

کاربرد روش های تصمیم گیری چندمعیاره در ارزیابی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله با تأکید بر روش E - VIKOR

مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران

علی احمدآبادی: استادیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
کیمیا قاسمی*: عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران؛

Email: a.ghasemi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۷

چکیده

تهران، به منزله‌ی یکی از بزرگ‌ترین شهرهای کشور، به علت وجود گسل‌های فعال در اطراف آن و تمرکز شدید جمعیتی و ساختمانی در معرض آسیب پذیری بالایی از زلزله‌ی احتمالی است. با توجه به اینکه بخش اعظم پهنه‌های مسکونی منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران را پلاک‌های ریزدانه، نفوذناپذیر و با کاربرد مصالح بی دوام و ناپایدار تشکیل می‌دهد و نیز نزدیکی به گسل ری، این منطقه به منزله‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است. روش تحقیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روش‌های مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و بهره‌گیری از مدل E-VIKOR و نرم‌افزارهای مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد. معیارهای مصالح ساختمانی، قدمت ساختمان، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، سازگاری کاربری‌ها و وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک برای انجام پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد مساکن منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله آسیب پذیر است. به گونه‌ای که نقشه‌ی پهنه بندی آسیب پذیری لرزه‌ای، میزان مساحت سطوح آسیب پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را به ترتیب ۱۲۰/۶۴، ۱۵۷، ۶۱/۶۸ و ۱۱۷/۸۸ نشان داد. طبقه‌ی متوسط با در بر گرفتن ۴۲ درصد از مساحت منطقه‌ی بیشترین و طبقه‌ی آسیب پذیری زیاد با ۱۶ درصد از مساحت منطقه‌ی ۹ کمترین وسعت را دارند. بنابراین لزوم توجه مدیریت شهری به مناطق با آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد با رویکرد مدیریت بحران احساس می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آسیب پذیری، زلزله، منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران، مدل E-VIKOR

Application of multi-criteria decision making in evaluation the seismic vulnerability of urban housing with emphasis on E- VIKOR Case Study: Region 9 of Tehran

Ali Ahmadabadi¹, Kimia Ghasemi^{*2}

Abstract

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 the near future. Thus, the 9th district of Tehran municipality, is selected as the study area. In this research, Extended VIKOR model is used to assess and analyze vulnerabilities in the study area, considering different earthquake intensities. Standards for building materials, old buildings, number of floors, building quality, population density, consistent user and position the building blocks were used in the study. The results showed that housing Tehran Municipality's District 9 is vulnerable to earthquakes. So that seismic vulnerability zoning map shows, the vulnerability of the area low, medium, high and very high in the order of 120.64, 157, 61.68 and 117.88, respectively. The middle vulnerable class, with 42 percent for the area, and the most vulnerable class with 16 percent across the region 9 to have the highest and lowest extent. So it is necessary be considered urban management in areas with high and very high vulnerability to crisis-management approach.

Keywords: vulnerable, earthquake, 9th district of Tehran municipality, E-VIKOR model

1 Assistant Professor, Department of Geomorphology, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2 Young Researchers and Elites Club, Islamic Azad University-North Tehran Branch, Tehran, Iran; Email: a.ghasemi@modares.ac.ir

۱۰۳

شماره نهم

بهار و تابستان
۱۳۹۵

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



کاربرد روش های تصمیم گیری چندمعیاره در ارزیابی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله با تأکید بر روش E - VIKOR

متوسط رو به بالا قرار دارد و تنها در محدوده‌ی کوچکی از کشور (آبادان، خرمشهر، بندرامام خمینی، ماهشهر و هویزه)، خطر نسبی زلزله پایین است [۸].

در مورد شهر تهران به‌منزله‌ی یکی از پرجمعیت‌ترین و مهم‌ترین شهرهای کشور، با جمعیتی در حدود ۱۲۱۸۳۳۹۱ نفر در سال ۱۳۹۰، و 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 زلزله‌ای عظیم مواجه خواهد شد. با توجه به اینکه بخش اعظم پهنه‌های مسکونی منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران را پلاک‌های ریزدانه، نفوذناپذیر و با کاربرد مصالح بی‌دوام و ناپایدار تشکیل می‌دهد و نیز نزدیکی به گسل ری، این منطقه به‌منزله‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است [۹].

