

مدل‌سازی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری تحت سناریوهای مختلف به منظور مدیریت بحران در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران)

محمدحسن پویان* - دانشجوی دکتری مدیریت بحران دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی
علی صنایعی - استاد گروه مدیریت دانشگاه اصفهان
آذرنوش انصاری - استادیار گروه مدیریت دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۷

چکیده

افزایش باورنکردنی بحران‌ها و فراوانی و پیچیدگی آن‌ها این رویکرد نگاه عامیانه و سنتی به آسیب‌پذیری را دچار تزلزل کرده و نیاز به رویکرد جامع‌تری از آسیب‌پذیری و مدیریت بحران را مطرح کرده است. با توجه به اهمیت موضوع ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهرها در مباحث مربوط به سیستم‌های اطلاعات مکانی شهری، در این تحقیق سعی شده با به‌کارگیری توابع آسیب‌پذیری در برابر زلزله، با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی، اجزا و عناصر اصلی و رفتاری بافت کالبدی شهری منطقه یک شهر تهران و تعیین تأثیر هر کدام از معیارهای به‌کاررفته در میزان آسیب‌پذیری مدل‌سازی و ریزپهنه‌بندی آسیب احتمالی وارده به بافت کالبدی منطقه مورد مطالعه پرداخته شود. نتایج حاصله نشان می‌دهد منطقه یک در سه سناریوی مختلف با شدت زلزله ۶، ۷، و ۸ هم به لحاظ بافت شهری هم به لحاظ کالبد شهری دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری متوسط به بالاست که آن به سبب بافت فرسوده و توسعه و تغییر کالبدی است که در چند دهه قبل در این منطقه اتفاق افتاده است؛ بدین ترتیب، می‌توان به این نتیجه رسید که این منطقه نسبت به بافت‌های نسبتاً جدید، که ساخته شده، به سبب گسلسی منطقه، به بحران طبیعی مثل زلزله احتمالی که ممکن است در منطقه اتفاق بیفتد باز هم آسیب‌پذیر است.

کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری، سناریو، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهر تهران، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، منطقه یک.

مقدمه

روند فزاینده در شدت و وسعت بحران‌ها، مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری، انسان‌ها و اجتماع تحت تسلط آن‌ها را به تفکر بیشتر واداشته است. به طوری که انسان از زمان‌های گذشته تجربه زندگی در دهکده‌ها، شهرهای کوچک و بزرگ را آموخته و سکونتگاه‌ها را متناسب با نیاز و شرایط تکنولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی زمان احداث کرده است. در دهه‌های اخیر تغییراتی اساسی در دیدگاه‌های نظری بحران و آسیب‌پذیری روی داده است. مثلاً، برخلاف دیدگاه رفتاری به بحران، براساس دیدگاه ساختاری (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۴)، بحران‌ها دیگر حوادث شدید صرفاً ایجادشده توسط عوامل طبیعی نیستند، بلکه آن‌ها اکنون به‌عنوان مشکلات حل‌نشده توسعه نیز در نظر گرفته می‌شوند (مک اینتری، ۲۰۰۴). در واقع، امروزه، اینکه توسعه و بحران ارتباطی بی‌نهایت نزدیک و پیچیده دارند به باوری عمومی و رایج تبدیل شده است و این حقیقت را تصریح می‌کند که توسعه و مدیریت بحران هر دو به سمت کاهش آسیب‌پذیری معطوف شده‌اند. بنابراین، در دهه‌های اخیر، به‌ویژه از دهه ۱۹۷۰ به بعد، به تدریج تأکید بر مخاطرات به تأکید بر بحران‌ها تغییر یافت و توجه فزاینده‌ای به آسیب‌پذیری شد و نظرهای علیتی نیز دچار تغییر شدند (قدیری، ۱۳۷۸). درحقیقت، در نظر گرفتن خطر وقوع زلزله، مقاومت ساختمان‌ها و تأسیسات، و همچنین ویژگی‌های کالبدی و ساختاری که به‌عنوان علل عمده آسیب‌پذیری محسوب می‌شود در بحران منجر به راهکارهای عمدتاً مهندسی و کالبدی- فیزیکی از جمله برنامه‌ریزی کاربری زمین توجه شده و از ابعاد اجتماعی- اقتصادی آسیب‌پذیری و بحران و راهکارها و سیاست‌های برنامه‌ریزی آن که مربوط است به وضعیت ساختاری و کالبدی شهر و اجتماع انسانی و اقتصادی آن غفلت شده است. چنین نگرشی به آسیب‌پذیری، ریسک، و بحران است که واکنش اضطراری با رویکردی از بالا به پایین و بدون بهره‌گیری از مشارکت اجتماع بحران‌زده را در روند آسیب‌پذیری و مدیریت بحران‌های شهری در نظر می‌گیرد. اما افزایش باورنکردنی هزینه و فراوانی و پیچیدگی بحران‌ها این رویکرد نگاه عامیانه و سنتی به آسیب‌پذیری را دچار تزلزل کرده و نیاز به رویکرد جامع‌تری از آسیب‌پذیری و مدیریت بحران را مطرح کرده است؛ رویکردی که محافظت از رفاه و آسایش را از طریق نگاه یکپارچه و ترکیبی به حداکثر می‌رساند تا با توجه به اهمیت شرایط، پیچیدگی‌ها، و محلی بودن آسیب‌پذیری در بافت و ساختار شهرها توجه به آسیب‌پذیری را در سطوح مختلف (جدول ۱) نهادینه کند و ضمن تعریف سطح قابل قبولی از ریسک، شناسایی اولویت‌های کاهش ریسک، و اجرای ابتکارات واقعی را که ضروری‌اند نیز ارائه دهد. در همین راستا، با تمرکز و توجه فزاینده بر روی آسیب‌پذیری، از دهه ۱۹۷۰ به بعد، آسیب‌پذیری با سرچشمه گرفتن از ویژگی اجتماعی درمورد ریسک و مخاطرات تغییر مهمی را از تمرکز بر فرایندهای (جدول ۱) ریشه‌ای اجتماعی- اقتصادی و سیاسی نشان داده است (وینسر و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۱. تغییر کانون‌های تمرکز مدیریت ریسک- بحران در دهه‌های اخیر (قدیری، ۱۳۷۸)

تغییر کانون تمرکز از:	به ←
خطر	← آسیب‌پذیری
واکنش	← پیش‌کنش
غیر مشارکتی	← مشارکتی
علم و فن محور	← بین رشته‌ای
مدیریت واکنش	← مدیریت ریسک
برنامه‌ریزی برای جوامع	← برنامه‌ریزی با جوامع
اطلاع رسانی و امداد به جوامع	← یادگیری و حل متقابل
فرهنگ واکنش (امداد و نجات)	← فرهنگ پیشگیری و آمادگی
بحران مساله‌ای غیرمعمول و فاجعه‌آمیز	← بحران بخشی از زندگی روزمره
فرهنگ تقدیری- واکنشی نسبت به بحران	← فرهنگ زندگی با ریسک- آمادگی

در نتیجه این تغییرات فزاینده در ساختار و عملکرد شهر و شهرنشینی، امروزه، آسیب‌پذیری نقش برجسته‌تری در مدیریت بحران به‌دست آورده و توجه بیشتری نیز به عوامل کالبدی و مکانی می‌شود. بنابراین، سیاست نیل به آسیب‌پذیری از عوامل کلی مخاطرات به جزئیات اجتماعی و اقتصادی تغییر کرده و به اهداف مهمی در کاهش آسیب‌پذیری و بحران تبدیل شده است که نقطه اتکای آن در شهرها بوده، به‌خصوص در شهرهایی که از نظر زلزله در معرض خطرند، و ریسک خطر آن بیشتر و نیاز به بررسی آسیب‌پذیری کالبدی احساس می‌شود. از عمده دلایل وجود تعداد زیادی مجروح و قربانی پس از بروز حوادث طبیعی نظیر سیل و زلزله در ایران می‌توان اشاره کرد به برنامه‌ریزی نادقیق در این زمینه برای شهرهای دارای پتانسیل خطر از جمله شهر تهران. البته، در چند سال اخیر تلاش‌هایی در این زمینه شروع شده است که آینده روشنی را برای مدیریت بحران کلان‌شهر تهران رقم بزند. با توجه به اینکه منطقه یک شهرداری تهران یکی از مناطق مهم است، در این مطالعه درصددیم با توجه به شرایط منطقه تحلیل آسیب‌پذیری آن را ارائه دهیم. در مجموع، نیل به توسعه پایدار و کاهش فراگیر آسیب‌پذیری در ابعاد کالبدی و فضایی خود، با عنایت به بحران و مسئله آسیب‌پذیری موجود در کلان‌شهر تهران، با مشخصه جدایی اجتماعی- فضایی و تمرکز آن در بین اقشار و نواحی خاصی از شهر نیازمند بررسی عوامل مؤثر بر افتراق اجتماعی- فضایی آسیب‌پذیری و تبیین میزان تغییرات آن در جامعه و فضاست. اهمیت مسئله و نادیده‌انگاشته‌شدن آن در برنامه‌های توسعه و مدیریت بحران کشور (قدیری، ۱۳۸۶) ضرورت اجرای این پژوهش را دوجندان می‌کند. کلان‌شهر تهران با قرارگیری در منطقه‌ای با دارابودن گسل‌ها و چشمه‌های لرزه‌ای مختلف در مقابل زلزله بسیار آسیب‌پذیر است. تمرکز بالای جمعیت و همچنین سیستم‌های شهری من جمله خطوط لوله آب، نفت، گاز، برق و ... باعث افزایش احتمال آسیب شده است (علوی، ۱۳۹۷).

