

مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای  
سال سوم، شماره نهم، تابستان ۱۳۹۰  
دریافت: ۱۳۸۹/۶/۲۴ - پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۲  
صص ۱۹-۳۶

## ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی منطقه ۹ شهرداری تهران)

منوچهر فرج‌زاده اصل: دانشیار سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران\*  
محسن احدنژاد: استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
جمال امینی: کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

تهران به عنوان یکی از شهرهای مهم ایران به واسطه قرار گرفتن چندین گسل فعال در اطراف و درون آن از ریسک بالایی در برابر خطر زلزله برخوردار است، براین اساس بررسی‌های مربوط به آسیب‌پذیری لرزه‌ای این شهر یکی از ضروریات مدیریت شهری تهران است. با توجه به این مهم منطقه ۹ شهرداری تهران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد، روش تحقیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روشهای مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و با بهره‌گیری از مدل Topsis Fuzzy و نرم افزارهای مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد. معیارهای مصالح ساختمانی، قدمت ساختمان، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، سازگاری کابری‌ها و وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک برای انجام پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصله حاکی از آسیب‌پذیر بودن منطقه ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله و کارایی مدل Topsis Fuzzy در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، منطقه ۹ شهرداری تهران، فازی شهودی، مدل Topsis Fuzzy

## ۱- مقدمه

## ۱-۱- طرح مسأله

زلزله پدیده‌ای است طبیعی که بی‌توجهی به آن خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت. وقوع زلزله‌های شدید بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه زیربنایی برای کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از آن باشد. ویژگیهای زمین ساخت کشور، زلزله را به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل انهدام حیات انسانی مطرح نموده‌است. بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهد که مناطق وسیعی از کشورمان توسط این حادثه طبیعی متحمل آسیب‌های جانی و مالی گردیده‌است. براساس گزارش سازمان ملل، در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب‌پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه، داشته است. بر اساس همین گزارش، در کشور ایران زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا است (UNDP, 2004: 12).

کشور ایران با آسیب‌پذیری لرزه‌ای گروه‌های خاصی از ساخت و سازها مانند: ساختمانهای عمومی با مصالح غیر مسلح بنایی، ساختمان‌های پر جمعیت قدیمی در مراکز شهری، بافت‌های فرسوده، منازل مسکونی و سازه‌های بتنی که در دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ با مصالح و طراحی ضعیف سر برآورده‌اند روبرو است. شهرها مکان تجمع جمعیت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی هستند، وجود این مسأله مهم ضرورت کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله را مطرح می‌کند. شهر تنها مجموعه‌ای از ساختمانها نیست،

بلکه پدیده‌ای انسانی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و کالبدی است. بدین ترتیب شهر به عنوان مجموعه‌ای از عناصر تعریف می‌گردد تا بتوان به روشهای مناسبی جهت ارزیابی کالبد شهر و تعیین شاخصهای کالبدی آسیب‌پذیری رسید و نیز راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری ارائه نمود. شهر تهران به عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین شهرهای کشور با جمعیتی در حدود ۷۷۹۷۵۲۰ نفر در سال ۱۳۸۵، به دلیل وجود تعداد بسیار زیاد گسل‌ها در سطح تهران و سوابق تاریخی فعالیت این گسل‌ها می‌توان گفت که روزی نه چندان دور تهران با زلزله عظیم مواجه خواهد شد.

## ۱-۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

زلزله به عنوان پدیده‌ای طبیعی، زمانی مخاطره‌آمیز و بحران آفرین است که جامعه واقع در معرض آن، نسبت به آن آسیب‌پذیر باشد. زلزله یکی از مخاطرات طبیعی است که همواره احتمال رخ دادن این حادثه طبیعی به ویژه زمانی که شرایط رخ دادن آن، از جمله وجود گسل‌های متعدد فراهم باشد، وجود دارد. شهر تهران به عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین و مهم‌ترین شهرهای کشور، به دلیل موقعیت جغرافیایی این شهر که روی چندین گسل فعال واقع شده و سوابق تاریخی فعالیت این گسل‌ها می‌توان گفت که روزی نه چندان دور تهران با زلزله عظیم مواجه خواهد شد و با توجه به اینکه بخش اعظم پهنه‌های مسکونی منطقه ۹ شهرداری تهران را پلاک‌های ریزدانه، نفوذناپذیر و با کاربرد مصالح بی‌دوام و ناپایدار تشکیل می‌دهد، به این معنی که وجود پهنه‌های وسیع بافت فرسوده به ویژه در کاربری مسکونی از ویژگی‌های بارز این منطقه

وارده به روستاهای نزدیک رو به مرکز زمین لرزه ۱۹۹۰ منجیل ایران را مطالعه نمودند و رابطه بین بیشه شتاب زمین و خسارت دیدگی ساختمانها را استخراج نمودند. آنان در پژوهش خود ساختمانها به سه دسته اصلی تقسیم نمودند:

- ساختمانهای مهندسی ساز(فلزی و بتنی)،

- ساختمانهای نیمه مهندسی ساز(بنایی و چوبی)،

- ساختمانهای غیر مهندسی (خشتی).

مورد دیگر مربوط به ارزیابی آسیب‌پذیری، پروژه شرکت جایکا<sup>۱</sup> (JICA) برای شهر تهران است. در این پروژه آسیب‌پذیری شهر تهران در جنبه‌های گوناگون فیزیکی، انسانی و همچنین برای اماکن خاص براساس منحنیهای شکست تهیه شده توسط توکلی‌ها بررسی شده‌است (جایکا، ۱۳۸۰).

عزیزی و اکبری (۱۳۸۷) با به کارگیری معیارهای شهرسازی و با استفاده از AHP و GIS به بررسی سنجش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله احتمالی پرداخته‌اند، که نتایج تحقیق آنها نشان داد، که با افزایش مقدار متغیرهای چون شیب زمین، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، عمر ساختمانها و فاصله از فضاهای باز میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهای نظیر فاصله از گسل، مساحت قطعات، دسترسی بر اساس عرض معبر و سازگاری کاربریها از نظر همجواری باعث کاهش آسیب‌پذیری می‌شود.

زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی که به صورت پیمایشی، تحلیلی و مبتنی بر مشخصات کمی و کیفی بوده‌است، به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان در برابر زلزله پرداخته‌اند، که

است و نیز نزدیکی به گسل ری، منطقه ۹ شهرداری تهران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. پس با توجه به مطالب بیان شده، این ضرورت به طور جدی احساس می‌شود که با ایجاد یک مدل مناسب و بکارگیری انواع داده‌های مکانی و غیر مکانی و انجام تحلیل‌های مربوط در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، بتوان به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر زلزله کمک نموده و در کنار کسب آمادگی‌های لازم در برابر این خطر طبیعی، در یک فرایند سیستماتیک به مدیریت بحران‌های ناشی از سوانح طبیعی پرداخت.

### ۱-۳- اهداف تحقیق

این پژوهش در راستای اهداف ذیل تدوین شده است؛

۱-۳-۱- شناسایی مناطق آسیب‌پذیر شهری با

کمک مدل و معیارهای مورد استفاده

۱-۳-۲- ارائه روشهای مناسب جهت تهیه نقشه

آسیب‌پذیری شهر

۱-۳-۳- کسب آمادگی لازم برای رویارویی با

مخاطرات طبیعی

### ۱-۴- سوابق تحقیق

تا بحال تحلیل‌ها و ارزیابی‌های متعددی در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله در قالب تحقیقات گوناگون انجام گرفته است، یکی از مهمترین اقداماتی که برای تعیین آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمانها در ایران انجام گرفته را توکلی‌ها (۱۹۹۳) انجام داده‌اند، که نتیجه بررسی‌های آنها منجر به برآورد منحنیهای شکست برای سه نوع مختلف ساختمان بر اساس زلزله رودبار و منجیل گردیده است. آنها خسارت

<sup>۱</sup> - Japan International Cooperation Agency

تانگ و ون<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) در تحقیقی، سیستم هوش مصنوعی برای ارزیابی خطر زلزله در شهر دیانگ<sup>۶</sup> در کشور چین را مبنی بر توسعه GIS و شبکه مصنوعی مورد استفاده قرار دادند. این سیستم برای تشخیص ضعف لرزه‌ای ساختارها در شرایط پیش از زلزله، ارزیابی سریع خسارت زلزله و فراهم ساختن شرایط فوری هوشمند پاسخگویی عمومی و دولتی در طول زلزله و بعد از آن کاربرد دارد.

