

تحلیل خطر و خسارات زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده از روش‌های GIS و AHP

مطالعه‌ی موردی: دهستان ابرشویه دماوند

حسین سادین*: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران؛ Email: sadinhossien@gmail.com

محمد میرزاعلی: دانشجوی دکتری جغرافیا، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبدکاووس.

معصومه کوثری صفا: کارشناس ارشد جغرافیا، برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور گنبدکاووس.

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۸

چکیده

وقوع زلزله‌هایی با بزرگی کمتر از ۵ در مقیاس ریشتر برای ساختمان‌ها خطری در بر ندارد و حتی ساختمان‌های سست روستایی هم از این نظر کمتر دچار آسیب می‌شوند؛ در حالی که زلزله‌هایی با بزرگی ۵ تا ۶ در مناطق روستایی و با بزرگی ۶ تا ۷ در مناطق شهری بسیار فاجعه‌بار هستند. با توجه به وضعیت خاص کشور ایران از نظر زمین‌ساختی می‌توان ادعا کرد که همه‌ی گسل‌های موجود در کشور زلزله‌زا هستند. به طوری که، همه‌ساله شاهد خسارات و تلفات مالی و جانی، به خصوص در نواحی روستایی هستیم. بنابراین جامعه‌ی ایرانی را گریزی از این حادثه‌ی طبیعی نیست و باید تمهیدات لازم برای مقاوم‌سازی، شناخت و مدیریت خطر اندیشیده شود. این پژوهش با هدف بررسی میزان خطر و برآورد خسارات ناشی از وقوع زلزله در مناطق روستایی انجام گرفته و نقش عوامل انسانی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی را به عنوان عوامل مؤثر در تخریب و خسارت مورد ارزیابی و تحلیل قرار داده است. جامعه‌ی آماری این پژوهش دهستان ابرشویه دماوند در استان تهران است که طبق سرشماری سال ۱۳۹۰، ۱۰۲۰۱ نفر جمعیت و ۳۱ نقطه‌ی سکونتگاهی داشته است. روش تحقیق توصیفی - تحلیلی است که با بهره‌مندی از مدل سلسله‌مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحلیل و کارشناسی شده است. نتایج حاصل از بررسی نشان داد که ۵۱/۶ درصد نقاط مسکونی دهستان در فاصله‌ی ۵ کیلومتری از گسل‌ها واقع شده‌اند که از شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی مناسبی برای وقوع زلزله برخوردار است و در صورت وقوع زلزله حداکثر کشته‌شدگان ۱۰۳۷ نفر در روز و تعداد کشته‌شدگان در شب ۱۰۷۵ نفر در سازه‌های مسکونی و غیرمسکونی خواهد بود. همچنین ۶۵۷ سازه‌ی مسکونی و غیرمسکونی تخریب می‌شود که احیا و بازسازی آن‌ها هزینه‌ای نزدیک به ۳۰ میلیارد تومان به اقتصاد کشور تحمیل خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل خطر، زلزله، آسیب‌پذیری، تلفات انسانی، دهستان ابرشویه

Analysis of earthquake risks and damages in rural areas using AHP and GIS techniques

Case study: Rural Abarshiveh Damavand

Hosien Sadin^{1*}, MohammadMirzaali², Masoumeh Kosary Safa³

Abstract

Earthquakes of less than 5 Richter magnitudes are not dangerous to buildings and even rural buildings are less impaired in this regard. While earthquakes with a Richter magnitude of between 5 to 6 in rural areas and 6 to 7 in urban areas are very disastrous. Due to the specific situation of Iran from the tectonic viewpoint, it can be argued that all faults are seismically active in the country. So that losses and casualties could be occurred every year specifically in rural areas. Therefore this natural phenomenon happens in Iran and requires preparation for resisting, identifying, and risk management. This research has been done with the aim of investigating the amount of risk and estimation of losses caused by earthquake in rural areas. The role of human factors, geology and geomorphology as effective factor in destruction and losses has also been analyzed. Participants of this study are rural district residents of Abarshiveh, Damavand located in Tehran province. It has 10201 population including 31 residential spots according to 1390 census. The method of research is descriptive analysis which is analyzed and studied using hierarchal model (AHP) as well as geographic information system (GIS). The results of the survey showed that 51.6 percent of the residential spots of the rural district are located within five kilometers from faults, where geologically and geomorphologically have high potential for earthquake. If an earthquake happens, the majority of casualties will be 1037 in day time and 1075 at night time in residential and nonresidential structures. Also 657 of residential and nonresidential structures will be ruined. Rehabilitation and reconstruction of these structures will impose a damage of three hundred billion Rials on the economy of the country.

Key words: Risk Analysis, Earthquake, Vulnerability, Human casualties, barshiveh rural district.

