاکنون در اثر حوادث طبیعی دچار خسارت‌های اجتماعی- اقتصادی بسیاری شده‌اند (آلتان و همکاران، ۲۰۰۴: ۸۳)[3]

همان‌گونه که مطرح شد تلفات ناشی از زلزله‌های اخیر در نواحی شهری زیاد بوده و هشتاد درصد از تلفات جانی ناشی از این زلزله‌ها در ۶ کشور چین، ایران، پرو، شوروی سابق، گواتمالا و ترکیه بوده است. رشد سریع شهرهای جهان چنین بحران‌هایی را دردناک‌تر و فراوان می‌سازد(احدنژاد و جلیل پور، ۱۳۹۰: ۱). بنابراین با توجه به آسیب‌پذیری شهرهای ما در برابر زلزله، امروزه یکی از رویکردهای مورد توجه مدیریت بحران در برخورد با این پدیده مخرب، پرداختن به مسئله ایمن‌سازی شهرها و انجام اقدامات پیشگیرانه به منظور کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله است.

روش تحقیق

در این تحقیق به دلیل کاربردی‌بودن و برای تعیین عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شهر در هنگام زلزله از روش تحقیق از نوع تحلیلی و توصیفی استفاده شده است. در این مطالعه به منظور پهنه‌بندی منطقهٔ ۳ شهر شیراز از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله، ابتدا با به کارگیری نقشهٔ زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شهر و بررسی گسل‌های ثبت شده توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله، بستر طبیعی منطقه بررسی خواهد شد. سپس با جستجوی مقالات و کتاب‌ها و منابع موجود، کار کتابخانه‌ای و توصیفی شروع می‌گردد. در ادامه با بازدید از منطقهٔ ۳ شهر شیراز و بررسی

1. US Federal Emergency Management Agency (FEMA)
2. (Wilkinson, 2012: 1)
3. (Altan et al., 2004: 83)

زمین‌شناسی و موقعیت زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه روش پیمایشی و تحلیلی انجام می‌شود. برداشت‌های میدانی شامل جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پارامترهای ساختمانی چون وضع موجود کاربری‌ها، چگونگی توزیع آن‌ها، نوع سازه، تعداد طبقات، کیفیت بنا و... است. سپس پایگاه داده‌های جغرافیایی شامل وضعیت زمین‌شناسی محدوده، گسل و حریم آن در نرم‌افزار GIS بررسی خواهد شد.

برای بیان آسیب‌پذیری و تعیین اندازه و نوع آن به مدلی در این ارتباط نیاز است. بدین منظور آسیب‌پذیری در پنج طیف (آسیب‌پذیری خیلی کم، آسیب‌پذیری کم، آسیب پذیری متوسط، آسیب پذیری زیاد، آسیب پذیری خیلی زیاد) مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به خصوصیات منطقهٔ مورد مطالعه، موضوع تحقیق و همچنین محدودیت‌های اطلاعاتی از تعداد هشت شاخص(بافر، سازه، قدمت، کیفیت، تعداد طبقات، همجواری کاربری‌ها، مساحت قطعات و مصالح بنا) برای بیان آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله استفاده شده است.

هر کدام از شاخص‌های منتخب خود به چند طبقه بر اساس چهار طیف مورد نظر آسیب پذیری تقسیم می‌شوند. برای اینکه میزان آسیب‌پذیری مشخص گردد، می باید به شاخص‌ها و طبقاتشان ارزش اختصاص داده شود. جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها از مقالهٔ دکتر احدنژاد روشتی و همکاران استفاده شده است.

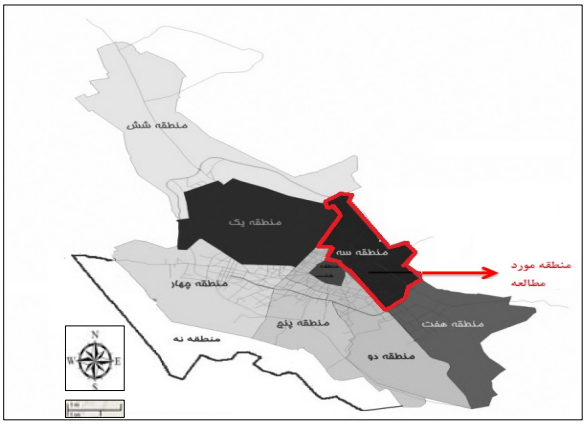
معرفی محدوده

شهر شیراز به عنوان بزرگ‌ترین شهر منطقه جنوب غربی کشور که بر سر راه‌های ترانزیتی کشور واقع شده است و به عنوان مهم‌ترین مرکز سیاسی، اداری و جمعیتی استان، همواره از رشد بالای جمعیتی و اثر مهاجرت قابل توجه برخوردار بوده است. توجه به این امر که تنها ۵ شهر بالای ۱ میلیون نفر جمعیت در ایران وجود دارد و شیراز یکی از این ۵ شهر بزرگ در سال ۷۵ بوده است تا حدودی می تواند نقش و اهمیت مطالعه و برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از وقوع بلایای طبیعی احتمالی در این شهر را مشخص کند. با توجه به تعداد بسیار زیاد گسل‌ها(گسل زرقان، سلطان، بیدزرد، قلات، بزین) در سطح استان فارس و سوابق تاریخی فعالیت این گسل‌ها می‌توان به این نکته پی برد که امکان وقوع زلزله‌ای عظیم در شیراز وجود دارد. آمارها نشان‌دهندهٔ حداقل ۱۶ زلزلهٔ بزرگ در محدودهٔ شیراز بین سال‌های ۱۲۹۱ تا ۱۸۹۴ میلادی هستند که بزرگی آن‌ها بین ۵/۹ تا ۷/۱ بوده است. در سوابق تاریخی شیراز زلزله‌های بزرگی مانند زلزلهٔ ۱۵۰۶ میلادی شیراز، ۱۶۲۳ میلادی مرودشت و شیراز، ۱۷۸۴، ۱۸۱۲، ۱۸۵۳، ۱۸۶۲ و ۱۸۹۴ میلادی سردشت شیراز ثبت شده است. بررسی‌ها گویای این مطلب‌اند که از سال ۱۹۲۵میلادی به بعد تقریبا هر ۲۰ سال یک بار زلزله‌ای با بزرگی ۵/۵- ۵/۷ در منطقه رخ داده است. در طی ۹۰۰ سال اخیر بخش بزرگی از شهر شیراز حدود ۵ بار آسیب دیده است(مهندسین مشاور مآب، ۱۳۸۲: ۲۵). در شکل ۱ آسیب‌پذیری شهر شیراز آورده شده است.

شکل ۱: موقعیت شهر شیراز نسبت به پهنه‌های آسیب‌پذیری زلزله

منبع: مهندسین مشاور مآب، ۱۳۸۲.

منطقهٔ ۳ با مساحت ۱۷۴۴ هکتار ۱۴درصد مساحت کل شهر شیراز را در بر می‌گیرد. جمعیت شهرداری منطقهٔ ۳ حدود ۱۹۱۴۰۵ نفر برآورد گردیده است و تراکم آن حدود ۱۳۰ نفر در هکتار است. نکتهٔ قابل توجه در زمینهٔ مسائل کالبدی این منطقه، آن است که فضای مسکونی بخش عمده‌ای از کاربری‌ها را تشکیل می‌دهد. بسیاری از واحدهای مسکونی توسط خانوارهایی تولید می‌شود که ناچارند در وضعیت بی‌اطلاعی از رمز و فنون معماری و ساختمان، اقدام به خرید مصالح و تهیهٔ نقشه و استخدام کارگر و پیشبرد تولید مسکن نمایند؛ یعنی بخش مهم تولید فضای شهری توسط کسانی صورت می‌گیرد که تنها از زاویهٔ نیازها و منافع خود و از موضع توان مالی، فنی و زیباشناسانهٔ محدود خود به تولید و اجرا می‌نگرند. چنین پدیده‌ای نیاز به ارزیابی آسیب‌پذیری این منطقه را بیش‌تر نشان می‌دهد. به این ترتیب در این تحقیق به بررسی آسیب‌پذیری کالبدی در منطقهٔ ۳ شهر شیراز پرداخته خواهد شد. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. عامل دیگری که سبب تشدید آسیب‌پذیری بافت‌های این شهر است، وجود بافت‌های خودرو و قدیمی در دل این شهر است که عموماً از خانه‌های یک طبقه و دو طبقه با زیر بنای کم که به‌صورت متراکم در کنار یکدیگر ساخته شده‌اند، تشکیل یافته است. این خانه‌ها غالباً مطابق استانداردهای فنی نبوده و ایستایی لازم در برابر زلزله را ندارند. در شکل ۲ موقعیت منطقه ۳ در شهر شیراز نشان داده شده است.



