



Vulnerability Assessment of Tehran Municipality District 8 against earthquake

Tooraj dana¹, Bahareh lelahizade², Amirhooman hemmasi³ & Hossein aghamohammadi⁴

- 1- Assistant professor of HSE, Faculty of Environment & Natural Resources Department, Islamic azad university science and research branch, Tehran, Iran. (Corresponding Author)
- 2- Master of Science in HSE, Faculty of Environment & Natural Resources Department, Islamic azad university science and research branch, Tehran, Iran.
- 3- Professor of HSE, Faculty of Environment & Natural Resources Department, Islamic azad university science and research branch, Tehran, Iran.
- 4- Assistant professor of GIS, Faculty of Environment & Natural Resources Department, Islamic azad university science and research branch, Tehran, Iran.

Abstract

Background and objective: This study aims at investigating the vulnerability of areas in the eighth municipal district of Tehran. In this research, the indices of distance from fault, maximum earth acceleration, soil permeability, landslide, liquefaction, population density, land use, ground floor area, type of building materials, and age of buildings were identified, examined, and analyzed statistically.

Methodology: In this study, ARCGIS 11 software was used to extract the information pertaining to the research indices. Then, analytical hierarchy process (AHP) was run and Expert Choice 11 software was utilized to weight the indices in terms of vulnerability. Finally, the vulnerability of the areas was revealed.

Findings: The results of this study showed that distance from fault and population density held the highest importance coefficients and the highest difference was observed in population density index in areas of the Eighth district. The sub-index of population density index in area three with 59.92% took up a large difference with the other two districts.

Conclusion: At the end, the vulnerability map shows that area 3 is the most vulnerable one and a large portion of worn-out contexts exists in this area. In terms of vulnerability, area 3 with the importance coefficient of 51.39, area 1 with the importance coefficient of 27.19, and area 2 with the importance coefficient of 21.42 have taken up the first, second, and third ranks, respectively.

Keywords: vulnerability, earthquake, AHP questionnaire, fault

► **Citation (APA 6th ed.):** Dana T, Lelehizade B, Hemmasi A, Hossein aghamohammadi⁴. (2020, Summer). Vulnerability Assessment of Tehran Municipality District 8 against earthquake. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 10(2), 163-176.

ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ شهرداری تهران در برابر زلزله

تورج دانا^۱، بهاره لاهی‌زاده^۲، امیرهومن حمصی^۳ و حسین آقامحمدی^۴

- ۱- استادیار گروه HSE، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. (نویسنده مسئول) Tooraj_da@yahoo.com
- ۲- کارشناس ارشد HSE، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. Bahareh_lelahi@yahoo.com
- ۳- استاد گروه HSE، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. H_hemmasi@yahoo.com
- ۴- استادیار گروه GIS، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. Hossein.aghamohammadi@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: هدف از نگارش مقاله حاضر بررسی میزان آسیب‌پذیری نواحی منطقه هشت شهرداری تهران می‌باشد. در این پژوهش شاخص‌های فاصله از گسل، شتاب پیشینه‌ی زمین، نفوذپذیری خاک، زمین لغزش، روانگرایی، تراکم جمعیت، کاربری اراضی، مساحت طبقه همکف، نوع مصالح ساختمانی و قدمت ساختمان‌ها مورد شناسایی، بررسی، آنالیز آماری و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

روش: در این مطالعه با استفاده از نرم افزار ۱۰۱۰ ARCGIS اطلاعات شاخص‌های تحقیق استخراج گشته و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و به کارگیری نرم افزار ۱۱ Expert choice، نسبت به وزن‌دهی شاخص‌ها از نظر آسیب‌پذیری، پرداخته شده است. در نهایت ناحیه آسیب‌پذیر تعیین شد.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق نشان داد، شاخص‌های فاصله از گسل و تراکم جمعیت دارای، بیشترین ضریب اهمیت هستند و بیشترین تفاوت در شاخص تراکم جمعیت در نواحی منطقه هشت بود. زیرشاخص تراکم جمعیت در ناحیه سه با درصد ۵۹/۹۲، اختلاف بسیار زیادی با دو ناحیه دیگر دارد.

نتیجه‌گیری: در انتها نقشه آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که ناحیه ۳ آسیب‌پذیرترین ناحیه است و قسمت عمده‌ی بافت‌های فرسوده در این ناحیه وجود دارد. از نظر آسیب‌پذیری ناحیه ۳ با ضریب اهمیت ۵۱/۳۹ در رتبه‌ی اول، ناحیه ۱ با ضریب اهمیت ۲۷/۱۹ در رتبه‌ی دوم و ناحیه ۲ با ضریب اهمیت ۲۱/۴۲ در رتبه سوم قرار دارد.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، پرسشنامه AHP، گسل

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** دانا، تورج؛ لاهی‌زاده، بهاره؛ حمصی، امیرهومن؛ آقامحمدی، حسین. (تابستان، ۱۳۹۹). ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ شهرداری تهران در برابر زلزله. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۱۰ (۲)، ۱۶۳-۱۷۶.

مقدمه

بلایای طبیعی همواره کره زمین را تحت تأثیر قرار داده و سبب آسیب‌های فراوان می‌شود. ایران جزء ۱۰ کشور اول دنیا از نظر وقوع بلایای طبیعی به شمار می‌رود (شبییری، ۱۳۸۹). زلزله به علت غیرقابل پیش‌بینی بودن، اتفاق افتادن در زمان کم، تلفات بالای جانی و مالی و اختلال در توسعه یک شهر، از مهم‌ترین بلایای طبیعی به شمار می‌رود، که در اثر رها شدن سریع بخشی از انرژی ذخیره شده درون زمین و بر اثر شکست و یا حرکت سنگ‌های لایه سطحی زمین ایجاد می‌گردد (صدوق، ۱۳۸۴). لذا می‌توان با اصلاح وضعیت شهرسازی، آسیب‌پذیری شهرها، که تابعی از میزان آمادگی اجتماعی و شخصی برای مواجه شدن با خطر است، در برابر زلزله به میزان زیادی کاهش داد؛ به عبارت دیگر، تنها با هدف قرار دادن ایمنی شهری در برابر زلزله در فرآیند شهرسازی، می‌توان به شهرهایی مقاوم در برابر زلزله دست یافت (عبداللهی، ۱۳۸۳). هدف در این مطالعه ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ شهرداری تهران در برابر زلزله است. برای ارزیابی زلزله در محدوده مورد مطالعه نیاز به شاخص‌هایی است که با توجه به در دسترس بودن اطلاعات انتخاب شده است. اصولاً در مطالعات آسیب‌پذیری به منظور خطر ریسک، مدل جامعی برای کاهش خطر طراحی می‌گردد که در مدل توسعه یافته‌ی زلزله در هر منطقه، بر اساس خطر آسیب‌پذیری و ظرفیت پاسخ می‌باشد (ربات میلی^۱، ۲۰۱۸). برای ارزیابی خطرات زمین‌لرزه با استفاده از روش شبه استاتیک نیومارک همراه با یک روش احتمالات انجام شده است. هدف اجرایی مدل، کمی کردن ریسک ناشی از این نوع مخاطره است (وگا و هیدالگو^۲، ۲۰۱۶). در مطالعات دیگر برای ارزیابی آسیب‌پذیری پرسشنامه به صورت میدانی تکمیل و ورود اطلاعات به نرم افزار آماری^۳ SPSS مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است (نوروزی و فرهادی، ۱۳۹۶). براساس مطالعات دیگر، یک مدل خودکار اتوماتیک سلولی با توجه به ادراکات ذهنی در طی زلزله پیشنهاد شده است. در این مطالعه حداقل زمان تخلیه با محدوده مناسب با پروتکل استحکام مرتبط و تنظیم دستورالعمل تخلیه‌ی افراد در طبقه‌های مختلف می‌تواند کارایی تخلیه را افزایش دهد.