1 M.A in geography of rural planning .Email: sadinhossien@gmail.com

2 PhD student in geography and rural planning, department of geograph, university of pnu, Tehran, iran.

3 M.A in geography of rural planning.

۹۳

شماره یازدهم

بهار و تابستان

۱۳۹۶

دوفصلنامه

علمی و پژوهشی



از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

تحلیل خطر و خسارات

زمین لرزه‌ی مناطق روستایی با استفاده

از روش‌های

AHP و GIS

مخاطرات طبیعی تا وقتی که رخ ندهند از نظر سیاستمداران، سیاست‌گذاران و افراد محلی در مقایسه با مشکلات اجتماعی از قبیل تورم، بیکاری، جرم و جنایت در درجه‌ی اهمیت بالایی قرار ندارند. به عبارتی مشکلات اجتماعی مهم‌تر تلقی می‌شوند، مگر اینکه این مخاطرات تجربه شده باشند. از سویی دیگر، بسیاری از مردم درباره‌ی زندگی در مکان‌های مخاطره‌آمیز آگاهی کافی ندارند و وقوع خطرات با احتمال کم را به‌رغم اینکه امکان وقوع آن‌ها در هر لحظه وجود دارد نسبت به مخاطرات به وقوع پیوسته و متوالی، دست کم می‌گیرند [۱]. این در حالی است که وقوع مخاطرات طبیعی، به‌ویژه زلزله یکی از مهم‌ترین عوامل انهدام سکونتگاه‌های انسانی شناخته شده است و با توجه به استقرار وسیعی از پهنه‌ی جغرافیایی کشور در کمربند زلزله‌خیز آلپ-همیالیا [۲]، آسیب‌پذیر بودن بیش از ۹۰ درصد از سکونتگاه‌ها در برابر یک زلزله ۵/۵ در مقیاس ریشتر و وقوع ۱۷/۶ درصد از زلزله‌های مخرب دنیا در محدوده‌ی جغرافیایی ایران، اهمیت توجه به تحلیل خطر و خسارات ناشی از سانحه‌ی زلزله مشخص می‌شود [۳]. این امر به‌ویژه در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی ایران، نقش بسزایی داشته و هر ساله خسارات جانی و مالی بسیاری را بر روستاها و اقتصاد کشور تحمیل می‌کند. برای نمونه در زلزله‌ی سال ۱۳۶۹ استان‌های گیلان و زنجان حدود ۵۱ درصد کل روستاها در اثر این پدیده کم و بیش آسیب دیدند و بر اثر آن ۱۵۴۶۶۷ واحد مسکونی روستایی تخریب شد. بخشی از این مشکلات به علت ناآگاهی و استقرار نامناسب روستاها بر روی گسل‌ها، واقع شدن در حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها و نیز بر روی اراضی ناپایدار بوده و بخشی از آن نیز، به علت به‌کارگیری مصالح نامرغوب و رعایت نکردن اصول و معیارهای فنی در ساخت و سازهای روستایی است [۴].

با توجه به این شناخت از کشور در سال‌های اخیر، احتمال وقوع زلزله‌ای در استان تهران به‌ویژه در شهر تهران نگرانی‌هایی را برای برنامه‌ریزان، مدیران و جوامع شهری و روستایی در کشور به‌وجود آورده است. علت اصلی طرح این موضوع و قوت گرفتن آن نیز وجود گسل‌های فعال و متعدد شمال تهران، ری، نیاوران، مشاء، کهریزک و گرمابود در لایه‌های زیرین پوسته‌ی استان تهران است که کوچک‌ترین تکان حاصل از این گسل‌ها با توجه به ساختار شهری و روستایی کشور می‌تواند یک فاجعه‌ی بزرگ انسانی و سکونتگاهی ایجاد نماید. طرح این مسئله که انسان امروزی با علم و تکنولوژی در شرایط حاضر نمی‌تواند پیش‌بینی دقیقی از این مخاطره‌ی بزرگ طبیعی ارائه کند و مانع از وقوع آن گردد به یک چالش عمده تبدیل شده است. از این رو، اگر نمی‌توان احتمال خطر را به سبب واقع شدن روی کمربند زلزله کاملاً از بین برد، لذا تنها راه چاره، قبول احتمال خطر و مدیریت آن است. اولین گام در این جریان آن است که مسائل و معضلات را شناسایی نمود، سپس احتمال خطر و خسارت‌های وارد شده را به واسطه‌ی محاسبات کمی، کاملاً تحلیل کرد، تا از این طریق بتوان با مدیریت خطر زلزله مصیبت را دفع کرد، که این امر به شناسایی پارامترهای دخیل در لرزه‌زایی و ارزیابی آن‌ها به‌صورت کمی و کیفی نیاز دارد. این

مقدمه‌ی مختصر ضرورت بررسی، شناخت و سنجش خسارت‌های احتمالی ناشی از وقوع زلزله در هر یک از جوامع و سکونتگاه‌های انسانی را طلب می‌کند، بر این اساس، این پژوهش مسئله‌ی اخیر را در کانون توجه خود قرار داده و به بررسی میزان خطر و برآورد خسارات ناشی از وقوع احتمالی زلزله در مناطق روستایی دهستان ابرشویه شهرستان دماوند به کمک روش‌های سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته است.