با مشاهده تحقیقات انجام شده می‌توان گفت، که مدل‌های زیادی جهت ارزیابی و کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله ارائه شده‌است. علاوه بر روش‌های فوق، امروزه تکنیک‌های TOPSIS Fuzzy و منطق فازی در مطالعه فرایندهای محیطی و از جمله زلزله مورد توجه محققین قرار گرفته است. منطق فازی به عنوان یکی از روش‌های بهینه، ابزاری توانمند جهت حل مسائل مربوط به سیستم‌های پیچیده که درک آنها مشکل است، به شمار می‌آید (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۷: ۱).

#### ۱-۵- سئوال‌ها و فرضیه‌ها

می‌توان چنین اظهار کرد که خمیرمایه‌ی هر کار علمی سوالاتی است که ذهن محقق را به خود مشغول داشته است و محقق در روند کار با بهره‌گیری از ابزارها و روش‌های مناسب پاسخی منطقی برای آنها می‌یابد. در پژوهش حاضر سوالاتی به قرار زیر مد نظر هستند:

مطالعه آنها نشان داد، میزان آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان در برابر خطر زلزله بالا است و دسترسی به مراکز امداد و نجات در مواقع بحرانی مانند وقوع زلزله در وضعیت نامطلوبی قرار دارد.

احدنژاد (۱۳۸۸)، با استفاده از دو مدل RISK\_UE و AHP آسیب‌پذیری شهر زنجان را در برابر زلزله مدل‌سازی نموده و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدتهای مختلف و با استفاده از مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات، به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی و اجتماعی شهر زنجان پرداخته است.

حاتمی‌نژاد (۱۳۸۸)، با استفاده از روش تحلیلی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و با بهره‌گیری از AHP و GIS، آسیب‌پذیری منطقه ۱۰ شهر تهران را بررسی نموده و برای این کار از شاخصهای: نوع مصالح، عمر سازه، تراکم جمعیت و شبکه ارتباطی استفاده نموده است.

گیووننازی<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) در پژوهشی ابتدا به بررسی مدل‌های مختلف آسیب‌پذیری از جمله مدل RISK\_UK و سناریوهای مختلف آسیب پرداخته و سپس با استفاده از مدل RISK\_UK ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه لیگوریا<sup>۳</sup> در ایتالیا را بررسی نموده و سناریوهای آسیب را انجام داده است.

لانتادا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل RISK\_UE، با بکارگیری مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداخته‌اند.

<sup>2</sup> Giovinazzi  
<sup>3</sup> Liguria  
<sup>4</sup> Lantada

زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰، از سازمان‌های مربوطه؛

- آماده سازی داده‌ها برای ورود به مدل مورد استفاده؛

در این تحقیق بعد از جمع آوری داده‌ها مدل TOPSIS Fuzzy برای تحلیل آسیب‌پذیری منطقه انتخاب شد، که در ادامه چگونگی انجام تحقیق با این مدل به طور کامل تشریح می‌شود.

#### ۷-۱- معرفی متغیرها و شاخص‌ها

- اطلاعات ممیزی شامل، مصالح ساختمانی، قدمت ساختمان، کیفیت ابنیه، کاربری ارضی، تراکم جمعیت و تعداد طبقات ساختمانی از شهرداری منطقه ۹ تهران و شرکت آمود؛

- داده‌های خاک و زمین‌شناسی از مطالعات جایکا؛  
- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه برداری کشور؛

- جمع آوری پرسشنامه جهت وزن‌دهی به معیارها، که برای انجام این کار فرم‌های تهیه شد و سه گروه کارشناسی عمران(سازه)، عمران(خاک و پی) و برنامه‌ریزی شهری انتخاب شدند و در هر گروه نیز سه کارشناس انتخاب شدند. سپس با مراجعه به این کارشناسان و ارائه پرسشنامه به آنها و نیز ارائه توضیحات تکمیلی در مورد هر کدام از پارامترها، از کارشناس خواسته شد که با توجه به منطقه مورد مطالعه نسبت به وزن دهی به معیارها اقدام نماید. در نهایت بعد از نظر خواهی از تمام کارشناسان، میانگین وزن‌ها انتخاب و به معیارها اعمال شد.

#### ۱-۵-۱- آیا مدل TOPSIS Fuzzy کارایی لازم

جهت بررسی آسیب‌پذیری را دارد؟

۱-۵-۲- با توجه به معیارهای مورد استفاده می-

توان آسیب‌پذیری منطقه را بررسی نمود؟

گاهی اوقات نیز محقق با توجه به آگاهی و دانشی که نسبت به سوالات مطرح شده دارد فرضیاتی را در راستای آنها مطرح می‌نماید و از طریق ابزارها و روشهای مناسب سعی در آزمون آنها دارد. در این راستا فرضیاتی نیز به شکل زیر مطرح و آزمون شدند:

#### ۱-۵-۳- مدل TOPSIS Fuzzy کارایی لازم

جهت بررسی آسیب‌پذیری را دارد.

۱-۵-۴- با توجه به معیارهای مورد استفاده می‌توان

آسیب‌پذیری منطقه را بررسی نمود.

#### ۱-۶- روش تحقیق

برای انجام تحقیق، منطقه ۹ شهرداری تهران انتخاب گردید، تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روشهای مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و با بهره‌گیری از مدل مورد استفاده و نرم افزارهای مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد. که مراحل زیر به منظور انجام تحقیق صورت گرفت:

- مطالعه کارهای انجام شده در داخل و خارج از کشور و بررسی چگونگی انجام کار آنها و مدل‌ها و روش‌های که جهت انجام کار مورد استفاده قرار داده‌اند؛

- تهیه و گردآوری اطلاعات مورد نیاز از قبیل اطلاعات ممیزی(مصالح ساختمانی، قدمت ساختمان، کیفیت ابنیه، کاربری ارضی، تراکم جمعیت و تعداد طبقات ساختمانی)، خاک و

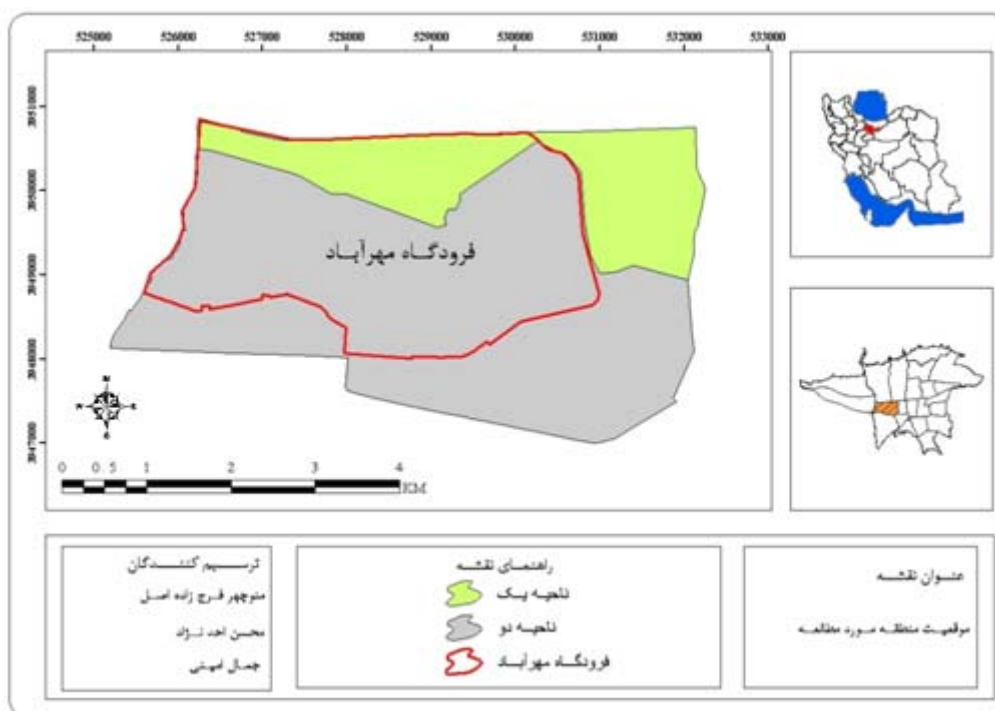
می‌شود و با مناطق ۲ و ۵ از شمال، ۱۰ و ۱۷ از شرق، ۱۸ از جنوب و ۲۱ در غرب همسایگی دارد. در وضع موجود منطقه ۹ شهرداری تهران دارای ۲ ناحیه و ۸ محله است.