شکل ۲: موقعیت منطقه ۳ شهرداری در شهر شیراز.

منبع:شهرداری شیراز.

مبانی نظری و دیدگاه‌ها

مبانی نظری در مقاوم‌سازی شهرها در مقابل زلزله بسیار کم است. به‌طوری‌که دکتر بحرینی کار خود را برای مقاوم‌سازی سه شهر وشان، رودبار و منجیل، اولین بررسی در ایران یا حتی جهان می‌داند. به هر حال در این میان روش برخورد طرح‌های شهرسازی جهت مقاوم‌سازی شهرها در برابر زلزله دارای چندین تفکر است: دستهٔ اول، بیش‌ترین اهمیت را برای کنترل اندازهٔ شهرها به لحاظ تراکم ساختمانی، جمعیتی. مکان‌یابی فعالیت‌های مخاطره‌آمیز می‌دهند. دستهٔ دوم، طراحی مقاوم سازه‌ها و عناصر فیزیکی شهر را مهم‌ترین موضوع می‌دانند. دستهٔ سوم به بحث پیرامون توزیع مناسب حرکت جمعیت شهری در شبکه‌ها و عدم تمرکز فعالیت‌ها در یک مرکز و توزیع آن در مراکز مختلف برای کاهش ضرایب آسیب‌پذیری می‌پردازند. دستهٔ چهارم، به دنبال بررسی عوامل و مشخصات بافت شهری مانند الگو و اندازهٔ قطعه‌بندی اراضی، پر و خالی درون هر قطعه و همجواری ساختمان‌ها و راه‌ها، مشخصات فیزیکی راه‌ها چون عرض راه و درجهٔ محصوریت آن، که از عوامل آسیب‌پذیری بافت شهری و بهینه‌سازی عوامل فوق هستند(ستوده، ۱۳۸۰: ۱۰-۱۱).

دیدگاه‌های موجود در مدیریت بحران

در بررسی مدیریت بحران، با دو دیدگاه کاملاً متفاوت در برخورد با بحران و مصائب جمعی روبه‌رو می شویم:

الف)دیدگاه سنتی

در این دیدگاه مدیریت بحران تنها به مسأله امداد و نجات و کمک‌رسانی، به صورت موردی می‌نگرد؛ آن هم پس از وقوع هر مصیبت خاص به آن توجه دارد. به این معنی که کار اصلی مدیریت بحران بعد از وقوع حادثه آغاز می‌شود. مسلماً در این نوع نگرش چون نوع واقعه، نوع تجهیزات، نوع سازماندهی و آموزش خاص برای مواجه‌شدن سریع با حادثه، قبلاً پیش‌بینی و به موقع اجرا نشده، بنابراین تا لحظهٔ رسیدن گروه‌های امداد و نجات و کمک‌های ارسالی، صدمات و خسارت‌های انسانی و مادی زیادی به جامعه آسیب‌دیده، وارد می‌شود. در دیدگاه سنتی، سازمان‌های امداد، منفعلانه به انتظار وقوع بلایای همگانی می‌نشینند و جز تمهیدات اولیهٔ امدادی-حمایتی و ذخیره‌سازی مایحتاج ضروری آسیب‌دیدگان و دریافت اعانه و کمک‌های داوطلبانهٔ مردم، به چیز دیگری نمی‌اندیشند. در دیدگاه سنتی، بعد از حادث‌شدن سانحه، همه چیز به فراموشی سپرده می‌شود و باز هم به انتظار مصیبت بعدی می‌نشینند.

ب) دیدگاه نوین

نگرش جدید با بهره‌گیری از تمام نظریه‌های علمی و پیشرفت‌های فنی به ویژه دستاوردهای مدیریت و سبک‌های جدید طرح‌ریزی، سازماندهی، برنامه‌ریزی، هدایت و پشتیبانی، موضوع غافلگیری و آماده نبودن در اوضاع بحرانی را منتفی کرده و قبل از وقوع هر بحرانی، با آمادگی به مقابله با آن می‌رود. در این دیدگاه، موضوع امداد و کمک‌رسانی تنها یکی از بخش‌های چرخهٔ مراحل مختلف مدیریت بحران را تشکیل می‌دهد و به جای انتظارکشیدن، خود را از هر جهت برای پیش‌گیری و برخورد مؤثر با بحران، آماده می‌کند. در دیدگاه نوین سعی بر این است تا با کمک گرفتن از تجربیات گذشته و شناخت دقیق پدیده‌های طبیعی و محیطی، نسبت به پیش‌بینی و پیش‌گیری حوادث غیرمترقبه و جلوگیری از غافلگیری باید اقدام کرد تا بتوان خسارت‌های ناشی از آن‌ها را به حداقل ممکن کاهش داد. از اینرو چرخهٔ مدیریت بحران از دوران قبل از وقوع حادثه شروع و تا به مرحلهٔ عادی‌سازی و بازسازی ادامه می‌یابد(پژوهشکدهٔ علوم انسانی و اجتماعی جهاد دانشگاهی و مرکز مطالعات و خدمات‌تخصصی شهری و روستایی، ۱۳۸۵: ۱۳- ۱۵).

عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری کالبدی شهرها در برابر زلزله

برای ارزیابی آسیب‌پذیری کالبد شهر دو نوع عامل می‌توانند،دخیل باشند.این‌عوامل‌به‌دودسته‌تقسیم می‌شوند:

الف) عوامل درونی ساختمان: عواملی هستند که اثر آسیب‌پذیری به خود ساختمان بر می‌گردد؛ مانند قدمت ساختمان، نوع مصالح ساختمان، مساحت ساختمان، طبقات ساختمان و... .

ب) عوامل بیرونی ساختمان: عواملی که مستقیماً اثر زلزله به خود ساختمان برنمی‌گردد، بلکه عوامل دیگری در آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله نقش دارند که شامل سازگاری و ناسازگاری کاربری‌های همجوار، دسترسی به شبکهٔ معابر، دسترسی به فضای باز، دسترسی به کاربری‌های لازم درهنگام وقوع زلزله(بیمارستان) و تراکم جمعیت است.

با توجه به عوامل یاد شده معیارهای منتخب این تحقیق در دو دسته طبقه‌بندی شده است : ۱- زمین ساخت (شامل فاصله از گسل)؛ و ۲- معیارهای انسان‌ساخت (شامل نوع سازه و قدمت بنا، همجواری کاربری های سازگار و ناسازگار، دسترسی به معبر، مساحت قطعات). سپس با شناخت وضع موجود محدودهٔ مورد مطالعه، پس از تهیهٔ نقشه‌های مورد نظر

و امتیازدهی معیارها، هر یک از معیارها را تبدیل به رستر کرده و سپس توسط ابزار analysis tools و فرمان reclassبه هرکدام از معیارها امتیاز مورد نظر را می‌دهیم، سپس با استفاده از فرمان Raster Calculator به همپوشانی لایه‌ها پرداخته شده است.