مبانی نظری

میزان حساسیت یک ملت یا یک دستگاه را در مقابل هر اقدام یا ابزاری که موجب تقلیل توانایی‌ها و اراده ملی تضمین‌کننده امنیت ملی می‌شود آسیب‌پذیری می‌گویند (فشارکی و محمودزاده، ۱۳۹۱). بنا بر تعریف یونسکو، میزان حساسیت محیط در مقابل وقوع و شدت یک سانحه طبیعی آسیب‌پذیری آن محیط را تعیین می‌کند. به‌طور کلی، منظور ما از آسیب‌پذیری عبارت است از شرایط و وضعیت‌های داخلی که در معرض قرارگیری و حساسیت، تأثیرپذیری، و شکنندگی نسبت به خطرها یا سایر شوک‌ها و فشارهای وارده را به مردم افزایش می‌دهد (ISDR, 2004). بنابراین، مفهوم آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن موضوعات مهمی، از قبیل زنجیره خطرها، عناصر بحران، واکنش در برابر بحران و آثار منفی بحران به‌خوبی قابل تبیین خواهد بود. مفهوم آسیب‌پذیری چارچوب و ساختار مناسبی را برای درک ماهیت و مفهوم بحران، حوادث طبیعی و انسانی، اثرها و پیامدهای منفی و مثبت ناشی از وقوع بحران، و همچنین واکنش در مقابل بحران در سطوح مختلف فراهم می‌آورد (شووا، ۲۰۱۱). ارزیابی و تحلیل چگونگی توزیع فضایی آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری و خطرهای انسانی و طبیعی بالقوه یکی از راهکارهای بسیار مهمی است که می‌تواند در تأمین امنیت بهینه شهرها مؤثر باشد. بُعد فضایی این موضوع را می‌توان در مرکز جغرافیای مسائل بحرانی در شهرها بررسی کرد؛ زیرا نبود ایمنی و امنیت کافی در شهرها و کلان‌شهرها یکی از بزرگ‌ترین موانعی است که باعث عدم رشد و پیشرفت اقتصاد در این مناطق شده است (قدیری، ۱۳۸۶). نگاهی اجمالی به وضعیت ایمنی و امنیت و استانداردهای زندگی و مهم‌تر از همه بحث کیفیت زندگی در کلان‌شهرهای جهان سوم و به‌وضوح کشورهای افریقایی و آسیایی این مسئله را به نحو بهینه‌ای مستندسازی می‌کند. مدارک و شواهد آماری موجود در بسیاری از کشورهای جهان بیانگر این است که میان سطح توسعه و درجه امنیت و ایمنی در شهرها رابطه مستقیمی وجود دارد (علوی، ۱۳۹۷). ساختارهای فیزیکی و اجتماعی

شهرها با توجه به نوع ساخت و کارکرد در برابر بحران‌های انسانی و طبیعی بسیار آسیب‌پذیر است. چرایی این مسئله بدین صورت تحلیل و ارزیابی می‌شود که شهر مجموعه پیچیده‌ای است که در آن فرایندهای زیادی از قبیل تمرکز سرمایه، انباشتگی ثروت و جمعیت، رشد شتابان مراکز شهری، تغییر و تحول ساختارهای شهری و توسعه مناطق آسیب‌پذیر اتفاق می‌افتد و این مسائل در کنار هم باعث ناکامی برنامه‌ریزان و مدیران شهری در بهینه‌سازی استانداردهای ساخت‌وساز، هنجارهای اجتماعی و راهبردهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌شود. این فرایندها هر یک به‌نحوی باعث شکل‌گیری بحران‌های انسانی و طبیعی مختلف می‌شود. شواهد داخلی و خارجی نشان می‌دهند که هم‌زمان با رشد و توسعه فیزیکی و انسانی شهرها، خطر ایجاد بحران‌های مختلف در آن‌ها نیز افزایش می‌یابد (هلمس و همکاران، ۲۰۰۸). بحران‌های انسانی و طبیعی مختلفی که در کلان‌شهرهای آسیا و آفریقا اتفاق افتاده و این شهرها را با محدودیت‌ها و چالش‌های زیادی مواجه کرده است (قدیری، ۱۳۸۶). طبقه‌بندی مختلفی از دیدگاه‌های آسیب‌پذیری ارائه شده است که در مجموع سه دیدگاه متمایز از پژوهش و تبیین مفهوم آسیب‌پذیری را می‌توان به شرح زیر مشخص کرد:

۱. دیدگاه زیستی - فیزیکی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ریسک در معرض بودن؛

۲. دیدگاه ساخت اجتماعی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ساخته‌ای اجتماعی؛

۳. دیدگاه ترکیبی: آسیب‌پذیری به‌عنوان تأثیرپذیری بالقوه و ظرفیت رسیدگی و انطباق (فورد، ۲۰۰۲).

امروزه، آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی نسبت به بلایای طبیعی و انسان‌ساخت، در نتیجه تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در نواحی وسیع و متراکم و وضعیت نابسامان و بی‌قاعده سکونتگاه‌های ساکنان کم‌درآمد نواحی شهری و روستایی به‌طور مداوم افزایش یافته است (زنگی‌آبادی و اسماعیلیان، ۱۳۹۱). در مناطق شهری، اثرهای زیان‌بار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهر است. حوادث انسانی نیز یکی دیگر از ابعاد بحران است که این امر به‌خصوص در مناطقی که از جمعیت زیادی برخوردار بوده و دارای بافت فشرده‌ای است بیشتر می‌شود (قدیری، ۱۳۸۱). اساساً مهم‌ترین عواملی که در هنگام بروز حوادث طبیعی نظیر زلزله حوادث انسانی نظیر بمباران هوایی منجر به وقوع بحران می‌شود آسیب‌پذیری کالبدی ابنیه است (قرخلو، ۲۰۰۹). حوادث طبیعی نظیر زمین‌لرزه و حوادث انسانی نظیر بمباران هوایی در شهرها خطری جدی و جباران‌ناپذیر برای ایمنی تأسیسات مهم و حیاتی مانند بیمارستان‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز کمک‌رسانی و انبار وسایل مربوط به آزمایشگاه‌ها، ادارات، سدها، مخازن شبکه‌های آب‌رسانی و دیگر تأسیسات است. زلزله پدیده‌ای ناشی از رهاشدن کرنش ذخیره‌شده شکستگی در پوسته زمین و آزادشدن انرژی از آن منبع به‌صورت امواج ارتعاشی در همه جهات است. با این حال، خطر زمین‌لرزه خاصیتی از زلزله است که باعث بروز خرابی یا خسارات در محیط می‌شود؛ به‌عنوان مثال جابه‌جایی گسل بیش از اندازه معین دامنه جنبش زمین در محدوده مشخص و موج سونامی القایی برخوردکننده از خطرهای زمین‌لرزه است. در همین راستا ریسک زلزله شامل احتمال خسارات و خرابی ناشی از وقوع زلزله است که این احتمالات غالباً سطحی از مقدار خرابی یا خسارات محتمل را در بازه زمانی معلومی ارائه می‌کند که بزرگ‌تر یا برابر آن باشد (علوی، ۱۳۹۷).

معمولاً، پس از رویداد یک بحران بزرگ مثل زلزله شدید امکان قطع آب، برق، لوله‌های فرآورده نفتی به شهر وجود داشته و به‌علت ویرانی ساختمان‌ها خیابان‌ها و راه‌ها بسته خواهد شد و امر کمک‌رسانی با دشواری انجام می‌شود (برگی، ۱۳۸۴). نقش مدیریت برنامه‌ریزی و طراحی شهری در مقوله ایمنی سکونتگاه‌ها و ایجاد سرعت و سهولت در اقدامات مدیریت بحران عینیت می‌یابد. جهت تحقق این دو مقوله شرایط کاربری‌های شهری و ویژگی کالبدی شهر نقش مهمی ایفا می‌کند. برنامه‌ریزی و طراحی شهری باید کاربری‌ها را طوری جانمایی و طراحی نماید که این کاربری‌ها به‌صورت سکونتگاه‌های ایمن در مقابل بحران‌ها عمل نمایند و شرایط لازم را برای اجرای هر چه بهتر طرح مدیریت بحران