در این مطالعه شبیه‌سازی، روش تخلیه انجام شده در یک اتاق و یک ساختمان کامل، اثرات پارامترهای مدل، الویت تخلیه و پله‌های فروپاشی را مورد بررسی قرار داده شده است (شهماری تردجانی و شهبازی، ۱۳۹۷). در تحقیقات مشابه سناریوها، پیشنهادات عملیاتی برای مناطق آسیب‌پذیری زلزله و پیشنهادات برنامه‌ریزی برای احیای قلمرو بر اساس مدل اقتصادی و اجتماعی استفاده شده است (بدینی و برونزینی^۴، ۲۰۱۸). اما در مطالعه‌ی حاضر از روش‌های فوق استفاده نشده است. در پژوهشی مشابه، شاخص مؤثر بر رخداد زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، گروهی امتیازدهی و مقایسه زوجی شده‌اند و پس از تدوین نقشه پهنه‌های مستعد زمین لغزش، آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، ابنیه، تجهیزات و تسهیلات شهری در برابر این سانحه ارزیابی شد (اسدی، شرقی، عاطفی، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای دیگر بر مبنای مدل طراحی شده، معیارهای لازم به منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری تعیین و براساس معیارهای یاد شده، منطقه شش تهران به تفکیک محله‌های مسکونی مورد بررسی قرار داده‌اند. سنجش میزان آسیب‌پذیری محلات مسکونی مورد بررسی، بر مبنای مقدار استخراج شده برای معیارهای ارزیابی و با استفاده از روش AHP صورت گرفت (طیبیان و مظفری، ۱۳۹۷). برای ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه ۹ تهران، ۱۰ عامل مؤثر بر آسیب‌پذیری تحت عنوان وزنی و فازی سازی در برابر زلزله به کار گرفته شد، و با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی فازی، لایه‌های منتخب در محیط GIS تشکیل شده و در نهایت، نقشه‌برداری آسیب‌پذیری عمومی برای منطقه تهیه شده است (نظم فر، علوی، عشقی، فیض‌زاده، ۲۰۱۹). در مطالعه‌ی دیگر، یک رویکرد یکپارچه برای ارزیابی آسیب‌پذیری ماکروسیالیسم متشکل از روش‌های داده کاوی و فناوری GIS چین ارائه شده است. نقشه‌های خطر لرزه‌ای از طریق داده‌های متشکل از آسیب مستقیم به ساختمان‌ها و تلفات انسانی ساخته شد. نتایج نشان داد که این دو روش داده کاوی می‌توانند هنگام برآورد آسیب‌پذیری لرزه‌ای، به دقت و ثبات مطلوب دست یابند (لیو، لی، وی، و فیو^۵، ۲۰۱۹). در نمونه‌ای دیگر جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به ضریب و تأثیر متفاوت هم‌جواری هر یک از معیارها

1. Robat mili & et al

2. Vega & Hidalgo

3. Statistical package for social science

4. Bedini & Bronzini

5. Liu & Li & Wei & Fu

وزن دهی آنها، نسبت به تعیین محله آسیب پذیرتر اقدام کرده اند. متد تاپسیس، محله سعادت آباد را آسیب پذیرتر از محله دریا نشان داده است. علت برتری در استحکام محله دریا تفاوت های بسیار ناچیز در اکثر شاخص های آسیب پذیری، عمدتاً تفاوت در شاخص تعداد طبقات و عرض معابر دسترسی، برآورد شده است، و در آخر راهکارهای مدیریتی را ارائه کرده اند (دانا و صولت قشقایی، ۱۳۹۵). در این مقاله از روش تاپسیس برای رتبه بندی استفاده نشده است. در پایان با اطلاعات استخراج شده از نقشه پهنه بندی آسیب پذیری، رتبه بندی صورت گرفته است. خاتسو به بررسی زلزله، زمین لغزش و آتش گرفتگی پرداخته و در نهایت نقشه مخاطرات طبیعی منطقه را تهیه و ارائه نموده است. وی در این تحقیق، داده های مورد نیاز از قبیل مشخصات سازه های ساختمان ها، تراکم جمعیت و ساختمان ها، توپوگرافی منطقه را از طریق عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای، مشاهدات زمینی و نقشه های پایه موجود را جمع آوری و براساس آنها به تهیه نقشه خطر زلزله پرداخته است. خطر زمین لغزش و خطر آتش سوزی با روی هم گذاری نقشه ها از سه خطر طبیعی، نقشه نهایی مخاطرات را ارائه نموده است. نهایتاً میزان آسیب پذیری ساختمان ها و جمعیت داخل آنها را برای تک تک نقشه ها و نیز نقشه نهایی محاسبه نموده است. (خاتسو، ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر برای اطمینان از دقت بیشتر از روش AHP استفاده شده است.

با توجه به شاخص های در دسترس و جستجو در سایت های مرجع دانش، تاکنون مطالعاتی در منطقه ۸ تهران از نظر زلزله کار نشده، مطالعات کلی انجام گرفته شده ولی به تفکیک کاری انجام نشده است. روش پژوهش، توصیفی-تحلیلی است و در ابتدا محدوده مورد مطالعه تحت بررسی قرار گرفت. برای این منظور نقشه های رقومی شده منطقه ی ۸ شهرداری تهران استخراج گردید. سپس شاخص های اصلی و فرعی تحقیق با استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان مشخص شد. در ادامه از نرم افزار ArcGIS ۱۰ استفاده شده است. بدین منظور، تعداد پنج نفر از متخصصان به عنوان گروه خبرگان تحقیق انتخاب گردید، سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی درختواره تعیین هدف، شاخص ها و گزینه، ترسیم و

در آسیب پذیری، از روش وزن دهی چند متغیره AHP- Fuzzy برای تعیین مراتب وزنی استفاده کردند. سپس اصول و معیارهای هم جواری مد نظر استخراج و شناسایی، با استفاده از نرم افزار GIS نقشه های هم جواری را برای ارزیابی آسیب پذیری محدوده ی مورد مطالعه تهیه کردند (ابدالی، حاتمی نژاد، پوراحمد، زیاری، ۱۳۹۸). در نمونه های مورد بررسی دیگر، مدل مفهومی کاربردی نقشه ی ' GIS که یک سیستم یارانه ای برای دریافت، ذخیره سازی، بررسی و نمایش داده های مرتبط با داده های روی سطح زمین است، گسل تهران نمودار ارزیابی برای کاهش اثرات زمین لرزه احتمالی در شهر تهران ارائه گردیده است (صدیقی ممان و آزاد بخت، ۱۳۹۷). همانند پژوهش های فوق در مطالعه حاضر تمام شاخص ها با استفاده از GIS مورد بررسی قرار گرفته اند. در مطالعات مرتبط با زلزله، استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی برای مشخص کردن محدوده ی آسیب پذیر، راه مناسبی می باشد (زیاری و داراب خوانی، ۱۳۸۹). در این تحقیق نیز از این روش استفاده شده و با استفاده از این روش و نرم افزار Expert choice ۱۱ ناحیه آسیب پذیر در منطقه مورد مطالعه مشخص شده است. هدف در این مقاله، رتبه بندی و شناسایی ناحیه آسیب پذیر با استفاده از نقشه های GIS و پرسشنامه AHP است و در انتها به راهکارهای مدیریتی برای کاهش آسیب پذیری پرداخته شده است. سوالاتی که در این پژوهش به دنبال آنها هستیم عبارتند از: شاخص های آسیب پذیری محدوده ی مورد مطالعه و چگونگی تبدیل آن از حالت کیفی به کمی. وضعیت مقابله منطقه ۸ تهران در هنگام وقوع زلزله، کدام شاخص آسیب پذیری، الویت بیشتری دارد؟. میزان آسیب پذیری نواحی منطقه در خصوص زلزله و در نهایت در جهت کاهش آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه، چه راهکارهایی سودمند است؟. فرض بر این است که تراکم جمعیت بیشترین و نوع مصالح ساختمانی کمترین میزان آسیب پذیری را در این منطقه دارند.

