

## ارزیابی میزان آسیب پذیری ناشی از عامل دسترسی در هنگام وقوع زلزله (مطالعه موردی: محدوده مرکزی شهرداری منطقه ۶ تهران)

### چکیده

تهران به عنوان بزرگترین شهر کشور به دلیل وجود گسل‌های فعال در اطراف آن و تمرکز شدید جمعیتی و ساختمانی در معرض آسیب پذیری بالایی از زلزله احتمالی می‌باشد. یکی از مهمترین عناصر مؤثر در آسیب پذیری چه به صورت کنشی و چه به صورت واکنشی قلمرو شبکه دسترسی می‌باشد. لذا دسترسی مناسب به معبر و مراکز ماندگاری مانند فضاهای باز، مراکز امداد و نجات و ایستگاه‌های آتش نشانی نقش مؤثری در کاهش تلفات و آسیب پذیری در هنگام وقوع زلزله احتمالی و پس از آن دارد. بنابراین چنانچه بتوان طبق اصول متعارف شهرسازی شبکه دسترسی را به طور مطلوب سامان داد، از میزان آسیب پذیری احتمالی تا حد زیادی کاسته می‌شود. برای رسیدن به این خواسته، انجام عملیات ارزیابی محیطی عامل پایه می‌باشد. در این راستا می‌توان از شیوه‌ها و تکنیک‌های مختلفی استفاده کرد. این پژوهش با تکیه بر مطالعات موردی محدوده مورد بررسی (واقع در مرکز منطقه ۶ شهرداری تهران) و مدل مفهومی ارائه شده که ترکیبی از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تابع آستانه خطی، ابزار تحلیل شبکه‌ای و تابع احتمال می‌باشد، به تجزیه تحلیل عوامل مرتبط با دسترسی در آسیب پذیری زلزله احتمالی می‌پردازد. به کارگیری این مدل در نمونه موردی یاد شده، میزان آسیب پذیری ناشی از برآیند معیارهای به کارگرفته شده در تحلیل را در قالب نقشه، جدول و نمودار بیان می‌کند. انتظار می‌رود خروجی مدل بتواند راهنمایی مفید و علمی برای برنامه ریزان شهری و مدیریت شهری در راستای کاهش تلفات و آسیب‌های زلزله احتمالی فراهم آورد.

**واژه‌های کلیدی:** زلزله، آسیب پذیری، دسترسی، تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل شبکه‌ای.

## ۱. مقدمه

### ۱-۱- بیان مسأله

زلزله یکی از بلاهای طبیعی می‌باشد که به طور خاص برای شهرهای کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته دارای آسیب پذیری بیشتری می‌باشد. آمارها نشان می‌دهد که ۹۵ درصد از کل قربانیان بلاهای طبیعی در جهان از کشورهای در حال توسعه می‌باشند و تلفات زلزله در این کشورها ۲۰ برابر بیشتر از کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Kreimer et al, 2003:2). در این میان گستره پهنای جغرافیایی کشور ایران نیز از جمله مناطق حادثه خیز است. در گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد که در سال ۲۰۰۲ میلادی منتشر شد، کشور ایران در میان سایر کشورهای جهان، رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت ۵.۵ ریشتر به بالا در سال و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده بر اثر این سانحه به خود اختصاص داده است. همچنین بر طبق این گزارش، در ایران، زلزله وجه غالب را در سوانح مختلف طبیعی تشکیل می‌دهد (UNDP, 2004:35). علاوه بر این، با اینکه جمعیت ایران حدود ۱۰ درصد جمعیت دنیا می‌باشد ولی تلفات ناشی از زلزله در آن، ۶ درصد تلفات دنیا است (ابلقی، ۱۳۸۴: ۲). از طرف دیگر از دوره بازگشت زلزله در شهرهای بزرگ کشور مدت زیادی می‌گذرد و هنوز فعالیت لرزه خیزی مهمی در آنها رخ نداده است و این نشان دهنده این واقعیت است که باید منتظر وقوع زمین لرزه‌های شدیدی در این شهرها بود (حسین زاده، ۱۳۸۳: ۶۹). تهران به عنوان پایتخت و مرکز تجمع سرمایه‌های مادی و معنوی کشور بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای کشور، در پهنه خطر بسیار زیاد و در زمره این شهرها قرار دارد و در معرض خطر شدید زلزله می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن<sup>۱</sup> و مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران، در صورت وقوع زلزله در تهران حدود ۵۹۰ هزار ساختمان به شدت آسیب دیده و حدود ۴۰۰ هزار نفر جان خود را از دست خواهند داد. البته این آمار مربوط به سال ۱۳۸۰ و بر پایه آمارهای سرشماری سال ۱۳۷۵ مرکز آمار ایران می‌باشد

و مسلم است که تلفات و خسارت‌های زلزله احتمالی با وضعیت فعلی تهران بیشتر خواهد بود. تهران به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردها و ضوابط ساختمانی در گذشته، جمعیت زیاد و متراکم، عدم رعایت سرانه‌ها و ... با مشکلات زیادی در زمینه زلزله مواجه است (زنگی آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۱۶). به همین دلیل برنامه ریزی کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله احتمالی یکی از مهمترین اولویت‌های مدیریت شهری تهران به شمار می‌آید و اولین گام در این راستا، ارزیابی و درک صحیح از وضعیت آسیب پذیری می‌باشد. داشتن دسترسی مناسب معبر و مراکزی همچون فضاهای باز، مراکز امداد و نجات و آتش نشانی در هنگام وقوع زلزله و پس از آن، نقش مهمی در کاهش تعداد تلفات و میزان خسارت‌های احتمالی دارد. از این رو این مقاله به بررسی میزان آسیب پذیری ناشی از عامل دسترسی در محدوده مورد مطالعه (واقع در مرکز منطقه ۶ شهرداری تهران) می‌پردازد.