پیشینه‌ی تحقیق

درباره‌ی تحلیل مخاطرات، آثار و خسارت‌های ناشی از آن، به‌ویژه از زمان تأسیس «NEHRP» در سال ۱۹۷۷ میلادی [۵] و متعاقباً در سال ۱۹۸۹ که یک برنامه‌ی بین‌المللی برای بررسی، تحلیل و کاهش خسارت‌های مخاطرات طبیعی، توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد مطرح گردید، تحقیقات و مطالعات متعددی انجام گرفته است. تا آنجا که دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی را دهه‌ی بین‌المللی بررسی و کاهش مصیبت حوادث طبیعی نام‌گذاری نمودند و هدف از این دهه را بررسی روش‌های کاهش زیان‌های جانی، مالی و جلوگیری از تنش‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از مخاطرات طبیعی اعلام کردند [۶]. آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (۲۰۰۰)، در پژوهشی به پیش‌بینی اثر وقوع یک زلزله‌ی احتمالی در کلان‌شهر تهران پرداخته و به این نتیجه رسیده است که ۳۸۳ هزار نفر در اثر وقوع این زمین‌لرزه کشته خواهند شد. همچنین مجموع خسارات ناشی از زلزله (مجموع هزینه‌های واکنش اضطراری و بازسازی) رقمی معادل ۱۹۲۶ میلیارد ریال برآورد شده است. کنداک (۲۰۰۴)، به بررسی و ارزیابی تأثیر یک زلزله‌ی ۷/۷ ریشتری در استانبول ترکیه پرداخته و نتایج تحقیق وی گویای آن است که مجموع خسارات برآورد شده بر اثر این زلزله، حدود ۳۰ میلیارد دلار است که حدود ۲۰ میلیارد دلار آن به‌علت تخریب واحدهای مسکونی و سازه‌ای خواهد بود. کاوالو و بسرا (۲۰۱۰)، به تحلیل و ارزیابی ابعاد و خسارات ناشی از زلزله‌ی ژانویه ۲۰۱۰ هایتی پرداخته‌اند و سپس هزینه‌های پولی ناشی از این زلزله را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق ایشان حاکی از خسارات حدود ۸ میلیارد دلاری ناشی از وقوع زلزله و مرگ و میر بیش از ۲۵۰ هزار نفر از ساکنان هایتی است. همچنین، هاشمی و آل شیخ (۲۰۱۱)، نیز به ارزیابی خسارت‌های زمین‌لرزه با استفاده از مطالعات مبتنی بر GIS در کلانشهر تهران پرداخته‌اند. ایشان در این پژوهش، با مبنا قرار دادن گسل مشاء و طراحی سناریوی زلزله به ارزیابی تلفات انسانی و انسداد خیابان‌ها در اثر فرو ریختن ساختمان‌ها پرداخته‌اند. نتایج این طرح نشان می‌دهد که میزان خسارات وارده برابر است با تخریب ۶۴ درصدی ساختمان‌ها و کشته شدن ۳۳ درصد و مجروح شدن ۲۷ درصد ساکنین و انسداد ۲۲ درصد معابر.

همچنین از تحقیقات منتشر شده در داخل نیز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. پارسی‌زاده (۱۳۷۸)، به بررسی اثرات اجتماعی و اقتصادی زلزله‌ی ۷/۴ در سال ۱۹۹۹ در ایزمیت ترکیه پرداخته است. نتایج یافته‌های تحقیق وی حاکی از تخریب ۲۵۹۵۱۵ واحد مسکونی و ۳۸۷۴۵ واحد اداری در این منطقه و ۱۶۹۵۳ نفر کشته

و نزدیک به ۶۰۰ هزار نفر بی‌خانمان است. در ضمن خسارات مالی و تلفات انسانی این زلزله در حدود ۱۶ میلیارد دلار برآورد شده است. نورفرستی و موسوی (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای به تخمین خسارت‌های مالی و جانی یک زلزله‌ی فرضی با قدرت ۵/۵ ریشتری در کلانشهر تهران پرداخته‌اند که نتایج مطالعات ایشان حاکی از آن است که با وقوع چنین زلزله‌ی فرضی، شاهد انهدام سرمایه‌ای در حدود ۹۸۹/۴۷۰ میلیارد ریال و کشته شدن ۴۱۶ هزار نفر از جمعیت شهر تهران در صورت وقوع زلزله در روز و ۵۴۱ هزار نفر در صورت وقوع آن در شب خواهیم بود. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۳)، نیز در مقاله‌ای برای مقابله‌ی اصولی با زلزله و کاستن از میزان آسیب‌های آن در مناطق شهری اردبیل، دست به انجام مطالعاتی در خصوص وضعیت لرزه‌خیزی و توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال پیرامونی و تخمین میزان خسارات مالی و جانی به وجود آمده در اثر زلزله‌های احتمالی زده‌اند. نتایج یافته‌ها نشان می‌دهد که در صورت وقوع زلزله در شب، بدون هیچ‌گونه امدادسانی، شدیدترین تلفات را (۷۴۹۴۵ نفر از ساکنان یا حدود ۱۷/۵ درصد کل جمعیت اردبیل) موجب می‌گردد. براین اساس پژوهش حاضر به دنبال آن است که تا چه حد به موارد فوق به عنوان تجربیات قبلی توجه شده و این پژوهش چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با طرح‌ها و مطالعات قبلی دارد.

مفاهیم و مبانی نظری

بر اساس برنامه‌ی راهبردی بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل^۲، همه مخاطرات دو منشأ اصلی دارند؛ ۱. مخاطرات طبیعی و ۲. مخاطرات ناشی از فناوری^۳ (مخاطرات ناشی از فعالیت انسانی) [۷]. خطر طبیعی، پدیده‌ای طبیعی است که در محدوده‌ی سکونت بشر اتفاق افتاده، زندگی او را تهدید نموده و ممکن است منجر به وقوع بلایی گردد. این‌گونه مخاطرات به دلایل زمین‌شناختی، زیست‌شناختی، آب و هواشناختی و یا فرایندهایی از این قبیل، در محیط زندگی بشر به وجود می‌آیند (مثل زلزله، سیل، خشکسالی و ...) [۸]. زمین‌لرزه (زلزله) در واقع، آزاد شدن ناگهانی انرژی بسیار زیاد در مدت زمان خیلی کم است که در اثر بروز اغتشاش در پوسته‌ی زمین به وقوع می‌پیوندد. زمین‌لرزه ممکن است انرژی تجمع یافته‌ی چندین ساله (ده‌ها، صدها و هزاران ساله) را ظرف چند ثانیه آزاد نماید [۹]. شدت لرزش زمین در هر نقطه به ترکیب پیچیده‌ای از بزرگی زلزله، فاصله از گسیختگی و وضعیت‌های زمین‌شناختی محلی که ممکن است امواج زمین‌لرزه را تضعیف یا تقویت کند، بستگی دارد. میزان خسارت و بحران جانی و مالی که به طور مستقیم از طریق خود زمین‌لرزه‌ها حاصل می‌شود، نسبت به کل خرابی‌ها، درصد کمی را به خود اختصاص می‌دهد و عمده خسارات و بحران آن به طور غیرمستقیم از طریق تحریک عوامل ژئومورفولوژیک با بالا رفتن قدرت مورفودینامیک^۴ تحقق می‌یابد [۱۰] که خطر^۵ و مصیبت^۶ به همراه خواهد داشت.