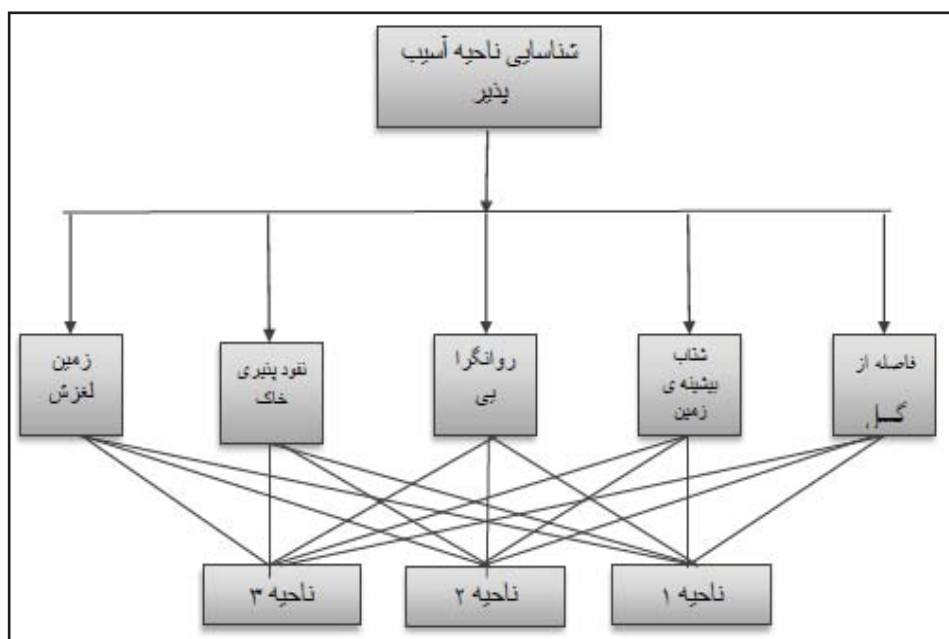
روش

(دانا و صولت قشقایی، ۱۳۹۵) در پژوهشی با استفاده از روش TOPSIS با وزن دهی هفت شاخص اصلی، تعیین زیرشاخص ها و

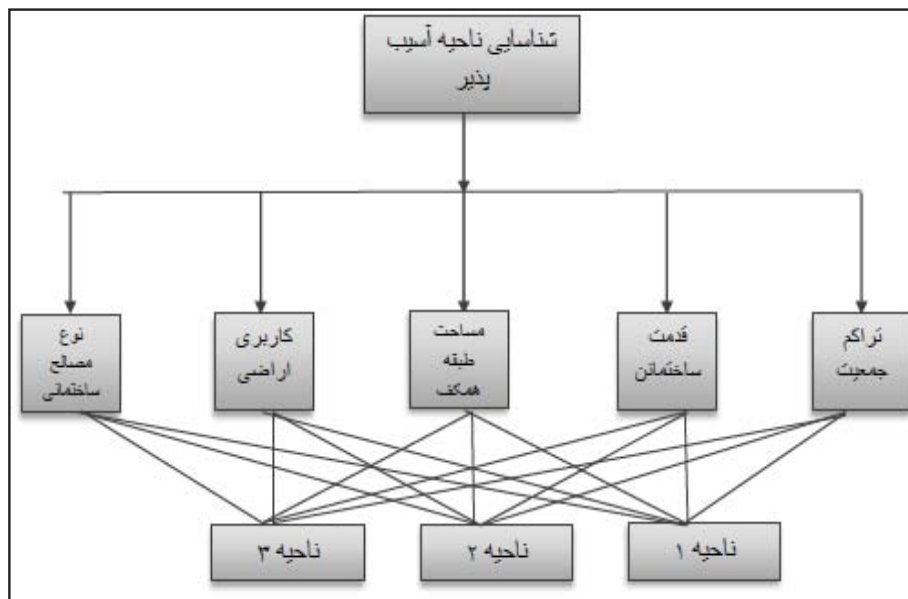
که در اختیار فرد محقق قرار می‌دهد، در پرسشنامه AHP از نظر خبرگان استفاده شده که قطعیت کار را بسیار بالا می‌برد؛ موارد فوق دلیل اتخاذ این روش تحقیق می‌باشد. پژوهش حاضر در منطقه ۸ تهران که در شرق تهران و در دامنه شیب ملایم رشته کوه البرز در شمال کوه‌های سه‌تپه در شرق تهران قرار گرفته، انجام شده است. به طور کلی، از لحاظ تقسیمات شهرداری، منطقه هشت در وضع موجود از سمت شمال و شمال شرقی به منطقه ۴، از جنوب به منطقه ۱۳ و از سمت غرب به منطقه ۷ منتهی می‌شود. این منطقه دارای ۳ ناحیه و ۲۰ محله است که تهرانپارس جنوبی، ناحیه ۱ و نارمک مرکزی، ناحیه ۲ و مجیدیه و وحیدیه ناحیه ۳ هستند. بازه زمانی پژوهش حاضر ۶ ماهه است.

در این مطالعه ابتدا تمام شاخص‌ها تعریف شد. لذا با توجه به در دسترس نبودن یک سری شاخص‌های اصلی پژوهش، و با توجه به اطلاعات (دیتا) در دسترس شاخص‌های مورد مطالعه، به دو دسته‌ی انسان ساخت و زمین ساخت تقسیم شده است. شاخص‌های انسان ساخت عبارتند از: کاربری اراضی، تراکم جمعیت، قدمت ساختمان‌ها، نوع مصالح ساختمانی و مساحت طبقه همکف. شاخص‌های زمین ساخت عبارتند از: فاصله از گسل، روانگرایی، شتاب بیشینه زمین، زمین‌لغزش و نفوذپذیری خاک. که در تصاویر ۱ و ۲ ارائه شده است.

مورد تایید خبرگان قرار گرفت. در ادامه ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مربوطه ترسیم و قابلیت اطمینان آن با استفاده از آزمون کرونباخ محاسبه گردید. سپس با دریافت نظر گروه خبرگان مقادیر کمی شاخص‌ها تعیین گردید و با استفاده از نرم افزار «Expert choice»، ضریب اهمیت شاخص‌ها معین شد. در مرحله بعد ضریب اهمیت زیرشاخص‌های تحقیق با مقایسه وضعیت هر کدام از زیرشاخص‌ها در نقشه‌های رقومی شده مشخص شد. درخصوص تعیین درصد آسیب‌پذیری هر زیرشاخص نیز از نقشه‌های رقومی شده محلات استفاده گردید. با توجه به نقشه‌ی GIS پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه‌ی مورد مطالعه، نواحی از نظر آسیب‌پذیری رتبه‌بندی شده است. در انتها به بحث و نتیجه‌گیری از یافته‌های تحقیق و ارائه دستاوردهای مدیریتی در جهت کاهش پیامد زلزله در سه ناحیه پرداخته شد. در تجزیه و تحلیل مسائل شهری و زلزله میبایست به طور همزمان حجم انبوهی از متغیرهای مکانی در نظر گرفته شده و تصمیم‌گیری‌ها بر اساس ارزش و وزن هر یک از آنها اتخاذ گردد. لذا در جهت بهینه‌سازی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، استفاده از ابزار تحلیل‌گری مانند GIS که بتواند حجم انبوهی از داده‌های مکانی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، ضروری می‌باشد (حبیبی و کوهساری، ۱۳۸۶)، استفاده از GIS قبل، حین و بعد از وقوع بحران از طریق اطلاعات دقیقی



تصویر ۱: درختواره تحلیل سلسله مراتبی شاخص‌های زمین ساخت



تصویر ۲: درختواره تحلیل سلسله مراتبی شاخص های انسان ساخت

۲۸۰۰، ۳۶۰۰-۳۲۰۰ و بیشتر از ۳۶۰۰ متر.
 زیرشاخص های شتاب بیشینه زمین (PGA): ۰/۱-۰/۱۵، ۰/۱-۰/۱۵، ۰/۱۵-۰/۲، ۰/۲-۰/۲۵، ۰/۲۵-۰/۳، ۰/۳-۰/۳۵، ۰/۳۵-۰/۴، ۰/۴-۰/۴۵، ۰/۴۵-۰/۵، بیشتر از ۰/۵ g (ضریبی از شتاب زمین).
 زیرشاخص های روانگرایی: خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد.
 زیرشاخص های زمین لغزش: پرخطر، کم خطر و خطر متوسط.
 زیرشاخص های نفوذپذیری بر حسب نوع خاک عبارتند از: D۱ و D۲، BN، C و AR.

شاخص های انسان ساخت:

زیرشاخص های کاربری اراضی: بایر ساخته نشده، سایر، فضای سبز، حمل و نقل و انبار، نظامی، صنعتی و کارگاهی، تجاری و اداری، مسکونی و خدمات شهری.
 زیرشاخص های نوع مصالح ساختمانی: اسکلت فلزی-بتنی (خطر کم)، آجری-بلوک سیمانی (خطر متوسط) و خشت و چوب (خطر زیاد).
 زیرشاخص های قدمت ساختمان ها: به ۲۰-۱ سال (خطر کم)، ۲۰-۴۰ سال (خطر متوسط) و بیشتر از ۴۰ سال (خطر زیاد).
 زیرشاخص های مساحت طبقه همکف: ۲۵۰-۵۰۰ مترمربع، ۵۰۰-۲۵۰ مترمربع و بیش از ۵۰۰ مترمربع.
 زیرشاخص های تراکم جمعیت: ۱۵۰-۱۰ (خطر کم)، ۱۵۰-۲۵۰ (خطر متوسط)، ۲۵۰-۳۵۰ (خطر زیاد)، بیشتر از ۳۵۰ نفر در هر هکتار (خطر خیلی زیاد).