### ۱-۲- ضرورت و اهمیت تحقیق

زلزله به عنوان پدیده‌ای طبیعی، زمانی مخاطره آمیز و بحران آفرین است که جامعه نسبت به آن آسیب پذیر بوده و آمادگی لازم برای رویارویی با آن را نداشته باشد (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۰). تجربه زلزله‌های روی داده در کشور (برای نمونه زلزله پنجم دی ماه ۱۳۸۲ شهر بم) نشان داد که آمادگی لازم برای رویارویی با این پدیده طبیعی در کشور وجود ندارد و ادامه این روند می‌تواند خسارت‌های جبران ناپذیری بر پیکره جامعه وارد کند، به خصوص اگر زلزله احتمالی در یکی از شهرهای بزرگ و پرجمعیت کشور مانند تهران رخ دهد. از طرف دیگر اگر جلوگیری از وقوع زلزله امکان پذیر نیست، ولی کاهش آسیب‌های ناشی از آن امکان پذیر است و چیزی که بیش از همه اهمیت دارد، نجات جان انسان‌ها در برابر این رخداد طبیعی است. به طور خلاصه می‌توان گفت: آسیب‌پذیری بالای شهر تهران از زلزله احتمالی و ضرورت حفظ ایمنی و امنیت شهروندان به عنوان یکی از مهمترین اهداف برنامه‌ریزی شهری از ضروریت‌های انجام این تحقیق می‌باشد.

با توجه به مطالب بیان شده، این ضرورت به طور جدی احساس می‌شود که با ایجاد مدلی مناسب و به‌کارگیری داده‌های مورد نیاز و انجام تحلیل‌های مربوطه

گیوونینازی<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) در پژوهشی به بررسی مدل *RISK-UE* و سناریوهای مختلف آسیب پرداخته و سپس با استفاده از این مدل، آسیب پذیری منطقه لیگوریا در ایتالیا را ارزیابی و سناریوهای آسیب را بررسی نموده است.

لانتادا و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۹) در تحقیقی ضمن مدل سازی آسیب پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل *RISK-UE* با به کارگیری مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداخته‌اند.

تانگ و ون<sup>۷</sup> (۲۰۰۹) در تحقیقی، سیستم هوش مصنوعی برای ارزیابی خطر زلزله در شهر دیانگ در کشور چین را مبنای توسعه GIS و شبکه مصنوعی مورد استفاده قرار داده‌اند. این سیستم برای تشخیص ضعف لرزه‌ای ساختارها در شرایط پیش از زلزله، ارزیابی سریع خسارات زلزله و فراهم ساختن شرایط فوری هوشمند پاسخگویی عمومی و دولتی در طول زلزله و بعد از آن کاربرد دارد.

مطالعات انجام شده در چهارچوب طرح بسیج توان فنی کشور جهت مقابله با آثار زلزله با کمک برنامه عمران سازمان ملل متحد<sup>۸</sup> و مرکز اسکان بشر سازمان ملل متحد<sup>۹</sup> در بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، که این مطالعات بر اساس تجربه زلزله ویرانگر منجیل در سال ۱۳۶۹ و با همکاری ۳۰۰ تن از اساتید و متخصصین داخلی و ۳۰ نفر از متخصصین خارجی انجام شد.

مطالعات ریز پهنه بندی لرزه‌ای شهر تهران که توسط آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) و مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ در سال ۱۳۸۰ انجام شد. این طرح نشان می‌دهد که در صورت بروز زلزله در منطقه تهران بزرگ، ۵۵ درصد کل ساختمان‌های تهران با تلفات انسانی بالغ بر ۴۰۰ هزار نفر از بین خواهند رفت و ضرر و زیان مستقیم و غیرمستقیم ناشی از آن، معادل تولید ناخالص ملی کشور در یک سال خواهد بود.

حیبی و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی آسیب پذیری لرزه‌ای ناشی از عوامل سازه‌ای/ ساختمانی در بافت کهن شهری زنجان با استفاده از تکنیک سلسه مراتبی معکوس و منطق فازی در محیط GIS می‌پردازند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که بخش اعظمی از بافت کهن شهر زنجان در برابر زلزله ناپایدار بوده و لزوم نوسازی و بهسازی آن به شدت احساس می‌شود.

در سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۳</sup> (که تحلیل سلسله مراتبی یکی از آنها می‌باشد) نسبت به ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری اقدام نمود. از آنجایی که عامل دسترسی نقش ویژه و غیرقابل انکاری در هنگام وقوع زلزله و پس از آن دارد، تمرکز مقاله حاضر بر روی این عامل می‌باشد.

### ۱-۳- اهداف تحقیق

تحقیق حاضر در راستای نیل به اهداف زیر تدوین شده است:

- ۱) شناسایی وضعیت دسترسی به هر یک از مراکز حیاتی در هنگام وقوع زلزله (معبّر، فضاهای باز، مراکز امداد و نجات و ایستگاه‌های آتش نشانی).
- ۲) ارائه روش و مدلی مناسب و قابل فهم برای برنامه ریزان و مدیران شهری به منظور تولید نقشه آسیب پذیری.
- ۳) شناسایی وضعیت آسیب پذیری ناشی از زلزله با کمک مدل و معیارهای مورد استفاده در راستای برنامه ریزی صحیح و از پیش اندیشیده برای کاهش آسیب پذیری احتمالی.

### ۱-۴- مروری بر سوابق تحقیق

تا کنون تحلیل‌ها و ارزیابی‌های محدودی در ارتباط با آسیب پذیری شبکه دسترسی و دسترسی به مراکز حیاتی در برابر زلزله انجام گرفته است. آنچه که بیشتر بدان پرداخته شده است تحقیقاتی است که از دیدگاه مدل‌های به کاررفته در ارزیابی، مورد بررسی می‌باشند که در اینجا به اختصار به مهمترین آنها اشاره می‌گردد.

