

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: منطقه ۳ شهرداری شیراز

پریسا مشک‌سار<sup>۱</sup>، دکتر علی سلطانی<sup>۲</sup>، دکتر حسن ایزدی<sup>۳</sup>، دکتر محمد رضا بذرگر<sup>۴</sup>

### چکیده

در هشتاد سال اخیر بخش عمده‌ای از کشورمان متحمل خسارات سنگینی در اثر 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 آسیب‌پذیری اجزا و عناصر شهری با استفاده از مدل‌ها و روش‌های موجود در این زمینه است. منطقه 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، شبکه ارتباطی نامنظم و نبود تجهیزات شهری مناسب، موجب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله می‌گردد. بعد از تحلیل‌های انجام‌شده مشخص گردید که منطقه 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 مطالعه این معیارها در این منطقه برای کاهش آثار زلزله الزامی است. کلید واژگان: آسیب‌پذیری، زلزله، عوامل بیرونی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطقه ۳ شهرداری شیراز.

### مقدمه

بر مبنای گزارش‌های ثبت شده از ۴۰ نوع سانحه شناخته شده 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 گستره ایران به وقوع پیوسته است؛ یعنی به طور متوسط هر ۵ سال یک زلزله بسیار مخرب رخ داده است (ایری، ۱۳۷۸: ۱). این مطالب نشان‌دهنده این است که طی هشتاد سال اخیر بخش عمده‌ای از کشورمان متحمل خسارات سنگینی شده است. زلزله به عنوان یک پدیده 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 ناشناخته بودن زمان وقوع زلزله، با شناخت نحوه عمل و رفتار زلزله در مناطق شهری و به کارگیری راهبردهای مناسب در زمینه برنامه‌های منطقه‌ای، برنامه‌ریزی و طراحی شهری، می‌توان خطر زلزله را در مناطق شهری به کم‌ترین میزان کاهش داد (امینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱).

منطقه 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).

منطقه 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 زمره بافت‌های فرسوده قرار می‌گیرند. این موضوع توجه به این منطقه و ارائه برنامه‌هایی جهت مقاوم‌سازی آن در برابر بلایای طبیعی چون زلزله را الزامی می‌گرداند.

### سؤالات تحقیق

در این تحقیق سؤالات زیر مطرح می‌شود:

- 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 منطقه ۳ شهر شیراز به چه گونه است و این منطقه از نظر آسیب‌پذیری در چه موقعیتی قرار دارد؟

### پیشینه 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 - آیین کار) نخستین بار در سال ۱۳۶۷ تهیه شد. براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی و تأیید کمیسیون‌های

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 می دهد و شیوه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای و سازه ای و انسانی را در یک سکونت گاه انسانی به ارزیابی و اجرا می گذارد. به این ترتیب اولویت نواحی برای اجرای برنامه های کاهش خطرپذیری را مشخص می کند.

از سوی دیگر در خارج از مرزهای ایران به دنبال زلزله ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو، گروهی در کالیفرنیا در سال ۱۹۰۷ جامعه زلزله شناسی آمریکا را تأسیس نمودند. در اثر تلاش این افراد برای پیشگیری از آثار این حوادث اقدامات علمی در این زمینه تقویت گشت. انجمن نقشه برداری پیمایشی ایالات متحده برنامه هایی برای حومه ها و به ویژه محل های مستعد زلزله خود اجرا نمود. با گذشت زمان توجه گروهی از این افراد به ساخت و سازه های انسانی و مقاوم سازی آن ها در برابر زلزله جلب گشت. از اینرو در سال ۱۹۵۰ موسسه تحقیقاتی مهندسی زلزله شکل یافت (دیویس، ۱۹۵۵)<sup>۱</sup>. هدف آنان یافتن علل ویرانی ساختمان ها در اثر وقوع زلزله و روش های پیشگیری از این گونه حوادث است. سپس تصمیم گرفته شد که ارتباطاتی بین این گروه و علاقه مندان در این زمینه در کل جهان برقرار گردد. به این ترتیب در سال ۱۹۵۲، EERI اولین کنفرانس مهندسی زلزله را در دانشگاه کالیفرنیا، لس آنجلس ۳ 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) ۴ براساس تجزیه-تحلیل رگرسیون خسارات بلایای طبیعی و هزینه مدیریت

مربوط برای سومین بار توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در کمیسیون های مربوطه مورد تجدید نظر قرار گرفت و با عنوان (طراحی ساختمان ها در برابر زلزله- آیین نامه) 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 ماده 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 آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله با به کارگیری مدل (RISK-UE) و بومی سازی آن با استفاده از توابع آسیب پذیری زلزله های رخ داده و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مناطق مختلف کشور به مطالعه آسیب پذیری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته و برآورد مناسبی از آسیب پذیری شهر زنجان با استفاده از داده های 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 در چارچوب مناطق هفده گانه 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 آسیب پذیری زلزله استفاده کرده و به تحلیل تجهیزات امداد رسانی و آتش نشانی پرداخته است و در کنار آن از روش مقایسه ای برای جمع بندی یافته ها و تعیین سلسله-مراتب آسیب پذیری مناطق مختلف شهری استفاده نموده است.