وسعت منطقه، ۱۹۶۶ هکتار یعنی در حدود ۲/۸ درصد مساحت تهران و جمعیت آن در سال ۱۳۸۵ برابر با ۱۷۱۷۳۷ نفر بوده است (مهندسین مشاور معماری و شهرسازی آمود، ۱۳۸۵: ۶). شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

- استفاده از نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، Arc/GIS و IDRISI؛  
- استفاده از نرم افزار Excel.

#### ۸-۱- محدوده و قلمرو پژوهش

منطقه ۹ شهرداری تهران از شمال به خیابان آزادی و بزرگراه مخصوص کرج، از جنوب به خیابان آذری، میدان شیر و بزرگراه فتح، از شرق به خیابان شهیدان (امتداد بزرگراه یادگار امام)، خیابان‌های امامزاده عبدالله و شبیری و از غرب به مسیل کن منتهی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

آنها با مخاطرات و کیفیت ساخت آنها و یا هر دو مورد در معرض تهدید قرار می‌گیرند ([www.cdmha.org/definitions.htm](http://www.cdmha.org/definitions.htm)).

#### ۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

##### ۱-۲- تعاریف و مفاهیم

آسیب‌پذیری شرایطی است که در آن سکونتگاه‌های انسانی و یا ساختمانها توسط مجاورت

و کیفی را در مساله دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد (قدسی پور، ۱۳۸۴: ۵).

اساس روش AHP بر مقایسه‌ی زوجی یا دو به‌دویی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است، که در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر I با عنصر J مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت I بر J یکی از حالات جدول (۱) است که توسط توماس ساعتی ارائه گردیده است. بعد از تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر نباید نرخ سازگاری سیستم (CR) از ۰/۱ بیشتر باشد در غیر این صورت باید در وزنها تجدید نظر کرد (قدسی پور، ۱۳۸۴: ۱۳).

طبق تعریف سازمان ملل (۱۹۹۱) آسیب‌پذیری عبارت است از درجه زیان یک عنصر معین یا دسته‌ای از عناصر در معرض ریسک، در نتیجه وقوع یک پدیده طبیعی با بزرگای معین و بیان شده بر روی مقیاسی از صفر (بدون آسیب‌پذیری) تا یک (آسیب-پذیری کامل) (Houser and Egenning, 1993: 14).

## ۲-۲- مبانی نظری و مدل‌های مورد استفاده

۲-۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که توسط توماس ساعتی بنا نهاده شده است، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً "مرجح" (Extremely Preferred)
۷	مطلوبیت خیلی قوی (Very strongly Preferred)
۵	مطلوبیت قوی (strongly Preferred)
۳	کمی مطلوبتر (Moderately Preferred)
۱	مطلوبیت یکسان (Equally Preferred)
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

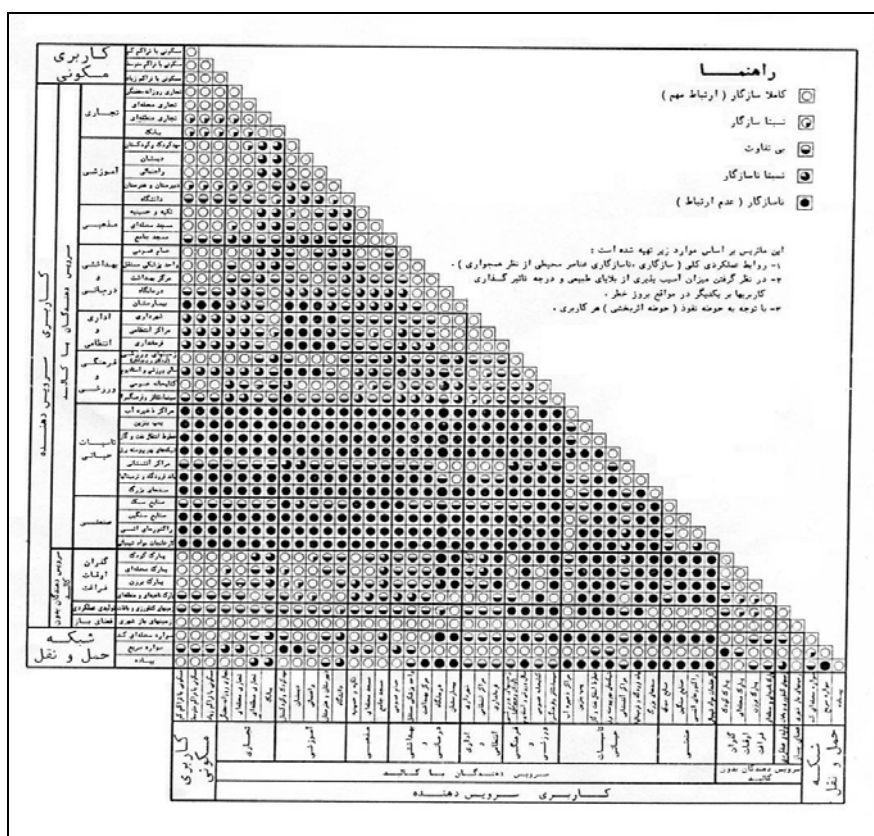
مأخذ: (قدسی پور، ۱۳۸۴: ۱۴)

رابطه با خطر وقوع زلزله مشخص شوند. نحوه تشخیص میزان سازگاری، بر اساس شناخت عوامل و مشخصات مثبت و منفی موثر در هر کاربری هنگام وقوع زلزله سنجیده می‌شود. که برای انجام این کار از

از مدل AHP در تحلیل سازگاری کاربری‌ها استفاده شد، مفهوم سازگاری فعالیتها آن است که همگنی و سازگاری فعالیتها، تضاد و تقابل کاربری‌ها (ناسازگاری‌ها) و کاربری‌های تاحدی سازگار در

استخراج شد، یعنی به تفکیک کاربری‌های شهری ۱۰ نقشه کاربری بدست آمد، سپس با استفاده از مدل AHP اهمیت و وزن کاربری‌ها در نرم افزار IDRISI بدست آمد و ساختمانهای منطقه بر اساس سازگاری کاربری‌ها در این شاخص وزن دهی (جدول ۲) شدند.

مدل AHP برای شاخص سازگاری کاربری‌ها استفاده شد، که برای تهیه این شاخص از ماتریس سازگاری‌ها که در شکل (۲) دیده می‌شود، استفاده شده است. برای تهیه این شاخص ابتدا کاربری‌های اصلی شهری موجود در منطقه با استفاده از نرم افزار Arc/GIS



شکل ۲- ماتریس سازگاری کاربری‌های شهری نسبت به همدیگر با در نظر گرفتن عوامل مخاطره انگیز

در زلزله (بحرینی، ۱۳۷۵: ۱۹۲)

درجه عدم قطعیت<sup>۱۱</sup> را بیان می‌کنند، توصیف می‌شود. درجه عدم قطعیت این امر را منعکس می‌کند، که تصمیم گیرندگان نمی‌توانند همواره درجه عضویت‌های مشخص و معین را انتخاب کنند، و<sup>۱۲</sup> IVFS هر

۲-۲-۲- مجموعه‌های فازی شهودی (IFS)<sup>۷</sup> ایده مجموعه‌های فازی شهودی که برای اولین بار توسط اتاناسو<sup>۸</sup> پیشنهاد گردیده است، این ایده با سه تابع که درجه عضویت<sup>۹</sup>، درجه عدم عضویت<sup>۱۰</sup> و

<sup>11</sup> Degree of Uncertainty  
<sup>12</sup> Interval-value Fuzzy Sets

<sup>7</sup> Intuitionistic Fuzzy Sets  
<sup>8</sup> Atanassov  
<sup>9</sup> Degree of Membership  
<sup>10</sup> Degree of Nonmembership



میزان فاصله‌شان از نقطه ایده‌آل اولویت‌بندی می‌کنند. این نقطه ایده‌آل می‌تواند یک نقطه فرضی باشد و شامل نقطه‌ایست که از برآیند کلیه متغیرها بدست می‌آید. مفهوم پایه‌ای TOPSIS بر این مبنا استوار است، که گزینه‌های انتخاب شده بایستی کمترین فاصله را به نقاط ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را به نقاط ایده‌آل منفی داشته باشند (Chen and Tsao, 2008: 1411).  
واقعیات زیربنائی این مدل بدین قرار است:

- مطلوبیت هر شاخص باید به طور یکنواخت افزایشی (یا کاهش) باشد، که به این صورت بهترین ارزش موجود از یک شاخص نشان دهنده ایده‌آل مثبت و بدترین ارزش موجود از آن مشخص کننده ایده‌آل منفی برای آن خواهد بود.