راشد<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) از GIS در مدل سازی میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله کمک می‌گیرد. او رویکردی فازی نسبت به جهان پیرامون دارد و با این نگاه مدلی را بر اساس تحلیل سلسله مراتبی برای پیش بینی میزان خطر تولید می‌کند. عواملی که وی در مدل خود به عنوان معیار به کار می‌برد شامل: حداقل عملکرد پل‌ها، سرویس‌های فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، خطوط انتقال نیرو، بزرگراه‌ها، حداکثر هزینه بازسازی ساختمان‌ها، نیاز به سرپناه، حجم آوار و درصد مناطق از بین رفته بر اثر آتش سوزی می‌باشد.

عزیزی و اکبری (۱۳۸۷)، به بررسی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در محدوده فرحزاد تهران می‌پردازند. در این تحقیق عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری در ۲ دسته کلی زمین ساخت و انسان ساخت تقسیم طبقه بندی می‌گردند. در ادامه با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی میزان آسیب‌پذیری ناشی از برآیند عوامل در محدوده مورد مطالعه به دست می‌آید.

احد نژاد و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی وضعیت آسیب‌پذیری لرزه‌ای مناطق مختلف شهر زنجان می‌پردازند. در این پژوهش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن نهایی هر یک از عوامل‌ها در آسیب‌پذیری لرزه‌ای به دست می‌آید. پس از آن با استفاده از تابع آستانه خطی، عامل‌های مورد بررسی به یک مقیاس مشترک تبدیل گردیده‌اند. در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف و با استفاده از مدل‌های موجود در زمینه خسارات، به ارزیابی خسارات انسانی، اقتصادی و انسانی شهر زنجان پرداخته است.

فرح زاده اصل و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در منطقه ۹ شهرداری تهران می‌پردازند. روش تحقیق و تجزیه تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روش‌های مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و با بهره‌گیری از مدل تاپسیس فازی<sup>۱۰</sup> و نرم افزارهای مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد. نتایج حاصله حاکی از آسیب‌پذیر بودن منطقه ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله و کارایی مدل تاپسیس فازی در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه است.

با مشاهده تحقیقات انجام شده می‌توان گفت، که مدل‌های زیادی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله ارائه شده است. برخی از این مدل‌ها با بحث ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه راه‌ها و دسترسی قرابت تکنیکی دارند، بدین معنی که می‌توان از تکنیک به کار رفته در آنها برای ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل دسترسی استفاده نمود. این مطالعه سعی دارد با تکیه بر مطالعات انجام شده به ارائه مدلی برای ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از عامل دسترسی بپردازد.

#### ۱-۵- سؤالات تحقیق

سؤالی که ذهن محقق را به خود مشغول می‌کند و وی درصدد پاسخگویی به آنها می‌باشد، اساس انجام هر

تحقیقی است. تحقیق حاضر در راستای پاسخ به سؤال‌های زیر شکل گرفته است:

۱- آیا ترکیب مدل تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و تحلیل شبکه‌ای کارایی لازم جهت ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از عامل دسترسی در هنگام وقوع زلزله احتمالی را دارا می‌باشد؟

۲- چگونه می‌توان با توجه به معیارهای مورد استفاده، آسیب‌پذیری ناشی از عامل دسترسی را در محدوده مورد مطالعه بررسی نمود؟

#### ۱-۶- روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا برای شناخت معیارهای مرتبط با عامل دسترسی از مطالعات کتابخانه‌ای استفاده گردید. این معیارها شامل دسترسی به معبر، فضاهای باز، امداد و نجات و آتش نشانی می‌باشند. برای انجام این تحقیق محدوده مرکزی شهرداری منطقه ۶ تهران انتخاب و داده‌های مورد نیاز (مشخصات شبکه معابر، کاربری زمین‌های محدوده مورد مطالعه) از مرکز GIS شهرداری منطقه ۶ شهرداری تهران تهیه گردید. در ادامه مدل مفهومی ارزیابی عامل دسترسی ارائه شد. این مدل ترکیبی از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، تابع آستانه خطی، ابزار تحلیل شبکه‌ای و تابع احتمال می‌باشد. معیارهای یاد شده با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی و ضریب اهمیت هر یک در میزان آسیب‌پذیری مشخص گردید. با به‌کارگیری ابزار تحلیل شبکه‌ای در محیط GIS فاصله هر یک از پلاک‌های موجود در محدوده مورد مطالعه از مراکز مورد نظر بر اساس مسافت طی شده به دست آمد و با استفاده از منطق فازی و تابع آستانه خطی این فواصل بی‌مقیاس و در طیفی از صفر (کمترین فاصله) تا یک (بیشترین فاصله) طبقه بندی شد. در نهایت تابع احتمال آسیب‌پذیری تعریف و آسیب‌پذیری ناشی از برآیند معیارهای مرتبط با دسترسی مشخص گردید.

#### ۱-۷- معرفی متغیرها و شاخص‌ها

این مقاله به طور خاص به ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از عامل دسترسی می‌پردازد. عامل دسترسی را می‌توان در ۴ دسته به شرح زیر طبقه بندی نمود:

### ۱-۷-۱- دسترسی به معبر

با توجه به اینکه تمامی قطعه‌ها به معبر دسترسی دارند. عرض معبر روبرو در تحلیل دسترسی به معبر به کارگرفته می‌شود. عرض معبر روبرو از دو جهت حائز اهمیت می‌باشد. از یک سو هر چه عرض معبر بیشتر باشد، امکان عبور ترافیک بیشتری فراهم خواهد شد. از سوی دیگر با افزایش عرض معبر؛ نسبت ارتفاع جداره‌ها به عرض (درجه محصوریت) کمتر می‌گردد و احتمال بسته شده معبر بر اثر فروریختن ساختمان‌ها و آوار حاصل از آن کاهش می‌یابد. در نتیجه امکان گریز، نجات و امداد رسانی بهتری فراهم خواهد شد (شایان نژاد، ۱۳۹۰: ۳۳).