خطر، بخش اجتناب‌ناپذیر زندگی است و عبارت است از واقعه‌ای که به طور بالقوه توان ایجاد زیان را دارد. هنگامی که تعداد زیادی از مردم در معرض مخاطره قرار می‌گیرند، کشته یا

زخمی می‌شوند و یا به طریقی زیان می‌بینند، آن حادثه مصیبت نامیده می‌شود. احتمال خطر و مصیبت در مقیاس‌های مختلف رخ می‌دهد که انواع تهدید عبارتند از: ۱. خطرات وارد بر انسان (مرگ، جراحت و ...)؛ ۲. خطرات وارد بر کالا (خسارات مالی و اقتصادی و ...)؛ ۳. خطرات وارد بر محیط (آلودگی‌ها و ...). گفتنی است که خطرات اغلب سلسله‌ای از فرایندها را شامل شده و تأثیرات آن‌ها منجر به مصیبت می‌گردد [۱۱] که در درون خود به معنای دقیق آسیب‌پذیری، ویرانی و ناپایداری در سکونتگاه‌های شهری و روستایی است. آسیب‌پذیری اصطلاحی است که برای نشان دادن وسعت و میزان خسارات احتمالی بر اثر وقوع سوانح نه طبیعی و غیرطبیعی به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی به کار می‌رود. به عبارت دیگر، آسیب‌پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت پیش‌بینی شده برای هر عنصر در معرض خطرات مصیبت‌بار، با شدت معین گفته می‌شود [۱۲]. نواحی روستایی که غالب آن‌ها در کوهستان‌ها، کوهپایه‌ها و مناطق شیب‌دار استقرار یافته‌اند، از لحاظ وضعیت زمین‌ساختی و توپوگرافی در مقابل زمین‌لرزه به شدت آسیب‌پذیرند [۱۳]. به طوری که، علاوه بر مستعد بودن ساختار زمین‌ساختی کشور، عواملی از قبیل تراکم جمعیت، وجود ساختارهای کالبدی کم‌دوام (مانند استفاده از مصالح ساختمانی نامقاوم و کم‌دوام، به‌کارگیری شیوه‌های سنتی و غیرفنی ساخت و سازهای روستایی و ...)، ضعف نظارتی نهادهای مسئول، مکان‌گزینی نامناسب سکونتگاه‌ها و ... در افزایش سطح خسارات و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زمین‌لرزه، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند [۱۴]. از این رو، با توجه به آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه‌ی روستایی، کم‌توجهی به شناسایی و تحلیل مخاطرات طبیعی (مانند زمین‌لرزه) [۱۵] برآورد خسارات مربوط به آن در ابعاد مختلف انسانی و غیرانسانی، در میان ساکنین این‌گونه مناطق است. در برآورد خسارات غیرانسانی، علاوه بر پیامدهای مختلف اقتصادی مخاطرات طبیعی (به‌ویژه زلزله) در نواحی روستایی، از جمله خسارات به منابع پایه‌ی طبیعی، آسیب‌رسانی به صنایع و محصولات کشاورزی، ویرانی مسکن و زیرساخت‌های روستایی [۱۶]، به ابعاد آسیب‌پذیری سازه‌ها و ساختارهای روستایی پرداخته می‌شود. علاوه بر این باید متذکر شد که در برآورد میزان تخریب نوع ساختمان‌ها (از لحاظ تیپ‌بندی سازه‌ای)، ضرایب آسیب‌پذیری و فاصله از مرکز زلزله اهمیت بسزایی دارد و برای به‌دست آوردن ضریب آسیب‌پذیری سازه‌ها، از جدول ضرایب آسیب‌پذیری سازه‌ها در پهنه‌های لرزه‌ای مختلف که بر حسب تیپ‌بندی مصالح رایج کشور تهیه شده، استفاده می‌گردد [۱۷].