- فاصله یک گزینه از ایده‌آل (یا ایده‌آل منفی) ممکن است به صورت فاصله اقلیدوسی (از توان دوم) و یا به صورت مجموع قدرمطلق از فواصل خطی (فواصل بلوکی<sup>۱۶</sup>) محاسبه گردد (اصغرپور، ۱۳۸۷: ۲۶۰).

#### ۲-۲-۴- مدل TOPSIS Fuzzy

بسیاری از متغیرهای مربوط به مسایل موجود در دنیای واقعی، متغیرهای کیفی و زبانی هستند. بنابراین، در این گونه مسایل بهتر است از مدل‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده گردد. اهمیت TOPSIS Fuzzy در این مورد است، که اهمیت معیارها و عملکرد گزینه‌ها را با توجه به ویژگیهای گوناگون، با استفاده از اعداد فازی به جای اعداد صحیح نسبت می‌دهد. مدل TOPSIS Fuzzy بطور کلی درشش مرحله اجرا می‌شود (Chen and Tsao, 2008: 1416).

دو یک مفهوم را دارند (Chen and Tsao, 2008: 1411).  
اگر  $X$  یک مجموعه کلی معین باشد، مجموعه فازی شهودی  $A$  در  $X$  به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

رابطه (۱)

$$A = \left\{ \left( x_j, \mu_{A_i}(x), \nu_{A_i}(x_j) \right) \mid x_j \in X \right\}$$

که در این رابطه:

$$\mu_{A_i}(x) : \text{درجه عضویت}$$

$$\nu_{A_i}(x) : \text{درجه عدم عضویت}$$

و برای هر عنصر  $x_j \in X$ ، رابطه (۲) باید برقرار باشد. با توجه به درجه عضویت و درجه عدم عضویت، درجه عدم قطعیت از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$0 \leq \mu_{A_i}(x) + \nu_{A_i}(x_j) \leq 1$$

رابطه (۳)

$$1 - \nu_{A_i}(x_j) + \mu_{A_i}(x_j) = \pi_{A_i}(x_j)$$

#### ۲-۲-۳- مدل TOPSIS

روش TOPSIS<sup>۱۳</sup> که ابتدا توسط هوانگ و یون<sup>۱۴</sup> ارائه گردید، از جمله روشهایی است که بطور وسیعی در تصمیم‌گیریهای چند معیاره مورد استفاده قرار می‌گیرد. روشهای نقطه ایده‌آل<sup>۱۵</sup> گزینه‌ها را بر اساس

<sup>13</sup> Techniques for Ordering Preferences based on Similarity to Ideal Solution

<sup>14</sup> Hwang and Yoon

<sup>15</sup> Ideal Point

<sup>16</sup> City Block Distance

رابطه (۴) - ساختن ماتریس تصمیم‌گیری<sup>۱۷</sup>؛

$$\mu_{A_i}^+(x_j) > \mu_{A_i}^-(x_j)$$

- ساختن ماتریس وزنی تصمیم‌گیری<sup>۱۸</sup>؛

رابطه (۵)

$$\mu_{A_i}^-(x_j) = \mu_{A_i}(x_j)$$

- مشخص کردن نقاط ایده‌آل مثبت و منفی؛

- محاسبه فاصله‌ها<sup>۲۰</sup>؛

- محاسبه شاخص نزدیکی<sup>۲۱</sup>؛

رابطه (۶)

$$v_{A_i}(x_j) = 1 - \mu_{A_i}^+(x_j)$$

- رتبه بندی کردن<sup>۲۲</sup> گزینه‌ها، البته باید توجه

داشت که در ارتباط با آسیب‌پذیری بحث انتخاب

گزینه مطرح نیست و بایستی نتیجه تصمیم‌گیری

منجر به تعیین مقداری به عنوان درجه آسیب-

پذیری که کمیتی پیوسته است، برای هر نقطه از

منطقه مورد مطالعه گردد.

رابطه (۷)

$$1 - v_{A_i}(x_j) + \mu_{A_i}(x_j) = \pi_{A_i}(x_j)$$

۲-۲-۴-۲- تعیین نقاط ایده‌آل مثبت و منفی

برای تعیین نقاط ایده‌آل مثبت و منفی با توجه به

ماتریس وزنی تصمیم‌گیری و وزن داده شده به

معیارها به این صورت عمل نموده، که برای تعیین

نقاط ایده‌آل مثبت ( $A^*$ ) از اعداد مربوط به درجه

عضویت ( $\mu_{A_i}(x)$ ) بزرگترین عدد و از اعداد مربوط

به درجه عدم عضویت ( $v_{A_i}(x)$ ) کمترین عدد و

برای تعیین شاخص عدم قطعیت ( $\pi_{A_i}(x)$ ) باید عدد

یک از مجموع دو عدد به دست آمده کم شود. برای

تعیین ایده‌آل منفی ( $A^-$ ) نیز از اعداد مربوط به درجه

عضویت کمترین عدد و از اعداد مربوط به درجه عدم

عضویت بزرگترین عدد انتخاب می‌گردد و برای

تعیین شاخص عدم قطعیت ( $\pi_{A_i}(x)$ ) عدد یک از

مجموع دو عدد به دست آمده کم می‌شود.

۲-۲-۴-۳- محاسبه فاصله تفرق

فاصله میان آلترا تئوها با نقاط ایده‌آل مثبت و منفی

با استفاده از فاصله اقلیدسی یا فاصله همینگ محاسبه

می‌شود، که در روش IVFS این فاصله با استفاده

از روشهای ارائه شده توسط Atanassov و Szmidt

۲-۲-۴-۱- ساختن ماتریس وزنی تصمیم‌گیری (وزن

دهی به معیارها)

به هر کدام از معیارها و زیر معیارهای به تناسب

هدف و با توجه به نظرات کارشناسان مربوطه وزنی

اختصاص می‌یابد، که این وزن با یک

بازه  $[\mu_{A_i}^-(x_j), \mu_{A_i}^+(x_j)]$  متناظر می‌شود، که از

نظر قوانین فازی هر کدام از مولفه‌های این بازه بین

صفر و یک بوده و همچنین رابطه (۴) برقرار است. با

استفاده از این بازه، بازه سه مولفه‌ای

$[\mu_{A_i}(x_j), v_{A_i}(x_j), \pi_{A_i}(x_j)]$  حاصل می‌شود،

که این بازه سه مولفه‌ای با استفاده از بازه دو مولفه‌ای

فوق، از طریق روابط (۵ و ۶) محاسبه می‌گردد. این

موارد اجرای مراحل ۱ و ۲ مدل TOPSIS Fuzzy

است.

<sup>17</sup> Decision Matrix

<sup>18</sup> Weighted Decision Matrix

<sup>19</sup> Point Idea

<sup>20</sup> Separation Measures

<sup>21</sup> Relative Closeness

<sup>22</sup> Ranking

که فاصله‌های تفرق از طریق رابطه (۸ و ۹) محاسبه می‌شود (Chen and Tsao, 2008: 1414).

and Kacprzy and همینگ را عمومیت بخشیده و نرمالیز می‌کند، محاسبه می‌شود،

رابطه (۸)

$$S_{i^*}^{22} = \left\{ \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left[ (\mu_{A_i, W(x_j)} - \mu_{A^*, W(x_j)})^2 + (V_{A_i, W(x_j)} - V_{A^*, W(x_j)})^2 + (\pi_{A_i, W(x_j)} - \pi_{A^*, W(x_j)})^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

رابطه (۹)

$$S_{i^*}^{22} = \left\{ \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left[ (\mu_{A_i, W(x_j)} - \mu_{A^-, W(x_j)})^2 + (V_{A_i, W(x_j)} - V_{A^-, W(x_j)})^2 + (\pi_{A_i, W(x_j)} - \pi_{A^-, W(x_j)})^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$C_i^*$ : بیانگر آسیب‌پذیری کلی ساختمان (شاخص نزدیکی) است.