### ۲-۷-۱- دسترسی به فضاهای باز

الگوی فضاهای باز و چگونگی پراکنش و توزیع آنها در کل سطح بافت بخش‌های مسکونی عامل مهمی در افزایش کارایی بافت به هنگام وقوع زلزله می‌باشد (حبیب، ۱۳۷۱: ۲۱). به هنگام وقوع زلزله، فضاهای باز می‌توانند مردم را از خطر حفظ کرده و به عنوان فضای پناه‌گیری مورد استفاده قرار گیرند. پس از وقوع زلزله نیز محلی برای دایر کردن مراکز امدادی، درمانی و مداوای مجروحان، محلی برای جمع‌آوری کمک‌ها و اسکان موقت زلزله زدگان و یا فرود اضطراری بالگرد باشند (احمدی، ۱۳۷۶: ۶۷). همچنین نزدیکی فضاهای باز به مناطق مسکونی و محصوریت کم آنها سبب افزایش مقاومت شهر در برابر زلزله خواهد بود (پرتوی، ۱۳۷۴: ۱۵۳).

### ۳-۷-۱- دسترسی به مراکز امداد و نجات

دسترسی آسان و سریع به این مراکز موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد رسانی می‌شود. هرچه فاصله تا این مراکز بیشتر باشد، زمان بیشتری بین مبدأ و مراکز درمانی طی می‌گردد و درمان به مخاطره می‌افتد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۲). برای مثال یکی از دلایل بالا بودن تلفات در زلزله سال ۱۹۸۸ میلادی ارمنستان، نارسایی در زمینه امداد و نجات مجروحان بود که این امر خود ناشی از تخریب راه‌های ارتباطی و عدم امکان دسترسی مناسب مناطق آسیب به این مراکز بوده است (غفاری، ۱۳۶۹: ۲۲).

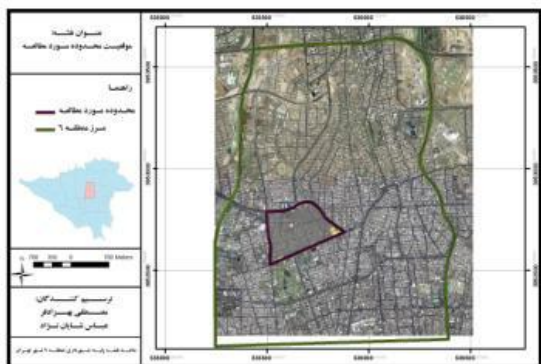
### ۴-۷-۱- دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی

دسترسی به مراکز آتش‌نشانی یک عامل بسیار مهم در امداد رسانی تلقی می‌شود و افزایش فاصله سکونتگاه از

مراکز آتش‌نشانی سرعت امداد را کاهش و دامنه خطر را افزایش می‌دهد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۲).

### ۱-۸- محدوده و قلمرو تحقیق

محدوده مورد مطالعه در مرکز منطقه ۶ قرار گرفته و وسعت آن حدود ۹۵ هکتار می‌باشد. این محدوده از شمال و شرق به بزرگراه شهیدای گمنام، از غرب به بلوار فاطمی و از جنوب به بلوار کارگر محدود می‌گردد. این محدوده از ۸۸ بلوک مسکونی تشکیل شده است که در مجموع حدود ۲۰۸۳۰ نفر را در خود جای داده‌اند (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵).



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در منطقه ۶ شهرداری تهران

## ۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

### ۱-۲- مفهوم آسیب‌پذیری

مفهوم آسیب‌پذیری از مطالعه روی بلایای طبیعی و فقر سرچشمه گرفته است (Janssen et al, 2006: 245) و ریشه در تعامل بین یک سیستم با محیط پیرامون آن دارد (McCarty et al, 2001: 36). این مفهوم در سال‌های اخیر به یک موضوع مهم در مباحث مطالعاتی و تحقیقاتی بسیاری از نهادها و طرح‌های علمی بین‌المللی تبدیل شده است (Moran et al, 2005: 56). طبق تعریف سازمان ملل متحد (۱۹۹۱ میلادی)، آسیب‌پذیری عبارت است از درجه زیان یک عنصر یا دسته‌ای از عناصر در معرض خطر، در نتیجه وقوع یک پدیده طبیعی با بزرگای معین و بر روی مقیاسی از صفر (بدون آسیب‌پذیری) تا یک (آسیب‌پذیری کامل) بیان می‌گردد (Houser & Engennig, 1993: 14).

قضاوت‌ها تجدید نظر شود (برای اطلاعات جامع ر.ک. قدسی پور، ۱۳۸۷ و زبردست، ۱۳۸۰: ۹۰-۷۹).

جدول شماره ۱: مبنای مقایسه‌های دودیی در تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسه	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص A نسبت به B اهمیت برابر دارند
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص A نسبت به B کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص A نسبت به B مهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص A دارای ارجحیت خیلی بیشتری از B است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص A از B مهمتر و قابل مقایسه با B نیست.
۸ و ۶ و ۴	حالت‌های بینابینی	ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد

(Saaty, 2001:45)

### ۲-۲-۲ منطق فازی

منطق فازی برای اولین بار توسط پروفیسور لطفی زاده استاد دانشگاه برکلی مطرح شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند صورت ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. در اینجا ذکر این نکته اهمیت دارد که تخمین پتانسیل آسیب‌پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیت‌ها احاطه شده، زیرا که معیارهای محاسبه میزان آسیب‌پذیری با دقت و صراحت برای محاسبه، رفتار نمی‌کنند. دلیل استفاده از منطق فازی این است که یک مجموعه فازی برخلاف یک مجموعه بولین به فاکتورهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت به صورت یک طیف پیوسته را می‌دهد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۱). فازی‌سازی معیارها، آنها را بی‌مقیاس کرده و در طیفی بین صفر و یک طبقه‌بندی می‌کند. تابع فازی مورد استفاده در این پژوهش، تابع آستانه خطی است که داده‌ها را به صورت خطی و با شیب یکسان از حالت کلاسیک به حالت فازی تبدیل می‌کند.

آسیب‌پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت‌های احتمالی بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی به کار می‌رود (زهرایی و ارشاد، ۱۳۸۴: ۲۸۷). آسیب‌پذیری یک حوزه جدید و یک ابزار تحلیلی در مطالعات ایمنی شهری است. تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری یک پایه و اساس جدید برای برنامه‌ریزی شهری فراهم می‌آورد (Chunliang & others, 2011: 213).