تحلیل‌ها و ارزیابی‌های متعددی در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله در قالب تحقیقات گوناگون انجام گرفته است. فرزین‌پور و همکاران در پژوهشی به تعیین آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف منطقه‌ی ۲۰ شهرستان تهران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) پرداخته است [۱۰]. ما و اوهنو در پژوهش خود به بررسی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی و وضعیت ایمنی محیط مسکونی با هدف کاهش خطر زلزله در شهرهای چین پرداخته‌اند [۱۱]. سن در تحقیقی بر اساس یک روش محاسبات نرم‌افزاری (منطق فازی) به ارزیابی خطر زلزله‌ی ۱۲۴۹ ساختمان موجود شهر استانبول می‌پردازد [۱۲]. اکنسی در پژوهش خود به بحث آنچه در حال انجام و آنچه باید در ارتباط با مسکن برای کاهش خطر زلزله انجام شود، می‌پردازد [۱۳]. امینیان و همکاران در پژوهش خود با استفاده از محاسبه، ترکیب و تحلیل شاخص‌هایی همچون دسترسی به مراکز درمانی، فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، دسترسی به فضاهای اسکان موقت و فاصله از پمپ بنزین و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز، میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان را، از طریق مدل فازی و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS در مواجهه با زلزله مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۴]. فلاح‌علی‌آبادی و همکاران میزان آسیب‌پذیری بافت تاریخی محله‌ی فهادان یزد را در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد ارزیابی قرار داده‌اند [۱۵]. موسوی و همکاران میزان خطر وقوع زمین‌لرزه در محدوده‌ی حوزه‌ی شهری ایزده واقع در شمال شرق استان خوزستان را با استفاده از مدل‌های چندمعیاری WLC و AHP مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند [۱۶]. بمانیان و همکاران در پژوهش خود، با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی عوامل مؤثر شناخته شده در خطرپذیری از زلزله، انواع نقشه‌های خطرپذیری ناحیه‌ی ۵ از منطقه‌ی ۳ شهر تهران را تولید نموده و بر اساس انطباق کاربری‌های موجود بر آن‌ها به ارائه‌ی الزامات و گزینه‌های تغییر و هدایت برنامه‌ریزی کاربری زمین برای کاهش خطرپذیری از زلزله می‌پردازند [۱۷]. مطالعات دیگری نیز در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله صورت گرفته است. مطالعات انجام شده در منطقه‌ی لیگوریا در ایتالیا [۱۸]، شهر بارسلون [۱۹]، شهر دیانگ در کشور چین [۲۰] نمونه‌هایی از این مطالعات است که هر یک از مطالعات صورت گرفته با استفاده

طبیعت، بستر مکان‌گزینی شهر و مجموعه‌های شهری و سایر فعالیت‌های انسانی است که همواره شرایطی را بر شهرها تحمیل می‌کند. یکی از مفهومی‌های موجود در طبیعت، بلایای طبیعی است که شامل سیل، زلزله، گردباد، توفان، آتشفشان و ... می‌شود. بشر همواره در زندگی و ساخت‌وسازهای خود با این تهدید مواجه بوده و در طول تاریخ، این گونه حوادث را تجربه کرده و سعی در کاهش آثار و جلوگیری از خسارت‌های جانی و مالی آن داشته است [۱].

با توجه به قرارگیری کشور ایران در مسیر کوه‌زایی آلپ-همیالیا (کمربند مستعد وقوع زلزله)، ضرورت توجه اصولی به مسئله‌ی مدیریت بحران امری بدیهی است، چرا که در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ این سرزمین جزء شش کشور قرار داشته است که دچار تلفات انسانی ناشی از وقوع زمین‌لرزه بوده است [۲]. از سوی دیگر، بر اساس گزارش سازمان ملل نیز، در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه‌ی نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه‌ی 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 داراست [۳].

از طرفی زلزله‌هایی که در ایران روی می‌دهد، معمولاً سطحی و یا با عمق نرمال و حدود ۳۳ کیلومتر هستند و به ندرت زلزله‌ای به عمق بیش از ۵۰ کیلومتر حادث می‌شود. چون عمق این زلزله‌ها کم است، غالباً موجب خسارات فراوان می‌گردد [۴]. همچنین موقعیت جغرافیایی شهرهای ایران بیانگر این امر است که با توجه به قرارگیری شهرها در مسیر گسل‌های اصلی و فرعی و همچنین در مسیر حوضه‌های آبریز مختلف، ضرورت پیش‌بینی‌های لازم برای سیلاب‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی احساس می‌شود [۵]. با وجود این کشور ما به‌مثابه‌ی یکی از کشورهای در حال توسعه و از همه مهم‌تر زلزله‌خیز و در معرض بلایای طبیعی، به علت نبود برنامه‌ریزی و اقدام لازم، در طی دهه‌های پیش در زمینه‌ی بروز بلایای طبیعی و از جمله زلزله، دوره‌ای بسیار پریاهو و سخت را پشت سر گذاشته است [۶].

کشور ایران با آسیب‌پذیری لرزه‌ای گروه‌های خاصی از ساخت‌وسازها مانند ساختمان‌های عمومی با مصالح غیر مسلح بنایی، ساختمان‌های پرجمعیت قدیمی در مراکز شهری، بافت‌های فرسوده، منازل مسکونی و سازه‌های بتنی که در دهه‌ی ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ با مصالح و طراحی ضعیف سربرآورده‌اند روبروست. با توجه به پژوهش‌های انجام گرفته در طرح کالبد ملی ایران توسط وزارت مسکن و شهرسازی، کشور ایران به پهنه‌هایی با خطر بسیار بالا، نسبتاً متوسط، نسبتاً پایین و پایین، تقسیم شده است که به لحاظ جمعیتی ۵۰٪ جمعیت شهرنشین کشور در پهنه‌هایی زندگی می‌کنند که دارای خطر نسبتاً بالا، بالا و بسیار بالا است [۷]. به عبارتی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در ایران گویای آن است که بخش اعظم مناطق مسکونی کشور در محدوده‌ی خطر نسبتاً بالا و قریب به تمام سرزمین در محدوده‌ی خطر نسبتاً

از مدل‌ها و روش‌هایی سعی در ارزیابی و کاهش آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف یک شهر دارد. در این پژوهش نیز، سعی بر آن است که با به‌کارگیری انواع داده‌های مکانی و غیرمکانی و انجام تحلیل‌های مربوط در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، بتوان به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری شهر تهران (منطقه‌ی ۹) 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.