$S_i^*$ : فاصله تفرق مثبت

$S_i^-$ : فاصله تفرق منفی

۲-۲-۴-۵- تخمین شاخص متوسط درجه آسیب شاخص متوسط درجه آسیب با توجه به شاخص آسیب‌پذیری کلی ( $C_i^*$ ) و شدتهای مختلف زلزله تخمین زده می‌شود. به عبارت دیگر برای درجه‌بندی میزان آسیب ساختمانها در درجات مختلف زلزله‌های احتمالی، باید ساختمانها را با شدتهای مختلف زلزله مورد ارزیابی قرار داد، تا بتوان به ارزیابی آسیب دقیق هر کدام از ساختمانها پرداخت، برای این کار از رابطه (۱۱) استفاده می‌شود.

رابطه (۱۱)

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

(Milutinovic and Trendafiloski, 2003: 28)

که در این رابطه

I: شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح شده؛

که در این رابطه ( $S_i^*$  و  $S_i^-$ ) فاصله تفرق مثبت و منفی، ( $\mu_{A_i}(x)$ ) نشان دهنده درجه عضویت، ( $V_{A_i}(x)$ ) نمایانگر درجه عدم عضویت و ( $\pi_{A_i}(x)$ ) شاخص عدم قطعیت را نشان می‌دهند که هر سه مورد برای آامین آلترناتیو و آامین ویژگی هستند و همچنین ( $\mu_{A^*} \cdot W(x_j)$ ) درجه عضویت، ( $V_{A^*} \cdot W(x_j)$ ) درجه عدم عضویت و ( $\pi_{A^*} \cdot W(x_j)$ ) شاخص عدم قطعیت، هر سه مربوط به بازه ایده‌آل مثبت و ( $\mu_{A^-} \cdot W(x_j)$ ) درجه عضویت، ( $V_{A^-} \cdot W(x_j)$ ) درجه عدم عضویت و ( $\pi_{A^-} \cdot W(x_j)$ ) شاخص عدم قطعیت، هر سه مربوط به بازه ایده‌آل منفی هستند.

۲-۲-۴-۵- محاسبه شاخص نزدیکی نسبی

شاخص نزدیکی که در این تحقیق بیانگر آسیب‌پذیری کلی مسکن شهری است، از طریق رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱۰)

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad (\text{Chen and Tsao, 2008: 1416})$$

که در این رابطه

مساکن منطقه ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله پرداخته می‌شود. که براساس مطالب بیان شده، وزن-دهی به معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده براساس نظر کارشناسان، انجام گرفته و نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است.

$\bar{V}_I$ : مقدار آسیب‌پذیری کلی ساختمان(شاخص نزدیکی) که از طریق رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

### ۳- ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن منطقه ۹ شهرداری تهران با استفاده از مدل TOPSIS Fuzzy

در این قسمت با تاکید بر مبانی نظری بیان شده در مورد مدل TOPSIS Fuzzy به ارزیابی آسیب‌پذیری

جدول ۲- نتیجه حاصل از محاسبه بازه سه عضوی از بازه دو عضوی برای معیارهای مورد استفاده

$\pi_{A_i}(x_j)$	$v_{A_i}(x_j)$	$\mu_{A_i}(x_j)$	$\mu_{\bar{A}_i}(x_j)$	$\mu_{\underline{A}_i}(x_j)$	خاک	عوامل آسیب‌پذیری
۰.۱۷۹	۰.۸	۰.۰۲۱	۰.۲	۰.۰۲۱	رس و لای نسبتاً نرم	نوع خاک
۰.۴۳۶۵	۰.۵۵	۰.۰۱۳۵	۰.۴۵	۰.۰۱۳۵	ماسه، رس، سیلت	
۰.۱۰۳	۰.۸۲۱۸	۰.۰۷۵۲	۰.۱۷۸۲	۰.۰۷۵۲	تخریبی	کیفیت ابنیه
۰.۰۸۸	۰.۸۵۶	۰.۰۵۶	۰.۱۴۴	۰.۰۵۶	مرمتی	
۰.۰۳۸	۰.۹۴۶	۰.۰۱۶	۰.۰۵۴	۰.۰۱۶	نوساز	
۰.۰۰۶	۰.۹۹۳۷۵	۰.۰۰۰۲۵	۰.۱۲۵	۰.۰۲۵	کاملاً سازگار	سازگاری کاربری
۰.۰۱۳	۰.۹۸۵	۰.۰۰۰۲	۰.۳	۰.۲	نسبتاً سازگار	
۰.۰۲۳	۰.۹۷۲۵	۰.۰۰۰۴۵	۰.۵۵	۰.۴۵	بی تفاوت	
۰.۰۳۱	۰.۹۶۲۵	۰.۰۰۰۶۵	۰.۷۵	۰.۶۵	نسبتاً ناسازگار	
۰.۰۳۸	۰.۹۵۳۷۵	۰.۰۰۰۸۲۵	۰.۹۲۵	۰.۸۲۵	ناسازگار	
۰.۰۳۷۷۵	۰.۹۴۳	۰.۰۱۹۲۵	۰.۰۵۷	۰.۰۱۹۲۵	۱_۱۰ سال	قدمت ساختمان
۰.۰۸۹	۰.۸۲	۰.۰۹۱	۰.۱۸	۰.۰۹۱	۱۰_۲۰ سال	
۰.۱۰۱۵	۰.۷۹	۰.۱۰۸۵	۰.۲۱	۰.۱۰۸۵	۲۰_۴۰ سال	
۰.۱۰۶	۰.۷۶۲۴	۰.۱۳۱۶	۰.۲۳۷۶	۰.۱۳۱۶	بیش از ۴۰ سال	
۰.۰۷۵۵	۰.۸۵۶۲۵	۰.۰۶۸۲۵	۰.۱۴۳۷۲	۰.۰۶۸۲۵	۱ و ۲	تعداد طبقات
۰.۰۹۸	۰.۸۰۴۵	۰.۰۹۷۵	۰.۱۹۵۵	۰.۰۹۷۵	۳ و ۴ و ۵	
۰.۰۸۸	۰.۸۲۷۵	۰.۰۸۴۵	۰.۱۷۵۹	۰.۰۸۴۵	۶ و بیشتر	
۰.۰۴۷	۰.۹۲۳	۰.۰۳	۰.۰۷۷	۰.۰۳	کم	تراکم جمعیت
۰.۰۷۹۵	۰.۸۵۱۵	۰.۰۶۹	۰.۱۴۸۵	۰.۰۶۹	متوسط	
۰.۱۰۱	۰.۷۹۱	۰.۱۰۸	۰.۲۰۹	۰.۱۰۸	زیاد	

ادامه جدول ۲- نتیجه حاصل از محاسبه بازه سه عضوی از بازه دو عضوی برای معیارهای مورد استفاده

۰.۱۱۳۴	۰.۷۴۲۶	۰.۱۴۴	۰.۲۵۷۴	۰.۱۴۴	وسط	وضعیت قرارگیری در بلوک
۰.۱۱۲	۰.۷۵۰۴	۰.۱۳۷۶	۰.۲۴۹۶	۰.۱۳۷۶	گوشه	
۰.۱۰۳۵	۰.۷۷۵۵	۰.۱۲۴	۰.۲۲۷۵	۰.۱۲۴	منفرد	
۰.۰۸۳۵	۰.۸۲۴۵	۰.۰۹۲	۰.۱۷۵۵	۰.۰۹۲	خشت و چوب	نوع مصالح
۰.۰۵۳۵	۰.۹۰۲۵	۰.۰۴۴	۰.۰۶۷۵	۰.۰۴۴	خشت و آجر و چوب	
۰.۰۴۱	۰.۹۳۵	۰.۰۲۴	۰.۰۶۵	۰.۰۲۴	آجر و چوب	
۰.۱۷۹	۰.۸	۰.۰۲۱	۰.۱۷۸۲	۰.۰۷۵۲	آجر و آهن	
۰.۴۳۶۵	۰.۵۵	۰.۰۱۳۵	۰.۱۴۴	۰.۰۵۶	اسکلت فلزی	
۰.۱۰۳	۰.۸۲۱۸	۰.۰۷۵۲	۰.۰۵۴	۰.۰۱۶	اسکلت بتنی	