1. (Davis, 1955)

2. Earthquake Engineering Research Institute (EERI)

3. University of California, Los Angeles (UCLA)

4. (Healy & Malhotra, 2008)

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)<sup>۳</sup>

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 کاربردی بودن 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 منطقه ۳ شهر شیراز از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله، ابتدا با به کارگیری نقشه 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 منطقه ۳ شهر شیراز و بررسی

بحران در آمریکا برای حفاظت از سیل و برنامه‌ریزی برای زلزله‌ها و طوفان‌های احتمالی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۴ نشان می‌دهند که هر ۱۵ دلار که برای کاهش خطر هزینه می‌شود، می‌تواند به اندازه ۱۵ دلار 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 هزینه پروژه‌های کاهش خسارت سیل آژانس مدیریت بحران فدرال ایالات متحده ۱ حدوداً ۵ است. در حالی که در پروژه‌های کاهش خسارت زمین‌لرزه این نسبت عدد ۱/۵ را نشان می‌دهد (ویکینسون، ۲۰۱۲: ۱)<sup>۲</sup>.

### اهداف تحقیق

۱. شناسایی و انتخاب شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای: در این مقاله شاخص‌ها بر اساس تلفیق سه مقوله 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 نمونه مورد مطالعه: در نهایت نقشه پهنه‌بندی بافت منطقه بر مبنای آسیب‌پذیری ارائه می‌شود.
- با مشخص شدن 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

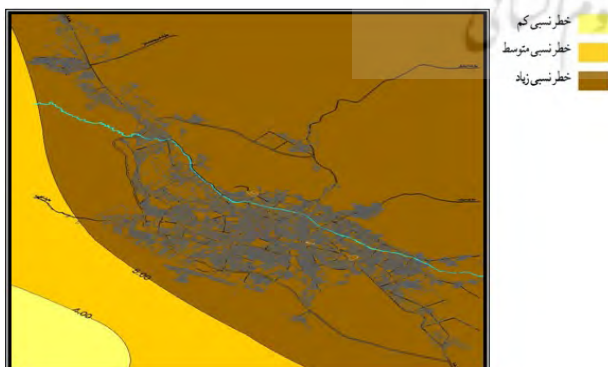
امروزه نزدیک به ۲۰ درصد جمعیت جهان در مناطق زلزله‌خیز فعال زندگی می‌کنند و در طول ۵۰ سال

3. (Altan et al., 2004: 83)

1. US Federal Emergency Management Agency (FEMA)

2. (Wilkinson, 2012: 1)

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 برنامه ریزی برای کاهش خسارات ناشی از وقوع بلایای طبیعی احتمالی در این شهر را مشخص کند. با توجه به تعداد بسیار زیاد گسل ها (گسل زرقان، سلطان، بیدزرد، قلات، بزین) در سطح استان فارس و سوابق تاریخی فعالیت این گسل ها می توان به این نکته پی برد که امکان وقوع زلزله های عظیم در شیراز وجود دارد. آمارها نشان دهنده حداقل ۱۶ زلزله بزرگ در محدوده شیراز بین سال های ۱۲۹۱ تا ۱۸۹۴ میلادی هستند که بزرگی آنها بین ۵/۹ تا ۷/۱ بوده است. در سوابق تاریخی شیراز زلزله های بزرگی مانند زلزله ۱۵۰۶ میلادی شیراز، ۱۶۲۳ میلادی مرودشت و شیراز، ۱۷۸۴، ۱۸۱۲، ۱۸۵۳، ۱۸۶۲ و ۱۸۹۴ میلادی سردشت شیراز ثبت شده است. بررسی ها گویای این مطلب اند که از سال ۱۹۲۵ میلادی به بعد تقریباً هر ۲۰ سال یک بار زلزله ای 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 آسیب پذیری شهر شیراز آورده شده است.



شکل ۱: موقعیت شهر شیراز نسبت به پهنه های آسیب پذیری زلزله

منبع: مهندسین مشاور مآب، ۱۳۸۲.

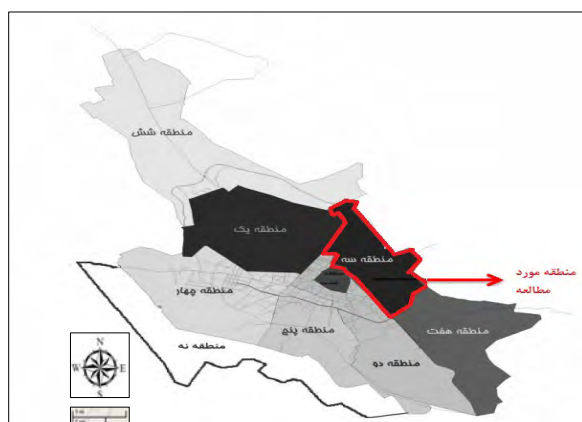
زمین شناسی و موقعیت زمین ساختی منطقه مورد مطالعه روش پیمایشی و تحلیلی انجام می شود. برداشت های میدانی شامل جمع آوری اطلاعات مربوط به پارامترهای ساختمانی چون وضع موجود کاربری ها، چگونگی توزیع آنها، نوع سازه، تعداد طبقات، کیفیت بنا و... است. سپس پایگاه داده های جغرافیایی شامل وضعیت زمین شناسی محدوده، گسل و حریم آن در نرم افزار GIS بررسی خواهد شد.