شاخص‌های عوامل بیرونی مؤثر در آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله

- شبکه‌های ارتباطی

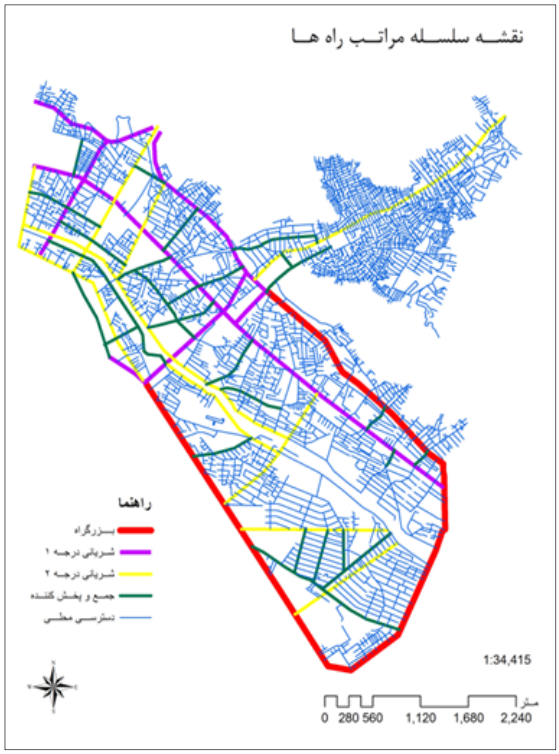
عناصر شبکه‌های ارتباطی و دسترسی شامل، سلسله مراتب با تنوع و تعدد در دسترسی‌ها، نحوهٔ دسترسی به واحدهای مسکونی در وضعیت بحرانی زلزله، عرض، طول و شیب معابر، تناسب ارتفاع جداره‌ها، فاصلهٔ تقاطع‌ها، فضاهای باز فرود هلیکوپتر، موقعیت فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های راه‌آهن، شبکه‌های حمل و نقل عمومی، تعداد پل‌های ارتباطی، پیچ و خم جاده، سرانه و درصد شبکهٔ ارتباطی نقش مهمی در فرار بازماندگان از موقعیت بحرانی ایفا می‌کنند(ساسان پور و موسی‌وند، ۱۳۸۹: ۳۲- ۳۳). احتمال قطع دسترسی‌ها، زمان کمک‌رسانی به مصدومین با دشواری و وقفهٔ زیاد صورت می‌پزیرد. طبیعی است که با از دست‌رفتن ساعات عملیات طلایی امداد و نجات، تعداد کشته‌شدگان نسبت به مجروحان اولیه افزایش می‌یابد. بنابراین شبکه‌های ارتباطی نقش بسیار مهمی در امر نجات و امداد در حین و بعد از وقوع زلزله و میزان خسارات سازه‌ای و تلفات انسانی به عهده دارند. با طراحی شبکهٔ ارتباطی کارآمد می‌توان صدمات زلزله را کاهش داد. در این راستا عرض خیابان‌ها، در کاهش زمان رسیدگی به مصدومان بسیار مؤثر است. همچنین بافت شهری درشت دانه موجب کاهش گره‌های ترافیکی شده و کارآمدی آن را افزایش می‌دهد (شریف زادگان و فتحی، ۱۳۹۰: ۱۱۴).

در جدول (۱) رابطهٔ عرض شبکهٔ معابر و رابطهٔ آن با آسیب‌پذیری آورده شده است. همچنین در شکل(۳) نقشهٔ سلسله مراتب عملکردی راه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۱: رابطهٔ عرض معبر با میزان آسیب‌پذیری

عرض شبکهٔ معابر	درجهٔ آسیب‌پذیری
معابر با عرض بیش‌تر از ۱۴ متر	آسیب‌پذیری کم
معابر با عرض کم‌تر از ۹ تا ۱۴ متر	آسیب‌پذیری متوسط
معابر با عرض کم‌تر از ۳ تا ۹ متر	آسیب‌پذیری زیاد
معابر با عرض کم‌تر از ۶ متر و بن بست	آسیب‌پذیری بسیار زیاد

منبع: حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸: ۸



شکل ۳: نقشه سلسله مراتب عملکردی راه‌ها در محدوده

منبع: سازمان حمل و نقل و تاسیسات زیربنایی منطقه ۳..

همان‌گونه که در شکل بالا مشخص است شبکهٔ ارتباطی اغلب غیرمستقیم، کم عرض و بدون در نظر گرفتن سلسله‌مراتب است. بنابراین یکی از مشکلات این بافت‌ها دسترسی نامناسب و محدود آن‌ها است که امداد رسانی به ساکنان آن‌ها پس از وقوع بلایای

طبیعی را مشکل می‌سازد و می‌تواند با بحرانی‌کردن اوضاع به فاجعهٔ انسانی دامن بزند.

- **همجواری کاربری‌ها**

بررسی همجواری کاربری‌ها با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، به مطالعهٔ نحوهٔ قرارگیری کاربری‌ها می‌پردازد. زیرا هر یک از کاربری‌ها در زمان وقوع زلزله اثر متفاوتی بر یکدیگر می‌گذارند. از این‌رو همجواری کاربری‌های سازگار در زمان وقوع حادثه حائز اهمیت است(شریف‌زادگان و فتحی، ۱۳۹۰: ۱۱۵). عدم سازگاری کاربری‌ها می‌تواند در موقع بروز زلزله باعث افزایش حوادث ثانویه از جمله آتش‌سوزی یا نشت مواد سمی و ... شود به عنوان مثال قرارگرفتن یک پمپ بنزین یا وجود کارخانهٔ صنعتی در کنار کاربری مسکونی می‌تواند باعث ایجاد خسارات ثانویه به یک ساختمان شود؛ هر چند که ممکن است آن ساختمان از نظر سازه‌ای یا سایر شاخص‌ها هیچ گونه مشکلی نداشته باشد(احدنژاد و جلیل‌پور، : ۵). یا به عنوان مثال اراضی در اهمیت فضاهای شهری می‌توان گفت که امروزه تحت تأثیر فرایندهای تراکم و تمرکز فعالیت‌ها میزان پراکنش فضاهای باز در جهت پناه‌گیری بعد از وقوع زلزله بسیار مؤثر است. همچنین از این فضاها به عنوان مکانی برای استقرار مجروحان، عملیات امداد و نجات و حتی اسکان موقت افراد استفاده می‌شود. بنابراین چنین فضاهایی در افزایش کارایی مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری شهرها نقش کلیدی دارند(احمدی، شیخ کاظم، ۱۳۸۵: ۱۶).

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌هایی که در سطح اراضی صورت می‌گیرد، فعالیت مسکونی است از مجموع ۱۷۴۴ هکتار منطقه ۳ شهر شیراز، بالغ بر ۵۰ درصد به مسکونی، ۱۴ درصد زمین‌های بایر و ۲ درصد به کاربری تجاری اختصاص یافته است. کاربری مسکونی با اختصاص حدود ۶۵۸ هکتار، نیمی از مساحت کل منطقه را در بر می‌گیرد و کاربری غالب منطقه است. از آن‌جا که این کاربری حدود ۸۰ درصد کاربری‌های منطقه را تشکیل می‌دهد، مشخص می‌شود که این قطعات ریزدانه هستند. همچنین فقر خدمات بهداشتی- درمانی و پایین‌بودن درصد کاربری تجاری(حدود ۲/۵ درصد) به چشم می‌خورد. در شکل (۴) نقشهٔ همجواری کاربری‌های محدوده آورده شده است.