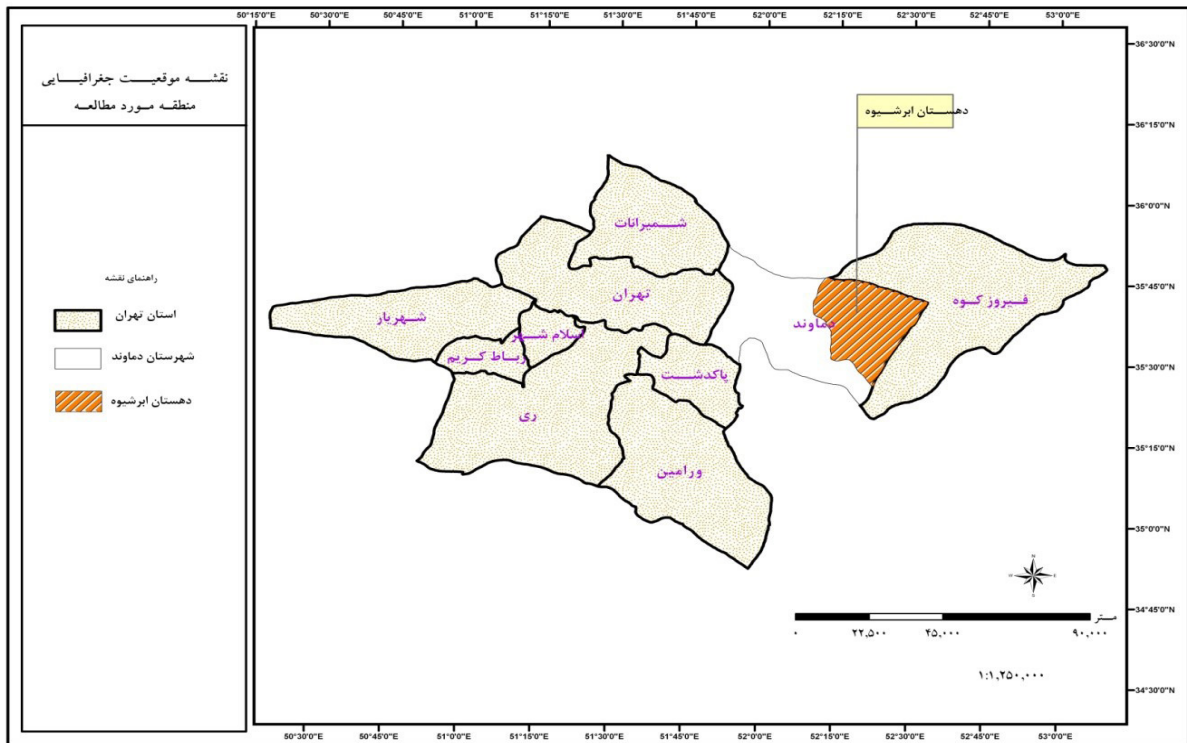
اما نکته‌ی درخور توجه کاهش خسارات بر حسب شعاع تخریب است. به طوری که خسارات ناشی از وقوع زلزله در تمامی نقاط واقع در مسیر زلزله یکسان نبوده و هر چه فاصله از کانون بیشتر باشد، خسارات احتمالی کمتر خواهد بود؛ بنابراین میزان خسارات با افزایش شعاع، کاهش می‌یابد. لذا در محاسبه‌ی خسارات ناشی از وقوع زلزله، ضرایب آسیب‌پذیری سازه بر حسب منطقه‌بندی خطر نسبی زلزله برای شعاع‌های مختلف (۵، ۱۰، ۲۰، ... و ۸۰ کیلومتر)