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

هر کدام از شاخص های منتخب خود به چند طبقه بر اساس چهار طیف مورد نظر آسیب پذیری تقسیم می شوند. برای اینکه میزان آسیب پذیری مشخص گردد، می باید به شاخص ها و طبقاتشان ارزش اختصاص داده شود. جهت وزندهی به شاخص ها از مقاله دکتر احدنژاد روشی و همکاران استفاده شده است.

### معرفی محدوده

شهر شیراز به عنوان بزرگ ترین شهر منطقه جنوب غربی کشور که بر سر راه های ترانزیتی کشور واقع شده است و به عنوان مهم ترین مرکز سیاسی، اداری و جمعیتی استان، همواره از رشد بالای جمعیتی و اثر مهاجرت قابل توجه برخوردار بوده است. توجه به این



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. به طوری که دکتر بحرینی کار خود را برای مقاوم‌سازی سه شهر و شان، 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: دسته اول، بیش‌ترین اهمیت را برای کنترل اندازه شهرها به لحاظ تراکم ساختمانی، جمعیتی، مکان‌یابی فعالیت‌های مخاطره‌آمیز می‌دهند. دسته دوم، طراحی مقاوم سازه‌ها و عناصر فیزیکی شهر را مهم‌ترین موضوع می‌دانند. دسته 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. دسته چهارم، به دنبال بررسی عوامل و مشخصات بافت شهری مانند الگو و اندازه قطعه‌بندی اراضی، پر و خالی درون هر قطعه و همجواری ساختمان‌ها و راه‌ها، مشخصات فیزیکی راه‌ها چون عرض راه و درجه محصوریت آن، که از عوامل آسیب‌پذیری بافت شهری و بهینه‌سازی عوامل فوق هستند (ستوده، ۱۳۸۰: ۱۰-۱۱).

منطقه ۳ با مساحت ۱۷۴۴ هکتار ۱۴ درصد مساحت کل شهر شیراز را در بر می‌گیرد. جمعیت شهرداری منطقه ۳ حدود ۱۹۱۴۰۵ نفر برآورد گردیده است و تراکم آن حدود ۱۳۰ نفر در هکتار است. نکته قابل توجه در زمینه 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 تهیه نقشه و استخدام کارگر و پیشبرد تولید مسکن نمایند؛ یعنی بخش مهم تولید فضای شهری توسط کسانی صورت می‌گیرد که تنها از زاویه نیازها و منافع خود و از موضع توان مالی، فنی و زیباشناسانه 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 منطقه ۳ شهر شیراز پرداخته خواهد شد. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه در شکل شماره 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 به صورت 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.

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 چرخه مدیریت بحران از دوران قبل از وقوع حادثه شروع و تا به مرحله‌ی عادی‌سازی و بازسازی ادامه می‌یابد (پژوهشکده علوم انسانی و اجتماعی جهاد دانشگاهی و مرکز مطالعات و خدمات تخصصی 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. این عوامل به دو دسته تقسیم 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 بر نمی‌گردد، بلکه عوامل دیگری در آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله نقش دارند که شامل سازگاری و ناسازگاری کاربری‌های همجوار، دسترسی به شبکه معابر، دسترسی به فضای باز، دسترسی به کاربری‌های لازم در هنگام 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 کاربری‌های سازگار و ناسازگار، دسترسی به معبر، مساحت قطعات). سپس با شناخت وضع موجود محدوده مورد مطالعه، پس از تهیه نقشه‌های مورد نظر

### دیدگاه‌های موجود در مدیریت بحران

در بررسی مدیریت بحران، با دو دیدگاه کاملاً متفاوت در برخورد با بحران و مصائب جمعی روبه‌رو می‌شویم: 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 لحظه 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 اولیه امدادی-حمایتی و ذخیره‌سازی مایحتاج ضروری آسیب‌دیدگان و دریافت اعانه و کمک‌های داوطلبانه مردم، به چیز دیگری نمی‌اندیشند. در دیدگاه سنتی، بعد از حادثه شدن سانحه، همه چیز به فراموشی سپرده می‌شود و باز هم به انتظار مصیبت بعدی می‌نشینند.