روش پژوهش

برای این پژوهش، منطقه‌ی ۹ تهران به منزله‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روش‌های مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و بهره‌گیری از مدل مورد استفاده، به دست آمده است که مراحل زیر به منظور انجام تحقیق صورت گرفته است:

۱. مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور و بررسی چگونگی انجام کار آن‌ها و مدل‌ها و روش‌های مورد استفاده؛
۲. تهیه و گردآوری اطلاعات مورد نیاز ممیزی از قبیل کیفیت بنا، قدمت ساختمان، تراکم جمعیت، تعداد طبقات ساختمانی، وضعیت قرارگیری در بلوک، نوع مصالح و سازگاری کاربری؛
۳. آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به مدل مورد استفاده با استفاده از روش ANP برای تعیین وزن و اهمیت معیارها؛

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرم توسعه‌یافته‌ی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP است. این روش برای حل مسائلی که در آن‌ها معیارها و گزینه‌ها از هم مستقل نیستند، به کار می‌رود [۲۱]. در فرایند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای، اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با مقایسه‌های زوجی و به کمک طیف ۱ تا ۹ انجام می‌شود. مراحل روش ANP به شرح زیر است:

- ساخت مدل تحلیل: در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثرند و به روش DEMATEL همراه نظرخواهی از متخصصان مشخص شدند، به یکدیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند.
- تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند، تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. پس از آنکه مقایسه‌ی زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن W محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد کرده است:

$$Aw = \lambda_{max} w \quad \text{رابطه‌ی ۱:}$$

که در آن λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه‌ی ماتریس A است. بردار w با استفاده از $\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i$ نرمال می‌شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده

می‌شود، که این شاخص با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه‌ی ۲:}$$

در کل اگر CI کمتر از 0.1 باشد، تأیید می‌شود.

- تشکیل سوپر ماتریس اولیه: بر اساس مقایسه‌ی زوجی که در مرحله‌ی قبل انجام شد، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن‌های حاصل در سوپر ماتریس وارد می‌شوند که رابطه‌ی متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.

- تشکیل سوپر ماتریس وزنی: برای آنکه از عناصر ستون سوپر ماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته و جمع ستون برابر ۱ شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر ۱ خواهد بود.

- محاسبه‌ی بردار وزنی عمومی سوپر ماتریس حد: در مرحله‌ی بعد، سوپر ماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. در این مورد جمع سطر سوپر ماتریس وزنی به صورت زیر همگرا می‌شود [۲۲]:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k \quad \text{رابطه‌ی ۳:}$$

- ۴. به کارگیری مدل تحلیلی E-VIKOR برای تحلیل آسیب‌پذیری شهری در محدوده‌ی مورد مطالعه.

در ادامه چگونگی انجام تحقیق با این مدل به طور کامل تشریح می‌شود:

روش E-VIKOR

در بین مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ی MADM، روش E-VIKOR با توجه به اینکه از شاخص‌هایی تشکیل شده که با یکدیگر در تعامل هستند و مقادیر نامطلوب یک شاخص می‌تواند توسط مقادیر مطلوب شاخص دیگر پوشانده شود، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

روش E-VIKOR اولین بار توسط نیان زنگ^۱ و گیووی^۲ در سال ۲۰۰۳ ارائه شده است و برای بهینه‌سازی چندمعیاره‌ی سیستم‌های پیچیده با معیارهای متضاد و نامتناسب (واحد‌های سنجش متفاوت) مناسب است.

مراحل اجرای روش ویکور توسعه‌یافته

اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل روش به شرح ذیل است [۲۳]:

۱. تشکیل ماتریس تصمیم؛
۲. تعیین بردار وزن معیارها؛
۳. تعیین نقطه‌ی ایدئال مثبت و ایدئال منفی؛
۴. محاسبه‌ی مقدار مطلوبیت (S) و مقدار نارضایتی (R) برای هر گزینه؛
۵. محاسبه‌ی شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه؛
۶. مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q و R و S .



تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه‌ی گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت رابطه‌ی زیر تشکیل می‌شود:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1m} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن X_{ij} عملکرد گزینه‌ی i ($i = 1, 2, \dots, m$) در رابطه با معیار j ($j = 1, 2, \dots, n$) است.

بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله سعی می‌شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهایی بی بعد تبدیل شوند و ماتریس F به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F = \begin{bmatrix} F_{11} & \dots & F_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{m1} & \dots & F_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه‌ی ۵:}$$

$$F = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad \text{که در این ماتریس:}$$

تعیین بردار وزن معیارها

در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، با استفاده از روش ANP بردار وزن تعریف می‌شود:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad \text{رابطه‌ی ۶:}$$

تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار

بهترین (F_j^*) مقدار برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$F_j^* = \max F_{ij}$$

$$F_j^- = \min F_{ij}$$

بدترین (F_j^-) مقدار برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$F_j^- = \min F_{ij}$$

$$F_j^* = \max F_{ij}$$

در این روابط (F_j^*) بهترین مقدار معیار از بین تمام گزینه‌ها و (F_j^-) بدترین مقدار معیار از بین تمام گزینه‌ها است.