جدول ۱: سوابق و پیشینه‌های موضوعی نزدیک به تحقیق حاضر

محققان	سال	نتیجه‌ی مطالعات
کینگ و کریمیدن جان	۱۹۹۵	در منطقه‌ی پلواتو کالیفرنیا، با بررسی خطر زمین‌لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن با استفاده از نرم‌افزار GIS، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر برای این منطقه را استخراج نمودند.
ماتسواوکا و میدوری‌کاوا	۱۹۹۵	در پژوهشی به تحلیل نقشه‌های خطر لرزه‌ای برای یک کلان‌شهر با نواحی پیرامونی آن با استفاده از پایگاه داده‌های GIS در کشور ژاپن پرداخته‌اند.
لی و همکاران	۲۰۰۰	در مقاله‌ای به بررسی و ارزیابی خطرات لرزه‌ای احتمالی در منطقه‌ی هنگ‌کنگ پرداخته‌اند و خاطر نشان می‌سازند که احتمال وقوع زلزله‌های با بزرگی بیش از ۷ ریشتر و ۵ الی ۶ ریشتر در ۵۰ سال آینده به ترتیب ۲٪ و ۱۲ الی ۷۰٪ است که لزوم تحلیل خطر و خسارت‌های زمین‌لرزه در بخش وسیعی از هنگ‌کنگ و اطراف آن، امری ضروری است.
یوان	۲۰۰۳	وی سعی بر آن داشت تا راه‌های توسعه‌ی استفاده از GIS را برای ارزیابی خطر لرزه‌ای مورد بررسی قرار دهد و تأکید می‌کند که از این روش می‌توان به تحلیل و برآورد میزان خطرات و خسارات جانی و مالی محتمل در آینده ناشی از این خطر پرداخت.
کمپ و همکاران	۲۰۰۸	در پژوهشی با استفاده از GIS به بررسی، تعیین خسارت و تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت زمین‌لرزه‌ی سال ۲۰۰۵ منطقه‌ی کشمیر پرداخته‌اند.
فنگ و همکاران	۲۰۰۸	در تحقیقی به شبیه‌سازی فاجعه‌ی زمین‌لرزه برای یک منطقه‌ی سکونتگاهی وسیع با ادغام داده‌های GIS، CAD، FEA و VR پرداخته‌اند. سپس میزان خسارات ناشی از این مخاطره را در ابعاد انسانی و سازه‌ای مورد توجه قرار داده‌اند.
لانادا و همکاران	۲۰۰۹	در مطالعه‌ای، ضمن مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر بارسلون، به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در این شهر پرداخته‌اند. نتایج کلی حاکی از آن است که این شهر در محدوده‌ی با خطر کم تا متوسط به لحاظ آسیب‌پذیری قرار داشته و استفاده از دو روش VIM و CSBM، اعتبار و قدرت کافی برای برآورد خطر زلزله را دارند.
زنگی‌آبادی و همکاران	۱۳۸۷	در تحقیقی مبتنی بر مشخصات کمی و کیفی مسکن شهری اصفهان، به این نتیجه می‌رسند که میزان آسیب‌پذیری مسکن این شهر در برابر خطر زمین‌لرزه زیاد بوده و از نظر شاخص دسترسی مسکن شهر به مراکز امداد و نجات در مواقع بحرانی، وضعیت بسیار نامطلوبی دارد.
کاوه اندیشه	۱۳۸۷	در پژوهش خود بیان می‌دارد که دانش ارزیابی خطرات ناشی از زلزله می‌تواند خسارات و تلفات ناشی از زلزله‌های محتمل آینده را کاهش داده و از نتایج این‌گونه مطالعات، می‌توان در مقاوم‌سازی سازه‌های موجود، طراحی انواع سازه‌ها و تأسیسات زیربنایی و مکان‌یابی سایت‌های مناسب استفاده نمود.
احد نژاد و همکاران	۱۳۸۹	در مقاله‌ای به مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهر زنجان در برابر زمین‌لرزه با استفاده از روش AHP در محیط GIS پرداخته و ضمن ارائه‌ی سناریوهای مختلف زلزله، به پهنه‌بندی آسیب‌های وارده به ساختمان‌ها و تلفات انسانی و مالی وارده به این شهر پرداخته‌اند که فرسودگی، استفاده از مصالح کم دوام و عمر بالای ساختمان‌ها از دلایل آسیب‌پذیری آن‌هاست.
شهابی و همکاران	۱۳۹۰	در پژوهشی با استفاده از مدل فضایی چند معیاری، رخداد زمین‌لرزه در استان کردستان را پهنه‌بندی نموده‌اند و نتایج نشان داد که قریب به ۳۰ درصدی مساحت این استان در پهنه‌ی با خطر بالا قرار دارد که نیازمند تخمین خسارات ناشی از این مخاطره‌ی طبیعی است.
فائدرحمی و همکاران	۱۳۹۲	در مطالعه‌ای به بررسی الگوی پراکنش شهرهای مهم استان لرستان در ارتباط با خطر زمین‌لرزه با استفاده از مدل جاذبه پرداخته‌اند و خاطر نشان می‌کنند که بسیاری از مناطق مسکونی در حریم گسل‌ها استقرار یافته که میزان آسیب‌پذیری ۶ درصد در پهنه‌ی خطر بسیار بالا، ۲۳ درصد بالا و ۶ درصد متوسط است.
کریمی‌کردآبادی و نجفی	۱۳۹۴	در مقاله‌ای پژوهشی، با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY و با به‌کارگیری نرم‌افزارهای Arc GIS و Expert Choice به پهنه‌بندی خطر زلزله و تأثیر آن در امنیت شهری منطقه‌ی یک تهران پرداخته‌اند. نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زلزله نشان می‌دهد، بیشتر مساحت و گستره‌ی آن، جزء پهنه‌های خطرناک وقوع زلزله محسوب می‌شوند و منطقه‌ی یک نیز به شدت در خطر زلزله‌خیزی قرار دارد و نیازمند توجه اساسی برای کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله است.

جدول ۲: متوسط ضریب آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر زلزله [۱۸]

نوع سازه	آجری	بتنی	فولادی
ضرایب آسیب‌پذیری	۳۳٪	۲۰٪	۲۰٪



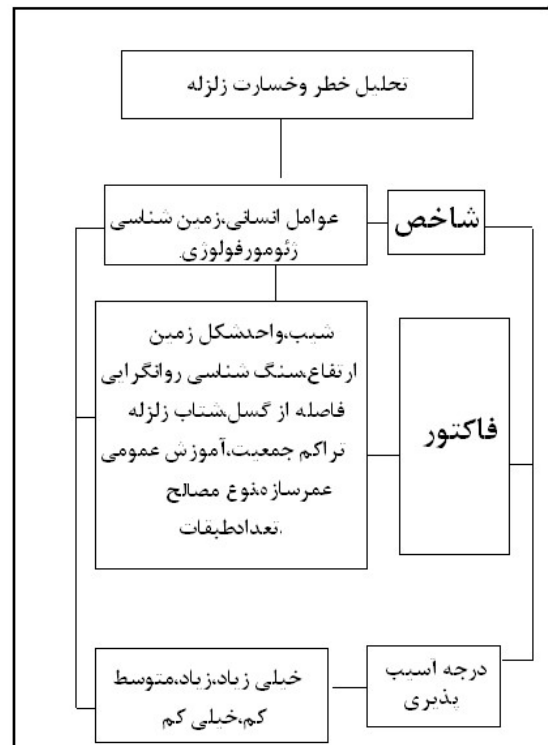
تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

طبقات ساختمان، زمان وقوع زلزله (روز یا شب) و غیره، ارتباط مستقیم داشته باشد. برای محاسبه‌ی میزان تلفات ناشی از زلزله اطلاعاتی نظیر توزیع فضایی شدت زلزله و میزان خسارات وارده به ساختمان‌ها، سیستم طبقه‌بندی مناسب ساختمان‌ها، آمار توزیع هر کدام از ساختمان‌های واقع شده در درجات مختلف آسیب، تیپ‌بندی ساختمان‌ها و جمعیت هر کدام از واحدهای مسکونی و یا متوسط مقدار آن و غیره، مورد نیاز است [۲۲]. با عنایت به آنچه که آمد، می‌توان بیان نمود که ارزیابی آسیب‌پذیری و تخمین خسارات ناشی از زلزله در نواحی روستایی، علاوه بر مسکن و محیط کالبدی روستا (خسارات مالی و ابعاد غیرانسانی آن)، به تعداد تلفات انسانی (کشته‌ها، مصدومین و مجروحین و...) و دیگر عوامل مرتبط با آن (خسارات جانی و ابعاد انسانی آن) نیز وابسته است.