برای اولویت بندی شاخص های اصلی و تعیین وزن آنها، پرسشنامه ی AHP^۱ مربوط به پژوهش طراحی گردید. قابلیت اطمینان پرسشنامه با مقدار کمی ۰/۷۶، با استفاده از آزمون کرونباخ محاسبه شد و نشان دهنده ی قابلیت اطمینان و پایایی پرسشنامه است. این پرسشنامه برای ۲۰ نفر ارسال شد و آیت های پرسشنامه به تأییدشان رسید که نشان دهنده ی روایی پرسشنامه می باشد.

یافته ها

در مرحله اول، اطلاعات حاصل از نقشه های GIS که شاخص های اصلی تحقیق هستند، مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد، داده ها وزن دهی شده و به عنوان زیرشاخص در نظر گرفته شدند، سپس شاخص ها با استفاده از نرم افزار Expert choice از نظر آسیب پذیری رتبه بندی شدند. در انتها نقشه ی آسیب پذیری نمایش داده می شود. در این مرحله ضریب اهمیت زیرشاخص های تحقیق با مقایسه وضعیت هر کدام از زیرشاخص ها در نقشه های رقومی شده تعیین گردید و در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

شاخص های اصلی در این پژوهش به دو دسته ی انسان ساخت و زمین ساخت تقسیم شده است که زیرشاخص های هر یک به شرح زیر است.

شاخص های زمین ساخت:

زیرشاخص های فاصله از گسل: ۰-۴۰۰، ۴۰۰-۸۰۰، ۸۰۰-۱۲۰۰، ۱۲۰۰-۱۶۰۰، ۱۶۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۴۰۰، ۲۴۰۰-۲۸۰۰، ۲۸۰۰-۳۲۰۰.

1. Analytical hierarchy process

جدول ۱: درصد زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری انسان ساخت استخراج شده از نقشه‌های GIS

ردیف	شاخص‌های اصلی	زیرشاخص‌ها	درصد	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳
۱	کاربری اراضی	بایر-ساخته نشده	۱۰	۰/۵	۱/۸۵	۱/۰۵
		سایر	۲۰	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۲۳
		فضای سبز	۳۰	۸/۵	۵/۴	۵/۸۲
		حمل‌ونقل و انبار	۵۰	۲/۱۵	۲/۴۳	۲/۳۰
		نظامی	۶۰	۱/۳۱	۰/۲	۲/۰۳
		صنعتی-کارگاهی	۷۰	۱۱/۱۴	۲/۱۶	۲/۵۱
		تجاری و اداری	۸۰	۳/۱۵	۲/۱	۰/۴۵
		مسکونی	۹۰	۶۹/۳۹	۷۸/۰۵	۸۲/۳۸
		خدمات شهری	۱۰۰	۳/۱۳	۷/۱۲	۳/۲۳
۲	نوع مصالح ساختمانی	اسکلت فلزی -اسکلت بتنی	۱۰	۸۱/۷۵	۴۴/۳۲	۳۲/۲۴
		آجری، بلوک سیمانی-چوبی، سنگ و چوب	۵۰	۱۳/۴۲	۴۷/۰۵	۳۰/۲۸
		خشت و گل -خشت و چوب	۱۰۰	۴/۸۳	۸/۶۳	۳۷/۴۸
۳	قدمت ساختمان‌ها	۱-۲۰ سال	۱۰	۷۸/۵۲	۸۸/۴۶	۶۳/۴۹
		۲۰-۴۰ سال	۵۰	۱۷/۳۶	۴/۲۵	۱۲/۳۷
		بیشتر از ۴۰ سال	۱۰۰	۴/۱۲	۷/۲۹	۲۴/۱۴
۴	مساحت طبقه همکف	۰-۲۵ m ^۲	۱۰۰	۶۴/۲۱	۷۹/۵۳	۸۹/۴۲
		۲۵۰-۵۰۰ m ^۲	۵۰	۲۹/۳۰	۷/۶۶	۴/۲۲
		بیشتر از ۵۰۰ m ^۲	۱۰	۶/۴۹	۱۲/۸۱	۶/۳۶
۵	تراکم جمعیت	۰-۱۵۰ نفر در هکتار	۱۰	۶۵/۳۴	۱۹/۲۱	۷/۳۰
		۱۵۰-۲۵۰ نفر در هکتار	۵۰	۲۳/۴۲	۴۲/۳	۱۰/۸۱
		۲۵۰-۳۵۰ نفر در هکتار	۸۰	۱۱/۲۴	۳۱/۴۱	۲۱/۹۲
		بیشتر از ۳۵۰ نفر در هکتار	۱۰۰	۰	۷/۰۸	۵۹/۹۲

جدول ۲: درصد زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری زمین ساخت استخراج شده از نقشه‌های GIS

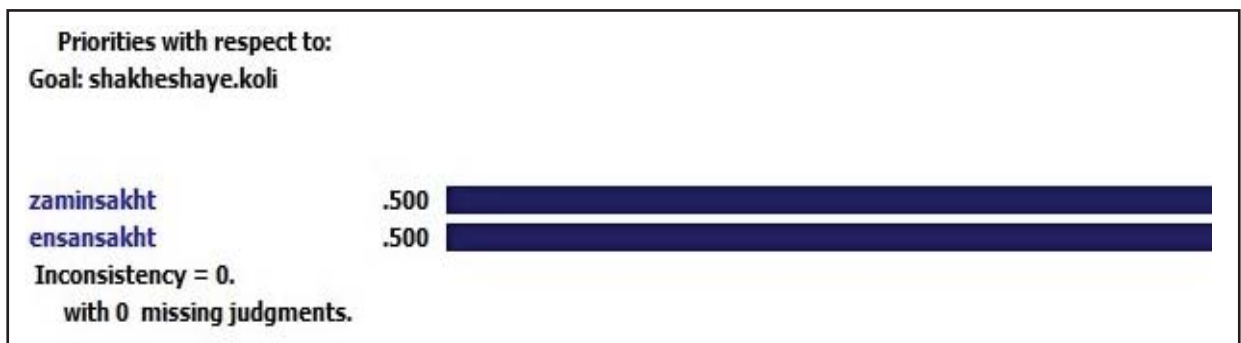
ردیف	شاخص‌های اصلی	زیرشاخص‌ها	درصد	ناحیه ۱ (درصد)	ناحیه ۲ (درصد)	ناحیه ۳ (درصد)
۱	فاصله از گسل	۰-۴۰۰ متر	۱۰۰	۰	۰	۰/۱۹
		۴۰۰-۸۰۰ متر	۹۰	۰/۸۴	۰	۵/۹۲
		۸۰۰-۱۲۰۰ متر	۸۰	۲۴/۱۳	۰	۱۴/۴۵
		۱۲۰۰-۱۶۰۰ متر	۷۰	۲۸/۷۵	۰	۱۹/۸
		۱۶۰۰-۲۰۰۰ متر	۶۰	۲۷/۲۴	۰/۱۶	۲۲/۲۰
		۲۰۰۰-۲۴۰۰ متر	۵۰	۱۶/۰۲	۳۲/۰۶	۲۷/۰۳
		۲۴۰۰-۲۸۰۰ متر	۴۰	۳/۰۲	۶۷/۷۸	۱۰/۰۴
		۲۸۰۰-۳۲۰۰ متر	۳۰	۰	۰	۰/۰۲۴
		۳۲۰۰-۳۶۰۰ متر	۲۰	۰	۰	۰/۰۵۳
		بیشتر از ۳۶۰۰ متر	۱۰	۰	۰	۰/۰۲۳