### ب) دیدگاه نوین

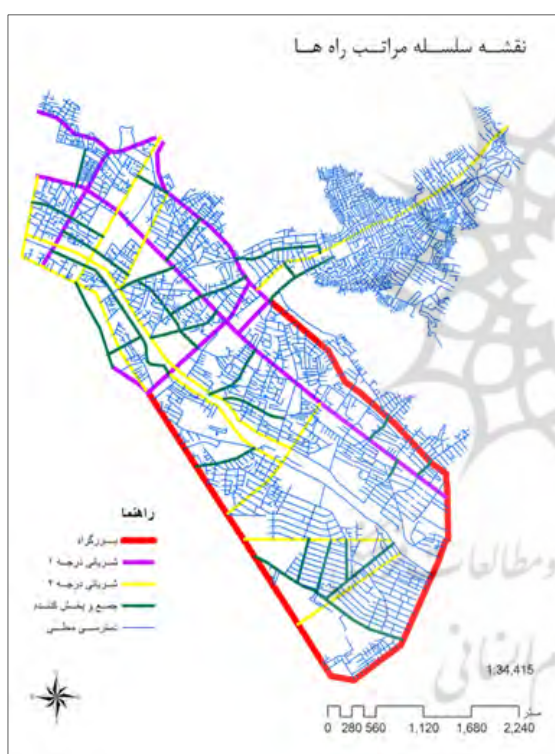
نگرش جدید با بهره‌گیری از تمام نظریه‌های علمی و پیشرفت‌های فنی به ویژه دستاوردهای مدیریت و سبک‌های جدید طرح‌ریزی، سازماندهی، برنامه‌ریزی، هدایت و پشتیبانی، موضوع غافلگیری و آماده نبودن در اوضاع بحرانی را منتفی کرده و قبل از وقوع هر بحرانی، با آمادگی به مقابله با آن می‌رود. در این دیدگاه، موضوع امداد و کمک‌رسانی تنها یکی از بخش‌های چرخه مراحل مختلف مدیریت بحران را تشکیل می‌دهد و به جای انتظار کشیدن، خود را از هر جهت برای پیش‌گیری و برخورد مؤثر با بحران، آماده

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

جدول ۱: رابطه عرض معبر با میزان آسیب‌پذیری

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

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 شبکه ارتباطی اغلب غیرمستقیم، کم‌عرض 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

و امتیازدهی معیارها، هر یک از معیارها را تبدیل به رستر کرده و سپس توسط ابزار analysis tools و فرمان reclass به هر کدام 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، نحوه دسترسی به واحدهای مسکونی در وضعیت بحرانی زلزله، عرض، طول و شیب معابر، تناسب ارتفاع جداره‌ها، فاصله 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 شبکه ارتباطی نقش مهمی در فرار بازماندگان از موقعیت بحرانی ایفا می‌کنند (ساسان پور موسی‌وند، ۱۳۸۹: ۳۲-۳۳). احتمال قطع دسترسی‌ها، زمان کمک‌رسانی به مصدومین با دشواری و وقفه زیاد صورت می‌پذیرد. طبیعی است که با از دست رفتن 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 شبکه 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).



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 پایین بودن درصد کاربری تجاری (حدود ۲/۵ درصد) به چشم می‌خورد. در شکل (۴) نقشه همجواری کاربری‌های محدوده آورده شده است.



شکل ۴: نقشه 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). بنابراین هرچه

مدل‌سازی آسیب‌پذیری فیزیکی بافت‌های شهری در برابر زلزله در محیط ...

طبیعی را مشکل می‌سازد و می‌تواند با بحرانی کردن اوضاع به فاجعه انسانی دامن بزند.

#### - همجواری کاربری‌ها

بررسی همجواری کاربری‌ها با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، به مطالعه نحوه 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 فتاحی، 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 قرار گرفتن یک پمپ بنزین یا وجود کارخانه 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

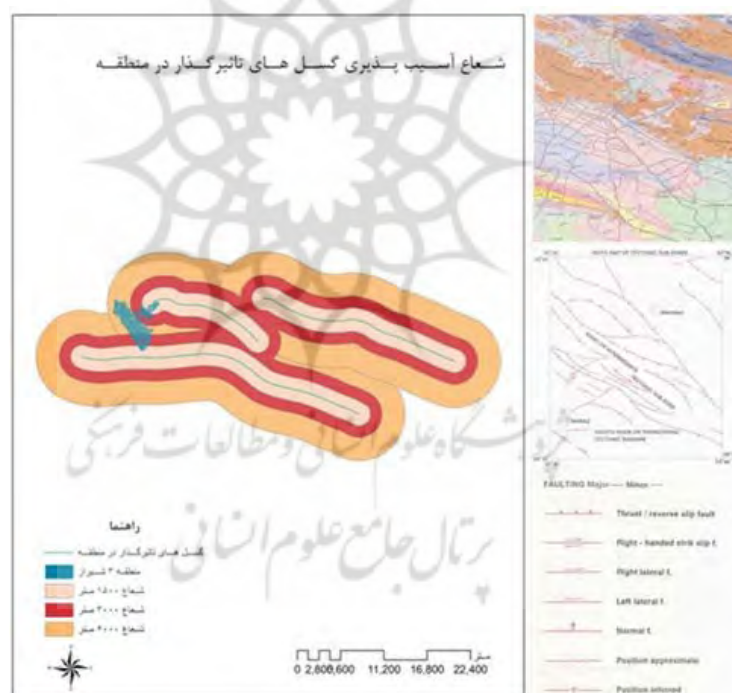
دارد. به‌علاوه گسل رانده سعدی از درون قسمت شرقی منطقه (از کنار آرامگاه سعدی) عبور می‌کند. همچنین گسل بمو در فاصله ۱۹ کیلومتری با طول تقریبی ۲۱ کیلومتر در شرق منطقه ۳ شیراز قرار دارد. علاوه بر گسل‌های یاد شده در پهنه مناطق ۳ شیراز، تعدادی گسل فرعی نیز وجود دارند که اغلب از گسل‌های کواترنر بوده و دارای امتداد شرقی - غربی هستند. در شکل (۵) موقعیت گسل‌های پیرامون محدوده و شعاع آسیب‌پذیری گسل‌های تأثیرگذار در آن نشان داده شده است.