### ۲-۲ مدل‌های مورد استفاده

مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش از سه قسمت اصلی به شرح زیر تشکیل شده‌اند. در ادامه به بررسی مبانی نظری هر یک از این مدل‌ها پرداخته می‌شود.

۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱۱</sup>

۲- منطق فازی<sup>۱۲</sup>

۳- ابزار تحلیل شبکه‌ای<sup>۱۳</sup>

### ۲-۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۸۰ میلادی بنا نهاده شده است، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌باشد. این تکنیک با تبدیل مسئله تصمیم‌گیری به یک ساختار سلسله مراتبی و درختی از هدف، معیارها و گزینه‌ها، امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله فراهم می‌سازد. اساس این روش بر پایه مقایسات زوجی یا دودیی عوامل و معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری می‌باشد که در این مقایسات، تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد. به گونه‌ای که اگر عنصر A در مقایسه با عنصر B مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده بر اساس جدول ۹ کمیتی ساعتی (جدول شماره ۱) اهمیت این دو عنصر را نسبت به همدیگر در راستای رسیدن به هدف تصمیم‌گیری مشخص می‌سازد و بر اساس این مقایسات زوجی، ضریب اهمیت هر یک از معیارها به دست می‌آید. پس از تعیین این ضریب‌های اهمیت، باید نرخ سازگاری آنها (CR) را کنترل نمود. در صورتی که این نرخ کمتر از ۰.۱ باشد سازگاری قضاوت‌ها صحیح و ضریب‌های اهمیت به دست آمده مورد قبول هستند و در غیر این صورت باید در

## ۳- ارزیابی آسیب پذیری

در این قسمت با تأکید بر مبانی نظری بیان شده و مدل مفهومی ارائه شده در قسمت قبل به ارزیابی آسیب پذیری پرداخته می‌شود. ابتدا با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی ضرایب اهمیت هر یک از معیارها به دست مشخص می‌گردد (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: مقایسه دودویی معیارهای عامل دسترسی

معیار	آتش‌نشانی	فضاهای باز	مراکز امداد	معیار	ضریب اهمیت
آتش‌نشانی	۱	۰.۵۵	۰.۳۷	۰.۱۷	۰.۰۸۵
فضاهای باز	۱.۸	۱	۰.۸۳	۰.۲۸	۰.۱۵۸
مراکز امداد	۲.۷	۱.۲	۱	۰.۳۱	۰.۱۹۷
معیار	۵.۹	۳.۵	۳.۲	۱	۰.۵۶۰

(ضریب ناسازگاری: ۰.۰۰۴۹)

با توجه به اینکه مقدار ضریب ناسازگاری (۰.۰۰۴۹) کمتر از ۰.۱ می‌باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است (برای انجام مقایسات دودویی و محاسبه ضریب اهمیت و ضریب ناسازگاری از نرم افزار Super Decision استفاده گردیده است. برای اطلاعات جامع رک به Saaty, 2003 و Super Decision.com). در ادامه تابع آستانه خطی برای هر یک از معیارها به دست آمده و بر اساس آن معیارها از حالت کیفی به کمی و بدون مقیاس تبدیل می‌شوند. بر اساس مطالعات انجام شده و مصاحبه با کارشناسان مربوطه، نمودار تابع آستانه خطی دسترسی به معبر بر اساس عرض آن به شرح زیر بیان می‌شود (رابطه شماره ۲). که در آن  $x$  بیانگر عرض معبر و  $f(x)$  بیانگر مقدار عددی فازی به دست آمده می‌باشد.

رابطه شماره ۱: تابع فازی مورد استفاده

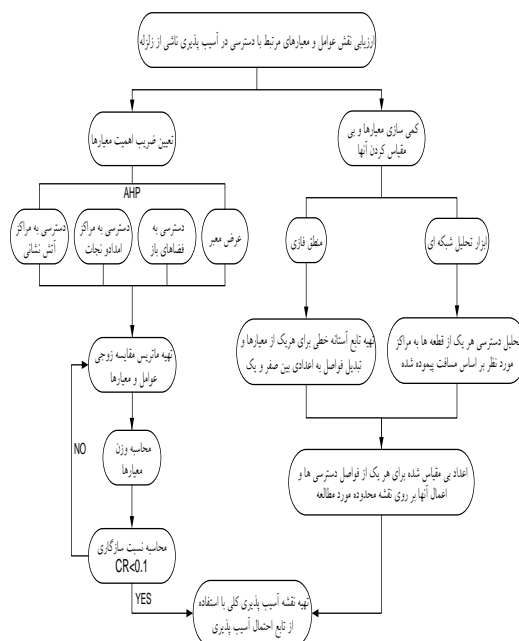
$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x - x_{min}}{\Delta x} & a < x < b \\ 1 & b < x \end{cases}$$

(حیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۱)

در این رابطه  $f(x)$  تابع فازی  $x$  عامل آسیب‌پذیری،  $a$  کمترین،  $b$  بیشترین مقدار قابل قبول برای عامل آسیب‌پذیری و  $\Delta x$  اختلاف این دو مقدار ( $a$  و  $b$ ) می‌باشد.

## ۲-۲-۳ ابزار تحلیل شبکه‌ای

ابزار تحلیل شبکه‌ای یکی از ابزارهای پرکاربرد GIS می‌باشد که برای تحلیل دسترسی به مراکز مختلف به کار می‌رود. مزیت این ابزار بر سایر ابزارهای تحلیل دسترسی مانند ابزار Buffer در این است که تحلیل شبکه‌ای، دسترسی را در ارتباط مستقیم با راه و مسافت پیموده شده از مبدأ تا مقصد می‌سنجد، در حالی که ابزار Buffer، دسترسی را بر اساس فاصله مستقیم بر روی نقشه می‌سنجد و این درک صحیحی از دسترسی به دست نمی‌دهد. از این رو در راستای درک صحیح و واقعی از نحوه دسترسی به مراکز مورد نظر در محدوده مورد مطالعه، ابزار تحلیل شبکه‌ای برای تحلیل دسترسی به کار گرفته می‌شود (شایان نژاد، ۱۳۹۰: ۱۰۸).