جدول ۳- نقاط ایده‌آل مثبت و منفی معیارهای مورد استفاده

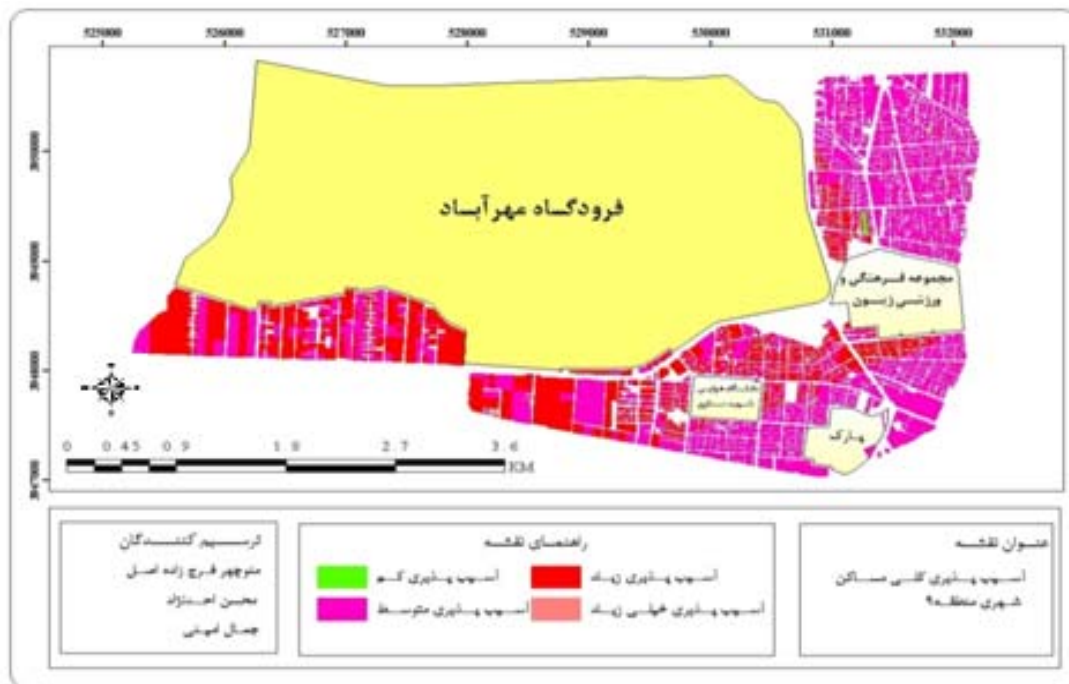
$\mu_{A_i}(x_j)$	$\nu_{A_i}(x_j)$	$\pi_{A_i}(x_j)$	نقاط ایده‌آل	معیارها
۰.۱۴۴	۰.۷۴	۰.۱۱۳۴	$A^+$	مصالح
۰.۰۲۴	۰.۹۴	۰.۰۴۴	$A^-$	
۰.۱۳۱۶	۰.۷۶۲۴	۰.۱۰۶	$A^+$	قدمت ساختمان
۰.۰۱۹۲۵	۰.۹۴۳	۰.۰۳۷۷۵	$A^-$	
۰.۰۹۷۵	۰.۸۰۴۵	۰.۰۹۸	$A^+$	تعداد طبقات
۰.۰۶۸۲۵	۰.۸۵۶۲۵	۰.۰۷۵۵	$A^-$	
۰.۱۰۸	۰.۷۹۱	۰.۱۰۱	$A^+$	تراکم جمعیت
۰.۰۳	۰.۹۲۳	۰.۰۴۷	$A^-$	
۰.۰۷۵۲	۰.۸۲۱۸	۰.۱۰۳	$A^+$	کیفیت ابنیه
۰.۰۱۶	۰.۹۴۶	۰.۰۳۸	$A^-$	
۰.۰۲۱	۰.۵۵	۰.۴۲۹	$A^+$	نوع خاک
۰.۰۱۳۵	۰.۸	۰.۱۸۶۵	$A^-$	
۰.۰۰۸۲۵	۰.۹۵۳۷۵	۰.۰۳۸	$A^+$	سازگاری کاربری
۰.۰۰۰۲۵	۰.۹۵۳۷۵	۰.۰۴۶	$A^-$	
۰.۰۰۲۵۲	۰.۹۷۷۵	۰.۰۱۷۲۵	$A^+$	وضعیت قرارگیری در بلوک
۰.۰۰۲۷	۰.۹۸۸۹	۰.۰۰۸۴	$A^-$	

دامنه آسیب‌پذیری متوسط قرار گرفته‌اند، که بخش‌های شمال شرقی و شرق و جنوب شرقی منطقه جز این دامنه هستند، که ناحیه ۱ با ۴۲/۳۷ درصد بیشترین تعداد این مساکن را شامل می‌شود. ۲۵/۹۳ درصد مساکن منطقه نیز در دامنه آسیب‌پذیری زیاد واقع شده‌اند، که بخش جنوبی منطقه و شرق و جنوب شرقی فرودگاه در این گروه آسیب‌پذیری هستند، که ناحیه ۲ با ۱۹/۵۹ درصد بیشترین تعداد این مساکن را شامل می‌شود. ۰/۴ درصد ساختمانهای منطقه نیز در دامنه آسیب‌پذیری کم قرار دارند. با توجه به این مطالب این نتیجه بدست می‌آید، که منطقه آسیب‌پذیری متوسط و متوسط به بالا دارد.

سپس با استفاده جدول (۲) نقاط ایده‌آل مثبت و منفی تعیین می‌شوند، که نتیجه آن برای معیارهای مورد استفاده در جدول (۳) مشاهده می‌شود. در ادامه فاصله میان آلترناتیوها با نقاط ایده‌آل مثبت و منفی با استفاده از رابطه‌های (۸ و ۹) محاسبه می‌شود، که این مرحله اجرای مرحله چهارم مدل TOPSIS Fuzzy است، سپس شاخص نزدیکی که بیان‌کننده آسیب‌پذیری کلی مساکن شهری در برابر زلزله است و مرحله پنجم مدل TOPSIS Fuzzy می‌باشد، از طریق رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود، که نتیجه آن در جدول (۴) مشاهده می‌شود، نیز شکل (۳) نقشه آسیب‌پذیری حاصله را نشان می‌دهد. بررسی جدول حاکی از آن است که ۷۳/۶۶ درصد ساختمانهای منطقه در

جدول ۴- توزیع آماری آسیب‌پذیری کلی مساکن شهری منطقه ۹ در مدل تاپسیس فازی

منطقه	ناحیه ۲ شهرداری		ناحیه ۱ شهرداری		دامنه آسیب‌پذیری (CI)	آسیب‌پذیری
	تعداد ساختمان	درصد	تعداد ساختمان	درصد		
	۰		۰		۰ - ۰/۲	آسیب‌پذیری خیلی کم
۰/۴	۸۸	۰/۱۷	۳۸	۰/۲۳	۰/۲ - ۰/۴	آسیب‌پذیری کم
۷۳/۶۶	۱۵۹۸۸	۳۱/۲۹	۶۷۹۱	۴۲/۳۷	۰/۴ - ۰/۶	آسیب‌پذیری متوسط
۲۵/۹۳	۵۶۳۰	۱۹/۵۹	۴۲۵۳	۶/۳۴	۰/۶ - ۰/۸	آسیب‌پذیری زیاد
۰/۰۱	۲		۰	۰/۰۱	۰/۸ - ۱	آسیب‌پذیری خیلی زیاد



شکل ۳- آسیب‌پذیری کلی مسکن شهری منطقه ۹

ناحیه ۲، ۵۱/۰۲ درصد ساختمانها در درجات آسیب بین صفر و یک قرار می‌گیرند که در منطقه ۹۹/۹۱ درصد مسکن منطقه را شامل می‌شود و ۰/۰۹ درصد از مسکن منطقه نیز در درجات آسیب بین یک تا دو واقع می‌شوند. در سناریوی ۸ مرکالی نیز در ناحیه ۱، ۴۳/۸۹ درصد و در ناحیه ۲، ۳۵/۴۱ درصد ساختمانها در درجات آسیب بین صفر و یک قرار می‌گیرند، که در منطقه ۷۹/۳ درصد مسکن منطقه را شامل می‌شود و نیز ۵/۰۳ درصد از مسکن ناحیه ۱ و ۱۵/۶۲۶ درصد از مسکن ناحیه ۲، که در کل منطقه ۲۰/۶۵۶ درصد ساختمانها خواهد شد، در درجات آسیب بین یک تا دو واقع می‌شوند، همچنین ۰/۰۳۴ درصد ساختمانهای منطقه نیز در درجات آسیب بیشتر از ۲ قرار می‌گیرند.