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

### گسل‌های پیرامون منطقه ۳

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

راستای گسل سلطان II در دشت شیراز باختری - خاوری بوده و در پهنه بلافاصل محدود به گسل راهدار می‌پیوندد. این گسل با روند غربی - شرقی خود نواحی جنوبی این منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است. این گسل در فاصله ۱۰ کیلومتری منطقه قرار



ب

الف

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

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

### - 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 اندازه 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 منطقه ۳ معادل ۲۰۴ مترمربع و سرانه 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) نقشه مساحت قطعات در محدوده را نشان می‌دهد.

### شاخص‌های عوامل درونی مؤثر در آسیب‌پذیری

#### مساکن شهری در برابر زلزله

#### - کیفیت ابنیه

کیفیت ابنیه به موقعیت کلی 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 نقشه 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 محله سعدی قرار دارند. شکل (۶) نقشه کیفیت بنا در محدوده را نشان می‌دهد.

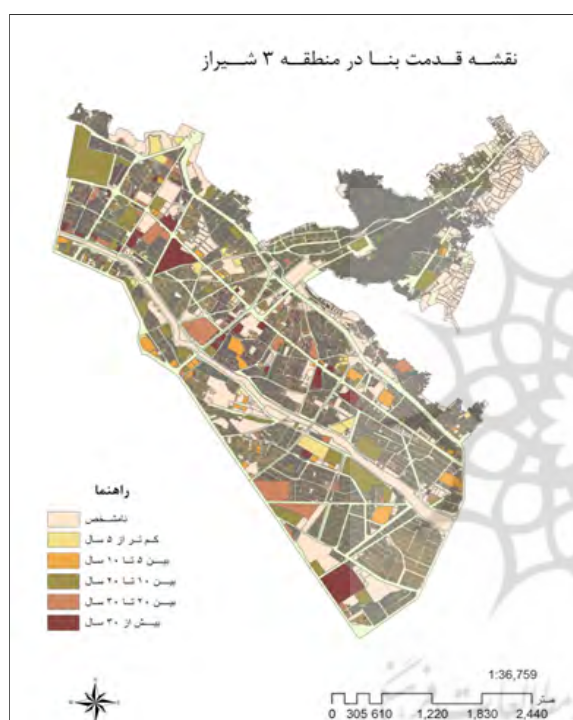


شکل ۶: نقشه کیفیت بنا در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۴

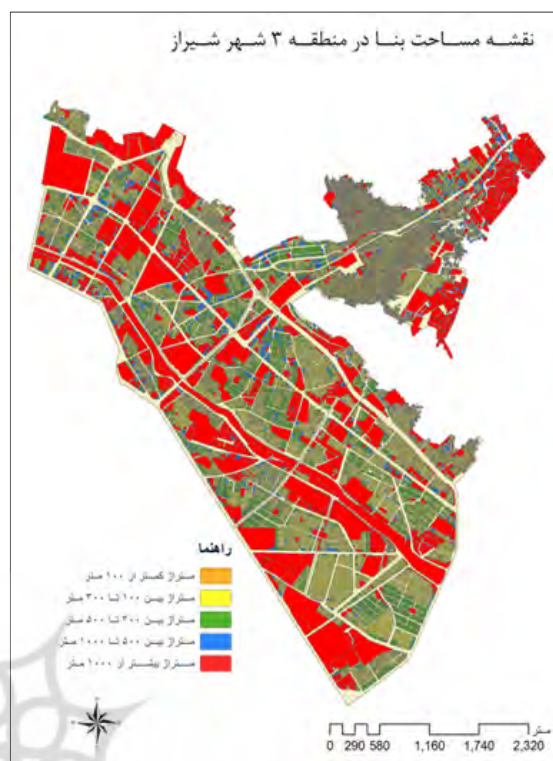
۱۳۷۰ الی ۱۳۸۰ احداث شده‌اند. این دسته سهمی معادل ۳۲/۱۵ درصد از سطح بناها را در بر می‌گیرد. این نقشه نشان می‌دهد که حدود ۲۳ درصد بناهای منطقه بیش از ۲۰ سال قدمت دارند و احتمالاً این بناها در برابر زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود و تنها ۸ درصد بناها پیش از ۱۳۶۰ ساخته شده‌اند. شکل (۸) نقشهٔ قدمت بنا در محدوده را نشان می‌دهد.



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

#### مصالح (سازه 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



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 مسکونی 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

### - نمای ساختمان

نبود اتصال کافی بین نمای آجری و یا سنگی با دیوار سبب می شود 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 شیشه های موجود در نمای ساختمان ها میزان جراحات و تلفات ناشی از وقوع زلزله را افزایش می دهد. مصالح نما در بیش تر قطعات منطقه سیمان سفید (۲۸ درصد) و حدود ۱۴ درصد آن ها بدون نما هستند. نقشه نما در محدوده مورد مطالعه در شکل (۱۰) آورده شده است.