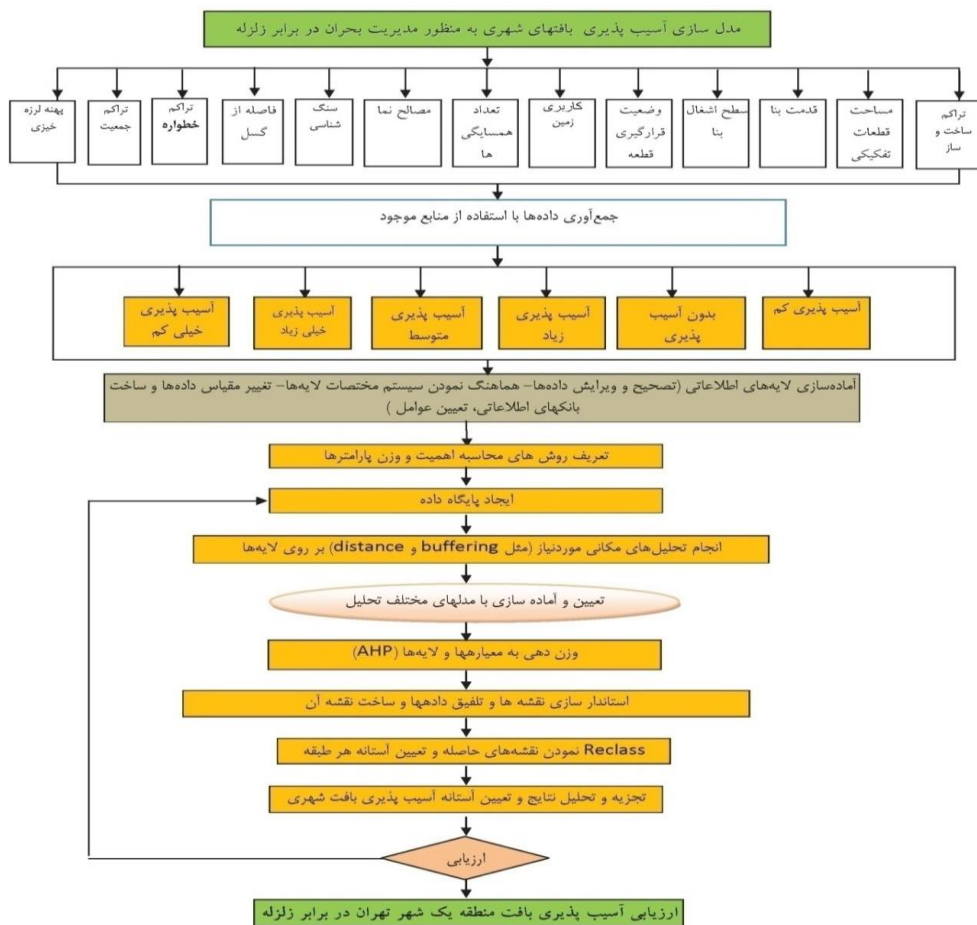
تسهیل کنند (صفوی، ۱۳۸۴). توجه به معیارهای شهرسازی در طراحی و برنامه‌ریزی شهری همچون پیش‌بینی کاربری‌ها و خدمات مورد نیاز شهری، ایجاد شرایط زیستی مناسب برای شهروندان به لحاظ معیارهای زیست‌محیطی، رعایت مقیاس و تناسب، خوانایی، انعطاف‌پذیری، سازگاری فرم با عملکرد، پیش‌بینی دسترسی‌های کارا، در نظر گرفتن روابط اجتماعی و اقتصادی حاکم بر جامعه اگرچه ضروری است، ولی رعایت و توجه به این موارد در مناطق پُرخطر به‌تنهایی کافی نبوده و طراحی شهرها در مناطق سانحه‌خیز باید بتواند در عین ارتقای کارایی شهر و ایجاد رفاه برای ساکنان موجبات پایداری آن را فراهم نماید و به شکلی طراحی شوند که حداقل آسیب جانی و مالی به آن‌ها وارد آید.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است و روش اجرای آن توصیفی-تحلیلی است. روش به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق تلفیقی از مرور سیستماتیک منابع کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی، و فرایندهای تحلیلی و نرم‌افزاری است. در مرحله اول با استفاده از داده‌های گردآوری‌شده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. ترکیب لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS با تلفیق نقشه‌های عناصر مورد بررسی، نقشه پهنه‌های آسیب‌پذیری تهیه و طبقه‌بندی می‌شود. بدین منظور، مهم‌ترین اطلاعات پایه عبارت‌اند از: نقشه‌های کاربری زمین موجود، نقشه‌های بلوک‌های آماری منطقه یک، نقشه نوع مصالح ساختمان (احدنژاد، ۱۳۸۸) از طرح ممیزی شهر تهران، نقشه قدمت، کیفیت و تعداد طبقات از طرح تفصیلی شهر تهران، مساحت قطعات تفکیکی و سطح اشغال طرح تفصیلی شهر تهران، نقشه وضعیت قرارگیری بلوک‌ها و تعداد همسایگان و نمای ساختمان. در این پژوهش از سه دسته داده شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های ۲۰۰۰ شهر تهران، و بانک اطلاعات مرکز سیستم اطلاعات جغرافیایی شهر تهران به‌صورت رقومی و برداشت‌ها و بازدیدهای میدانی (با استفاده از GPS) استفاده شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی و سپس تراکم جمعیت و شبکه معابر و محلات شهری در منطقه مطالعاتی از نقشه‌های شهرداری منطقه یک استفاده شد (اکبری لاکه، ۱۳۹۶). در این مطالعه، تجزیه و تحلیل حساسیت آسیب‌پذیری منطقه یک شهر تهران با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و مدل‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی و تحلیل شد. برای دستیابی به این هدف، معیارها و زیرمعیارهای وابسته به آسیب‌پذیری بافت از قبیل فاصله و کاربری، قدمت، بافت و کالبدی همراه زیرمعیارهای آن‌ها مطالعه خواهد شد. برای بررسی روند تغییر محدوده شهری، نحوه شکل‌گیری محلات شهر، و رشد و توسعه افقی و عمودی شهر در طول یک دهه گذشته از عکس‌های هوایی و تصویر ماهواره‌ای استفاده شده است. بخش عمده‌ای از داده‌های به‌کاررفته در این تحقیق از فرایند تفسیر عکس‌های هوایی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده و در این تحقیق از نرم‌افزار Arc GIS 10 به‌عنوان نرم‌افزار تحلیل مکانی استفاده شده است (شکل ۱).

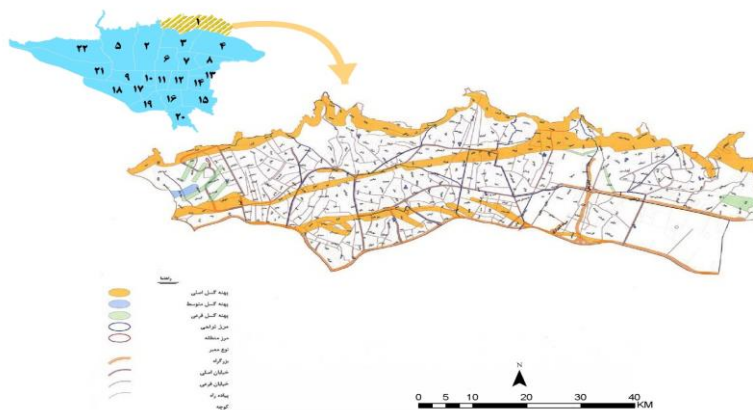
محدوده مورد مطالعه

کشور ایران به‌واسطه مجموعه ویژگی‌های اقلیمی، زمین‌شناسی، و شرایط و ویژگی‌های توسعه اجتماعی، اقتصادی، و فضایی از جمله آسیب‌پذیرترین کشورهای جهان است. به‌علت قرارگرفتن بر روی کمربند زلزله آلپ-همالیا به نحو چشم‌گیری زلزله‌خیز است (رضایی، ۱۳۸۹). شهر تهران از جمله منطقه یک (شکل ۲) یا شمیران از زمان‌های بسیار دور به‌عنوان منطقه‌ای برجسته و بی‌نظیر از لحاظ تاریخی، فرهنگی، و طبیعی بوده است؛ آنچنان که امروزه نیز یکی از عمده‌ترین سرمایه‌های هویتی و شخصیتی نه‌تنها در شهر تهران، بلکه در کل کشور محسوب می‌شود (علوی، ۱۳۹۷). همین امر موجب شده است که شمیران از دیگر مناطق شهری متمایز شود و محدوده‌هایی با ویژگی ملی شناخته شود. منطقه شمیرانات بر روی بافت‌ها و هسته‌های روستایی متعددی مانند هسته روستای تجریش، نیاوران، قیطریه، رستم‌آباد،



شکل ۱. روند و مراحل تحقیق

اراج، ازگل، دزاشیب، لویزان، جمال‌آباد، اختیاریه، و دروس قرار دارد که از مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها می‌توان وجود باغ‌های سرسبز متعددی را نام برد که با پشتوانه آب رودخانه‌های دربند، درکه، و قنات‌های متعدد علاوه بر هویت تاریخی دارای ارزش‌های زیست‌محیطی قابل ملاحظه‌ای هستند. منطقه یک شهرداری تهران در شمالی‌ترین نقطه تهران بزرگ‌تر دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز مرکزی قرار گرفته است. محدوده منطقه از شمال به خط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر، از جنوب به بزرگراه‌های مدرس، صدر، چمران، و بابایی، از شرق به جاده لشکرک و پارک جنگلی قوچک، و از غرب به رودخانه درکه منتهی می‌شود (گزارش مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۰).



شکل ۲. موقعیت منطقه یک در کلان شهر تهران

شهرداری منطقه یک دارای ده ناحیه و ۲۶ محله است. مساحت منطقه بدون احتساب حریم ۴۵ کیلومترمربع و با احتساب منطقه حریم حدود ۲۱۰ کیلومتر مربع است و جمعیت تقریبی آن براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر ۴۹۶۳۳۴ نفر است. شهرداری منطقه یک تهران بخش اصلی محدوده قدیمی «شمیرانات» را شامل می‌شود. در حال حاضر، منطقه یک علاوه بر تبدیل به مهم‌ترین قطب گردشگری طبیعی، تاریخی، و اجتماعی کلان‌شهر تهران از مطلوبیت ویژه سکونت (سکونت شهری - بیلاقی) نیز برخوردار بوده و بالاترین حجم سرمایه‌گذاری‌های این بخش را به خود اختصاص داده است. سایر عملکردهای ویژه این منطقه، که از استقرار بازار تجریش، مراکز آموزش عالی و مؤسسات درمانی، استقرار سفارتخانه‌ها و سازمان‌های جهانی مقیم ایران ناشی می‌شود، نقش عملکردهای منحصربه‌فرد منطقه را در مقیاس شهری و جایگاه آن را در مقیاس ملی تقویت و تثبیت کرده است (گزارش مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۰).