مواد و روش تحقیق

روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش توصیفی - تحلیلی است. جامعه‌ی آماری آن را دهستان ابرشویه‌ی دماوند در استان تهران تشکیل می‌دهد که بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ دارای ۳۱ نقطه‌ی سکونتگاهی روستایی با جمعیتی بالغ بر ۱۰۲۰۱ نفر است [۲۳]. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز پژوهش با مراجعه به ادارات و مطالعه‌ی اسناد و مدارک مربوطه و تکمیل پرسشنامه‌ای توسط مدیران مرتبط به امور روستاها (بنیاد مسکن، بخش‌داری‌ها، شوراها و دهیاران) گردآوری شده است که پس از ثبت در رایانه در محیط نرم‌افزاری Excel و تشکیل پایگاه اطلاعاتی در محیط GIS تجزیه و تحلیل نهایی انجام گرفته است. لازم به توضیح اینکه روابط آماری مورد استفاده در این مقاله با بررسی نتایج برخی از

نسبت به کانون وقوع زلزله در نظر گرفته می‌شود. بنابراین این ضرایب در نزدیکی کانون زلزله بزرگ و در فواصل دورتر، کاهش می‌یابد [۱۹]. همچنین در این‌گونه مطالعات، با به‌کارگیری ضریبی به‌عنوان «ضریب پراکندگی سازه‌ها» که بیانگر تجمع سازه‌ها در داخل و حومه‌ی شهر یا روستا و نیز تفاوت احتمالی در نوع مصالح ساختمانی است، سعی در تعدیل خطای محاسبه در نتایج تحقیق می‌گردد. معمولاً بعد از رخداد زلزله‌های با قدرت تخریب بالا، آمارگی به‌عنوان تعداد تلفات انسانی یا تعداد کشته‌ها و مجروحین منتشر می‌گردد [۲۰]. تعداد تلفات انسانی ناشی از زلزله، تابعی از شرایط تراکم جمعیت، نوع و کیفیت سازه‌ها، قدرت، شتاب، زمان وقوع زمین‌لرزه و نحوه‌ی امداد رسانی بعد از وقوع آن است. همچنین عمده‌ترین تلفات انسانی زلزله ناشی از آسیب وارده به ساختمان‌ها و سازه‌ها بوده و طبق برآوردهای انجام شده در زلزله‌های به وقوع پیوسته در جهان، بالای ۷۵ درصد از مرگ‌ومیرها، ناشی از ریزش مستقیم ساختمان‌ها بوده است. در همین راستا، برای تخمین تلفات انسانی زلزله از نظریه‌ای تحت عنوان «نسبت مرگ‌آوری»^۷ برای هر کدام از ساختمان‌ها که در درجات مختلف آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. نسبت مرگ‌آوری، به‌عنوان نسبتی از تعداد افراد کشته شده به تعداد ساکنین موجود در حین ریزش ساختمان تعریف می‌شود. بنابراین برآورد تلفات، تابعی از تخمین تعداد ساختمان‌های تخریب شده در هر گروه از درجات آسیب‌پذیر است. با استفاده از این روش می‌توان نسبت مرگ‌آوری هر یک از ساختمان‌های موجود در شهر یا روستا را مورد ارزیابی و تخمین قرار داد [۲۱]. نسبت مرگ‌آوری می‌تواند با عملکرد سازه در برابر زلزله، سطح اشغال، نوع مکانیسم ریزش، شدت زلزله و فاصله‌ی کانونی آن تا شهر و روستای مورد نظر، تراکم جمعیت، تعداد



تصویر ۲: پارامترهای مورد بررسی در فرایند تحقیق

پژوهش ها در زمینه ی آسیب پذیری ساختمان ها از جمله موسوی و آشتیانی (۱۳۸۲)، موسوی (۱۳۸۰) و ناطق الهی (۱۳۷۶) به دست آمده است.

داده ها و یافته های پژوهش حاضر از یک سو به تعیین و محاسبه ی میزان خسارات ناشی از تخریب سازه ها با توجه به فواصل سکونتگاه های روستایی منطقه از گسل های موجود در محدوده ی مورد مطالعه ی تحقیق و از سوی دیگر به تعیین و محاسبه ی تلفات انسانی موجود در واحدهای مسکونی و غیرمسکونی با توجه به میزان تلفات و ساعات مختلف وقوع زلزله، پرداخته است.