شکل ۱۰: نقشه نما در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

### - تعداد طبقات

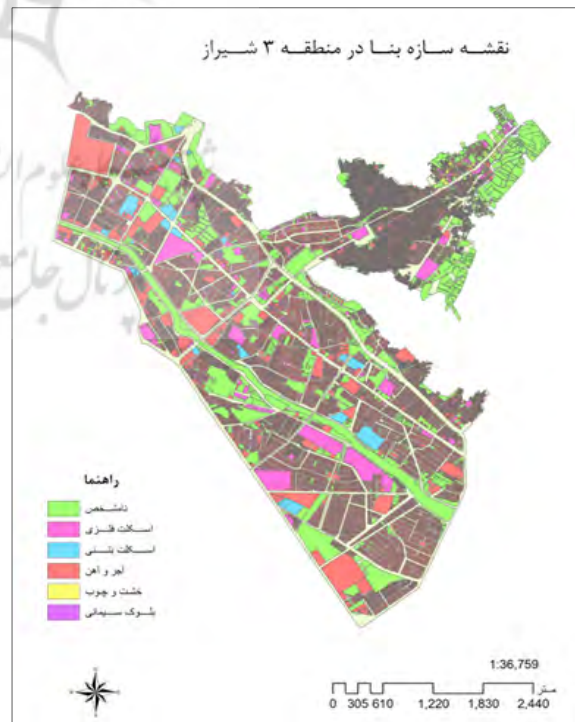
میزان افت کارایی فضای باز با ارتفاع ساختمان ها ارتباط مستقیم دارد. زیرا با افزایش تعداد طبقات امکان مسدود شدن معابر و فضاهای باز در صورت

غیرایمن قرار دارند. هرچند که در این مورد ضوابط دقیق و بین المللی وجود ندارد» (مسائلی، ۱۳۷۵: ۱۸). حدود ۹۶ درصد از ساختمان های مسکونی منطقه ۳ از مصالح آجر و آهن ساخته شده اند. همچنین حدود ۵ درصد کل قطعات از مصالح اسکلت فلزی و بتنی می باشند که گذشته از استفاده صحیح یا غلط از مصالح، می توان گفت که این ساختمان ها از مصالح بادوام ساخته شده اند. مصالح بی دوام مانند خشت و گل و خشت و چوب که در رده واحدهای غیر ایمن قرار دارند تنها ۰/۳۷ درصد از ساختمان ها را به خود اختصاص داده اند. در جدول (۲) درجه آسیب پذیری سیستم های مختلف در برابر زلزله نشان داده شده و در شکل (۹) نقشه سازه بنا ارائه شده است.

جدول ۲: درجه آسیب پذیری سیستم های مختلف در برابر زلزله

آجری	زیاد
فلزی	متوسط
بتنی	کم
چوبی	کم
خشتی	بسیار زیاد

منبع: پوراحمد، ۱۳۸۱: ۱۳



شکل ۹: نقشه سازه بنا در محدوده

منبع: اطلاعات GIS شهرداری شیراز، ۱۳۹۰.

### ارزیابی آسیب پذیری

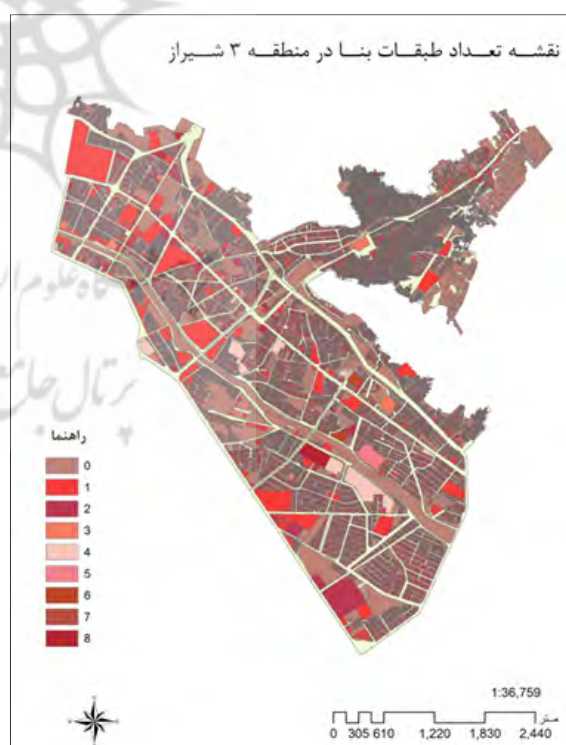
پس از تهیه نقشه‌ها با توجه به مقاله احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۸۹) در فصلنامه جغرافیا و توسعه، پس از شعاع آسیب‌پذیری گسل‌ها (۹)، نوع سازه اسکلت ساختمان‌ها بیش‌ترین وزن (۸) را به خود اختصاص داده و سایر معیارهای به کار رفته در این مقاله به ترتیب اهمیت دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده و با توجه به اهمیت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



شکل ۱۲: نقشه 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 آسیب‌پذیر یا تخریب شده، تعداد تلفات انسانی را تخمین زده یا برآورد کرد.