محاسبه‌ی مقدار مطلوبیت (S) و مقدار نارضایتی (R) مقادیر S و R با توجه به روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \frac{F_j^* - F_{ij}}{F_j^* - F_j^-}$$

$$R_i = \max \left\{ w_j \frac{F_j^* - F_{ij}}{F_j^* - F_j^-} \right\} \quad \text{رابطه‌ی ۱۰:}$$

که مقدار W_j وزن مورد نظر برای معیار j است.

در روش برنامه‌ریزی توافقی اگر پارامتر P مساوی یک باشد، همان مقدار S_i به دست می‌آید:

$$L_{\infty}(A_i) = \max \left[w_j \left(\frac{F_j^* - F_{ij}}{F_j^* - F_j^-} \right) \right] \quad \text{رابطه‌ی ۱۱:}$$

در روش برنامه‌ریزی توافقی اگر پارامتر P مساوی ∞ باشد، همان مقدار R_i به دست می‌آید:

$$L_{\infty}(A_i) = \max \left[w_j \left(\frac{F_j^* - F_{ij}}{F_j^* - F_j^-} \right) \right] \quad \text{رابطه‌ی ۱۲:}$$

و در نهایت مقدار Q با توجه به رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_i = V \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - V) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad \text{رابطه‌ی ۱۳:}$$

$$R^- = \min R_i \quad R^* = \max R_i \quad S^* = \max S_i \quad S^- = \min S_i$$

در این روابط:

$$(-S^-(i)S^-)/(S^*-S)$$

$$\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \quad \text{بیان‌کننده‌ی نرخ فاصله از حل ایده‌آل و}$$

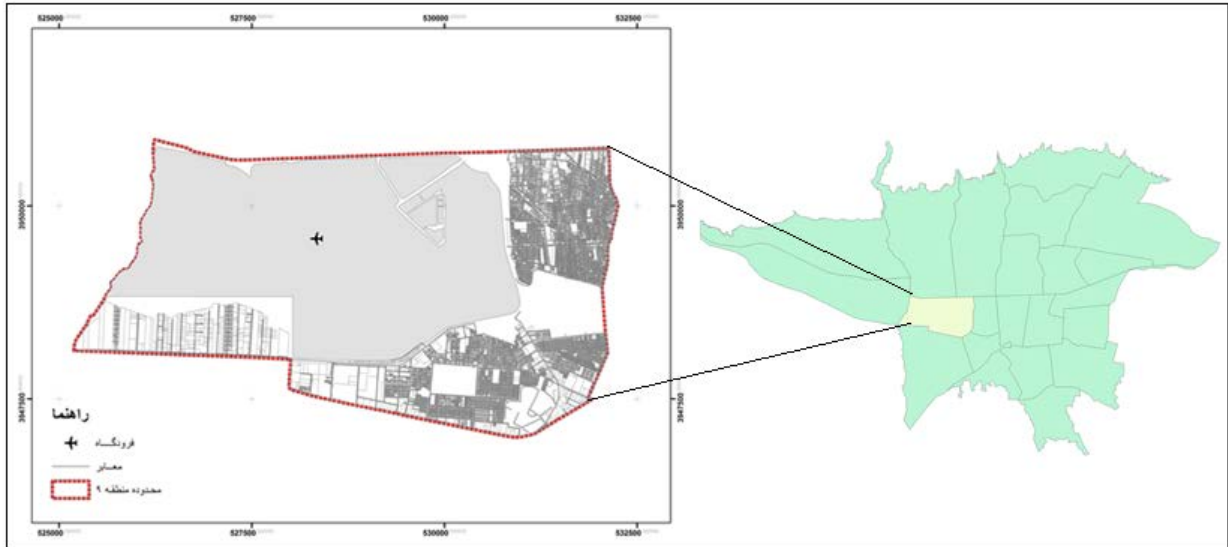
بیان‌کننده‌ی نرخ فاصله از حل ضد ایده‌آل است و مقدار پارامتر V با توجه به میزان توافق با اکثریت آرا مساوی 0.5 و در صورت توافق پایین، مقدار آن کمتر از 0.5 خواهد بود. مقدار Q تابعی از S_i و R_i بوده که خود این مقادیر به ترتیب مقادیر فاصله از حل ایده‌آل به ازای $P=I$ و $P=\infty$ در برنامه‌ریزی توافقی است.

محدوده و قلمروی پژوهش

منطقه‌ی ۹ در غرب تهران واقع شده است؛ این منطقه با وسعتی نزدیک به $19/6$ کیلومتر مربع جمعیتی بالغ بر 170000 نفر را در خود جای داده است. محدوده‌ی این منطقه از شمال به خیابان آزادی و بزرگراه مخصوص کرج، از جنوب به بزرگراه فتح و 45 متری زرنده، از شرق به خیابان شهیدان (امتداد بزرگراه یادگار امام)، خیابان سادات و از غرب به مسیل کن منتهی می‌شود و با مناطق ۲ و ۵ از شمال، ۱۹ و ۱۷ از شرق، ۱۸ از جنوب و ۲۱ در غرب همسایگی دارد. این منطقه دارای ۲ ناحیه و ۸ محله است که در داخل محدوده‌ی شهری قرار گرفته‌اند و تعداد 50000 خانوار در این دو ناحیه سکونت دارند [۲۴].