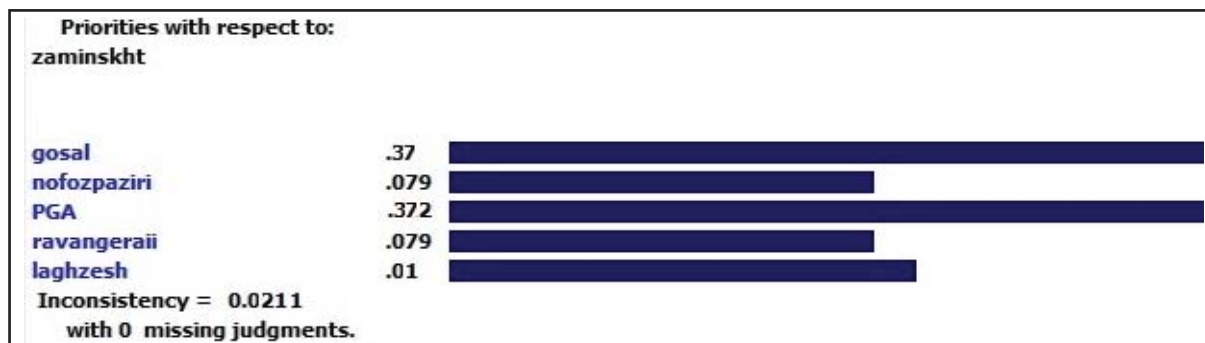
۰	۰	۰	۱۰	۰-۰/۱	شتاب پیشینه زمین	۲
۰	۰	۰	۲۰	m/s ² ۰/۱-۰/۱۵		
۰	۰	۶۷/۳۷	۳۰	m/s ² ۰/۱۵-۰/۲		
۰	۰	۰	۴۰	m/s ² ۰/۲۵-۰/۲		
۱۰۰	۱۰۰	۳۱/۶۳	۵۰	m/s ² ۰/۲۵-۰/۳		
۰	۰	۰	۶۰	m/s ² ۰/۳-۰/۳۵		
۰	۰	۰	۷۰	m/s ² ۰/۳۵-۰/۴		
۰	۰	۰	۸۰	m/s ² ۰/۴-۰/۴۵		
۰	۰	۰	۹۰	m/s ² ۰/۴۵-۰/۵		
۰	۰	۰	۱۰۰	m/s ² ۰/۵ بیش از		
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰	کم خطر	روانگرایی	۳
۰	۰	۰	۵۰	خطر متوسط		
۰	۰	۰	۱۰۰	خطر زیاد		
۱۰۰	۱۰۰	۲۵/۶۶	۱۰۰	D ₂ , D ₁	نفوذپذیری	۴
۰	۰	۷۴/۳۴	۸۰	C		
۰	۰	۰	۵۰	BN		
۰	۰	۰	۱۰	A,R		
۸۳/۶۱	۹۳/۸۳	۱۰۰	۱۰	کم خطر	زمین لغزش	۵
۱۶/۳۹	۶/۱۷	۰	۵۰	خطر متوسط		
۰	۰	۰	۱۰۰	خطر زیاد		

نظرات ۵ نفر از خبرگان در مورد پرسشنامه تهیه شده‌ی تحقیق دریافت شد. برای تعیین وزن شاخص‌های اصلی و داده‌های آماری از نرم افزار ۱۱ Expert choice استفاده شده است. حاصل این تحلیل به دست آوردن ضریب شاخص‌های مؤثر و مورد استفاده در آسیب پذیری ناشی از زلزله‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

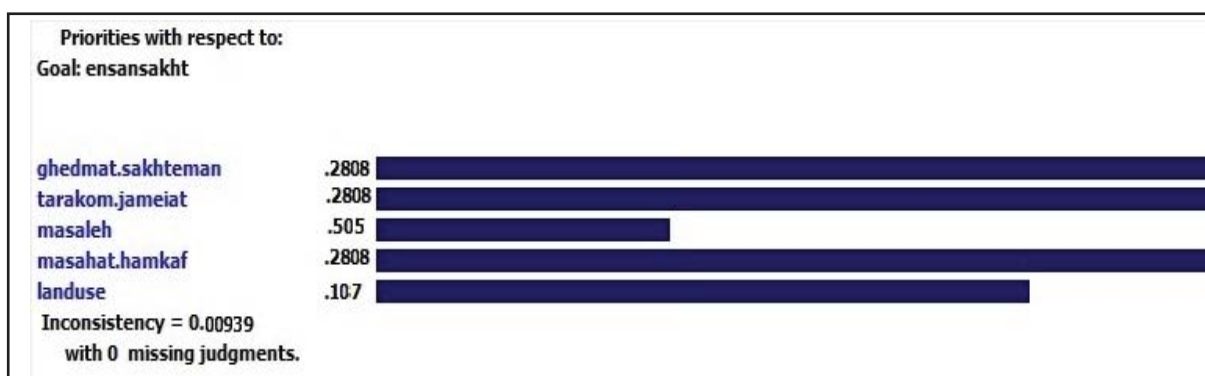
نرخ ناسازگاری برای هر یک از خروجی‌های نرم افزار کوچکتر از ۰/۱ است. این نشان دهنده‌ی آن است که پاسخ‌های خبرگان به ارزیابی‌ها و مقایسات زوجی صحیح و سازگار است. همچنین نشان دهنده‌ی روایی و پایایی می‌باشد. ضریب هر یک از شاخص‌ها در تصاویر ۳، ۴ و ۵ ارایه شده است.



تصویر ۳: شاخص‌های کلی



تصویر ۴: شاخص‌های زمین ساخت آسیب‌پذیری



تصویر ۵: انسان ساخت آسیب‌پذیری

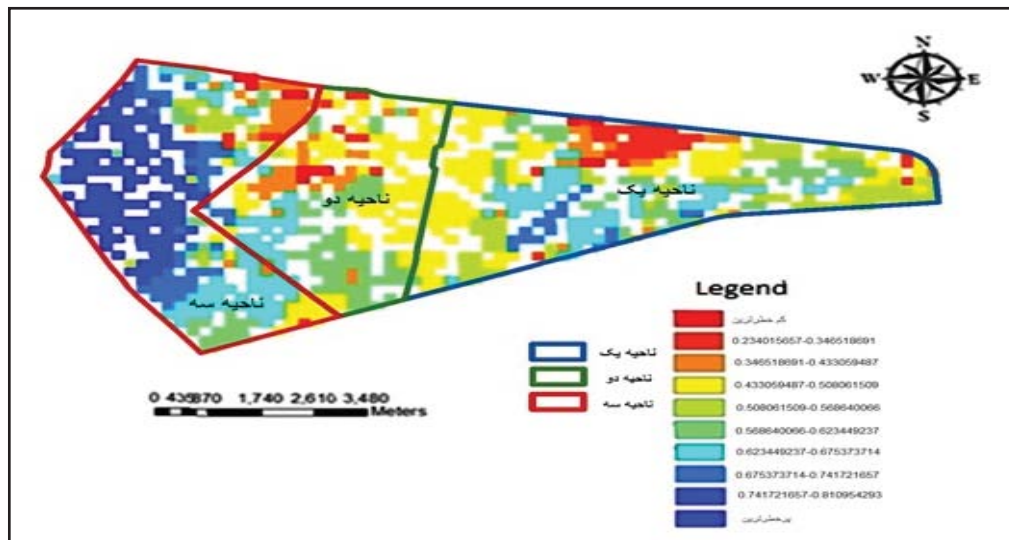
با توجه به اینکه عوامل زمین ساخت و انسان ساخت دارای وزن را تقسیم بر ۲ می‌کنیم و ضرایب اهمیت به صورت جدول ۳ قابل مساوی هستند، در نتیجه برای پیاده‌سازی آنها کنار هم به عنوان مشاهده است. ۱۰ شاخص موثر و رساندن میزان وزن‌ها از ۲۰۰٪ به ۱۰۰٪، آنها

جدول ۳: ضرایب اهمیت شاخص‌های اصلی

ردیف	شاخص‌ها	مقادیر ضریب اهمیت شاخص‌ها در خروجی نرم افزار Expert Choice	مقادیر استاندارد سازی ضریب اهمیت شاخص‌ها
۱	بیشینه شتاب زمین	۰/۱۸۵	۱۸/۵ درصد
۲	فاصله از گسل	۰/۱۸۵	۱۸/۵ درصد
۳	زمین لغزش	۰/۰۵۰	۵ درصد
۴	تفوذپذیری خاک	۰/۰۴۰	۴ درصد
۵	روانگرایی	۰/۰۴۰	۴ درصد
۶	تراکم جمعیت	۰/۱۴۰	۱۴/۰۴ درصد
۷	قدمت ساختمان	۰/۱۴۰	۱۴/۰۴ درصد
۸	مساحت همکف	۰/۱۴۰	۱۴/۰۴ درصد
۹	کاربری اراضی	۰/۵۳۵	۵/۳۵ درصد
۱۰	نوع مصالح	۰/۲۵۲	۲/۵۲۵ درصد

آبی نشان دهنده‌ی بیشترین خطر است. میزان آسیب‌پذیری با توجه به نقشه GIS پهنه‌بندی آسیب‌پذیری استخراج شده، به دست آمده است. از نظر میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله ناحیه ۳ با ضریب اهمیت ۵۱/۳۹ درصد در رتبه‌ی یک، ناحیه ۱ با ضریب اهمیت ۲۷/۱۹ درصد در رتبه‌ی دوم و ناحیه ۲ با ضریب اهمیت ۲۱/۴۲ در رتبه‌ی سوم قرار گرفته است.