تخریب این ساختمان‌ها افزایش می‌یابد. همچنین در تعیین تعداد طبقات باید به نوع سازه 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 منطقه 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) نقشه تعداد طبقات بنا در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



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

جدول ۵: توزیع انواع آسیب پذیری در محدوده مورد مطالعه

درصد ساختمان ها	میانگین مساحت (م <sup>۲</sup> )	مساحت قطعات (م <sup>۲</sup> )	تعداد ساختمان ها	آسیب پذیری اینده
۴/۲۱	۲۹	۳۱۱۴۴	۱۰۶۴	آسیب پذیری خیلی کم
۲/۸۵	۴۹	۳۵۴۳۲	۷۲۱	آسیب پذیری کم
۲۹	۸۶	۶۳۰۵۵۰	۷۳۵۳	آسیب پذیری متوسط
۴۴/۵۶	۱۰۰	۱۱۳۳۴۸۶	۱۱۲۷۵	آسیب پذیری زیاد
۱۹/۳۸	۱۱۴	۵۵۸۷۰۳	۴۹۰۴	آسیب پذیری خیلی زیاد

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۰.

### نتیجه گیری

به طور کلی، مکان گزینی غلط و ناصحیح اکثر شهرها و استقرار آن ها در حاشیه گسل ها، به کار نگرفتن نیروهای انسانی ماهر و متخصص در ساخت و سازها، استفاده از مصالح نامرغوب و غیر استاندارد و در یک کلام ساخت و ساز غیر علمی و بدون نظارت، ایمنی برخی از شهرها را از بین برده و در صورت بروز حادثه، وضعیت بسیار اسفناک و مصیبت بار خواهد بود. ساختمان ها را می توان در مقابل زلزله مقاوم ساخت به شرط این که زلزله و گسل شناخته شود. در این حالت میزان تخریب ساختمان ها کاهش یافته که خود منجر به استفاده بهینه از مصالح و نیروی انسانی در بخش ساختمان سازی می گردد که از ضرورت های انجام این تحقیق است. در این تحقیق هشت مؤلفه مهم و مؤثر در آسیب پذیری بافت شهری با توجه به خصوصیات منطقه مورد مطالعه، موضوع تحقیق و همچنین محدودیت های اطلاعاتی برای بیان آسیب پذیری منطقه در برابر زلزله مورد توجه قرار گرفته است. هر کدام از این شاخص ها خود به چند طبقه تقسیم شده اند و برای تعیین آسیب پذیری، شاخص ها و طبقاتشان کمی گردیده اند؛ یعنی به آن ها مطابق با پیشینه مطالعاتی به شکل زیر ارزش داده شده است. در جدول (۶) ارزش معیارها و زیرمعیارها و توزیع آن ها در محدوده مورد مطالعه آمده است.

جدول ۳: متوسط درصد خرابی انواع ساختمان در اثر زلزله با شدت های 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 هزینه تعمیر و جایگزینی نسبت به هزینه سوزی مربوط به ساختمان هایی که در آن ها آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت نگردیده است.)  
منبع: برنابی، ۱۳۷۲: ۵۷.

اگر فرض کنیم که در تمامی ساختمان های این منطقه آیین نامه ۲۸۰۰ رعایت نشده باشد، میزان خسارات مطابق جدول زیر خواهد بود:

جدول ۴: متوسط درصد خرابی انواع ساختمان در اثر زلزله با شدت های مختلف منطقه 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 ساختمان های تخریبی	متوسط درصد 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	۱۲۶	۱۰/۴۵	۱۵۵۰	۲۷۷۵۵/۲	۷۶/۷۳
X	۳۰۸۷۸/۸	۹۷/۲	۱۳۳	۱۱	۱۶۳۲	۳۲۷۵۲	۹۰/۵۴

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۰.

### یافته ها

از تلفیق نقشه های نشان داده شده، مشخص گردید که غالب قطعات منطقه ۳ شهر شیراز در محدوده آسیب پذیر زیاد قرار دارند. در جدول ۵ وضعیت منطقه ۳ از لحاظ آسیب پذیری در برابر زلزله مشخص شده است.

۱. آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله که توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه شده است.

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

معیارهای برنامه‌ریزی	ضریب اهمیت نهایی هر معیار	زیرمعیارهای برنامه‌ریزی	ضریب اهمیت نهایی هر معیار	تعداد ساختمان‌ها	درصد ساختمان‌ها
مصالح نما	۱	نامشخص	۰	۱۷۵۱	۴/۸۵
		فاقدنما	۱	۵۱۶۰	۱۴/۳۷
		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 ۱۰۰ مترمربع	۵	۸۶۷	۲/۴۴
همجواری بین کاربری‌ها	۳	فضای سبز	۱	۳۳۶۸	۸/۳۹
		اداری و تأسیسات 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	۷۱/۳۷۱
		تعمیری	۴	۳۰۸۹	۸/۶۵
		تخریبی	۵	۹۵	۰/۰۰۲
		مخروبه	۶	۲۶	۰/۰۰۰۷
قدمت	۶	نامشخص	۰	۱۷۸۵	۴/۹۳
		کم‌تر از ۵ سال	۱	۱۰۳۷	۲/۸۶
		بین ۵ تا ۱۰ سال	۲	۵۲۱۹	۱۴/۴۲
		بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۳	۱۷۸۲۰	۴۹/۲۷
		بین ۲۰ تا ۳۰ سال	۴	۷۸۷۴	۲۱/۷۷
		بیش از ۳۰ سال	۵	۲۴۳۹	۶/۷۵
سازه	۷	نامشخص	۰	۱۷۸۶	۴/۹
		اسکلت بتنی	۱	۱۰۸	۰/۰۰۴
		بلوک سیمانی	۲	۱۱	۰/۰۰۰۳
		اسکلت فلزی	۳	۱۶۳۲	۴/۶
		آجر و آهن	۴	۳۲۵۰۴	۸۹/۹
		خشت و چوب	۵	۱۳۳	۰/۰۰۵
		شعاع ۱۵۰۰ متر	۳	۵۶۴۹	۱۵/۶
بافر	۸	شعاع ۳۰۰۰ متر	۲	۱۸۶۸۰	۵۱/۶۴
		شعاع ۶۰۰۰ متر	۱	۳۶۱۷۴	۱۰۰