متغیرها و شاخص‌ها

معیارهای تأثیرگذار این تحقیق در دو دسته طبقه‌بندی شده است: ۱. زمین ساخت (شامل فاصله از گسل)؛ ۲. معیارهای انسان ساخت (شامل تراکم جمعیت، کیفیت بنا، قدمت ساختمان، سازگاری کاربری، تعداد طبقات، وضعیت قرارگیری در بلوک و نوع مصالح). بررسی‌ها نشان می‌دهد که فاصله‌ی منطقه‌ی مورد



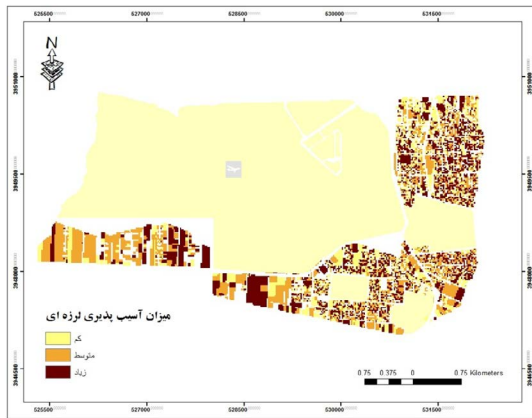
تصویر ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

مطالعه از گسل‌های زلزله خیز تهران یکسان است؛ بنابراین به علت تأثیر یکسان آن‌ها در این بخش، از دخالت دادن این معیار در مدل مورد استفاده صرف نظر شده و همه‌ی معیارهای به کار رفته در مدل از نوع انسان ساخت بوده است (جدول ۱).

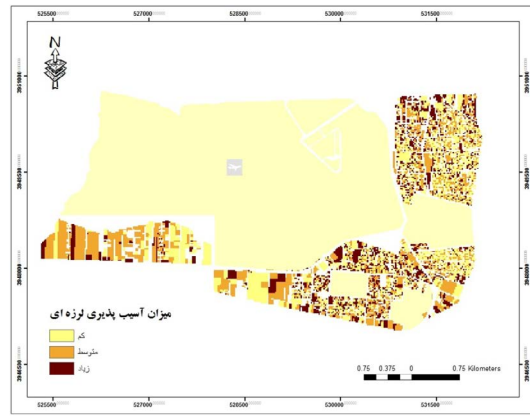
در تصاویر ۲ تا ۸ نتایج میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای هر کدام از معیارهای انسان ساخت به صورت یک نقشه نشان داده شده است. در هر کدام از نقشه‌ها، داده‌ها به سه رده آسیب‌پذیری لرزه‌ای کم، متوسط، زیاد تقسیم شده‌اند. همان‌گونه که در تصویر ۲ دیده می‌شود به طور تقریبی از نظر نوع کیفیت بنا، به یک میزان

جدول ۱: معیارهای تأثیرگذار آسیب‌پذیری مسکن شهری در محدوده‌ی مورد مطالعه [نگارندگان، ۱۳۹۴]

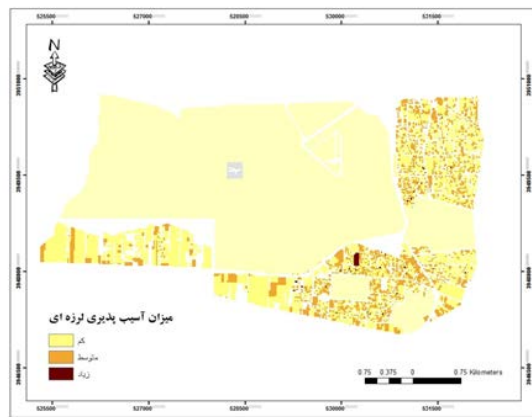
کد	شاخص	محدوده‌ی شاخص	وزن	شدت آسیب‌پذیری
۱	کیفیت بنا	نوساز	۱	کم
		مرمتی	۲	متوسط
		تخریبی	۳	زیاد
۲	قدمت ساختمان	۱-۱۰ سال	۱	کم
		۱۰-۳۰ سال	۲	متوسط
		بیش از ۳۰ سال	۳	زیاد
۳	سازگاری کاربری	سازگار	۱	کم
		بی تفاوت	۲	متوسط
		ناسازگار	۳	زیاد
۴	تعداد طبقات	۲ و ۳	۱	کم
		۴ و ۵	۲	متوسط
		۶ و بیشتر	۳	زیاد
۵	وضعیت قرارگیری در بلوک	منفرد	۱	کم
		گوشه	۲	متوسط
		وسط	۳	زیاد
۶	تراکم جمعیت	کم	۱	کم
		متوسط	۲	متوسط
		زیاد	۳	زیاد
۷	نوع مصالح	خشت و چوب	۳	زیاد
		خشت، آجر و چوب	۳	زیاد
		آجر و چوب	۳	زیاد
		آجر و آهن	۲	متوسط
		اسکلت فلزی	۱	کم
		اسکلت بتنی	۱	کم



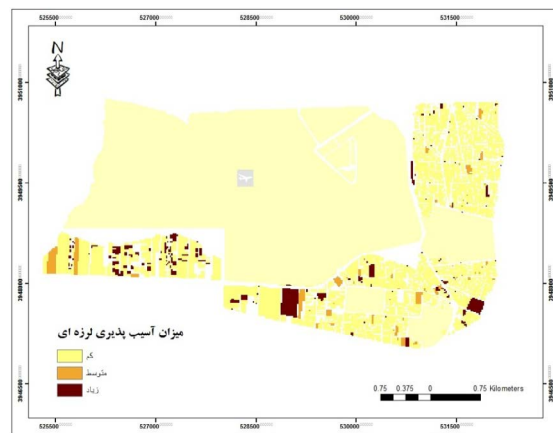
تصویر ۳: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب قدمت ساختمان