در گام پایانی، ماتریس نقاط که مقادیر فازی معیارهای مسئله هستند، وارد الگوریتم شده است. میزان آسیب‌پذیری هر نقطه مشخص شده و نقاط، اولویت‌بندی گردید و پس از اتمام محاسبات یک مقدار عددی برای میزان آسیب‌پذیری هر نقطه حاصل شد که این جدول به نرم‌افزار ArcGIS برگردانده شد. نمایش با طیف رنگ مناسب تنظیم شده و رنگ قرمز نشان دهنده‌ی کمترین خطر و رنگ



تصویر ۶: نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ تهران در برابر زلزله

نتیجه‌گیری

زلزله‌های مخرب و فاجعه‌آمیز چند دهه اخیر نشان داد که ایران کشوری زلزله‌خیز است و هیچ نقطه‌ای از آن از خطر زلزله در امان نیست. از آنجا که متأسفانه برخی از شهرهای ایران در حاشیه گسل‌ها شکل گرفته‌اند و حرکات افقی یا عمودی آنها منجر به بروز زلزله در این گونه شهرها یا نواحی پیرامون آنها می‌شود، از این رو ضرورت پرداختن به علت وقوع زلزله و همچنین تأثیر گسل‌ها بر شهرهای کشور به خوبی احساس می‌گردد، تا اولاً به مکان‌گزینی شهرها و شناخت گسل‌ها دقت بیشتری شود و ثانیاً به مقاوم‌سازی ساختمان‌ها با معیارهای علمی فراموش نشود. برای کاهش آسیب‌پذیری و ارتقاء تاب‌آوری، توجه به مدیریت بحران و راهکارهای مدیریتی بسیار کارآمد است. مدیریت بحران چه قبل از وقوع چه بعد از وقوع، به مقدار بسیار زیادی بر کاهش خسارت‌های جانی، مالی، روانی و ... تأثیرگذار است. جهت کاهش آسیب‌پذیری، مقاوم‌سازی سازه‌ها یکی از مهمترین مسائل در این زمینه است. در

نظر گرفتن مکان‌های اسکان اضطراری یا اسکان موقت بسیار قابل توجه است. آموزش و انجام مانورها در هنگام وقوع بحران، آمادگی افراد را تا حد زیادی افزایش می‌دهد و موجب کاهش صدمات و خسارات می‌شود. برای کاهش آسیب‌پذیری در هنگام وقوع بحران با توجه به درصدهای به دست آمده از نقشه‌های GIS به ارائه پیشنهاداتی برای هر ناحیه پرداخته شده است.

- تراکم جمعیت در ناحیه ۳ بسیار زیاد است. با ضریب اهمیت به دست آمده از نرم افزار Expert choice، ۱۴ درصد و یکی از شاخص‌های مهم در آسیب‌پذیری محسوب می‌شود. در ناحیه ۳، ۵۹/۹۲ درصد را دارا می‌باشد و درصد قابل توجهی است. باید برای کاهش آسیب‌پذیری از میزان جمعیت این ناحیه تا حد قابل توجهی کاسته شود. در دو ناحیه دیگر، تراکم جمعیت دارای درصد و میزان‌های قابل قبولی است.

بیشینه‌ی شتاب زمین و فاصله از گسل و در شاخص‌های انسان ساخت: ساخت قدمت ساختمان، تراکم جمعیت و مساحت همکف هستند، که به ترتیب ضرایب $۱۸/۵$ و $۱۴/۰۴$ را دارا می‌باشند و نقش تعیین کننده را در آسیب‌پذیری منطقه ۸ تهران، به‌خصوص ناحیه ۳ دارند. شاخص‌های دیگر هم به نوبه خود در آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه، سهم هستند. میزان آسیب‌پذیری با توجه به اطلاعات استخراج شده از نقشه‌های GIS به دست آمده، نشان دهنده‌ی این است که ناحیه ۳ دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله است. اکثر بناهایی که در ناحیه ۳ وجود دارند و مستحکم نیستند، باید دستور تخریب داده شود. در بحث ساخت‌وسازهای جدید، گروه‌های نظام مهندسی در راستای پیشگیری از مخاطرات زلزله باید بناها را از هر جهت ضد زلزله بسازند. برای سازمان‌های انبوه‌ساز نیز، همین امر رعایت شود. در خصوص فندانسیون بناها، باید بسیار قوی و ضد زلزله باشند. در بناهایی که دارای رانش است، جنس بستر باید تحکیم شود.

در سال ۱۳۹۴، دانا و داودی با استفاده از ضرب ۳ مولفه معیار انتخابی آسیب‌پذیری، که شامل ۹ معیار بافت ساختمانی، مساحت همکف، تراکم ساختمانی، سازگاری ساختمان‌های همجوار، تعداد ساختمان‌ها در مسیر قنات‌ها، عرض معابر، تعداد طبقات بنا، سازندها، جنس خاک و تعداد بنا در گسل است، که از ضرب داده‌های GIS در اهمیت شاخص‌ها که توسط پرسشنامه AHP به دست آمده است، ضریب رتبه‌بندی آسیب‌پذیری محلات با استفاده از روش TOPSIS مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اعداد به دست آمده محله‌ی آسیب‌پذیرتر مشخص شده است (دانا و داودی، ۱۳۹۴). در پژوهش حاضر شاخص‌های آسیب‌پذیری با استفاده از پرسشنامه AHP و نرم‌افزار Expert choice^{۱۱}، وزن‌دهی شده است و در نهایت با تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری و اطلاعات نقشه‌های GIS ناحیه آسیب‌پذیر انتخاب شده است.

در سال ۲۰۰۸، مارتینلی^۱ با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری از جمله مدل Risk-ue، میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف، به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی

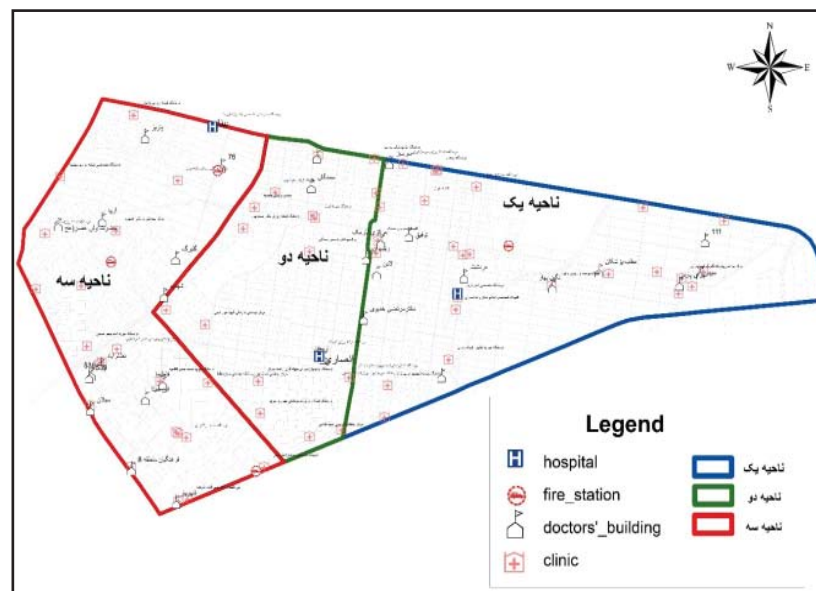
- مساحت طبقه همکف هم مثل تراکم جمعیت دارای ضریب اهمیت ۱۴ درصد است و در ناحیه سه، در سطح ۲۵۰-۰ متر مربع دارای درصد ۸۹/۴۲ و ناحیه دو، ۷۹/۵۳ درصد و در ناحیه یک، ۶۴/۲۱ درصد است و یکی از مسائل بسیار مهم در آسیب‌پذیری به شمار می‌رود. در این مقدار کوچک فضاهای باز، خرد شده و تراکم افزایش می‌یابد و میزان آسیب‌پذیری در هنگام وقوع زلزله را بالا می‌برد. باید اقداماتی در این خصوص برای کاهش شاخص مساحت همکف صورت گیرد.
 - در ناحیه ۲، بیشتر از دو ناحیه دیگر میزان مصالح استفاده شده از آجر و سنگ است و دارای ۴۷/۰۵ درصد می‌باشد و برای مقاوم‌سازی باید از اسکلت فلزی و بتنی استفاده شود.
 - در ناحیه ۳، ساختمان‌ها با ۳۷/۴۸ درصد با خشت و چوب ساخته شده‌اند و برای مقاوم‌سازی سازه‌ها با اسکلت فلزی و بتنی باید اقدام شود.
 - در ناحیه ۱، قدمت ساختمان‌های ۲۰-۴۰ سال ۱۷/۳۶ درصد است، نسبت به نوسازی باید اقدام شود.
 - در ناحیه ۳، قدمت ساختمان‌های بالاتر از ۴۰ سال ۲۴/۱۴ درصد است که نشان دهنده‌ی بافت فرسوده‌ی این ناحیه می‌باشد و از کیفیت بنا کاسته شده است. در هنگام وقوع زلزله میزان آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد، به همین دلیل نسبت به نوسازی این ساختمان‌ها نیز باید توجه شود.
 - کاربری اراضی باید به گونه‌ای توزیع شود که تمام کاربری‌ها در نواحی موجود باشد تا میزان آسیب‌پذیری کاهش یابد. در این ۳ ناحیه، با درصد‌های به دست آمده میزان کاربری مسکونی بسیار زیاد است و باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود. باید کاربری‌های دیگر، مثل فضاهای باز شهری هم در این ناحیه‌ها برای کاهش آسیب‌پذیری افزایش یابد.
 - در ناحیه ۲ و ۳، بناهای ساخته شده بر روی سازند D که جوان‌ترین نهشته‌ی رودخانه‌ای است، ۱۰۰ درصد هستند و در برابر زلزله به دلیل پدیده روانگرایی آسیب‌پذیر می‌باشند. باید نسبت به مقاوم‌سازی سازه‌ها و توجه به سازندهای زمین‌شناسی توجه شود.
- طبق اطلاعات به دست آمده در شاخص‌های زمین ساخت:

ساخته شده‌اند. برای مقاوم‌سازی پیشنهاد می‌شود از اسکلت فلزی و بتنی استفاده شود.

- کاربری اراضی طوری توزیع شود که تمام کاربری‌ها در نواحی وجود داشته باشد.
- در کل منطقه هشت ایستگاه کلانتری ۱۴۷ و ۱۲۷ وجود دارد، احداث بیشتر کیوسک‌ها و کلانتری‌های مورد توجه قرار گیرد.
- فقط بیمارستان انصاری در ناحیه دو این منطقه قرار دارد. احداث بیمارستانی دیگر در این منطقه پیشنهاد می‌شود.
- در ناحیه ۳، قدمت ساختمان‌های بالاتر از ۴۰ سال، ۱۴/۲۴ درصد است که نشان دهنده‌ی بافت فرسوده این ناحیه است. توصیه می‌گردد نسبت به نوسازی این ساختمان‌ها اقدام شود.
- با مقایسه سرانه فضای سبز پیشنهاد می‌گردد، در ناحیه ۳ این منطقه تعداد پارک‌ها و فضای سبز افزایش پیدا کند.
- با توجه به تصویر ۷، نقشه‌ای که موقعیت مراکز درمانی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ۸ تهران و نصب بیشتر شیرهای آتش‌نشانی در ناحیه ۳ را نشان می‌دهد، می‌توان متوجه شد که شیرهای آتش‌نشانی تک منظوره و فقط جهت حریق بوده و نجات و پشتیبانی را پوشش نمی‌دهند. پوشش عملیات نجات و پشتیبانی علاوه بر اطفاء حریق توسط آتش‌نشانی‌های منطقه پیشنهاد می‌گردد.
- در ناحیه ۳، فقط بیمارستان چشم پزشکی بینا وجود دارد و توصیه می‌شود، بیمارستان‌هایی در این ناحیه و هم در ناحیه ۱، ساخته شود.

پرده‌اشته است (مارتینلی، ۲۰۰۸). در مقاله حاضر از روش AHP و GIS استفاده شده است و در نهایت درصد آسیب‌پذیری نواحی منطقه مورد مطالعه مشخص شده است.

- در سال ۱۳۹۶، عشقی چهاربرج، نظم‌فر و غفاری جهت تحلیل داده‌ها، ابتدا در محیط GIS اقدام به مدل‌سازی براساس نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ی ANP کردند. با تلفیق لایه‌های مؤثر در تاب‌آوری، محدوده‌ی مورد مطالعه نقشه تاب‌آوری کلی را استخراج کردند (عشقی چهاربرج، نظم‌فر، غفاری، ۱۳۹۶). در مقاله حاضر، ابتدا شاخص‌ها با پرسشنامه AHP وزن‌دهی شده و بعد تبدیل به نقشه‌ی آسیب‌پذیری GIS محدوده مورد نظر شده است.
- توجه به سازند زمین شناسی موجود قبل از ساخت و ساز می‌تواند میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها را به شدت کاهش دهد، چون ناحیه ۳ و ۲ روی سازند D قرار دارد و روانگرایی را افزایش می‌دهد.
- براساس داده‌ها، تراکم جمعیت در ناحیه ۳ بیشتر از ۳۵۰ نفر، ۵۹/۹۵ درصد است. پیشنهاد می‌شود از میزان تراکم جمعیت کاسته شود.
- انجام مانور در خصوص زلزله در ادارات و مدارس توصیه می‌گردد.
- در ناحیه دو، بیشتر از دو ناحیه دیگر میزان مصالح استفاده شده از آجر و سنگ است و دارای ۵۰/۴۷ درصد است و در ناحیه ۳، ساختمان‌ها با ۴۸/۳۷ درصد ساختمان‌ها با خشت و چوب



تصویر ۷: موقعیت مراکز درمانی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ۸ تهران

- پیشنهادهای آتی برای پروژه‌های آینده در این خصوص:
- استفاده از مدل استنتاج فازی برای بررسی تأثیر زلزله در منطقه
 - ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه با استفاده از مدل Topsis Fuzzy
 - استفاده از Logic Fuzzy و GIS برای بررسی منطقه از نظر آسیب‌پذیری.
 - برای سنجش آسیب‌پذیری از روش فازی چند متغیره که دقت بیشتری نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی دارد، استفاده شود.
 - تحلیل آسیب‌پذیری منطقه با استفاده از روش Hazous.
 - ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی با استفاده از Visual Screening.
 - استفاده از دستگاه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای سنجش میزان آسیب‌پذیری.
 - استفاده از روش SPSS به همراه GIS برای تحلیل سطح‌بندی آماری نواحی منطقه از نظر آسیب‌پذیری.
 - بررسی میزان تاب‌آوری منطقه با استفاده از مدل شبکه علیت.
 - دستیابی به اطلاعات گسترده‌تر و انجام تحقیق به صورت دقیق‌تر.
 - ارزیابی آسیب‌پذیری محلات هر ناحیه از منطقه به صورت جداگانه.
 - امکان دسترسی به اطلاعات به دلیل محرمانه بود از طرف سازمان‌های مربوطه (شهرداری منطقه ۸، مدیریت بحران منطقه ۸، مدیریت بحران شهر تهران، سازمان نقشه‌برداری و سازمان فناوری و اطلاعات) بسیار سخت بود. به ناچار با توجه به اطلاعات در دسترس شاخص‌ها انتخاب شد و امکان دسترسی به اطلاعات بیشتر در این زمینه غیرممکن به حساب می‌آمد.
 - با توجه به یافته‌ها و نقشه‌های GIS در جدول ۴ به عنوان مثال، سه مورد از مسیر و مکان‌های اسکان اضطراری پیشنهادی در هنگام بحران زلزله ارائه شده و دلایل انتخاب محل‌ها به اختصار توضیح داده شده است.
 - اسکان موقت جزء اقدامات پس از وقوع بحران می‌باشد. بنابراین، با شاخص‌های آسیب‌پذیری که برای قبل از وقوع بحران می‌باشند، ارتباطی ندارند و یکی از اقدامات مهم برای اسکان‌دهی افراد است و با توجه به اطلاعات به دست آمده تعیین شده است.