شکل۴: نقشهٔ کاربری‌ها در محدوده
منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **فاصله از گسل**

لغزش گسل‌ها می‌تواند لایه‌های زمین را به صورت عمودی، افقی و ترکیبی از آن‌ها جابه‌جا کند. زمانی که این لغزش‌ها به طور ناگهانی رخ دهند، موج زلزله به وجود می‌آید و در طول یک زلزله احساس می‌شود. مشابه اثری که انداختن سنگ بر سطح آب می‌گذارد (رجحان و همکاران، ۱۹۹۷: ۱)[1]. بنابراین هرچه

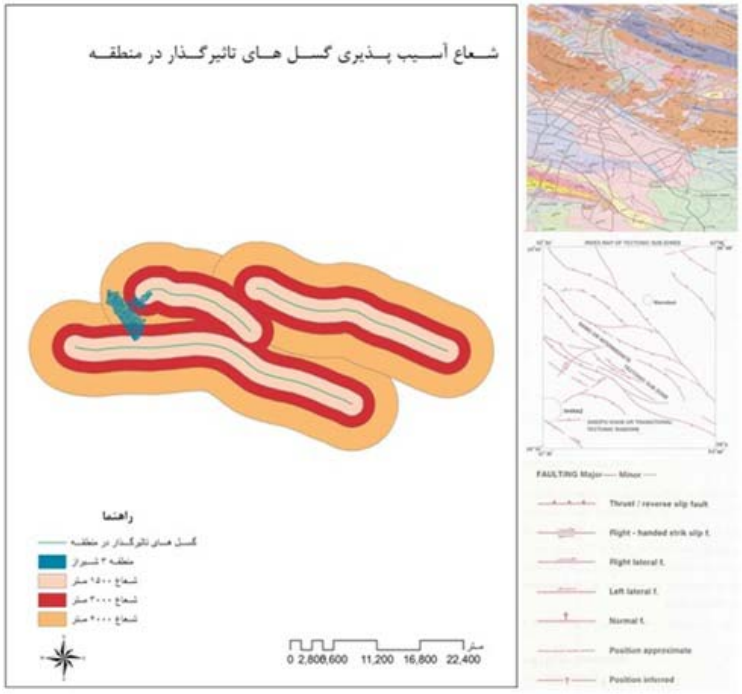
1. (Rojahn et al., 1997: 1)

ساخت و سازها در فاصلهٔ کم‌تری نسبت به گسل‌ها قرار گیرند، امکان آسیب‌دیدن آن‌ها افزایش می‌یابد.

- **گسل‌های پیرامون منطقهٔ ۳**

با توجه به اطلاعات طرح تفصیلی منطقهٔ ۳ شیراز، گسل‌های زیر به عنوان اصلی‌ترین گسل‌ها شناسایی شده‌اند.

راستای گسل سلطان II در دشت شیراز باختری ـ خاوری بوده و در پهنهٔ بلافاصل محدوده به گسل راهدار می‌پیوندد. این گسل با روند غربی ـ شرقی خود نواحی جنوبی این منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است. این گسل در فاصلهٔ ۱۰ کیلومتری منطقه قرار دارد. به‌علاوه گسل رانده سعدی از درون قسمت شرقی منطقه (از کنار آرامگاه سعدی) عبور می‌کند. همچنین گسل بمو در فاصلهٔ ۱۹ کیلومتری با طول تقریبی ۲۱ کیلومتر در شرق منطقهٔ ۳ شیراز قرار دارد. علاوه بر گسل‌های یاد شده در پهنهٔ مناطق ۳ شیراز، تعدادی گسل فرعی نیز وجود دارند که اغلب از گسل‌های کواترنر بوده و دارای امتداد شرقی ـ غربی هستند. در شکل (۵) موقعیت گسل‌های پیرامون محدوده و شعاع آسیب‌پذیری گسل‌های تأثیرگذار در آن نشان داده شده است.



ب الف

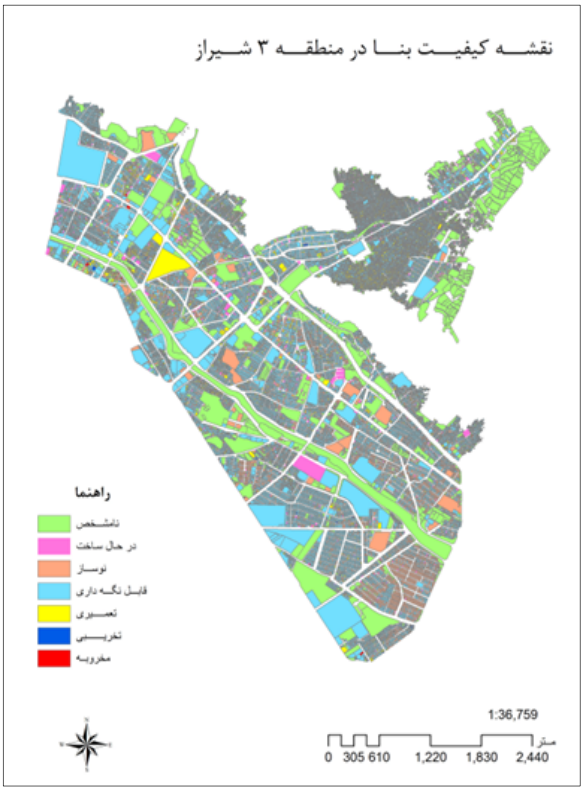
شکل ۵- موقعیت گسل‌های پیرامون محدوده و شعاع آسیب‌پذیری گسل‌های تأثیرگذار در آن

منبع الف: نقشهٔ زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شیراز(اقتباس از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی کشور) ترسیم ب: نویسندگان

شاخص‌های عوامل درونی مؤثر در آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله

- **کیفیت ابنیه**

کیفیت ابنیه به موقعیت کلی یک بنا (نوساز، قابل نگه‌داری و تخریبی)، از نظر میزان طول عمر آن و قابل استفاده بودنش اشاره دارد (پور احمد و همکاران، ۱۳۸۸: ۶). همان‌گونه که در نقشهٔ کیفیت بنا مشخص است حدود ۷۰ درصد بناهای منطقه قابل نگه‌داری هستند. این بناها ۶۹۲۹۷۲۲ مترمربع را به خود اختصاص داده‌اند. پس از آن نیز بناهای نوساز بیش‌ترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌گونه که در نقشه دیده می‌شود، بناهای تعمیری بیش‌تر در محلهٔ سعدی قرار دارند. شکل(۶) نقشهٔ کیفیت بنا در محدوده را نشان می دهد.

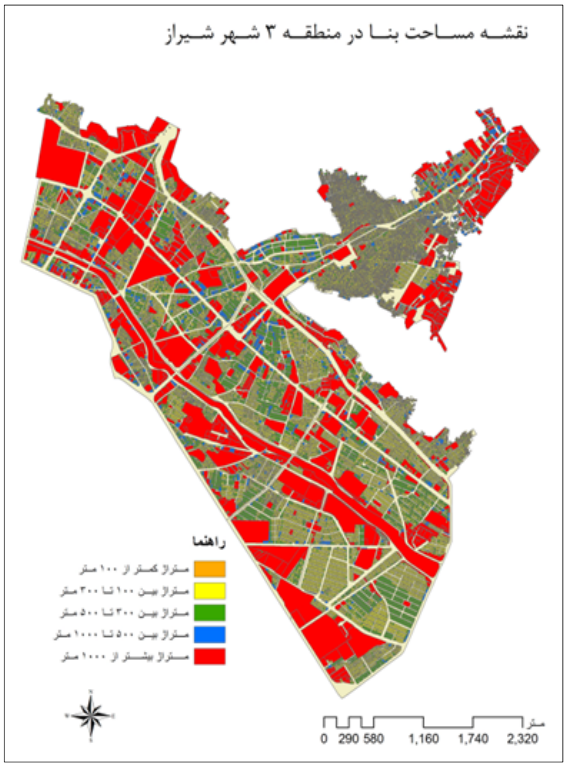


شکل ۶: نقشه کیفیت بنا در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **مساحت زمین**