بحث و یافته‌ها

تعیین شاخص‌های مؤثر کالبدی در آسیب‌پذیری شهری نخستین گام برای اجرای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تعیین شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمان‌هاست. برای این منظور، با توجه به داده‌های در دسترس و همچنین داده‌های مورد نیاز برای این امر، ده شاخص از بین شاخص‌های مؤثر (جدول ۲) در آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمان‌ها در برابر زلزله انتخاب شد (احدنژاد، ۱۳۸۸). این شاخص‌ها شامل نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری، سطح اشغال بنا، مساحت قطعات، وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک، تعداد همسایگی قطعات با همدیگر، و تراکم جمعیت است.

جدول ۲. معیارها و زیرمعیارهای آسیب‌پذیری و آستانه آن (احدنژاد، ۱۳۸۸؛ رضایی، ۱۳۹۰؛ علوی، ۱۳۹۷)

عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	آسیب‌پذیری خیلی کم	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری خیلی زیاد
		۲	۳	۵	۷	۹
نوع مصالح	اسکلت آهن	•				
	بتن		•			
	آجر و آهک			•		
	آجر و چوب				•	
قدمت بنا	آجر و خشت و چوب				•	
	خشت و چوب				•	•
	قبل از سال ۱۳۲۰				•	
	۱۳۲۰-۱۳۵۰			•		
کیفیت بنا	۱۳۵۰-۱۳۶۰			•		
	۱۳۶۰-۱۳۷۰				•	
	۱۳۷۰-۱۳۸۰					•
	۱۳۸۰ به بعد					•
تعداد طبقات	نوساز					•
	مرمتی			•		
	تخریبی				•	
	مخروطه					•
سطح اشغال بنا	یک طبقه		•			
	دو طبقه			•		
	سه طبقه				•	
	چهار طبقه					•
وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک	پنج طبقه و بیشتر					•
	۲۵-۰ درصد					•
	۵۰-۲۵ درصد			•		
	۷۵-۵۰ درصد				•	
مساحت قطعات تفکیکی	۱۰۰-۷۵ درصد					•
	مسکونی			•		
	تجاری				•	
	مراکز آموزشی و درمانی، تاسیسات و تجهیزات اداری و نظامی					•
وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک	کمتر از ۱۰۰ متر مربع					•
	۲۵۰-۱۰۰ متر مربع			•		
	۵۰۰-۲۵۰ متر مربع				•	
	۵۰۰+ متر مربع					•
تعداد همسایگی‌ها	وسط			•		
	کنار				•	
	متفرد					•
	بدون همسایگی					•
مصالح نما	۱ همسایه			•		
	۲ همسایه				•	
	۳ همسایه و بیشتر					•
	شیشه			•		
مصالح نما	کاه گل					•
	آجر					•
	سیمان و سنگ					•

محاسبه وزن‌های معیار

پس از داده‌کاوی و تکمیل پرسش‌نامه و تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و تدوین سلسله‌مراتب معیارها محاسبه وزن‌ها از طریق مراحل زیر محاسبه شده است:

ضرب کردن مقادیر هر ردیف از ستون‌های ماتریس مقایسه دوتایی به همدیگر که شرح آن در رابطه ۱ آورده شده است (احدنژاد، ۱۳۸۸).

$$[V = \sum \text{factor}1 \times \text{factor}2 \times \dots \times \text{factor} \quad (1)$$

محاسبه وزن‌های نرمال‌نشده که برای اجرای این مورد باید مجموع حاصل ضرب هر یک ردیف از ستون‌ها به توان $\frac{1}{n}$ یعنی تعداد معیارها شود (احدنژاد، ۱۳۸۸).

$$[(RMV)^{1/Factor} \quad (2)$$

درنهایت، وزن معیارها در این مطالعه از تقسیم وزن‌های نرمال‌نشده هر ردیف به مجموع وزن‌های نرمال‌نشده به دست می‌آید (احدنژاد، ۱۳۸۸).

$$\text{its} = \left[(RMV)^{1/Factor} \right] \text{firstROW} / \text{Sum} \left[(RMV)^{1/Factor} \right] \quad (3)$$

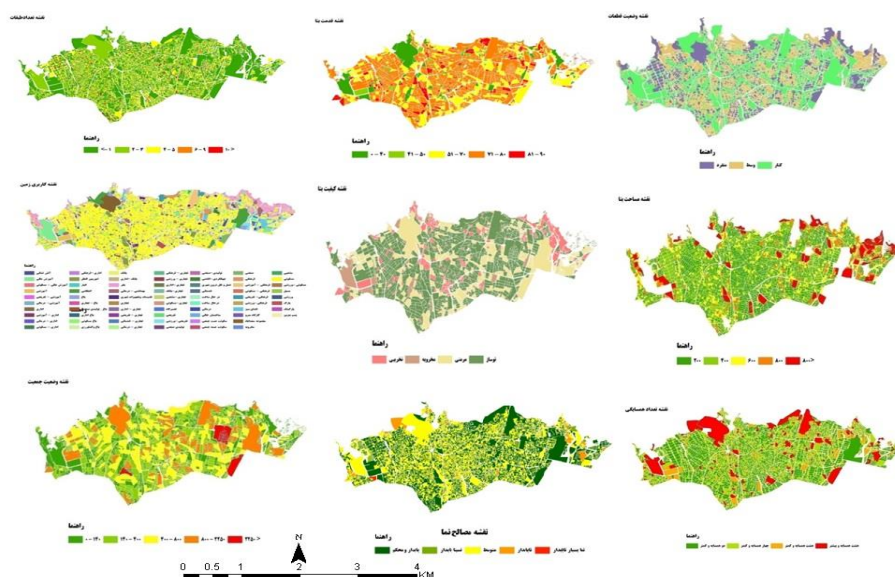
با توجه به رابطه ۳، نوع مصالح ساختمانی به کاررفته در اسکلت ساختمان‌ها بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و بقیه عوامل ساختمانی تابعی از وضعیت مصالح به کاررفته در سازه بوده است. هر چقدر در ساخت‌وسازهای شهری از مصالح بادوام و با رعایت اصول مهندسی استفاده شود، به همان اندازه آسیب‌پذیری بناهای ایجادشده در برابر زلزله کمتر خواهد بود. سایر معیارهای به کاررفته در این پژوهش به ترتیب اهمیت دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده و با توجه به اهمیت آن‌ها در آسیب‌پذیری در جدول زیر به صورت درصد میزان تأثیرگذاری قرار داده شده‌اند.

تخمین نسبت توافق

چنان‌که مقدار $CR \leq 0.1$ (نسبت توافق) باشد، نشان‌دهنده این است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده و در صورتی که این مقدار از ۰٫۱ بیشتر باشد، در آن صورت باید تجدیدنظر در قضاوت‌ها انجام بگیرد. در مطالعه حاضر مقدار نسبت توافق برابر ۰٫۱ برآورد شده که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها انجام گرفته است.

آماده‌سازی داده‌ها و معیارهای آسیب‌پذیری

آماده‌سازی معیارهای آسیب‌پذیری شامل مصالح، قدمت بنا، مساحت قطعات تفکیکی، وضعیت قرارگیری قطعات در بلوک، وضعیت همسایگی، تراکم جمعیت، تعداد طبقات، کیفیت بنا، سطح اشغال، و کاربری اراضی است. این نقشه به وسیله داده‌های پایه سازمان آمار و نقشه تفضیلی شهر تهران منطقه یک و نقشه پایه ممیزی و املاک و اسناد شهر تهران آماده شده است. پس از آماده‌سازی و تصحیح توپولوژیک و هندسی داده‌ها و تطبیق محدوده مورد مطالعه با مرز مشترک، به هم‌مقیاس‌سازی داده‌ها و رتبه‌گذاری آسیب هر متغیر در سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام شد. نقشه‌های زیر لایه‌های (شکل ۳) مورد نیاز برای تعیین آسیب‌پذیری در منطقه مطالعاتی است.



شکل ۳. نقشه‌های آماده‌سازی متغیرهای آسیب‌پذیری بافت کالبدی منطقه یک

استانداردسازی معیارها و هم‌مقیاس کردن آن‌ها

با توجه به اینکه در اندازه‌گیری معیارها، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها استفاده می‌شود، لازم است ارزش‌های موجود در لایه‌های معیارهای مختلف به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب با هم تبدیل شود. به این منظور، لازم است هر یک از نقشه‌های معیار استاندارد شود. در اینجا عمل استانداردسازی نقشه‌های معیار براساس استانداردسازی فازی انجام پذیرفته است. به‌منظور استانداردسازی نقشه‌های فاکتور، از استانداردسازی فازی در مقیاس بایت (۰ تا ۱) استفاده شده است که در این بازه مقدار عضویت بالاتر مطلوبیت بیشتر و مقدار عضویت پایین‌تر مطلوبیت کمتر را نشان می‌دهد. به‌منظور استانداردسازی فازی، نقشه‌های فاکتور تعیین مقادیر آستانه معیارها ضروری است. روش مورد استفاده به‌منظور کمی‌سازی استفاده از روش تبدیل مقیاس خطی بر پایه مقادیر کمینه و بیشینه به‌عنوان نقاط مقیاس‌گذاری است که از روش تبدیل مقیاس خطی به‌صورت رابطه ۴ استفاده شده است.