جدول ۴: محل‌های اسکان موقت

ناحیه	محل	محل اسکان موقت	دلایل انتخاب محل اسکان موقت
۱	تهرانپارس	فلکه اول تهرانپارس	- نزدیکی به خیابان‌های اصلی و بزرگراه از جمله بزرگراه رسالت و خیابان حجر بن عدی. - نزدیکی به لوله‌های آتش‌نشانی. - دوری از تونل‌های مترو از جمله مترو شهید باقری در اتوبان شهید باقری قرار دارد و مترو تهرانپارس که بعد از چهارراه تیرانداز است. - منتهی شدن مسیرهای اضطراری خیابان حجر بن عدی و خیابان صد و چهل و دو غربی به محل اسکان موقت. - بیمارستان آرش در مسیر راه اضطراری. - وجود کلانتری ۱۲۶ تهرانپارس نزدیک به فلکه اول تهرانپارس. - وجود فضای سبز گسترده: فلکه اول تهرانپارس. - وجود آبرفت‌های سازند C با ضریب اهمیت ۷۴/۳۴ درصد در این ناحیه آسیب‌پذیری و روانگرایی را بسیار کاهش می‌دهد. - قدمت ساختمان‌های ۲۰-۱ سال با توجه به نقشه‌های GIS در این ناحیه ۷۸/۵۲ درصد است.

۲	هفت حوض	میدان ۵۸ نارمک	- وجود خیابان‌های اصلی دکتر آیت و شهید ثانی که در مسیر اضطرابی وجود دارند. - دوری از تونل مترو سرسبز. - نزدیکی بیمارستان انصاری به محل اسکان موقت. - وجود مدارس کمیل و مدرسه راهنمایی فیض. - نزدیکی فضاهای سبز به محل اسکان موقت که عبارتند از: میدان ۵۸، میدان ۵۹، میدان ۴۹ و میدان ۵۰. - قدمت ساختمان‌های ۲۰-۱ سال با توجه به نقشه‌های GIS در این ناحیه ۸۸/۴۶ درصد است. - سازند زمین شناسی در محدوده اسکان موقت در این ناحیه از نوع D می‌باشد.
۳	کرمان	بوستان تمدن	- وجود بزرگراه اصلی امام علی (ع) و خیابان جانبازان غربی و منتهی شدن آنها به مسیرهای اضطرابی. - نزدیکی بیمارستان رسالت به محل اسکان موقت. - وجود فضای سبز گسترده بوستان تمدن. - نزدیکی مسجد سیدالشهدا (ع) به محل اسکان موقت. - دوری از تونل مترو جانبازان. - قدمت ساختمان‌های ۲۰-۱ سال با توجه به نقشه‌های GIS در این ناحیه ۶۳/۴۹ درصد است. - سازند زمین شناسی در محدوده اسکان موقت در این ناحیه از نوع D می‌باشد.

منابع

- ابدالی، یعقوب؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت الله (۱۳۹۸)؛ تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری بافت فرسوده و ناپایدار شهر بجنورد در برابر زلزله، نشریه کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دوره ۷، شماره ۱. بازیابی از: https://iranjournals.nlai.ir/0859/article_521711.html
- اسدی، سعیده؛ شرقی، علی؛ عاطفی، مژگان (۱۳۹۸)؛ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری‌های کالبدی، زیرساختی، در برابر زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعاتی: سکونتگاه‌های واقع در محدوده استان تهران و البرز؛ نشریه وزارت علوم، شماره ۳۴. بازیابی از: <http://noo.rs/e59qo>
- حبیبی، کیومرث؛ کوهساری، محمدجواد (۱۳۸۶)؛ تهیه مدلی یکپارچه به وسیله تلفیق روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) با GIS به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری در شهرسازی نمونه موردی: انتخاب سایت بهینه برای استقرار تجهیزات جدید شهری. همایش ژئوماتیک. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-GEO86-GEO86_028.html
- دانا، تورج؛ صولت قشقایی، مارال (۱۳۹۵)؛ ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از بحران زلزله در ناحیه ۱ منطقه ۲ شهر تهران با روش تحلیل سلسله مراتبی Topsis و AHP و GIS؛ پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد رشته‌ی مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست-گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، تهران.
- دانا، تورج، داودی، علی (۱۳۹۴)؛ شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های آسیب‌پذیری در بحران زلزله با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS در ناحیه ۳ منطقه ۵ شهرداری تهران؛ پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد رشته‌ی مدیریت محیط زیست-HSE، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، تهران.
- زیاری، کرامت اله؛ داراب خانی، رسول (۱۳۸۹)؛ بررسی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله (مورد مطالعه منطقه ۱۱ شهرداری تهران)؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۹. بازیابی از: <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=139804>
- شیری، نیما (۱۳۸۹)؛ ارزیابی کاربری اراضی پیشنهادی طرح تفصیلی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله (نمونه موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران)، اصفهان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان.
- شهماری اردجانی، رفعت؛ شهبازی، یحیی (۱۳۹۷)؛ برنامه‌ریزی مدیریت بحران در شهرها با تاکید بر کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله؛ پنجمین همایش ملی پژوهش‌های مدیریت و علوم انسانی در ایران. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-IICMO05-IICMO05_173.html
- صدوق، محمد باقر (۱۳۸۴)؛ مقدمه‌ای بر شناخت بلایای طبیعی؛ تهران؛ انتشارات مهر کتبی. چاپ اول، ص ۱۴.
- صدیقی ممان، میثم؛ آزاد بخت، بهرام (۱۳۹۷)؛ مدیریت بحران در جهت کاهش بلایای طبیعی با تاکید بر زلزله در شهر تهران؛ چهارمین همایش ملی علوم و فناوری‌های نوین ایران. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-PFCONF04-PFCONF04_159.html
- طیبیان، منوچهر؛ مظفری، نگین (۱۳۹۷)؛ ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری؛ مطالعه موردی: منطقه شش شهرداری تهران؛ نشریه مطالعات شهری، دوره ۷، شماره ۲۷. بازیابی از: http://urbstudies.uok.ac.ir/article_60843.html
- عبداللهی، مجید (۱۳۸۳)؛ مدیریت بحران در نواحی شهری از زلزله و سیل؛ انتشارات سازمان‌های شهرداری‌های کشور، چاپ چهارم، ص ۱۱.

97ce-e6deb77b8536

- Nazmfar, H., Alavi, S., Eshghi, A., Feizzadeh, B. (2019). Vulnerability evaluation of urban buildings to various earthquake intensities: a case study of the municipal zone 9 of Tehran. *Journal of human and ecological risk assessment*, 25, 1-2. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2018.1556086>
- Liu, Y., Li, ZH., Wei, B., Li, X., Fu, B. (2019). Seismic vulnerability assessment at urban scale using data mining and GIScience technology: application to Urumqi (China). *Journal of Geomatics, natural hazards and risk*, 10, 1. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2018.1524400>
- Vega, J. A., & Hidalgo, C. A. (2016). Quantitative risk assessment of landslides triggered by earthquakes and rainfall based on direct costs of urban buildings, *Geomorphology*, 273, 217-235. Retrieved from: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-be00edee-9996-38b3-8b31-185031a238a3>
- Robat mili, robabe., et al. (2018). Developing a holistic model for earthquake risk assessment and disaster management interventions in urban fabrics, *International institute of earthquake engineering and seismology*, Volume 27. Retrieved from: <https://isiarticles.com/payment/options/83147/1>

عشقی چهاربرج، علی؛ نظم فر، حسین؛ غفاری، عطا (۱۳۹۶)؛ ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله‌های احتمالی؛ نمونه موردی: منطقه یک شهرداری تهران، فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، دوره ۴، پیاپی ۸. http://psp.journals.pnu.ac.ir/article_4624.html

نوروزی، اصغر؛ فرهادی، مریم (۱۳۹۶)؛ سنجش آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت بحران (زلزله) در نواحی روستایی مطالعه‌ی موردی: شهرستان شهرکرد؛ نشریه مدیریت بحران، دوره ۶، شماره ۱۱. بازپای از: <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=318536>

- Bedini, maria., fabia bronzini, Angela. (2018). The post-earthquake experience in Italy Difficulties and the possibility of planning the resurgence of the territories affected by earthquake. (Land use policy), Volume 78. Retrieved from: <https://freepaper.me/downloads/abstract/10.1016/j.landusepol.2018.07.003>
- Khatsu, P., (2005). urban multi – hazard risk analysis using GIS and Remote Sensing : A case Study of a part of Kohima Toxxm, India.MSc, Thesis ITC, Netherland.
- Martinelli, A., Cifani G.(2008).Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano(Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 28. Retrieved from: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-48a360e7-69fc-3655->