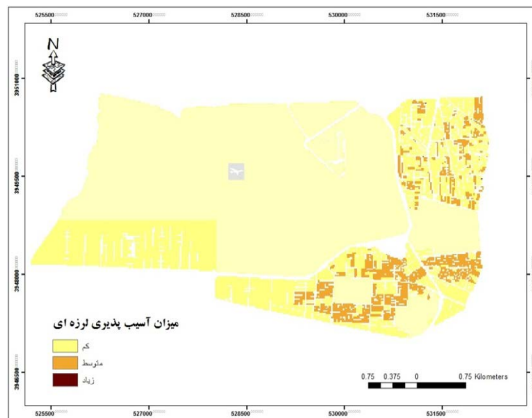
تصویر ۲: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب کیفیت بنا



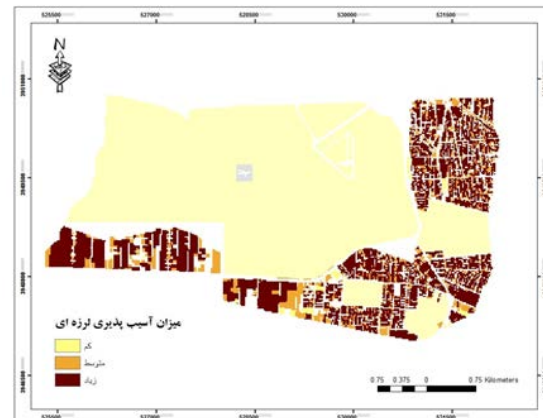
تصویر ۵: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب تعداد طبقات



تصویر ۴: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب سازگاری کاربری



تصویر ۷: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب تراکم جمعیت



تصویر ۶: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۹ شهر تهران بر حسب وضعیت قرارگیری در بلوک

آسیب‌پذیری بالا است (تصویر ۴). در تصویر ۵ با توجه به اینکه بیشترین تعداد طبقات ساختمان کمتر از ۶ طبقه هستند، بیشترین میزان دردهای ۱ و ۲ پراکنده شده‌اند (تصویر ۵). از نظر وضعیت قرارگیری در بلوک کل منطقه دارای آسیب‌پذیری بالایی است که به دلیل نوع قرارگیری ساختمان‌ها در منطقه (وسط) است (تصویر ۶). از نظر تراکم جمعیت، بخش جنوب شرقی با توجه به بالا بودن

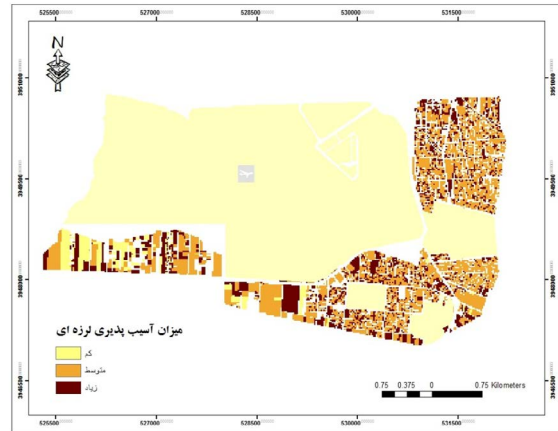
مساحت در سطح منطقه پراکنده شده‌اند (تصویر ۲). در تصویر ۳ به علت قدمت بیش از ۳۰ سال ساختمان‌ها، آسیب‌پذیری بالاتری را در کل منطقه، نشان می‌دهد (تصویر ۳). از نظر سازگاری کاربری در منطقه، به علت میزان بالای سازگار بودن کاربری‌ها، آسیب‌پذیری کم، بیشترین مساحت را نشان می‌دهد؛ فقط در بخش محدودی از جنوب غرب منطقه به علت ناسازگار بودن کاربری‌ها درجه‌ی

جدول ۲: امتیازدهی معیارهای تأثیرگذار آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل ANP

وزن	معیارها
۰/۱۵	تراکم جمعیت
۰/۱	نوع مصالح
۰/۱۵	تعداد طبقات
۰/۱	سازگاری
۰/۱	قرارگیری
۰/۱۵	کیفیت بنا
۰/۱۲	عمر بنا
۰/۱۳	فاصله از گسل

جدول ۳: میزان مساحت سطوح آسیب‌پذیری مسکن شهری منطقه ۹ شهر تهران در برابر زلزله

کد	درجه‌ی آسیب‌پذیری	مساحت (هکتار)
۱	کم	۱۲۰/۶۴
۲	متوسط	۱۵۷
۳	زیاد	۶۱/۶۸
۴	خیلی زیاد	۱۱۷/۸۸



تصویر ۸: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه ۹ شهر تهران بر حسب نوع مصالح ساختمانی

تراکم جمعیت، آسیب‌پذیری بالاتری را نسبت به دیگر بخش‌ها نشان می‌دهد و بخش جنوب غرب منطقه با توجه به پایین بودن تراکم دارای آسیب‌پذیری کمتری است (تصویر ۷). از نظر نوع مصالح ساختمانی نیز، با توجه به غالب بودن مصالح آجر و آهن و آجر و چوب در منطقه، از نظر آسیب‌پذیری در درجه‌ی متوسط و بالا قرار دارند (تصویر ۸).