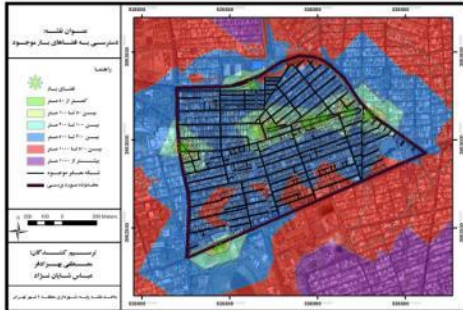
شکل ۲: مدل پیشنهادی برای ارزیابی آسیب پذیری ناشی از عامل

دسترسی

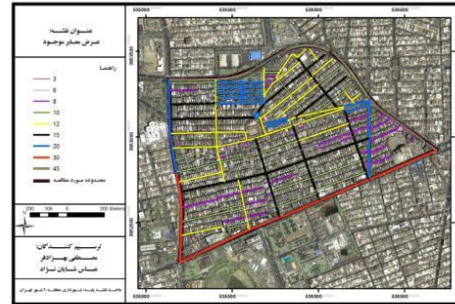
برای هر یک از معیارها در محیط GIS تعریف گردیده و مقادیر فازی برای آنها به دست می‌آید.

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < 4 \\ \frac{35-x}{31} & 4 < x < 35 \\ 1 & 35 < x \end{cases}$$

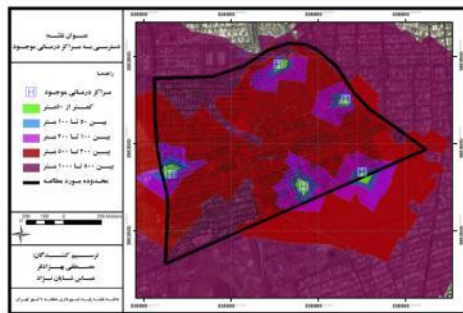
رابطه شماره ۲: تابع فازی برای معیار عرض معبر



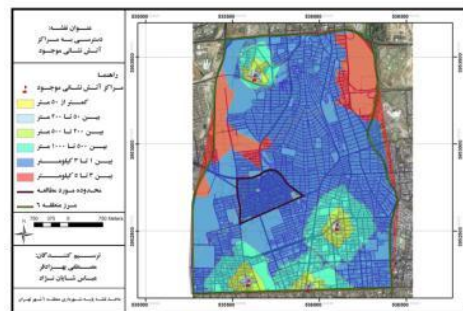
شکل ۴: دسترسی به فضاهای باز موجود در محدوده مورد مطالعه



شکل ۳: عرض معابر موجود در محدوده مورد مطالعه



شکل ۵: دسترسی به مراکز درمانی موجود در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶: دسترسی به مراکز آتش نشانی موجود در محدوده مورد مطالعه

پس از مشخص شدن ضریب اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای و فازی کردن آنها، می‌توان با استفاده از رابطه پیشنهادی لین و همکاران (Lin et al, 2008) تابع احتمال آسیب‌پذیری ناشی از برآیند معیارها را به شرح زیر به دست آورد.

در ارتباط با دسترسی به فضاهای باز، مراکز امداد و نجات و آتش نشانی، کمترین و بیشترین فاصله مطلوب از این مراکز به ترتیب ۵۰ و ۳۰۰۰ متر بیان شده است (حییبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۳). بر مبنای این اعداد، تابع آستانه خطی دسترسی به این مراکز به دست می‌آید (رابطه شماره ۳)، که در آن  $x$  بیانگر فاصله از مرکز مورد نظر و  $f(x)$  بیانگر مقدار عددی فازی به دست آمده می‌باشد.

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{x-50}{2950} & 50 < x < 3000 \\ 1 & 3000 < x \end{cases}$$

رابطه شماره ۳: تابع فازی برای معیار دسترسی به مراکز حیاتی

برای تحلیل وضعیت دسترسی قطعه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه به مراکز مورد نظر (فضاهای باز، امداد و نجات و آتش نشانی) با استفاده از ابزار تحلیل شبکه‌ای و بر اساس فاصله حقیقی به این مراکز، فواصل مختلف به صورت طیفی از کمترین فاصله (مطلوب‌ترین دسترسی) تا بیشترین فاصله (نامطلوب‌ترین دسترسی) طبقه بندی می‌گردد (نقشه‌های شماره ۳ تا ۵). با استفاده از ابزار Field Calculator، تابع آستانه خطی به دست آمده



آنجایی که یک قطعه کمترین و بیشترین مقدارهای فازی را برای تمامی معیارها به دست نمی‌آورد، مقدار آسیب‌پذیری نیز به کمترین (صفر) و بیشترین مقدار ممکن (صد) نمی‌رسد (شکل ۷ و جدول ۳).

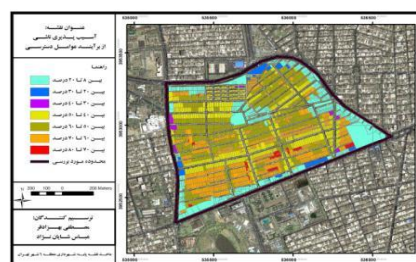
جدول ۳: دسته بندی آسیب پذیری ناشی از برآیند معیارهای دسترسی بر حسب تعداد قطعه‌ها و درصد

درصد تعداد قطعه‌ها	درصدتعداد قطعه‌ها	تعداد قطعه‌ها	دسته بندی آسیب (درصد)
۱۸	۱۵	۳۷۷	۲۰ تا ۸
	۲	۴۸	۳۰ تا ۲۰
	۱	۲۴	۴۰ تا ۳۰
۸۰	۲۱	۵۳۰	۵۰ تا ۴۰
	۲۸	۷۳۹	۶۰ تا ۵۰
	۳۱	۷۹۸	۷۰ تا ۶۰
۲	۲	۶۲	۸۰ تا ۷۰
۱۰۰	۱۰۰	۲۵۷۸	جمع

$$p(v) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i)$$

رابطه شماره ۴: تابع احتمال آسیب پذیری

که در آن  $w_i$  بیانگر ضریب اهمیت به دست آمده برای هر یک از معیارها بر مبنای تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و  $f(x_i)$  مقدار فازی به دست آمده برای معیار  $i$  می‌باشد.