سپس برای ارزیابی سناریوی زلزله در شدتهای مختلف، که در آن میزان آسیب وارده به ساختمانها در شدتهای مختلف زلزله برای گروههای مختلف ساختمانی بررسی می‌شود، از رابطه (۱۱) استفاده نموده و درجه آسیب وارده به ساختمانهای منطقه ۹ شهرداری تهران در سه شدت ۶ و ۷ و ۸ مرکالی، مورد ارزیابی قرار گرفته، که نتایج حاصل از این کار در جدول (۵) مشاهده می‌شود. بررسی جدول حاکی از آن است که در شدت ۶ مرکالی در ناحیه ۱، ۴۸/۹۵ درصد و در ناحیه ۲، ۵۱/۰۵ درصد ساختمانها در درجات آسیب بین صفر و یک قرار می‌گیرند، که در منطقه ۱۰۰ درصد مسکن منطقه را شامل می‌شود. در سناریوی ۷ مرکالی در ناحیه ۱، ۴۸/۸۹ درصد و در

جدول ۵- توزیع آماری آسیب وارده به مسکن شهری منطقه ۹ در مدل تاسیس فازی

ناحیه	تعداد ساختمان	درصد ساختمان	سناریوی ۶ مرکالی			درجات آسیب	درصد ساختمان	سناریوی ۷ مرکالی		سناریوی ۸ مرکالی	
			تعداد	درصد	تعداد			درصد	تعداد	درصد	تعداد
ناحیه ۱	۱۰۶۲۶	۴۸/۹۵	۱۰۶۲۶	۴۸/۹۵	۱۰۶۱۴	۴۸/۸۹	۹۵۲۸	۴۳/۸۹	۰-۱	۵/۰۳	
					۱۲	۰/۰۶	۱۰۹۲	۵/۰۳	۱-۲	۰/۰۳	
							۶	۰/۰۳	بیشتر از ۲		
ناحیه ۲	۱۱۰۸۲	۵۱/۰۵	۱۱۰۸۲	۵۱/۰۵	۱۱۰۷۶	۵۱/۰۲	۷۶۸۷	۳۵/۴۱	۰-۱	۱۵/۶۲۶	
					۶	۰/۰۳	۳۳۹۴	۰/۰۳	۱-۲	۰/۰۰۴	
							۱	۰/۰۰۴	بیشتر از ۲		
مجموع	۲۱۷۰۸	۱۰۰	۲۱۷۰۸	۱۰۰	۲۱۷۰۸	۱۰۰	۲۱۷۰۸	۱۰۰			

## ۴- نتیجه‌گیری

منطقه‌ای بدون ارتباط با خصوصیات انسانی آن منطقه نیست و انعکاسی از رفتار انسان و شیوه مدیریت انسانی آن منطقه است، چرا که ساخت و ساز و اجرای اصول مهندسی در ساختمان به نظرات و تفکرات و شیوه مدیریت انسان بستگی دارد، پس در هر تحقیقی بایستی مدل‌های مورد استفاده با شرایط منطقه مورد مطالعه سازگاری داشته باشند، که در تحقیق انجام شده توسط جایکا برای شهر تهران، این مورد در نظر گرفته نشده است و آنها از منحنی‌های شکستی که توسط توکلی‌ها (۱۹۹۳) برای رودبار و منجیل تهیه شده بود، برای شهر تهران استفاده نموده و آنرا مبنای کار خود قرار دادند، به همین دلیل می‌توان گفت که نتایج آنان نمی‌تواند چندان قابل اطمینان باشد، که در این راستا استفاده از نظرات مختلف کارشناسانی که با شهر و ساختمان و زلزله در ارتباط هستند و در تعیین معیارها و وزن‌دهی به آنها می‌توانند

مدلهای زیادی جهت تحلیل و ارزیابی آسیب-پذیری شهرها در برابر زلزله ارائه شده است و تحقیقات مختلفی نیز چه در داخل و چه در خارج کشور صورت گرفته است. در کارهای که در داخل کشور صورت گرفته است بررسی آسیب در پهنه‌های کوچک انجام نگرفته است، که برای مثال می‌توان به پروژه جایکا (۱۳۸۰) اشاره کرد که در قالب حوزه‌های آماری آسیب‌پذیری را بررسی نموده است. مبحث دیگر اینکه در دنیای امروز با توجه به اینکه با عدم قطعیت و اطمینان در زمینه‌های مختلف روبرو هستیم و بسیاری از متغیرهای مربوط به مسایل موجود در دنیای واقعی، متغیرهای کیفی و زبانی هستند، بنابراین، در این گونه مسایل بهتر است از مدل‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده گردد، که در پژوهش‌های انجام شده مشاهده نمی‌شود. بدون شک آسیب‌پذیری هر



## ۵- پیشنهادها و راهبردها

۵-۱- ایجاد یک بانک اطلاعاتی منظم سیستم اطلاعات جغرافیایی از منطقه و شهر تهران و نیز سایر شهرها و مناطق کشور، تا با در دسترس بودن این اطلاعات بتوان در هر زمانی به بررسی مناطق مختلف با توجه به اهداف مدنظر در ارتباط با کار مورد نظر پرداخت؛

۵-۲- بررسی آسیب‌پذیری سایر مناطق شهری تهران و نیز سایر مناطق زلزله خیز کشور در برابر زلزله، تا با آگاهی نسبت به آسیب‌پذیر بودن این مناطق اقدامات لازم را در زمینه کاهش آسیب‌پذیری این مناطق انجام داد؛

۵-۳- طراحی نرم افزاری برای انجام تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله بر مبنای مدل ارزیابی شده در این تحقیق.

## منابع

احدنژاد، محسن، (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعه موردی شهر زنجان، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری به راهنمایی مهدی قرخلو، دانشگاه تهران.

آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا)، (۱۳۸۰)، پروژه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ.

اصغرپور، محمدجواد، (۱۳۸۷)، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران.

بحرینی، حسین، اشراق جهرمی، رضا، کریمی، امیر، دواجی‌لنگرودی، مجید، صالحی، اسماعیل، مهدی پور توانا ابراهیم، قلیچ‌خانی حسنتقی، (۱۳۷۵)،

موثر باشند و نتایج را مطمئن‌تر نمایند، می‌تواند مفید باشد، که در کارها و تحقیقات انجام شده مورد توجه قرار نگرفته است. مطلب دیگر بررسی آسیب‌پذیری در شدت‌های مختلف زلزله است که این مورد نیز در تحقیقات انجام گرفته در کشور معمولاً کمتر مشاهده شده است.

در این تحقیق تمامی موارد ذکر شده مدنظر بوده و بررسی آسیب‌پذیری منطقه به صورت جزئی و برای هر واحد ساختمانی درجه آسیب بدست آمده و در شدت‌های مختلف زلزله بررسی شده است. با توجه به اینکه در بسیاری از موارد با عدم اطمینان روبرو هستیم، از مدل فازی در برآورد آسیب‌پذیری استفاده شده است. جهت بررسی سازگاری مدل با منطقه نیز از نظرات کارشناسان سه گروه عمران (سازه)، عمران (خاک و پی) و برنامه‌ریزی شهری در وزن دهی به معیارها استفاده شد. نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS Fuzzy نشان داد که منطقه آسیب‌پذیر است و مدل TOPSIS Fuzzy هم توانایی لازم در بررسی آسیب‌پذیری را دارد، نیز با استفاده از معیارهای مورد استفاده می‌توان به ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه پرداخت. پس با توجه به نتایج بدست آمده، فرضیه‌های مورد نظر در این پژوهش درست بوده، یعنی مدل TOPSIS Fuzzy توانایی لازم در بررسی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه را دارد و نیز با استفاده از معیارهای مورد استفاده می‌توان به ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه پرداخت.