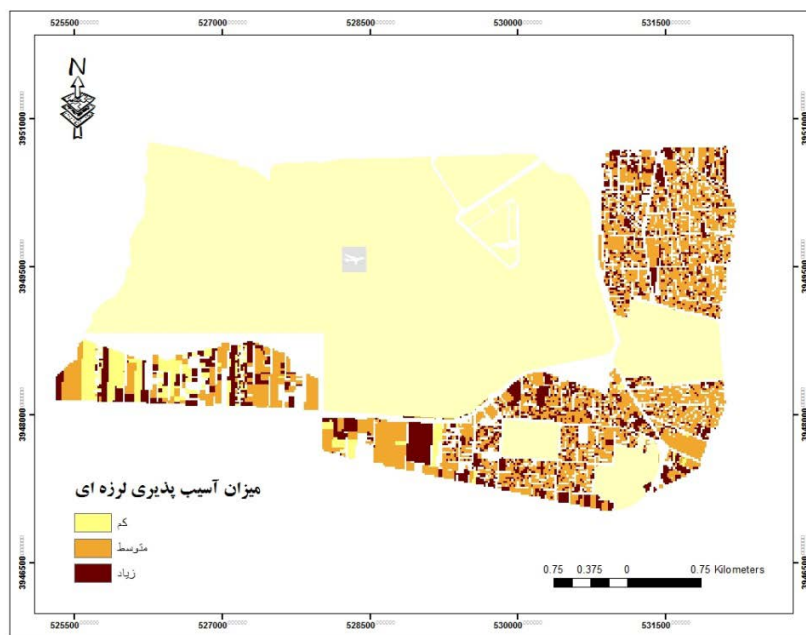
بحث و یافته‌ها

تحلیل آسیب‌پذیری مسکن منطقه ۹ شهر تهران

برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مسکن منطقه ۹ شهر تهران در برابر زلزله ابتدا برای بیان نسبی معیارهای به کار گرفته شده در تحقیق، وزن نسبی آن‌ها تعیین شد؛ به منظور وزن‌دهی معیارهای تأثیرگذار از نظر ۱۰ کارشناس مرتبط با دوره‌ی تخصصی بهره‌گیری گردید، سپس در چارچوب روش ANP، نرم‌افزار Decision Super برای تحلیل نظرات کارشناس و محاسبه‌ی

وزن هر معیار (جدول شماره‌ی ۲) مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با استفاده از اوزان به دست آمده برای هر یک از معیارها، S_j و R_j طبق گام دوم عنوان شده در بخش روش‌شناسی، محاسبه شد.

برای ارزیابی نهایی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله نیز به محاسبه‌ی Q_j با استفاده از رابطه‌ی ۱۳ پرداخته شد، که نقشه‌ی خروجی حاصل از محاسبه در چهار طبقه آسیب‌پذیری کم، آسیب‌پذیری متوسط، آسیب‌پذیری زیاد و آسیب‌پذیری خیلی



تصویر ۹: نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی فضایی آسیب‌پذیری مسکن شهری در منطقه ۹ شهر تهران با استفاده از مدل Extended VIKOR

زیاد تقسیم‌بندی شد (تصویر ۹). سپس میزان مساحت هر یک از سطوح آسیب‌پذیری محاسبه و در قالب جدول ۳ آورده شد. نتایج حاصل از نقشه‌ی خروجی و جدول شماره‌ی ۳ نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری متوسط با ۱۵۷ هکتار بیش از ۴۲ درصد از مساحت منطقه‌ی ۹ و طبقه‌ی آسیب‌پذیری زیاد با ۶۱/۶۸ کمترین میزان مساحت (۱۶ درصد) را به خود اختصاص داده‌اند.

نتیجه‌گیری

تهران، به منزله‌ی یکی از کلان‌شهرهای کشور، در معرض خطر شدید زلزله است. زمانی این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم در صورت بروز خطر، تهران به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های مناطق مختلف، جمعیت زیاد، عدم رعایت سرانه‌ها و ... با مشکلات عدیده و متفاوتی نسبت به سایر شهرها مواجه است. بنابراین شناخت محدوده‌های آسیب‌پذیر و مقاوم در سطح شهر و برنامه‌ریزی صحیح و مناسب برای پیشگیری یا کاهش آثار خطر احتمالی بسیار حیاتی و مهم است. از سوی دیگر، چنین مطالعه‌ای می‌تواند مؤثرترین شیوه‌ی تخصیص بهینه‌ی اعتبارات مقاوم‌سازی شهری به شمار آید.

با مرور برخی مطالعات و با توجه به مطالب بیان شده، این ضرورت به طور جدی احساس می‌شود که با ایجاد یک مدل مناسب و به‌کارگیری انواع داده‌های مکانی و غیرمکانی 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.

در این پژوهش، بر مبنای آنچه بیان گردید، به شناسایی مناطق مسکونی آسیب‌پذیر شهری و ارائه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری منطقه‌ی ۹ شهر تهران با کمک مدل E-VIKOR پرداخته شد. معیارهای مصالح ساختمانی، قدمت ساختمان، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، سازگاری کاربری‌ها و وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک برای انجام پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مساکن منطقه در برابر زلزله ابتدا برای بیان نسبی معیارهای به کار گرفته شده در تحقیق، وزن نسبی آن‌ها تعیین شد؛ به منظور وزن‌دهی به معیارهای پیشنهادی از نظر ۱۰ کارشناس مرتبط با دوره‌ی تخصصی بهره‌گیری گردید، سپس در چارچوب روش ANP، نرم‌افزار Decision Super برای تحلیل نظرهای کارشناس و محاسبه‌ی وزن هر معیار مورد استفاده قرار گرفت.