شکل ۷: میزان آسیب پذیری ناشی از برآیند معیارهای دسترسی در محدوده مورد مطالعه

میزان آسیب پذیری ناشی از برآیند عوامل دسترسی بین صفر و ۱۰۰ درصد متغیر است. این مقدار در محدوده مورد مطالعه بین ۸ تا ۸۰ درصد می‌باشد. در واقع از

## ۴- نتیجه گیری

ولین قدم در برنامه ریزی کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله شناخت مناطق آسیب پذیر از طریق تولید نقشه آسیب پذیری می‌باشد. مقوله دسترسی در هنگام وقوع زلزله و پس از آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و با تعداد تلفات و میزان آسیب پذیری رابطه معکوس دارد. بدین معنی که هرچه نواحی شهری دسترسی مناسب‌تر و متعادل‌تری به معبر و مراکزی مانند فضاهای باز، مراکز امداد و نجات و آتش نشانی داشته باشند، تعداد تلفات و میزان آسیب پذیری احتمالی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

تاکنون مدل‌های زیادی جهت تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری نواحی شهری در برابر زلزله ارائه گردیده ولی در آنها کمتر به بحث دسترسی و چگونگی ارزیابی آن پرداخته شده است. در این مقاله تلاش گردید مدلی مفهومی بر اساس تحلیل فضایی برای ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه‌ای ناشی از عامل دسترسی با استفاده از ترکیب تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، تابع آستانه خطی، ابزار تحلیل شبکه‌ای و تابع احتمال در محیط GIS ارائه شود که بتواند معیاری برای میزان خطرپذیری ناشی از زلزله در محدوده مورد مطالعه باشد.

نتایج به‌کارگیری این مدل نشان می‌دهد که میزان آسیب پذیری ناشی از برآیند معیارهای دسترسی در محدوده مورد مطالعه بین ۸ تا ۸۰ درصد متغیر می‌باشد. عدد ۸ مربوط به قطعه‌ای است که در مجموع کمترین مقدارهای فازی را برای معیارهای چهارگانه به دست آورده است و بعکس عدد ۸۰ مربوط به قطعه‌ای است که بیشترین مقدارهای فازی را برای این معیارها به دست آورده است. حدود ۸۲ درصد تعداد قطعه‌ها آسیب پذیری بیش از ۴۰ درصد دارند. با حرکت از پیرامون به داخل محدوده مورد مطالعه، میزان آسیب پذیری ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. این موضوع به این دلیل است که قطعه‌های پیرامونی به دلیل مجاورت با معابر اصلی و عریض دسترسی مناسب‌تری به مراکز مورد نظر دارند. پایین بودن میزان آسیب پذیری قطعه‌های مرکزی نیز با توجه به وجود فضای باز و معابر اطراف آن قابل توجیه است.

مدل پیشنهادی و نقشه آسیب پذیری تولید شده که نشان دهنده برآیند وضعیت دسترسی قطعه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه به مراکز حیاتی در هنگام وقوع زلزله و پس از آن می‌باشد چگونگی دسترسی به این مراکز را به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد. این نقشه راهنمایی مناسب و قابل فهم برای برنامه ریزان شهری و مدیریت شهری در راستای برنامه ریزی کاهش آسیب پذیری فراهم می‌سازد.

### پیشنهادات

با توجه به ضرورت و اهمیت مبحث دسترسی در آسیب پذیری ناشی از زلزله پیشنهادی زیر ارائه می‌گردد:

- ۱) ایجاد یک بانک اطلاعاتی از وضعیت معابر و مراکز حیاتی در هنگام وقوع زلزله و پس از آن. این بانک اطلاعاتی باید مرتب به روز گردیده و اطلاعات آن در دسترس نهادها و ارگان‌های مرتبط با بحث دسترسی و آسیب پذیری مانند بیمارستان‌ها، اورژانس، آتش نشانی و ... قرار گیرد.
- ۲) به کارگیری ابزار تحلیل شبکه‌ای به جای ابزار حریم در تحلیل دسترسی‌ها. استفاده از این ابزار این امکان را برای برنامه ریزان و مدیران شهری فراهم می‌سازد که درک صحیح‌تر و واقعی‌تر از چگونگی دسترسی به مراکز حیاتی داشته باشند.
- ۳) به کارگیری معیارهای دقیق‌تر و تفصیلی‌تر در تحلیل دسترسی مانند درجه محصوریت معابر، جنس پوشش جداره‌ها، میلان موجود در معابر، امکان ریزش و انسداد معابر و همچنین مشخصات دقیق‌تری از مراکز حیاتی مانند وسعت، مقیاس عملکرد، تعداد پرسنل، تجهیزات و تأسیسات موجود در آنها و ...
- ۴) مدنظر قرار دادن نقشه تولید شده در برنامه ریزی و مکان یابی مراکز یاد شده به گونه‌ای که تمامی نواحی شهر دسترسی متعادل و مطلوبی به این مراکز داشته باشند.
- ۵) ارزیابی میزان آسیب پذیری احتمالی با استفاده از مدل پیشنهادی برای تهران و سایر شهرهای زلزله خیز کشور.