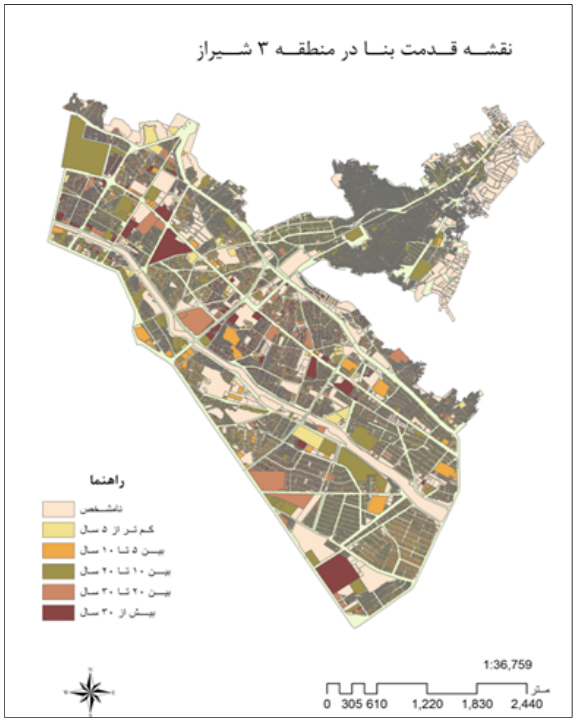
در قطعه‌بندی‌های کوچک‌تر، به علت خردشدگی فضای باز و کاسته‌شدن فضای مفید و امن برای گریز، پناه‌گیری و انجام عملیات امداد و نجات موقت میزان آسیب‌پذیری افزایش یافته و با افزایش اندازهٔ قطعات از میزان آسیب‌پذیری کاسته می‌شود؛ به گونه‌ای که قطعات کم‌تر از ۲۰۰ مترمربع از بیش‌ترین و قطعات بالای ۵۰۰ مترمربع از کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری برخوردارند(احمدی و شیخ‌کاظم، ۱۳۸۵: ۱۰) . بنابراین با افزایش نسبت سطح ساخته شده به کل سطح زمین یا به فضای باز، آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان‌ها و غیرقابل استفاده‌شدن بافت، افزایش می‌یابد(زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۷). در این منطقه حدود ۸۱۰۰ قطعه مساحتی کم‌تر از ۱۰۰ مترمربع دارند. غالب قطعات مساحتی بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع دارند. میانگین مساحت قطعات مسکونی منطقهٔ ۳ معادل ۲۰۴ مترمربع و سرانهٔ زمین مسکونی حدود ۳۴ مترمربع است. از میان ۳۲۲۸۹ بنای مسکونی، حدود ۱۸۶۷۷ ساختمان مساحتی کم‌تر از ۲۰۰ مترمربع دارند. این بناها ۲۲۱۶ هکتار از منطقه را دربر می‌گیرند. میانگین مساحت آن‌ها ۱۱۶ مترمربع است. یکی از کاربری‌های بااهمیت در هنگام وقوع زلزله کاربری فضای سبز است. این کاربری بیش از ۲۲ هکتار از بافت منطقه را تشکیل می‌دهد. هرچند که مزارع ۲۹ هکتار از منطقه را تشکیل می‌دهد، اما نمی‌توان از این زمین‌ها برای استقرار آسیب‌دیدگان استفاده نمود. شکل (۷) نقشهٔ مساحت قطعات در محدوده را نشان می دهد.



شکل ۷: نقشه مساحت قطعات در محدوده
منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **قدمت**

عمر مفید ساختمان در ایران به طور نسبی ۳۰ سال در نظر گرفته شده است. این بدیهی است که هرچه قدمت بنا افزایش یابد، بر میزان آسیب‌پذیری آن در برابر زلزله افزوده می‌شود. از این رو مسکن مناسب، با حداقل وضعیت سکونتی و به معنای سرپناه امن، آن‌چنان مسکنی است که عمر مفید فیزیکی آن به نسبت مصالح به کار رفته، به سر نیامده و با توجه به آب و هوا و اوضاع اقلیمی و ایمنی نسبی در برابر بلایای طبیعی، از مصالح بادوام ساخته شده باشند. همچنین برحسب تدوین دوره‌های مختلف آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله در ایران، میزان آسیب‌پذیری سازه‌ای تابع پله‌ای خطی را به نمایش می‌گذارد، چرا که در هر دوره و با اجرای ویرایش‌های مختلف آیین‌نامه، کیفیت ساخت و اجرا و استفاده از مصالح ساختمانی تغییر می‌یابد (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸: ۵-۶). در سطح منطقهٔ ۳ بیش‌ترین سهم متعلق به بناهایی است که بین سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۸۰ احداث شده‌اند. این دسته سهمی معادل ۳۲/۱۵ درصد از سطح بناها را در بر می‌گیرد. این نقشه نشان می‌دهد که حدود ۲۳ درصد بناهای منطقه بیش از ۲۰ سال قدمت دارند و احتمالاً این بناها در برابر زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود و تنها ۸ درصد بناها پیش از ۱۳۶۰ ساخته شده‌اند. شکل (۸) نقشهٔ قدمت بنا در محدوده را نشان می دهد.



شکل ۸: نقشه قدمت بنا در محدوده
منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **مصالح(سازهٔ بنا)**

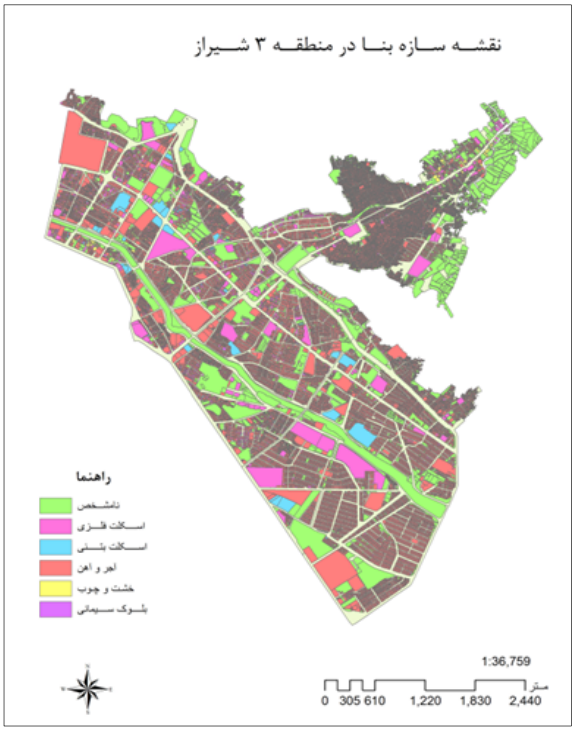
نوع مصالح بر میزان مقاومت و ابعاد استاتیکی بنا اشاره دارد. ایمنی، مرغوبیت و قابلیت مصالح ساختمانی مختلف بستگی به وضعیت اقلیمی و نوع آب و هوای هر منطقه دارد (افشین و همکاران، ۱۳۸۳: ۲- ۵). «نوع مصالح به کار رفته در ساخت واحد مسکونی یکی از شاخص‌های سنجش کیفیت مسکن محسوب می‌گردد. به‌طور کلی در اکثر کشورها، ساختمان‌های مسکونی ساخته شده از مصالح بی‌دوام، مانند: خشت و گل و خشت و چوب در ردهٔ واحدهای مسکونی

غیرایمن قرار دارند. هرچند که در این مورد ضوابط دقیق و بین‌المللی وجود ندارد»(مسائلی، ۱۸:۱۳۷۵). حدود ۹۶ درصد از ساختمان‌های مسکونی منطقهٔ ۳ از مصالح آجر و آهن ساخته شده‌اند. همچنین حدود ۵ درصد کل قطعات از مصالح اسکلت فلزی و بتنی می‌باشند که گذشته از استفاده صحیح یا غلط از مصالح، می‌توان گفت که این ساختمان‌ها از مصالح بادوام ساخته شده‌اند. مصالح بی‌دوام مانند خشت و گل و خشت و چوب که در ردهٔ واحدهای غیر ایمن قرار دارند تنها ۰/۳۷ درصد از ساختمان‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در جدول (۲) درجهٔ آسیب‌پذیری سیستم‌های مختلف در برابر زلزله نشان داده شده و در شکل (۹)نقشهٔ سازه بنا ارائه شده است.