نمونه موردی: شهر زنجان، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۱۹۸-۱۷۱.

احمدی، حسن و محمدرضا شیخ کاظم (۱۳۸۵). نقش برنامه‌ریزی تراکم‌های ساختمانی در کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله، دومین کنفرانس بی‌المللی مدیریت جامع بحران 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، عبدالجلال (۱۳۷۸). برنامه‌ریزی کاهش آثار زلزله در سطوح شهری (نمونه موردی: منطقه ۲۰ شهر تهران)، رساله کارشناسی ارشد شهرسازی، استاد راهنما: زهره عبدی دانشپور، استاد مشاور: فریبرز ناطقی الهی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

برنایی، محسن (۱۳۷۲). ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله‌ای ساختمان‌ها، رساله کارشناسی ارشد شهرسازی، استاد راهنما: رضا رازانی، دانشگاه شیراز، شیراز، صص ۵۷.

پورا احمد، احمد و همکاران (۱۳۸۸). بررسی ابعاد پیشگیری از بحران زلزله (مطالعه موردی: شهر بابل)، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شماره اول، صص ۲۴-۱.

حاتمی‌نژاد، حسین و همکاران (۱۳۸۸). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر (نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۸، صص ۲۰-۱.

زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۸). تحلیل آماری خطرپذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۳، شماره ۳، صص ۱۱۱-۹۱.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (۱۳۸۶). دستورالعمل به‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح موجود، نشریه شماره ۳۷۶.

ساسان‌پور، فرزانه و جعفر موسی‌وند (۱۳۸۹). تأثیر عوامل انسان‌ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیط‌های کلان شهری با کاربرد منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۳، شماره ۱۶، صص ۵۰-۲۹.

ستوده، بابک (۱۳۸۰). برنامه‌ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر جهت ایمن‌سازی در برابر زلزله (نمونه موردی: محله باغ

مقادیر ذکر شده در جدول توزیع متغیرهای آسیب‌پذیری در منطقه ۳، نکات دیگری را نیز روشن می‌کند: بررسی بافت مسکونی منطقه نشان می‌دهد که سازه بنا (با ۸۹/۹ درصد آجر و آهن) بیش‌ترین تأثیر را در آسیب‌پذیری این منطقه بر عهده دارد. تمامی عوامل ساختمانی تابعی از وضعیت مصالح به کار رفته در سازه بوده است. بنابراین هرچقدر در ساخت و سازهای شهری از مصالح بادوام و با رعایت اصول مهندسی استفاده شود، به همان اندازه بناهای ایجاد شده از آسیب‌پذیری کمتری در برابر زلزله برخوردار خواهند شد.

همان‌گونه که از نقشه پهنه‌های آسیب‌پذیری محدوده مشخص است، شرقی‌ترین بخش منطقه (واقع در شهرک سعدی) در آسیب‌پذیری کم قرار دارد و سایر قسمت‌های شهرک سعدی با توجه به نوع بافت آن در قسمت آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد واقع شده‌اند. در سایر بخش‌های محدوده انواع آسیب‌پذیری از قانون خاصی تبعیت نمی‌کند. البته درصد ساختمان‌های تخریبی با در نظر گرفتن شدت زلزله، تغییر خواهد کرد.

## منابع

احدنژاد روشتی، محسن، (۱۳۸۹). ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله نمونه موردی: شهر زنجان، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال دوم، شماره هفتم، صص ۹۳-۷۱.

احدنژاد روشتی، محسن و شهناز جلیل‌پور (۱۳۹۰). ارزیابی عوامل بیرونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمانی بافت قدیم شهرها در برابر زلزله (مطالعه موردی: ناحیه ۱ شهر خوی)، سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری، صص ۱۲-۱.

احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۸۹). مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی

مهندسين مشاور مآب، (۱۳۸۲)، بازنگری طرح تفصیلی منطقه ۳ شهرداری شیراز، شهرداری شیراز.

Altan, Metin., Öztürk, 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

فردوس شهرداری منطقه 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.

مسائل، 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، شماره نشریه ۲۵۴، تجدیدنظر سوم.