### پی نوشت ها

1. JICA (Japan International Cooperation Agency)
2. GIS
3. MCDM
4. Rashed
5. Giovinazzi
6. Tang and Wen
7. Lantada
8. UNDP
9. UNCHS
10. TOPSIS Fuzzy
11. Analytical Hierarchy Process (AHP)
12. Fuzzy Logic
13. Network Analyst

### فهرست منابع

- ۱) آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا)، (۱۳۸۰)، **مطالعات ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ**، مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ.
- ۲) ابلقی، علیرضا (۱۳۸۴). **یادداشت سردبیر**، مجله هفت شهر، شماره ۱۸ و ۱۹، سازمان عمران و بهسازی شهری، تهران.

- ۳) احد نژاد روشتی، محسن و همکاران (۱۳۸۹)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، ۱۹۸-۱۷۱.
- ۴) احمدی، حسن (۱۳۷۶)، نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهر، نشریه مسکن و انقلاب، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، شماره ۶۱، تهران، ۱۰-۱.
- ۵) پرتویی، پروین (۱۳۷۴)، بررسی موانع، محدودیت‌ها و تقابل‌ها در زمینه اجرای معیارهای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ۱۰-۱.
- ۶) حاتمی نژاد، حسین، فتحی، حمید و عشق آبادی، فرشید (۱۳۸۸)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر، نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران، نشریه پژوهش‌های جغرافیای انسانی شماره ۶۸، ۳۰-۲۰.
- ۷) حبیب، فرح (۱۳۷۱)، نقش فرم شهر در به حداقل رساندن خطرات ناشی از زلزله، دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- ۸) حبیبی، کیومرث و همکاران، (۱۳۸۷)، تعیین عوامل سازه‌ای ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۱، ۳۶-۲۷.
- ۹) حسین زاده، سیدرضا (۱۳۸۳)، برنامه‌ریزی شهری همگام با مخاطرات طبیعی با تأکید بر ایران، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۳، ۸۷-۵۹.
- ۱۰) زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، ۹۰-۷۹.
- ۱۱) زنگی‌آبادی، علی و تبریزی، نازنین (۱۳۸۵)، زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، ۱۳۰-۱۱۵.
- ۱۲) زهرایی، سید مهدی، ارشاد، لیلی (۱۳۸۴)، بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره ۱۸، ۲۹۲-۲۸۳.
- ۱۳) عزیز، محمد مهدی و اکبری رضا (۱۳۸۷)، ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله، نمونه موردی: منطقه فرحزاد تهران، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، ۳۶-۲۵.
- ۱۴) غفاری، حسین (۱۳۶۹)، درس‌هایی که می‌توان از زلزله آموخت، نشریه سرپناه، شماره ۲۲، ۶۸-۵۶.
- ۱۵) فرج زاده اصل، منوچهر، احد نژاد، محسن، امینی، جمال (۱۳۹۰)، ارزیابی مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی منطقه ۹ شهرداری تهران)، مجله علمی پژوهشی مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال سوم، شماره ۹، ۳۶-۱۹.
- ۱۶) قدسی پور، سید حسن، (۱۳۸۷)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ پنجم، تهران.
- ۱۷) شایان نژاد، عباس (۱۳۹۰)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ناشی از عوامل انسان ساخت با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای، استاد راهنما: دکتر مصطفی بهزادفر، پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی - گرایش برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۱۸) مرکز آمار ایران (۱۳۸۵)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، تهران.
- ۱۹) مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران (۱۳۷۵)، برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز (نمونه شهرهای لوشان، منجیل، رودبار)، مرکز مقابله با بلایای طبیعی ایران، تهران.
- ۲۰) مرکز GIS منطقه ۶ شهرداری تهران (۱۳۸۹).

- 21) Chunliang, XIU, Cheng Lin, Song Wei, and WU Wei.(2011) *Vulnerability of Larg City and its implementation in Urban planing:A perspective of Intera-urban structure*. Chinese Geographical Science, Available at <http://www.Springerlink.com>
- 22) Giovinazzi, S., Lagomarsino, S., & Pampanin, S. (2006). *Vulnerability Methods and Damage Scenario for Seismic Risk Analysis as Support to Retrofit Strategies: a European Perspective*, NZSEE Conference.
- 23) Houser, G, and P C Engennig.(1993) *Risk Analysis*. Oakland: Earthquake Research Institue.
- 24) Janssen, M A, Schoon M L, Ke W et al., (2006), *Scholarly Network on resilience Vulnerability and adaption within the human dimensions of Global Environment Change*. Global Environment Change.vol 16: 240-522.
- 25) Kreimer, A; Arnold, A and Carlin, A (2003), *Building safer cities, The Future of disaster risk*. Disaster risk management series, Vol:3, The World Bank.
- 26) Lantada, N., Pujades, L. & Barbaret, A. (2009). *Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison*. Nat Hazards 51: 501-524.
- 27) Lin, Yu-Hsin, Kune-Muh Tsai, Wei-Jung Shiang, Tsai-Chi-Hung Tsai. (2009) *Reseach on using ANP to establish a perfomance asseessment model for business intelligence system*. Expert System with Applications, Vol.36: 4135-4146.
- 28) McCarthy J J ,Canziani O F, Leary N A et al., (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge UK: University Press.
- 29) Moran, E, Ojima D, Buchman N et al.,(2005) *Global Land Project:Siencie Plan and implementation strategy*. IGBP Report No.53/IHDP Report No.19. Available at <http://www.igbp.net>.
- 30) Rashed, T, and John Weeks.(2003) *Assesing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spacial Multi Criteria Analysis of Urban Area*. Geographic Information Sience vol.17: 547-576.
- 31) Saaty, T.L. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Proces*. pittsburgh: RWS publications, 2001.
- 32) Saaty, T.L and Saaty, Rozann, (2003),*DECISION MAKING IN COMPLEX ENVIRONMENTS*. Pittsburgh university press
- 33) Tang, V., & Wen, A. (2009). *An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment*, computers & Geosciences vol.35: 871-879.
- 34) UNDP (2004), *Reducing disaster risk, A challenge for development*. A global report. New York,NY 10017,USA: Bureau for Crisis Prevention and Recovery.
- 35) [www. SuperDecision.com](http://www.SuperDecision.com).