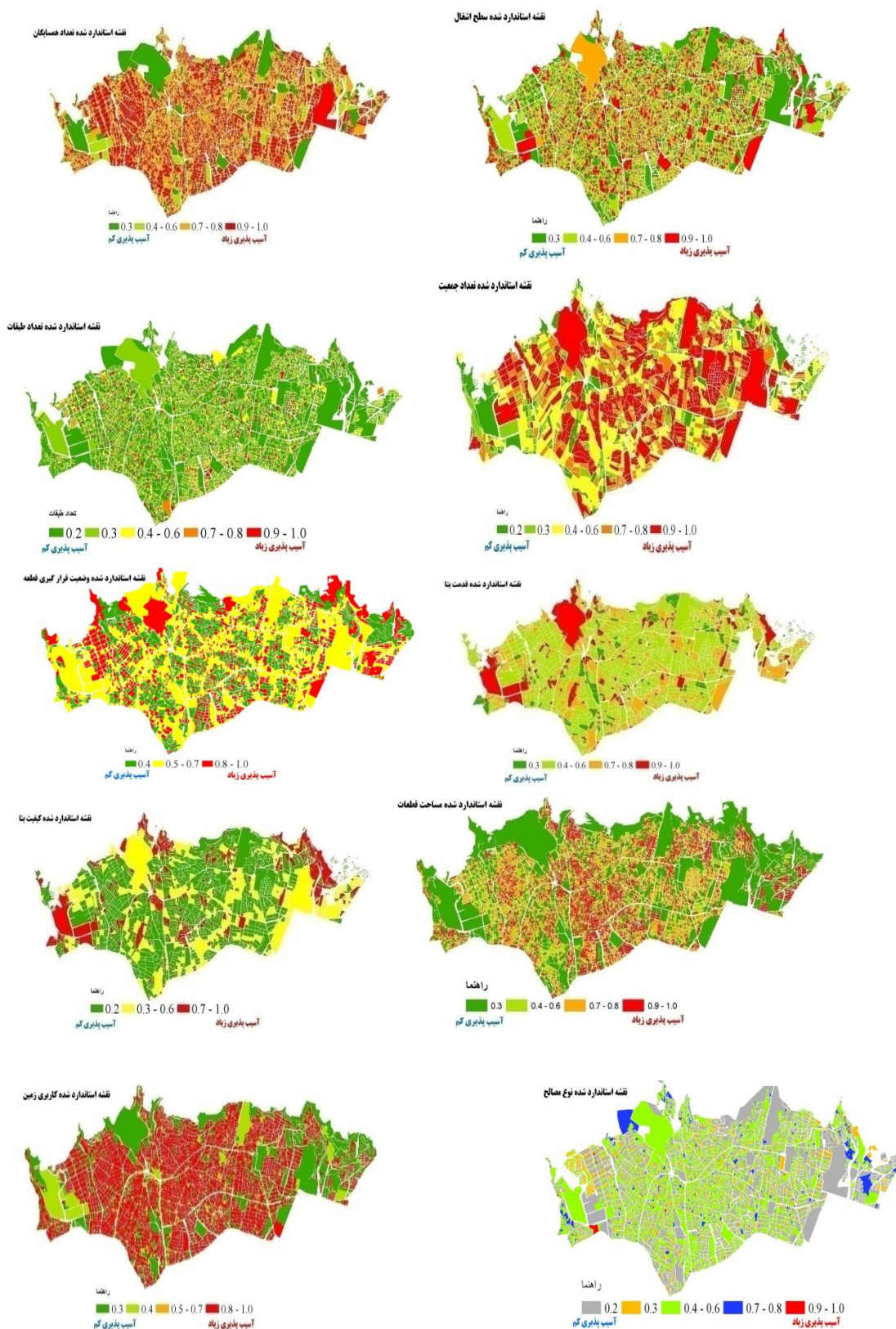
$$X_i = \frac{(R_i - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} * \text{standardized_range} \quad (4)$$

که در آن X_i ارزش پیکسل بعد از استانداردسازی، R_i ارزش پیکسل قبل از استانداردسازی، R_{\min} مقدار کمینه در فاکتور، R_{\max} مقدار بیشینه در فاکتور، و Standardized-Range دامنه تغییرات استانداردسازی (در مقیاس بایت ۰-۲۵۵ یا ۰-۱) است.

در توابع خطی کاهنده یکنواخت، از روش تبدیل مقیاس خطی مطابق رابطه ۵ استفاده شده است:

$$X_i = \left[1 - \left(\frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \right) \right] * \text{standardized_range} \quad (5)$$

کلیه این مراحل با استفاده از دستور Con در نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است (احدنژاد، ۱۳۸۸). درمورد توابع گسسته مانند فاکتورهای کاربری زمین و داده‌های کیفی دیگر ابتدا ارزش‌های فازی مربوط به هر طبقه با استفاده از مقیاس معین تعیین شد. سپس، با تعریف فیلد استانداردسازی فازی در جدول مربوط به نقشه آن فاکتور اعداد استانداردسازی فازی برای این فیلد محاسبه شد. در زیر نقشه‌های (شکل ۴) استاندارد شده متغیرهای مربوطه نشان داده شده است.



شکل ۴. نقشه‌های استانداردسازی مقیاس و همگونی متغیرها در آسیب پذیری

تلفیق معیارها با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره

پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار (فاکتورها و محدودیت‌ها) و تعیین وزن‌های فاکتورها، مرحله بعد، اجرای فرایند ارزیابی چندمعیاره است تا نقشه‌های معیار در ارزیابی آسیب‌پذیری بافت کالبدی تهیه شود. یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین شیوه‌ها در تصمیم‌گیری چندمعیاره روش ترکیب خطی وزن‌داده‌شده (WLC) یا روش وزن‌دهی افزودنی ساده (SAW) است (حیدرزاده، ۱۳۸۰). به‌منظور اجرای فرایند ارزیابی با این روش (تحقیق حاضر)، مطابق رابطه ۷ ابتدا هر یک از فاکتورها (عوامل) در وزن متناظر خود ضرب می‌شود. سپس، با جمع نتایج حاصله، مناطق آسیب‌پذیر در منطقه مورد مطالعه تعیین می‌شود.

$$V = \sum W_i X_i \Pi_i \quad (6)$$

که در آن V آسیب‌پذیری، W_i وزن فاکتور، X_i ارزش فازی فاکتور، و Π_i نمایه حاصل ضرب است. با توجه به اینکه روش‌های وزن‌دهی ساده از جمله روش ترکیب خطی وزن‌داده‌شده متداول‌ترین نوع قانون تصمیم در تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر GIS است، در تحقیق حاضر نیز از روش ترکیب خطی وزن‌داده‌شده استفاده شد. در تحقیق حاضر روش WLC با اجرای فوق، در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام پذیرفته است. به‌منظور نمود بیشتر نقشه رستری تولیدشده، این نقشه براساس میزان مطلوبیت پیکسل‌ها با استفاده از دستور Con در نرم‌افزار ArcGIS به سه طبقه تقسیم (Reclass) شده است (احدنژاد، ۱۳۸۸). نتایج وزن معیارها با استفاده از روش AHP محاسبه شد. هر کدام از وزن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه‌های مربوطه اعمال شده و بدین ترتیب نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک در برابر زلزله به کمک نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از رابطه ۷ اجرا شد:

$$\begin{aligned} \text{vulnerability Map} = & [\text{StandarRange نوع}] * w_i + [\text{StandarRange کیفیت بنا}] * w_i + [\text{StandarRange کاربری اراضی}] * w_i \\ & + [\text{StandarRange تراکم جمعیت}] * w_i + [\text{StandarRange قدمت بنا}] * w_i + [\text{StandarRange تعداد طبقات}] * w_i + [\text{StandarRange مصالح}] \\ & + [\text{StandarRange وضعیت، قطعه}] * w_i + [\text{StandarRange سطح، اشغال}] * w_i + [\text{StandarRange مساحت قطعه}] * w_i + [\text{StandarRange} \\ & + [\text{StandarRange مصالح نما}] * w_i + [\text{StandarRange تعداد همسایگی}] * w_i \end{aligned} \quad (7)$$

پس از تلفیق ترکیب خطی نقشه‌ها که به‌صورت خطی استاندارد و با مدل تحلیل سلسله‌مراتبی وزن‌دار شده بودند نقشه پهنه‌های آسیب‌پذیری (شکل ۵) به‌صورت پیکسلی در منطقه مورد مطالعه تهیه و در شکل ۵ نمایش داده شده است.

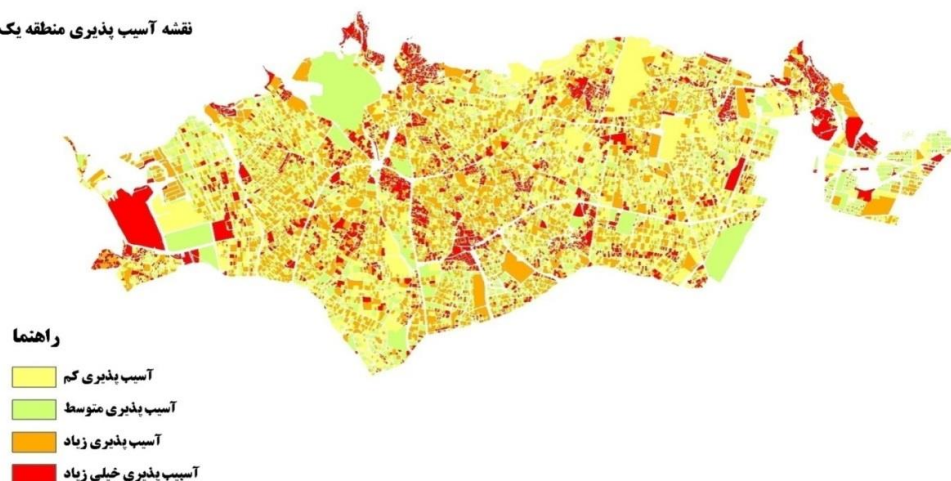


شکل ۵. نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه

بررسی میزان آسیب‌پذیری منطقه یک

از آنجا که معیارهای ارزیابی با مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری ارائه می‌شود، برای اینکه بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل کرد نیاز به استانداردسازی است؛ با توجه به نتایج خروجی مدل آسیب‌پذیری، براساس نقاط عطف، داده‌ها به چهار کلاس متفاوت آسیب‌پذیری تبدیل می‌شود. با توجه به داده‌ها و دامنه وسیعی از تابع به دلیل استفاده از مصالح کم‌دوام در ساخت و ساز و همچنین بالابودن عمر ساختمان‌های موجود در آن آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارند. برای تحلیل بهتر و دقیق‌تر نقشه فوق و همچنین مطالعه دقیق میزان آسیب‌پذیری منطقه یک به صورت استانداردسازی فازی کمی استخراج شد. نقشه زیر (شکل ۶) براساس آستانه‌های آسیب‌پذیری طبقه‌بندی شده است:

نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک



راهنما

- آسیب‌پذیری کم
- آسیب‌پذیری متوسط
- آسیب‌پذیری زیاد
- آسیب‌پذیری خیلی زیاد

شکل ۶. نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه براساس آستانه‌های آسیب

جدول ۳. میزان آسیب‌پذیری منطقه و نسبت آن

مجموع مساحت	بیشترین مساحت در معرض آسیب	کمترین مساحت در معرض آسیب	درصد منطقه	تعداد ساختمان	دامنه آسیب‌پذیری	میزان آسیب‌پذیری
۵۸۸۴۳۴۹	۳۷۸۱۱۵	۰.۶۴۰۳۸۱	۲۵,۱	۳۵۱۶	۰,۰-۰,۳	آسیب‌پذیری کم
۷۰۲۷۲۴۵	۷۳۳۹۲۶	۰.۶۴۰۳۸۱	۳۰,۲	۵۲۶۲	۰,۳-۰,۶	آسیب‌پذیری متوسط
۷۰۲۷۲۸۲	۹۸۴۱۱	۰.۶۴۰۳۸۱	۳,۶	۵۱۰۵	۰,۶-۰,۸	آسیب‌پذیری زیاد
۳۴۶۲۶۶۲	۴۰۱۰۰۹	۰.۶۴۰۳۸۱	۰,۱۹	۲۶۰۵	۰,۸-۰,۱	آسیب‌پذیری خیلی زیاد

بررسی جدول ۳ نشان می‌دهد فقط حدود ۲۵,۱ درصد از ساختمان‌ها و مسکن شهری با در نظر گرفتن عوامل مختلف در بافت کالبدی شهر تهران در منطقه یک و عوامل متأثر از فاکتورها و پارامترهای مختلف شناسایی شده در مدل‌سازی بافت کالبدی با استفاده از روش AHP آسیب‌پذیری خیلی کمتری دارند که در این بین بافت‌های نوساز و قطعات بزرگ شهری، که بیشتر در شمال شرقی منطقه و جنوب غربی منطقه هستند، آسیب کمتری دارند و از وضعیت نسبتاً مطلوبی برخوردارند. همچنین، نتایج حاصله نشان می‌دهد در حدود ۳۰,۲ درصد از ساختمان‌ها آسیب‌پذیری متوسط دارند که در این بین در همه منطقه پراکنده‌اند و بیشتر مناطقی هستند که در چند دهه اخیر ساخته شده‌اند. طبق نتایج حاصله، همچنین در حدود ۳,۸ درصد از ساختمان‌ها آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا دارند که بیشتر شامل بافت فرسوده و خیلی فرسوده در منطقه یک است.

نتیجه‌گیری

به بررسی نتایج آسیب‌پذیری منطقه یک در سناریوهای زلزله‌های مختلف، میزان آسیب‌پذیری در راستای ارزیابی بافت کالبدی شهری در سناریوهای مختلف، و میزان شدت و بزرگای زلزله در واحدهای ۶ و ۷ و ۸ پرداخته شد. برای درجه‌بندی میزان آسیب منطقه مورد مطالعه در درجات مختلف، باید شدت‌های مختلف زلزله ارزیابی شود تا بتوان نتایج آسیب‌پذیری را به‌طور دقیق در بحران منطقه ارزیابی کرد. برای این منظور، از طریق رابطه ۸ درجات آسیب ساختمان‌ها در برابر شدت‌های مختلف زلزله سناریوسازی می‌شود (Milutionvic, 2003).

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25 \bar{V}i - 13.1}{2.3} \right) \right] \quad (8)$$

که در آن:

μ_D نشانگر متوسط درجه آسیب

I نشانگر شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح شده

$\bar{V}i$ مقدار آسیب‌پذیری

با توجه به نقشه آسیب‌پذیری منطقه و شدت‌های مختلف زلزله، میزان آسیب‌پذیری بافت کالبدی منطقه یک در شش طبقه دسته‌بندی (جدول ۴) می‌شود:

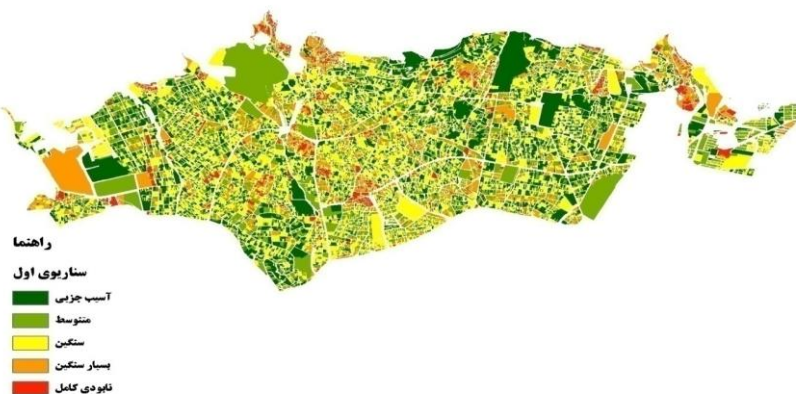
جدول ۴. طبقات و استاندارد مدل متوسط آسیب‌پذیری (احدث‌زاد، ۱۳۸۸)

میزان آسیب وارده به ساختمان %	شرح	محدوده (دامنه)	درجه آسیب
۰	بدون آسیب	۰	D0
۰	آسیب جزئی و قابل اغماض	۰.۰-۰.۲	D1
۲	آسیب متوسط	۰.۲-۰.۴	D2
۱۰	آسیب قابل توجه تا سنگین	۰.۴-۰.۶	D3
۵۰	آسیب بسیار سنگین	۰.۶-۰.۸	D4
۱۰۰	ناپودی کامل	۰.۸-۱	D5

مأخذ: Coburn Andrew, Spence, Robin (2002)

الف) سناریوی اول با شدت و بزرگای ۶ و نتایج آن در بافت کالبدی منطقه یک با توجه به نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک و سناریوی شدت بزرگای زلزله ۶ مرکالی نتایج طبق شکل ۷ در منطقه مورد مطالعه قابل تفسیر است. با توجه به اینکه احتمال اینکه ساختمان یا محدوده‌ای در ارزش صفر قرار بگیرد کم است، نتایج (جدول ۵) سناریوی اول به شکل زیر است:

نتایج حاصل از سناریوی اول با بزرگای زلزله ۶ مرکالی



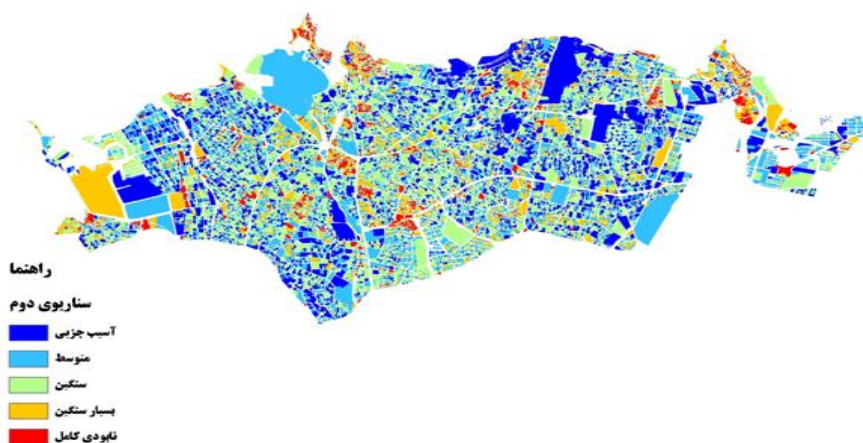
شکل ۷. نتایج سناریوی تلفیق آسیب‌پذیری شهری با شدت یا بزرگای و شدت زلزله ۶

جدول ۵. نتایج آسیب‌پذیری سناریوی اول با بزرگای و شدت زلزله ۶

درجه آسیب	دامنه	طبقات	میزان آسیب وارده به درصد	تعداد	مساحت متر مربع	درصد
V1	۰	بدون آسیب	۰	۰	۰	۰
V2	۰-۰,۲	آسیب جزئی	۰	۳۵۲۴	۵۹۰۴۵۴۸	۲۵,۲۱
V3	۰,۲-۰,۴	آسیب متوسط	۲	۵۲۳۵	۶۸۹۷۰۳۲	۲۹,۴۴
V4	۰,۴-۰,۶	آسیب سنگین	۱۰	۵۰۴۲	۶۸۲۴۲۹۷	۲۹,۱۳
V5	۰,۶-۰,۸	خیلی سنگین	۵۰	۲۸۲۰	۲۸۲۸۹۶۵	۱۲,۰۷
V6	۰,۸-۱	نابودی کامل	۱۰۰	۱۳۲۷	۹۶۶۰۳۶	۴,۱۲