جدول ۲: درجهٔ آسیب‌پذیری سیستم‌های مختلف در برابر زلزله

آجری	زیاد
فلزی	متوسط
بتنی	کم
چوبی	کم
خشتی	بسیار زیاد

منبع: پوراحمد، ۱۳۸۸: ۱۳

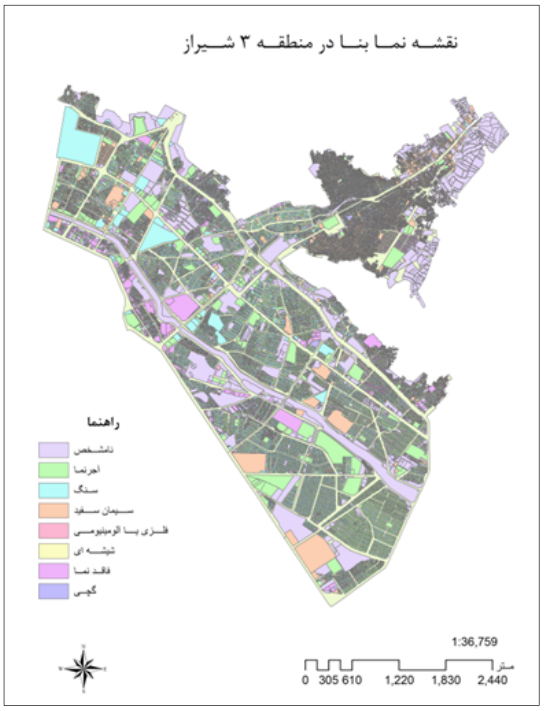


شکل ۹: نقشهٔ سازه بنا در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **نمای ساختمان**

نبود اتصال کافی بین نمای آجری و یا سنگی با دیوار سبب می‌شود که نما به صورت یک عنصر مستقل و درعین حال ضعیف عمل نموده و به سادگی در برابر ارتعاشات زلزله فرو بریزد(سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۶: ۴۱). همچنین خرد شدن شیشه‌های موجود در نمای ساختمان‌ها میزان جراحات و تلفات ناشی از وقوع زلزله را افزایش می‌دهد. مصالح نما در بیش‌تر قطعات منطقهٔ سیمان سفید (۲۸ درصد) و حدود ۱۴ درصد آن‌ها بدون نما هستند. نقشهٔ نما در محدودهٔ مورد مطالعه در شکل (۱۰) آورده شده است.



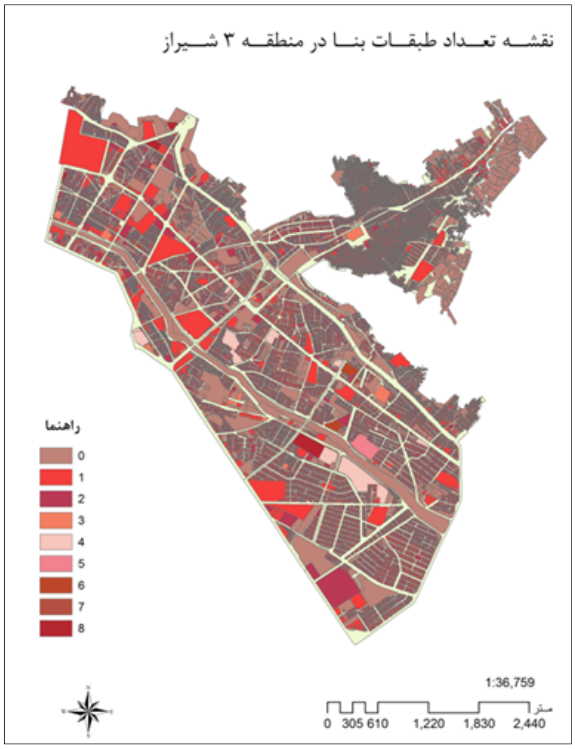
شکل ۱۰: نقشهٔ نما در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

- **تعداد طبقات**

میزان افت کارایی فضای باز با ارتفاع ساختمان‌ها ارتباط مستقیم دارد. زیرا با افزایش تعداد طبقات امکان مسدودشدن معابر و فضاهای باز در صورت

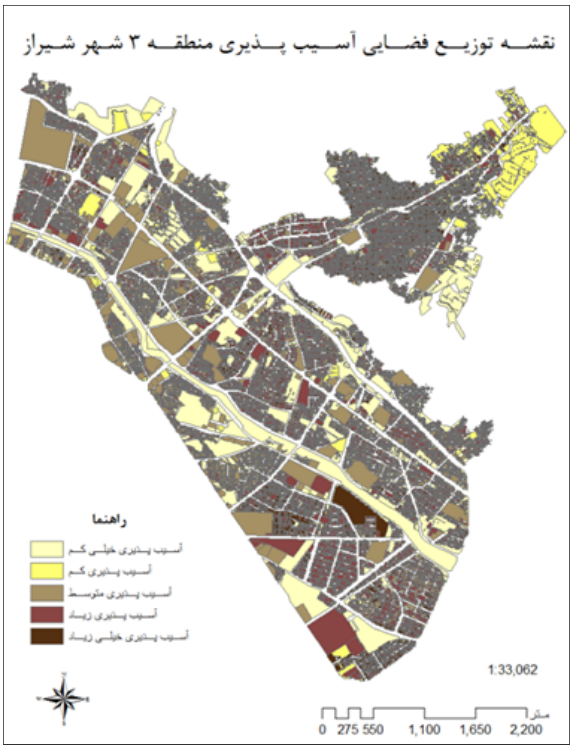
تخریب این ساختمان‌ها افزایش می‌یابد. همچنین در تعیین تعداد طبقات باید به نوع سازهٔ بنا توجه شود. به همین دلیل در استاندارد ملی ایران ۲۸۰۰ محدودیت ارتفاع ساختمان و تعداد طبقات آن تعیین شده است. به عنوان مثال در ساختمان‌های با مصالح بنایی حداکثر تعداد طبقات بدون احتساب زیرزمین برابر ۲ طبقه است(مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴: ۶۵). متوسط تعداد طبقات ساختمان‌های مسکونی منطقهٔ ۳ برابر ۱/۳ است. حدود ۹۱ درصد کل ساختمان‌ها و حدود ۸۰ درصد ساختمان‌های مسکونی ۱ و ۲ طبقه هستند. فقط حدود ۰/۵۴ درصد از ساختمان‌های مسکونی ۴ یا ۵ طبقه هستند. ساختمان‌های ۷ طبقه تنها در بخش مرکزی منطقه به چشم می‌خورند. شکل (۱۱) نقشهٔ تعداد طبقات بنا در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱۱: نقشهٔ تعداد طبقات بنا در محدوده
منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

ارزیابی آسیب‌پذیری

پس از تهیهٔ نقشه‌ها با توجه به مقالهٔ احدنژاد روشتی و همکاران(۱۳۸۹) در فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه،پس از شعاع آسیب‌پذیری گسل‌ها(۹)، نوع سازهٔ اسکلت ساختمان‌ها بیش‌ترین وزن(۸) را به خود اختصاص داده و سایر معیارهای به کار رفته در این مقاله به ترتیب اهمیت دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده و با توجه به اهمیت آن‌ها در آسیب‌پذیری مرتب شده‌اند. در شکل ۱۲ نقشهٔ توزیع فضایی آسیب‌پذیری منطقهٔ ۳ شیراز آورده شده است.



شکل ۱۲: نقشهٔ توزیع فضایی آسیب‌پذیری محدوده
منبع: خروجی نرم‌افزار GIS.

منظور آگاهی از تلفات احتمالی پس از هر زلزله یا پیش‌بینی تعداد تلفات لازم است به گونه‌ای بر مبنای تعداد ساختمان‌های آسیب‌دیده یا تخریب شده، تعداد تلفات انسانی را تخمین زده یا برآورد کرد.

جدول ۳: متوسط درصد خرابی انواع ساختمان در اثر زلزله با شدت‌های مختلف

شدت زلزله	قاب فولادی و بتنی	آجر و آهن	آجر و چوب	بلوک بتنی	تمام آجر	تمام چوب	خشت و چوب	خشت و گل	سایر مصالح
VI	۰	۰	۱۰	۱۵	۱۰	۰	۲۰	۲۵	۱۵
VII	۱۰	۲۰	۳۰	۳۵	۳۰	۵	۳۵	۴۰	۴۰
VIII	۳۰	۵۰	۶۰	۷۰	۷۰	۲۰	۷۰	۷۵	۷۵
IX	۶۰	۸۰	۹۰	۹۵	۹۰	۴۰	۹۵	۹۵	۹۵
X	۹۰	۹۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

(خسارت بر اساس هزینهٔ تعمیر و جایگزینی نسبت به هزینهٔ نوسازی مربوط به ساختمان‌هایی که در آن‌ها آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰[۱] رعایت نگردیده است.)