در ادامه با استفاده از اوزان به دست آمده برای هر یک از معیارها، R_j ، S_j و Q_j محاسبه شد. نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی

آسیب‌پذیری، میزان مساحت سطوح آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را به ترتیب ۱۲۰/۶۴، ۱۵۷، ۶۱/۶۸ و ۱۱۷/۸۸ نشان داد؛ که میزان درجه‌ی آسیب‌پذیری متوسط با ۱۵۷ هکتار بیشترین مساحت و درجه‌ی آسیب‌پذیری زیاد با ۶۱/۶۸ کمترین میزان مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل نشانگر آسیب‌پذیر بودن مسکن شهری منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله و کارایی مدل E-VIKOR در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه‌ی مورد مطالعه است. امید است نقشه‌های به دست آمده در این پژوهش، راهنمایی مناسب و قابل فهم برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری در راستای برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌پذیری فراهم سازد.

پی‌نوشت

1. Nian Zhang
2. Guiwu Wei

منابع

1. Ghafory-Ashtiany, M. (1999). Rescue Operation and Reconstructions in Iran, Disaster prevention and management, Volumes, Number1, MCB University ISSN 0965-3562.
۲. آسان، یاسمین؛ یان دیویس (۱۳۸۲). معماری و برنامه‌ریزی بازسازی. ترجمه‌ی علیرضا فلاحی، تهران، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
3. UNDP. (2004). Reducing Disaster Risk, A Challenge for Development, www.undp.org/bcpr.
۴. عنابستانی، علی‌اکبر (۱۳۸۷). گسل درونه و استقرار سکونتگاه‌های انسانی در منطقه کاشمر. پژوهش‌های جغرافیایی، سال چهارم، شماره‌ی ۶۳.
۵. دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۷۱). مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش دوم، تهران.
۶. شادی‌طلب، ژاله (۲۲-۱۳۷۱). مدیریت بحران. فصلنامه علوم اجتماعی، دوره‌ی اول، شماره‌ی ۳ و ۴، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
۷. مهندسین مشاور کاواب (۱۳۶۹). طرح‌ریزی کالبدی ملی و منطقه‌ای. تهران، وزارت مسکن و شهرسازی.
۸. زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۵). اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای. یزد، انتشارات دانشگاه یزد.
۹. فرج‌زاده، منوچهر؛ احدنژاد، محسن؛ امینی، جمال (۱۳۹۰). ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران). مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره‌ی ۹، ۱۹، ۳۶.
10. Farzipour Saen, A., Farzipoor Saen, R. (2012). Assessment of the site effect vulnerability within urban regions by data envelopment analysis: A case study in Iran. Computers & Geosciences. 48, 280-288.
11. Ma, X. & Ohno, R. (2012). Examination of Vulnerability of Various Residential Areas in China for Earthquake Disaster Mitigation. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 35, 369 - 377.
12. Sen, Z. (2010). Rapid visual earthquake hazard evaluation of existing buildings by fuzzy logic modeling.

13. Akinci, F.(2012). Environmental Risks: Earthquakes, International Encyclopedia of Housing and Home, 99-103.

۱۴. امینیان، امیراحمد؛ صیامی، قدیر؛ تقی نژاد، کاظم؛ زاهدی کلاکی، ابراهیم (۱۳۹۴). تخمین آسیب پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی. دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران. شماره ۸، ۴۷ - ۵۴.

۱۵. فلاح علی آبادی، سعید؛ گیوه چی، سعید؛ اسکندری، محمد؛ سرسنگی، علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی آسیب پذیری بافت تاریخی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه‌ی موردی: محله‌ی فهادان یزد. دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۳، ۵ - ۱۳.

۱۶. موسوی، سیده معصومه؛ عابدینی، موسی؛ اسمعیلی عوری، اباذر (۱۳۹۳). ارزیابی خطر زمین لرزه در حوزه‌ی شهری ایزه با استفاده از مدل‌های چندمعیاری WLC و AHP در محیط GIS. دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۷، ۹۳ - ۱۰۱.

۱۷. بمانیان، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ خالصی، محمدمهدی؛ بمانیان، رضا (۱۳۹۲). کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی (زلزله) از طریق برنامه‌ریزی کاربری زمین مطالعه‌ی موردی: ناحیه‌ی ۵ منطقه‌ی ۳ تهران. دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۲، ۵ - ۱۵.

18. 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.

19. 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

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

۲۱. عطایی، محمد (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری چندمعیاره. شاهرود، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲۲. پورخباز، حمیدرضا؛ جوانمردی، سعیده؛ یآوری، احمدرضا؛ فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۲). کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: دشت قزوین). فصلنامه محیط‌شناسی، سال ۳۹، شماره ۳، ۱۵۱-۱۶۴.

23. Nian Zhang, Guiwu Wei. (2013). Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set. Applied Mathematical Modeling, 37, 4938-4947.