ب) سناریوی دوم با شدت و بزرگای ۷ و نتایج آن در بافت کالبدی منطقه یک با توجه به نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک و سناریوی شدت بزرگای زلزله ۷ مرکالی، نتایج طبق شکل ۸ در منطقه مورد مطالعه قابل تفسیر است. با توجه به اینکه احتمال اینکه ساختمان یا محدوده‌ای در ارزش صفر قرار بگیرد کم است، نتایج (جدول ۶) سناریوی دوم به شکل زیر است:

نتایج حاصل از سناریوی دوم با بزرگای زلزله ۷ مرکالی



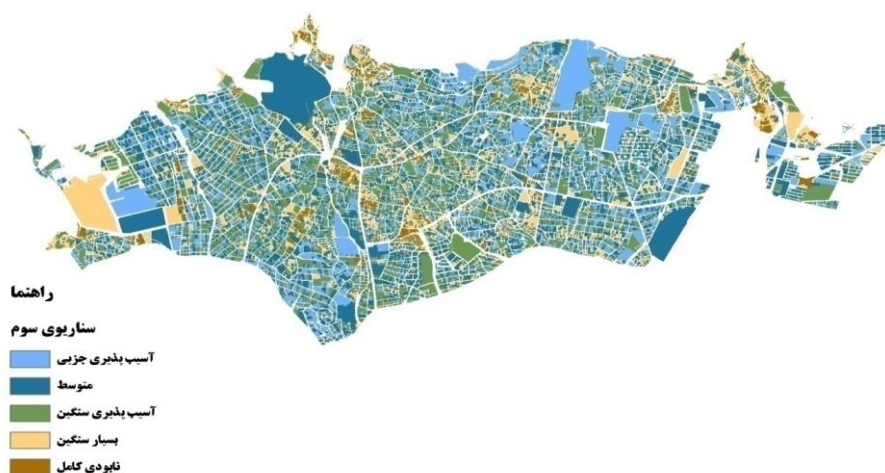
شکل ۸. نتایج سناریوی تلفیق آسیب‌پذیری شهری با شدت یا بزرگای زلزله ۷

جدول ۶. نتایج آسیب‌پذیری سناریوی اول با بزرگای و شدت زلزله ۷

درجه آسیب	دامنه	طبقات	میزان آسیب وارده به درصد	تعداد	مساحت متر مربع	درصد
V1	۰	بدون آسیب	۰	۰	۰	۰
V2	۰-۰,۲	آسیب جزئی	۰	۳۴۵۰	۵۸۱۰۴۴۰	۲۴,۷۹
V3	۰,۲-۰,۴	آسیب متوسط	۲	۵۲۸۴	۷۰۴۶۸۲۸	۳۰
V4	۰,۴-۰,۶	آسیب سنگین	۱۰	۵۰۱۲	۶۷۹۷۰۷۷	۲۹
V5	۰,۶-۰,۸	خیلی سنگین	۵۰	۲۸۲۲	۲۸۲۳۰۳۸	۱۲
V6	۰,۸-۱	نابودی کامل	۱۰۰	۱۳۲۷	۹۵۵۶۲۰	۴

پ) سناریوی سوم با شدت و بزرگای ۸ و نتایج آن در بافت کالبدی منطقه یک با توجه به نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک و سناریوی شدت بزرگای زلزله ۸ نتایج طبق شکل ۹ در منطقه مورد مطالعه قابل تفسیر است. با توجه به اینکه احتمال اینکه ساختمان یا محدوده‌ای در ارزش صفر قرار بگیرد کم است، نتایج (جدول ۷) سناریوی اول به شکل زیر است:

نتایج حاصل از سناریوی سوم با بزرگای زلزله ۸ مرکالی



شکل ۹. نتایج سناریوی تلفیق آسیب پذیری شهری با شدت یا بزرگای زلزله ۸

جدول ۷. نتایج آسیب پذیری سناریوی اول با بزرگای و شدت زلزله ۸

درصد	مساحت متر مربع	تعداد	میزان آسیب وارده به درصد	طبقات	دامنه	درجه آسیب
۰	۰	۰	۰	بدون آسیب	۰	V1
۲۴,۴	۵۷۲۲۹۸۵	۳۳۹۱	۰	آسیب جزئی	۰-۰,۲	V2
۳۰	۷۰۴۵۶۲۳	۵۲۸۶	۲	آسیب متوسط	۰,۲-۰,۴	V3
۲۹	۶۸۰۶۲۹۱	۵۰۴۳	۱۰	آسیب سنگین	۰,۴-۰,۶	V4
۱۲,۲	۲۸۶۳۷۹۵	۲۸۹۷	۵۰	خیلی سنگین	۰,۶-۰,۸	V5
۴,۱	۹۸۲۲۲۴	۱۳۳۶	۱۰۰	نابودی کامل	۰,۸-۱	V6

نتایج به دست آمده از تحلیل درجات آسیب با در نظر گرفتن سه سناریوی مختلف زلزله در شدت‌های ۶، ۷، و ۸ نشان می‌دهد که میزان آسیب وارده به ساختمان‌ها در منطقه یک تقریباً در هر سه سناریو به خاطر نزدیکی اعداد شدت زلزله نزدیک و بسیار ناچیز است. در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد تخریب صددرصدی و نابودی کامل در کل منطقه حدود چهار درصد است که ناشی از بافت فرسوده در منطقه است. میزان آسیب پذیری ۵۰ درصدی حدود ۱۲ درصد از کل منطقه را شامل می‌شود که اغلب در اطراف میادین قدیمی و اطراف نقاط تاریخی و نزدیک به مناطق متراکم شهری است. آسیب پذیری سنگین و متوسط که بیشترین حد آسیب پذیری را در منطقه شامل می‌شود تقریباً ناشی از ساخت و سازهایی با قدمت بیشتر از ۱۵ تا ۲۰ سال منطقه یک است و به صورت پراکنده در کل منطقه توزیع شده است.

منابع

۱. احدنژاد، محسن، ۱۳۸۸، *مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعه موردی شهر زنجان*، پژوهش دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران.
۲. ارجمندی، ابراهیم، ۱۳۸۹، *طرح جامع مدیریت بازسازی پس از زلزله احتمالی تهران (مورد مطالعاتی زلزله احتمالی منطقه ۱۳)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۳. اصغرپور، محمدجواد، ۱۳۸۷، *تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۴. بانک اطلاعاتی شهرداری منطقه یک به تفکیک نواحی دهگانه، ۱۳۸۸، ستاد مدیریت بحران منطقه یک.
۵. بسطامی‌نیا، امیر، ۱۳۹۵، *تبیین تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی شهرهای زلزله‌زده، مطالعه موردی: شهرهای بیم و رودبار*، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه یزد، یزد.
۶. بسطامی‌نیا، امیر؛ رضایی، محمدرضا و سرائی، محمدحسین، ۱۳۹۵، *تبیین و تحلیل مفهوم تاب‌آوری و شاخص‌ها و چارچوب‌های آن در سوانح طبیعی، فصل‌نامه علمی - ترویجی دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ج ۶، ش ۱، صص ۳۲-۴۶.
۷. بیرویدیان، نادر، ۱۳۸۵، *مدیریت بحران: اصول ایمنی در حوادث غیرمنتظره*، مشهد: جهاد دانشگاهی.
۸. جایکا، ۱۳۷۵، *گزارش نهایی پروژه پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ*، مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن.
۹. حاتمی‌نژاد، حسین؛ فتحی، حمید و عشق‌آبادی، فرشید، ۱۳۸۸، *ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر، نمونه موردی: منطقه ۱۰ شهر تهران*، نشریه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ش ۶۸، صص ۱-۲۰.
۱۰. حبیبی، شیبه؛ ترابی، کیومرث و اسماعیل‌کمال، ۱۳۸۸، *نقش برنامه‌ریزی کالبدی در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر خطرات زلزله، آرمان‌شهر*، ش ۳.
۱۱. حسینی، مازیار و همکاران، ۱۳۸۷، *مدیریت بحران*، تهران: نشر شهر.
۱۲. داداش‌پور، هاشم و عادل، زینب، ۱۳۸۵، *سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه شهری قزوین، مدیریت بحران*، دوره ۴، ش ۲، صص ۷۳-۸۴.
۱۳. رازقی، فاتیما، ۱۳۹۴، *ویژگی‌های سکونتگاه‌های شهری تاب‌آور در برابر زلزله (نمونه‌های موردی: محله هرزویل منجیل، محله چارکوچه بیم)*، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۱۴. رضایی، محمدرضا، ۱۳۸۹، *تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به‌منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی زلزله، مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران*، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۵. رضایی، محمدرضا، ۱۳۹۲، *ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی، مدیریت بحران*، دوره ۲، ش ۱، صص ۲۷-۳۸.
۱۶. رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سیدمصطفی، ۱۳۹۴، *سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران)*، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۷، ش ۴، صص ۶۰۹-۶۲۳.
۱۷. رضایی، محمدرضا؛ قائدرحمتی، صفر و حسینی، سیدمصطفی، ۲۰۱۴، *مکان‌یابی مراکز امدادسانی در شهر یزد با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای و GIS FUZZY*، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۶، ش ۱، صص ۸۵-۱۰۱.
۱۸. رفیعیان، مجتبی؛ نقشی‌زادیان، ساناز و مطوف، شریف، ۱۳۹۰، *سنجش مؤلفه‌های اجتماعات تاب‌آور در فرایند مدیریت بحران شهری مورد منطقه ۱۷ شهرداری تهران*، صص ۱۱۱-۱۲۴.