منبع: برنایی، ۱۳۷۲: ۵۷.

اگر فرض کنیم که در تمامی ساختمان‌های این منطقه آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ رعایت نشده باشد، میزان خسارات مطابق جدول زیر خواهد بود:

جدول ۴: متوسط درصد خرابی انواع ساختمان در اثر زلزله با شدت‌های مختلف منطقهٔ ۳ شیراز با استفاده از جدول ۳

شدت زلزله	تعداد آجر و آهن	تعداد اسکلت بتنی	تعداد خشت و چوب	تعداد بلوک سیمانی (بتنی)	تعداد سایر مصالح	متوسط تعداد ساختمان‌های تخریبی	متوسط درصد ساختمان‌های تخریبی
VI	۰	۰	۲۶/۶	۱/۶۵	۲۴۴/۸	۲۷۳/۰۵	۰/۷۵
VII	۶۵۰۰/۸	۱۰/۸	۴۶/۵۵	۳/۸۵	۶۵۲/۸	۷۲۳۲/۸	۱۹/۹۹
VIII	۱۶۲۵۲	۳۲/۴	۹۳/۱	۷/۷	۱۲۲۴	۱۷۶۰۹/۲	۴۸/۶۸
IX	۲۶۰۰۳/۲	۶۴/۸	/۳۵ ۱۲۶	۱۰/۴۵	/۴ ۱۵۵۰	۲۷۷۵۵/۲	۷۶/۷۳
X	۳۰۸۷۸/۸	۹۷/۲	۱۳۳	۱۱	۱۶۳۲	۳۲۷۵۲	۹۰/۵۴

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۰.

یافته‌ها

از تلفیق نقشه‌های نشان داده شده، مشخص گردید که غالب قطعات منطقهٔ ۳ شهر شیراز در محدودهٔ آسیب‌پذیر زیاد قرار دارند. در جدول ۵ وضعیت منطقهٔ ۳ از لحاظ آسیب‌پذیری در برابر زلزله مشخص شده است.

جدول ۵: توزیع انواع آسیب‌پذیری در محدودهٔ مورد مطالعه

آسیب‌پذیری ابنیه	تعداد ساختمان‌ها	مساحت قطعات(m^2)	میانگین مساحت قطعات(m^2)	درصد ساختمان‌ها
آسیب‌پذیری خیلی کم	۱۰۶۴	۳۱۱۴۴	۲۹	۴/۲۱
آسیب‌پذیری کم	۷۲۱	۳۵۴۳۲	۴۹	۲/۸۵
آسیب‌پذیری متوسط	۷۳۵۳	۶۳۰۵۵۰	۸۶	۲۹
آسیب‌پذیری زیاد	۱۱۲۷۵	۱۱۳۳۴۸۶	۱۰۰	۴۴/۵۶
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۴۹۰۴	۵۵۸۷۰۳	۱۱۴	۱۹/۳۸

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۰.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، مکان‌گزینی غلط و ناصحیح اکثر شهرها و استقرارآن‌ها در حاشیهٔ گسل‌ها، به کار نگرفتن نیروهای انسانیِ ماهر و متخصص در ساخت و سازها، استفاده ازمصالح نامرغوب و غیر استاندارد و در یک کلام ساخت و ساز غیرعلمی و بدون نظارت، ایمنی برخی از شهرها را از بین برده و در صورت بروز حادثه، وضعیت بسیار اسفناک و مصیبت‌بار خواهد بود. ساختمان‌ها را می‌توان در مقابل زلزله مقاوم ساخت به شرط این که زلزله و گسل شناخته شود. در این حالت میزان تخریب ساختمان‌ها کاهش یافته که خود منجر به استفادهٔ بهینه از مصالح و نیروی انسانی در بخش ساختمان‌سازی می‌گردد که از ضرورت‌های انجام این تحقیق است. در این تحقیق هشت مؤلفهٔ مهم و مؤثر در آسیب‌پذیری بافت شهری با توجه به خصوصیات منطقهٔ مورد مطالعه، موضوع تحقیق و همچنین محدودیت‌های اطلاعاتی برای بیان آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله مورد توجه قرار گرفته است. هر کدام از این شاخص‌ها خود به چند طبقه تقسیم شده‌اند و برای تعیین آسیب‌پذیری، شاخص‌ها و طبقاتشان کمی گردیده‌اند؛ یعنی به آن‌ها مطابق با پیشینهٔ مطالعاتی به شکل زیر ارزش داده شده است. در جدول (۶)ارزش معیارها و زیرمعیارها و توزیع آن‌ها در محدودهٔ مورد مطالعه آمده است.

۱. آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله که توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه شده است.

جدول ۶: ارزش معیارها و زیرمعیارها و توزیع آن‌ها در منطقهٔ ۳ شیراز

معیارهای برنامه‌ریزی	ضریب اهمیت نهایی هر معیار	زیرمعیارهای برنامه‌ریزی	ضریب اهمیت نهایی هر زیرمعیار	تعداد ساختمان‌ها	درصد ساختمان‌ها
مصالح نما	۱	نامشخص	۰	۱۷۵۱	۴/۸۵
		فاقدنما	۱	۵۱۶۰	۱۴/۲۷
		سنگ	۲	۷۵۵۰	۲۰/۸۷۸۷
		سیمان سفید	۳	۱۰۱۵۹	۲۸/۰۹
		گچی	۴	۲۶۳۵	۷/۳۹
		فلزی یا آلومینیومی	۵	۴۲	۰/۰۰۱
		آجرنما	۶	۸۸۶۶	۲۴/۵۲
		شیشه‌ای	۷	۱۱	۰/۰۰۰۳
مساحت قطعات	۲	بیش از ۱۰۰۰ مترمربع	۱	۸۱۴۶	۲۲/۶۲
		۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع	۲	۲۱۲۷۸	۵۸/۹۲
		۳۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع	۳	۵۰۴۹	۱۳/۶۷
		۱۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع	۴	۸۳۴	۲/۳۵
		کم‌تر از ۱۰۰مترمربع	۵	۸۶۷	۲/۴۴
همجواری بین کاربری‌ها	۳	فضای سبز	۱	۳۳۶۸	۸/۳۹
		اداری و تاسیسات و تجهیزات	۲	۷۴۷	۱/۹۴
		آموزشی و درمانی	۳	۱۹۹	۰/۰۱
		تجاری	۴	۴۰۴۱	۱۰/۰۴
		مسکونی	۵	۳۲۲۸۸	۷۹/۶۲
تعداد طبقات	۴	۰	۰	۱۸۳۱	۵/۳۶
		۱	۱	۲۱۹۵۵	۶۰/۸۹
		۲	۲	۱۱۱۲۵	۳۰/۹۵۲۷
		۳	۳	۹۲۹	۲/۷۸
		۴	۴	۲۰۸	۰/۰۰۶
		۵	۵	۸۰	۰/۰۰۰۲
		۶	۶	۳۲	۰/۰۰۰۸
		۷	۷	۹	۰/۰۰۰۲
کیفیت	۵	نامشخص	۰	۱۷۷۹	۴/۹۲۳
		در حال ساخت	۱	۵۴۹	۱/۶۱۴
		نوساز	۲	۴۸۹۷	۱۳/۵۴
		قابل نگه‌داری	۳	۲۵۷۳۹	۷۱/۲۷۱
		تعمیری	۴	۳۰۸۹	۸/۶۵
		تخریبی	۵	۹۵	۰/۰۰۲
		مخروبه	۶	۲۶	۰/۰۰۰۷
قدمت	۶	۴/۹۳	۱۷۸۵	۰	نامشخص
		۲/۸۶	۱۰۳۷	۱	کم‌تر از ۵ سال
		۱۴/۴۲	۵۲۱۹	۲	بین ۵ تا ۱۰ سال
		۴۹/۲۷	۱۷۸۲۰	۳	بین ۱۰ تا ۲۰ سال
		۲۱/۷۷	۷۸۷۴	۴	بین ۲۰ تا ۳۰ سال
		۶/۷۵	۲۴۳۹	۵	بیش از ۳۰ سال
سازه	۷	۴/۹	۱۷۸۶	۰	نامشخص
		۰/۰۰۴	۱۰۸	۱	اسکلت بتنی
		۰/۰۰۰۳	۱۱	۲	بلوک سیمانی
		۴/۶	۱۶۳۲	۳	اسکلت فلزی
		۸۹/۹	۳۲۵۰۴	۴	آجر و آهن
		۰/۰۰۵	۱۳۳	۵	خشت و چوب
بافر	۸	۱۵/۶	۵۶۴۹	۳	شعاع ۱۵۰۰ متر
		۵۱/۶۴	۱۸۶۸۰	۲	شعاع ۳۰۰۰ متر
		۱۰۰	۳۶۱۷۴	۱	شعاع ۶۰۰۰ متر

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۰.