مسائل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی  
واحد صنعتی امیرکبیر.

عزیزی، محمدمهدی، اکبری، رضا، (۱۳۸۷)، ملاحظات  
شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از  
زلزله، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، ۳۶-۲۵.

زنگی‌آبادی، علی، محمدی، جمال، صفایی، همایون و  
قائدرحمتی، صفر، (۱۳۸۶)، تحلیل شاخص‌های  
آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله  
(نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان)، جغرافیا و  
توسعه، شماره ۱۲، ۷۹-۶۱.

مهندسین مشاور معماری و شهرسازی آمود، (۱۳۸۵)،  
گزارش طرح تفصیلی منطقه ۹ شهرداری تهران.

Chen, TY., & Tsao, CY. (2008). the  
interval-valued fuzzy TOPSIS method  
and experimental analysis, *Fuzzy Sets  
and Systems* 159, 1410 – 1428.

Ebert, A., Kerle, N., & Stein, A. (2009).  
Urban social vulnerability assessment  
with physical proxies and spatial metrics  
derived from air- and spaceborne  
imagery and GIS data, *Nat Hazards* 48,  
275-294

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.

برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز  
نمونه شهرهای منجیل، لوشان و رودبار، انتشارات  
بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (مرکز مطالعات مقابله  
با سوانح طبیعی).

قدسی پور، سیدحسن، (۱۳۸۷)، "فرایند تحلیل سلسله  
مراتبی" انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ  
پنجم، تهران.

حاتمی‌نژاد، حسین، فتحی، حمید و عشق‌آبادی فرشید،  
(۱۳۸۸)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در  
شهر، نمونه موردی: منطقه ۱۰ شهر تهران، نشریه  
پژوهشهای جغرافیایی انسانی، شماره ۶۸، ۱-۲۰.

کوره‌پزان دزفولی، امین، (۱۳۸۷)، اصول تئوری  
مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی

Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A.  
(2009). Vulnerability index and capacity  
spectrum based methods for urban  
seismic risk evaluation. A comparison,  
*Nat Hazards* 51:501-524

Tang, A., & Wen, A. (2009). an intelligent  
simulation system for earthquake  
disaster assessment, *Computers &  
Geosciences* 35, 871- 879

Tavakoli, B. & Tavakoli, S. (1993).  
Estimating the Vulnerability and Loss  
functions of Residential Buildings,  
*Journal of the International Society for  
the Presentational Mitigation of Natural  
Hazard* 7(2)

UNDP. (2004). Reducing Disaster Risk, A  
Challenge for Development.

# The Vulnerability Assessment of Urban Housing in Earthquake against (A Case Study: 9th district of Tehran municipality)

M. Farajzadeh. M. Ahadnezhad. J. Amini

Received: 15 September 2010 / Accepted: 1 February 2011, 4-6 P

## Extended abstract

### 1- Introduction

Tectonic features of the Iran, has raised the earthquake as one of the most destructive causes of destruction of human life. Historical review shows that large areas of Iran have been suffered by natural disasters and caused heavy human and financial loss. Because of this important issue it is needed to reduce earthquake vulnerability. The city of Tehran as one of the largest and most important cities, due to the geographic location of this city on several active faults and historical records of these faults activities can be said to face a massive earthquake in near future, so the 9th district of Tehran municipality, is selected as the study area. In this research TOPSIS Fuzzy model is used to assess and analyze vulnerabilities in the study area, considering different earthquake intensities.

---

M. Farajzadeh (✉)

Associate Professor of Remote Sensing, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran  
e-mail: farajzam@modares.ac.ir

M. Ahadnezhad

Assistant Professor of Geography and Urban Planning, University of Zanjan, Zanjan, Iran

J. Amini

M.A of Remote Sensing, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### 2- Theoretical Bases

Basic concept of TOPSIS is based on the belief that selected options should have lowest distance from positive ideal points and most distance from negative ideal points. Since many of the variables related to the issue in the real world are linguistic and qualitative variables, so in these issues it is better to apply Model Fuzzy Decision Model, such as TOPSIS Fuzzy model, which shows the importance of standards and options performance according to the various characteristics, using fuzzy numbers, instead of integers.

### 3- Discussion

The results of the regions vulnerability assessment used shows that 73.66 percent of buildings in this area have moderate vulnerability, that are the northeast, east and southeast parts of this regions that included a maximum number of housing. Then, assessment of different earthquake intensities, the building damages were evaluated in the intensities of 6 and 7 and 8 Mercalli intensity scale. The results show that in intensity 6 of Mercalli scale, buildings damage in ranked between zero and one. In intensity 7, buildings damage was ranked between one and two and in

intensity 8 buildings damage was ranks higher than two.

#### 4- Conclusion

Many models are presented to analyze and evaluate the seismic vulnerability of cities; and various researches have been done. In those works inside the country the investigated area was not small. Also, in today's world, in many variables related to current issues of real world are qualitative and linguistic. So, in these issues it is better to use fuzzy models. No doubt regional vulnerability is related to human characteristics in that region and a reflection of human behavior and human management practices, because the construction and implementation of engineering principles in construction depend on management comments and thoughts. After so, in any investigation, the applied models should be compatible with the study area conditions.

#### 5- Suggestions

- Create an organized GIS database of cities, analysis of vulnerability of earthquake-prone areas, designing softwares for vulnerability analysis and assessment based on the analyzed model in this study.
- Vulnerability assessment of Tehran and other earthquake-prone regions of the country, to make necessary measures to reduce vulnerability in these areas.

**Keywords:** Vulnerability, Earthquake, District Number 9 of Tehran's City Hall, Intuitionistic Fuzzy, TOPSIS Fuzzy Model.

#### References

- Ahadnejad, M. (2009). Modeling of Urban Vulnerability in Earthquake Against, Case Study Zanzan, Thesis geography and urban planning at steerage gharakhlo, University of Tehran.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (2001). Micro Zoning Project of the Great Tehran.
- Amod Adviser Engineers architecture and Urbanism. (2006). report Plan of formal Region9 Tehran.
- Asgharpor, M. J. (2008). Multiple Criteria Decision Making, University of Tehran Publishing.
- Hataminejad, H., Fathi, H., & Eshghabadi, F. (2009). Criterion Vulnerability Assessment Earthquake about City, Case Study Region10 Tehran, Journal of Researches Human geography, No 68, 1-20.
- Azizi, M. M., & Akbari, R. (2008). Urbanism Regarding about Evaluation Cities Vulnerability from Earthquake, Journal of beautiful Arts, No34, 25-36.
- Chen, Ty., & Tsao, CY. (2008). the interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, Fuzzy Sets and Systems 159, 1410 – 1428.
- Ebert, A., Kerle, N., & Stein, A. (2009). Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air- and spaceborne imagery and GIS data, Nat Hazards 48, 275–294.
- 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.
- Houser, G., & Egenning, P. C. (1993). Risk analysis, First Edition Earthquake Engineering Research Institute. Oakland, USA.
- Koorepazan dezfuli, A. (2008). Principles of Fuzzy Set theory and its Applications in the Modeling of Water Engineering Problems, edition2, Publishing of collegiate jahad unit Amirkabir Industrial.
- Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, Nat Hazards 51:501–524.
- Milutinovic, Z., & Trendafiloski, G. (2003). an advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns, RISK\_UE Contract: EVK4-CT-2000-00014.
- Saaty, T. L. (2008). Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making, RACSAM, VOL. 102 (2).
- Tang, A., & Wen, A. (2009). an intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, Computers & Geosciences 35, 871– 879.

Tavakoli, B., & Tavakoli, S. (1993). Estimating the Vulnerability and Loss functions of Residential Buildings, Journal of the International Society for the Presentational Mitigation of Natural Hazard 7(2).

UNDP. (2004). Reducing Disaster Risk, A Challenge for Development.

Zangiabadi, A., Mohammadi, J., Safaii, H., & Ghaederrahmati, S. (2007). Analysis Vulnerability Indexes urban Settlements against Earthquake risk, Case Study City Settlements Esfahan, Geography and development, No 12, 61-79.