۱۹. رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزکار، اکبر و شایان، سیاوش، ۲۰۱۲، تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع‌محور (CBDM)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۵، ش ۴، صص ۱۹-۴۱.
۲۰. رمضان‌زاده لسبویی، مهدی و بدری، سیدعلی، ۱۳۹۳، تبیین ساختارهای اجتماعی-اقتصادی تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب مطالعه موردی: حوضه‌های گردشگری چشمه کيله تنکابن و سردآبرود کلاردشت، جغرافیا، دوره ۱۲، ش ۴۰، صص ۱۰۹.
۲۱. رمضان‌زاده لسبویی، مهدی، ۱۳۹۵، مبانی و مفاهیم تاب‌آوری شهری. تهران: معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی امور زیرساخت و طرح جامع مدیریت مطالعات و برنامه‌ریزی امور فنی و عمرانی، استانداردسازی و امور بحران.
۲۲. زرگر، اکبر؛ اهری، زهرا و رازقی، فاتیما، ۱۳۹۴، تدوین چارچوبی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری یک محله شهری در برابر زلزله نمونه موردی: محله هرزه‌ویل، منجیل، گیلان، صفه، ش ۲، صص ۸۹-۱۱۸.
۲۳. زمانی، بهادر و شمس، سارا، ۱۳۹۳، ضرورت اتخاذ رویکرد محله-مبنا در احیای بافت‌های تاریخی شهرها، هویت شهر، ش ۴۵-۴۶، صص ۷۲-۹۳.
۲۴. زمانی، بهادر و هنرور، محسن، ۱۳۹۵، ارزیابی عوامل مؤثر بر دل‌بستگی مکانی در محلات شهری با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای، مطالعات جامعه‌شناختی شهری، ش ۲۰، صص ۱۳۱-۱۵۶.
۲۵. زنگی‌آبادی، علی و همکاران، ۲۰۱۶، تحلیل جغرافیایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهری در بحران‌های محیطی با استفاده از GIS (مطالعه موردی منطقه ۶ شهر اصفهان)، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۰، ش ۵۶، صص ۱۴۹-۱۶۹.
۲۶. زنگی‌آبادی، علی؛ درخشان، حسین و وارثی، حمیدرضا، ۱۳۸۹، تحلیل و ارزیابی عوامل آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله- نمونه موردی: منطقه ۴ تهران، امداد و نجات، دوره ۲، ش ۳.
۲۷. زینان، بهاره و فلاحی، علیرضا، ۲۰۱۷، برنامه‌ریزی سکونتگاه موقت پس از وقوع زلزله احتمالی در سه مقیاس شهر، منطقه و محله، مورد مطالعاتی: شهر تهران، منطقه ۱۰، محله بریانک- هفت چنار، دانش‌پیش‌گیری و مدیریت بحران، دوره ۷، ش ۳، صص ۲۵۰-۲۷۲.
۲۸. ستاد مدیریت بحران منطقه یک، ستاد مدیریت بحران منطقه یک، ۱۳۹۷.
۲۹. ستادهای مدیریت بحران مناطق شهرداری تهران، سازمان پیش‌گیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۷.
۳۰. علوی، سیدمحسن، ۱۳۹۷، مدل‌سازی تاب‌آوری خطوط سیستم آب‌رسانی شهری با رویکرد کاهش خسارات فیزیکی ناشی از زلزله (مطالعه موردی: منطقه دو شهر تهران)، پژوهش دکتری دانشگاه اصفهان.
۳۱. قدسی‌پور، سیدحسین، ۱۳۸۷، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، چ ۵، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۳۲. کوره‌پزان دزفولی، امین، ۱۳۸۷، اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
۳۳. گزارش ستادهای مدیریت بحران نواحی شهر تهران، سازمان پیش‌گیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۷.
۳۴. گزارش شناسایی قنوت منطقه یک، دفتر بررسی مطالعات و نظارت شهرداری منطقه یک تهران، ۱۳۸۴.
۳۵. گزارش طرح تفصیلی منطقه یک شهرداری تهران، ویرایش اول، بافت شهر، ۱۳۹۳.
۳۶. گزارش مدیریت بحران منطقه یک شهر تهران، سازمان پیش‌گیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۰.
۳۷. گزارش مروری بر ساختار نظام مدیریت بحران شهر تهران و وظایف محوله به شهرداران مناطق ۲۲گانه تهران، سازمان پیش‌گیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۷.
۳۸. محمدپور، صابر؛ زالی، نادر و پوراحمد، احمد، ۱۳۹۵، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری در بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله (مطالعه موردی: محله سیروی تهران)، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره ۱، ش ۴۸.

۳۹. مرکز آمار ایران، سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، شهر تهران. www.amar.org.ir.
۴۰. مشکینی، ابوالفضل؛ قادر رحمتی، صفر و شعبان‌زاده رضا، ۱۳۹۳، تحلیل آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله (منطقه مورد مطالعه: منطقه دو شهرداری تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۶، ش ۴.
۴۱. مهندسین مشاور بافت شهر، ۱۳۸۴، تهیه الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه یک.
۴۲. مهندسین مشاور معماری و شهرسازی بافت شهر، ۱۳۸۵، گزارش طرح تفصیلی منطقه ۱ شهرداری تهران.
۴۳. اسمیت، کیت (۱۳۸۲)، مخاطرات طبیعی، ترجمه مقیمی، ابراهیم و شاپور گودرزی نژاد، انتشارات سمت.
۴۴. قدیری، محمد علی، (۱۳۸۱)، کاربرد روش‌های برنامه ریزی شهری در کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله، مطالعه موردی منطقه ۱۷ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۴۵. فشارکی، سیدجواد و محمودزاده، امیر (۱۳۹۱) فرهنگ توصیفی دفاع غیرعامل، انتشارات علم آفرین، اصفهان.
۴۶. زنگی آبادی، علی و دیگران، (۱۳۸۷)، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان) مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲.
۴۷. احدنژاد، محسن، قرخلو، مهدی و زیاری، کرامت‌اله، احدنژاد، محسن، (۱۳۸۹): مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهر زنجان)، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹.
۴۸. برگی، خسرو (۱۳۸۴)، اصول مهندسی زلزله، انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی، چاپ دوم.
۴۹. صفوی، عباس‌زاده (۱۳۸۴)، تأثیرات برنامه ریزی شهری و مدیریت بحران در کاهش خسارت‌های زلزله،
۵۰. اکبری، لاکه (۱۳۹۶)، برنامه ریزی آسیب‌پذیری شهرها با تأکید بر شهرهای شمال، دانشگاه چالوس
۵۱. حیدری‌زاده، مهدی (۱۳۸۵)، آسیب‌پذیری اقتصادی و شریان‌های حیاتی در زلزله تهران، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران.

۵۲. www.sci.org.ir/

۵۳. <http://tdmmo.tehran.ir/>

۵۴. <http://region1.tehran.ir/>

۵۵. <http://region2.tehran.ir/>

۵۶. <http://region3.tehran.ir/>

۵۷. <http://region4.tehran.ir/>

58. Chen, R.; Sharman, R.; Rao, H. R. and Upadhyaya, S. J., 2008, Coordination in emergency response management. *Commun. ACM*, Vol. 51, No. 5, PP. 66-73.
59. Chen, TY. and Tsao, CY., 2008, The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, No. 159, PP. 1410-1428.
60. Cutter, S. L.; Boruff, B. J. and Shirley, W. L., 2003, Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, Vol. 82, No. 2, PP. 242-260.
61. Ebert, A.; Kerle, N. and Stein, A., 2009, Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air- and spaceborne imagery and GIS data, *Nat Hazards*, No. 48, PP. 275-294.

62. Giovinazzi, S.; Lagomarsino, S. and Pampanin, S., 2006, Vulnerability Methods and Damage Scenario for Seismic Risk Analysis as Support to Retrofit Strategies: a European Perspective, *NZSEE Conference*.
63. Lantada, N.; Pujades, L. and Barbat, A., 2009, Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, *Nat Hazards*, No. 51: PP. 501-524.
64. Lewis, 1981, *Mitigation preparedness measures, in Disaster and the small Dwelling*, ed. Lan Davis, Pergamon press, oxford, Michigan University.
65. Rashed, K. and Weeks, J., 2003, Assessing Vulnerability To Earthquake Hazards Through Spatial, *International Journal Of Geographic Information Science Multicriteria Analysis of Urban Areas*, Vol. 17, No. 6, PP. 547-576.
66. Rattien, S., 1990, The Role of Media in Hazard Mitigation & Disaster Management, *Disaster Press*, Vol. 1.
67. Tang, A. and Wen, A., 2009, An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, *Computers & Geosciences*, No. 35, PP. 871-879.
68. Tavakoli, B. and Tavakoli, S., 1993, Estimating the Vulnerability and Loss functions of Residential Buildings, *Journal of the International Society for the Presentational Mitigation of Natural Hazard*, Vol. 7, No. 2.
69. UNDP, 2004, *Reducing Disaster Risk, A Challenge for Development*.
70. Charvit, Manuel, (2004) *The Urban Question*. edvard Arnold. University of Illinois.
71. Vinser, sean and et al (2010), a table of three cities: crime and displacement after hurricane Katrina, *journal of criminal justice*, no 38. Boston.
72. Mc Intery, D (1987): planning for uncertainty, *Business Horizons Journal*.
73. Smith , Keith (1996) *Environment Hazard, Accessing Risk and Reducing disaster* , 2ed . Routledge, New York and London.
74. Shova, Thomas (1996), *The origins of the urban crisis*, Princetion, University Press, Princetion.
75. Ford, Amasa and rush forth, norman (2002), urban violence in united state: implications for health and for Britain in the future, *journal of the royal social of medicine*, vol. 76, ohio.