مقـادیر ذکـر شـده در جـدول توزیـع متغیرهـای آسیب‌پذیری در منطقهٔ ۳، نکات دیگری را نیـز روشـن می‌کند: بررسی بافت مسکونی منطقه نشان می‌دهد که سازهٔ بنا(با ۸۹/۹ درصد آجر و آهن) بیش‌ترین تـأثیر را در آسیب‌پذیری ایـن منطقـه بـر عهـده دارد. تمـامی عوامل ساختمانی تابعی از وضعیت مصالح به کار رفته در سازه بوده اسـت. بنـابراین هرچقـدر در سـاخت و سازهای شهری از مصـالح بـادوام و بـا رعایـت اصـول مهندسی استفاده شود، به همان اندازه بناهای ایجـاد شده از آسیب‌پذیری کمتری در برابر زلزله برخـوردار خواهند شد.

همان‌گونه که از نقشهٔ پهنه‌های آسیب‌پذیری محـدودهٔ مشـخص اسـت، شـرقی‌تـرین بخـش منطقـه(واقـع در شهرک سعدی) در آسیب‌پزیری کم قـرار دارد و سـایر قسمت‌های شهرک سعدی با توجه به نوع بافـت آن در قسمت آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد واقع شده‌اند. در سایر بخش‌های محدوده انواع آسـیب‌پـذیری از قـانون خاصی تبعیت نمی‌کنـد. البتـه درصـد سـاختمان‌هـای تخریبی با در نظر گرفتن شـدت زلزلـه، تغییـر خواهـد کرد.

منابع

احدنژاد روشتی، محسن، (۱۳۸۹). ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله نمونهٔ مـوردی: شـهر زنجـان، مطالعـات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال دوم، شمارهٔ هفتم، صـص ۹۳- ۷۱.

احدنژاد روشتی، محسـن و شـهناز جلیـل‌پـور (۱۳۹۰). ارزیـابی عوامل بیرونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمانی بافت قدیم شهرها در برابر زلزله(مطالعـه مـوردی :ناحیـه ۱شـهر خـوی)، سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتمـاعی و شهری، صص ۱۲-۱.

احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۸۹) مدل‌سـازی آسـیب‌پـذیری ساختمانی شهرها در برابـر زلزلـه بـا اسـتفاده از روش فراینـد تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیسـتم اطلاعـات جغرافیـایی نمونه موردی :شـهر زنجـان، جغرافیـا و توسـعه ، شـمارهٔ ۱۹، صص ۱۹۸- ۱۷۱.

احمـدی، حسـن و محمدرضـا شـیخ کـاظم (۱۳۸۵). نقـش برنامه‌ریزی تراکم‌های ساختمانی در کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله، دومین کنفرانس بـین‌المللـی مـدیریت جـامع بحـران در حوادث غیرمترقبه طبیعی، تهران، صص ۱۸- ۴.

امینی الهام و همکاران (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی کاربری زمین، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره ۳.

ایری، عبـدالجلال (۱۳۷۸). برنامـه‌ریـزی کـاهش آثـار زلزلـه در سطوح شهری(نمونه موردی: منطقهٔ ۲۰ شـهر تهـران)، رسـالهٔ کارشناسی ارشد شهرسازی، استاد راهنما: زهره عبدی دانشپور، استاد مشاور: فریبرز ناطقی الهی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

برنـایی، محسـن(۱۳۷۲). ارزیـابی آسـیب‌پـذیری زلزلـه‌ای ساختمان‌ها، رسالهٔ کارشناسی ارشد شهرسازی، اسـتاد راهنمـا: رضا رازانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ص ۵۷.

پوراحمد، احمد و همکاران (۱۳۸۸). بررسی ابعـاد پیشـگیری از بحـران زلزلـه (مطالعـه مـوردی :شـهر بابـل)، مطالعـات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سـال اول، شـمارهٔ اول، صـص ۲۴- ۱.

حاتمی‌نژاد، حسین و همکاران (۱۳۸۸). ارزیـابی میـزان آسـیب پذیری لـرزه‌ای در شـهر (نمونـهٔ مـورد مطالعـه : منطقـهٔ ۱۰ شهرداری تهران) ، پژوهش‌های جغرافیای انسـانی، شـمارهٔ ۶۸، صص ۲۰- ۱.

زنگـی‌آبـادی و همکـاران (۱۳۸۸). تحلیـل آمـاری خطرپـذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران در برابر زلزلـه، فصـلنامهٔ مـدرس علوم انسانی، دورهٔ ۱۳ ، شمارهٔ ۳، صص ۱۱۱- ۹۱.

سازمان مـدیریت و برنامـه‌ریـزی کشـور، (۱۳۸۶). دسـتورالعمل به‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح موجـود، نشـریهٔ شمارهٔ ۳۷۶.

ساسـان‌پـور، فرزانـه و جعفـر موسـی‌ونـد(۱۳۸۹) تـأثیر عوامـل انسـان‌سـاخت در تشـدید پیامـدهای مخـاطرات طبیعـی در محیط‌های کلان شـهری بـا کـاربرد منطـق فـازی و سیسـتم اطلاعات جغرافیایی، نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۳ ، شمارهٔ ۱۶، صص ۵۰- ۲۹.

ستوده، بابک (۱۳۸۰). برنامه‌ریزی کاربری زمین و اصـلاح معـابر جهت ایمـن‌سـازی در برابـر زلزلـه(نمونـه مـوردی: محلـه بـاغ

فردوس شهرداری منطقهٔ یک تهران)، رساله کارشناسی ارشد شهرسازی، استاد راهنما: زهره عبدی دانشپور، دانشگاه شیراز، شیراز.

شریف زادگان، محمدحسین و حمید فتحی (۱۳۹۰). طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری لرزه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، آرشیو SID،صص ۱۲۴-۱۰۹.

مسائلی، صدیقه(۱۳۷۵). برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز(نمونه شهرهای منجیل، لوشان و رودبار) ، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی(مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران) چاپ اول.

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۴). طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله -آئین کار، استاندارد ملی ایران ۲۸۰۰، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شمارهٔ نشریهٔ ۲۵۴، تجدیدنظر سوم.

مهندسین مشاور مآب، (۱۳۸۲)، بازنگری طرح تفصیلی منطقهٔ ۳ شهرداری شیراز، شهرداری شیراز.

Altan, Metin., Özturk, Ferah. and Ayday, Can., 2004, Preliminary Earthquake Risk Management Strategy Plan of Eskisehir, Turkey by using GIS, Space and Satellite Sciences Research Institute Anadolu University, Eskisehir, Turkey. “7th AGILE Conference on Geographic Information Science”.

Davis, Harmer E., 1995, Introduction And Welcome, The First World Conference On Earthquake Engineering, California, p1.

Rojahn, Christopher et al., 1997, Applied Technology Council Annual Report, Advancing Engineering Applications for Natural Hazard Mitigation, Redwood City, California 94065.

Wilkinson, Emily., 2012, Transforming Disaster Risk Management: A Political Economy Approach, Overseas Development Institute(ODI), pp 1- 8.

www.Wikipedia.org