برای دستیابی به اهداف تحقیق پس از مشخص کردن عوامل مؤثر در افزایش خسارت، فاکتورهای کلیدی و میزان آسیب پذیری، وزن نسبی و عمومی آن ها با روش AHP تعیین شده است. این روش یکی از روش های تصمیم گیری چندشاخصه بوده که بر پایه ی دانش کارشناسی استوار و توسط توماس ساعتی (۱۹۸۰) طراحی گردیده است. تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور هم زمان

جدول ۳: ماتریس مقایسات زوجی شاخص ها سطح ۱

انسانی عمومی	زمین شناسی	ژئومورفولوژی	
۵	۳	۱	ژئومورفولوژی
۳	۱	۰/۳۳	زمین شناسی
۱	۰/۳۳	۰/۲	انسانی عمومی
۹	۴/۳۳	۱/۵۳	جمع

و نیز قابلیت سازگاری در قضاوت ها، امکان فرموله کردن مسئله را فراهم می سازد. ورودی این روش ماتریس مقایسه ی زوجی بوده که درایه های آن میزان اهمیت نسبی شاخص ها را بیان می کند. این فرایند شامل مراحل زیر است: ۱. ایجاد ساختار سلسله مراتبی، ۲. محاسبه ی وزن (ضریب) اهمیت شاخص ها، ۳. محاسبه ی وزن اهمیت زیر شاخص ها، ۴. تعیین ضریب اهمیت گزینه ها، ۵. تعیین امتیاز نهایی، ۶. بررسی سازگاری در قضاوت ها. مکانیزمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت ها در نظر گرفته می شود، محاسبه ی نرخ ناسازگاری است که شامل: ۱. محاسبه ی بردار ویژه، ۲. تعیین مقدار شاخص ناسازگاری، ۳. محاسبه ی نرخ ناسازگاری است. در تحلیل شاخص سازگاری چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسات از سازگاری قابل قبولی برخوردار است. در غیر این صورت باید در مقایسات تجدید نظر کرد [۲۴]. برای مثال ماتریس مقایسات زوجی عوامل سطح ۱ بر اساس نظر کارشناسان طبق جدول ۳ است.

در گام بعدی با تقسیم مقدار هر درایه بر جمع ستون مربوطه، عمل بهنجارسازی مقادیر ماتریس انجام گرفت. سپس برای محاسبه ی وزن نسبی هر شاخص، میانگین حسابی هر سطر را به دست آوردیم (جدول ۴).

به همین ترتیب وزن نسبی عوامل سطح ۲ و ۳ به دست آمد. در نهایت وزن عمومی^۱ پارامترها محاسبه گردید. برای تعیین میزان اثر هر پارامتر نیز میانگین وزن عمومی را محاسبه نمودیم. نتایج حاصل از این روش در جدول ۵ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۵ که بر مبنای تحلیل های کارشناسی و نرم افزاری صورت گرفته است ملاحظه می شود، وزن عمومی عوامل ژئومورفولوژیک (شیب، طبقات ارتفاعی و واحدهای شکل زمین) در مقایسه با عوامل انسانی و زمین شناسی در بروز خسارت های ناشی از زلزله بیشتر است. بر این اساس، ترتیب درجه اهمیت عوامل مورد بررسی عبارت است از:

شیب < واحد شکل زمین < ارتفاع < سنگ < فاصله از گسل < روان گریزی < شناخت زلزله <

یافته های تحقیق

با توجه به مسائل مطروحه و با در نظر گرفتن مبانی نظری تحقیق، یافته های حاصل از عملیات پیمایشی تحت دو عنوان کلی به شرح ذیل تبیین می گردد:

جدول ۴: ماتریس بهنجار شده ی مقایسات زوجی و وزن نسبی عوامل سطح ۱

وزن نسبی	انسانی عمومی	زمین شناسی	ژئومورفولوژی	
۰/۶۳۴	۰/۵۵۶	۰/۶۹۲	۰/۶۵۳	ژئومورفولوژی
۰/۲۶۱	۰/۳۳۳	۰/۲۳۱	۰/۲۱۷	زمین شناسی
۰/۱۰۵	۰/۱۱۱	۰/۰۷۷	۰/۱۳	انسانی عمومی
۱	۱	۱	۱	

جدول ۵: وزن نسبی و عمومی پارامترهای مؤثر در تحلیل خطر با مدل AHP

رتبه	میانگین وزن عمومی	وزن عمومی	وزن نسبی	عوامل سطح ۳	وزن نسبی	عوامل سطح ۲	وزن نسبی	عوامل سطح ۱
۱	۰/۳۰	۰/۷	۰/۵	خیلی زیاد	۰/۲۱۷	شیب	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۳۵	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۲	۰/۱۴	متوسط				
		۰/۱۲	۰/۰۷	کم				
۲	۰/۲۵۰	۰/۰۶	۰/۰۴	خیلی کم	۰/۱۸۹	واحدهای شکل زمین	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۶	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۳	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۱۷	۰/۱۴	متوسط				
۳	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۰۷	کم	۰/۱۵۶	طبقات ارتفاعی	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۰۵	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۵	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۲۵	۰/۲۵	زیاد				
۴	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	کم	۰/۱۱۷	سنگ شناسی	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۰۴	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۱۶	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۸	۰/۲۵	زیاد				
۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۴	خیلی کم	۰/۰۹۴	فاصله از گسل	۰/۲۶۱	زمین شناسی
		۰/۱۴	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۷	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۳	۰/۱۴	متوسط				
۶	۰/۰۴۳	۰/۰۹	۰/۰۵	خیلی زیاد	۰/۰۶۷	روان‌گرایی	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۰۶	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۳	۰/۱۴	متوسط				
		۰/۰۲	۰/۰۷	کم				
۷	۰/۰۴۱	۰/۰۱	۰/۰۴	خیلی کم	۰/۰۴۵	شناخت زلزله	۰/۶۳۴	ژئومورفولوژی
		۰/۰۷	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۵	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۳	۰/۱۴	متوسط				
۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۴	خیلی کم	۰/۰۳۳	تراکم جمعیت	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۱۹	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۰۹	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۰۶	۰/۱۴	متوسط				
۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۷	کم	۰/۰۲۸	آموزش عمومی	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۰۲	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۰۱	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۰۸	۰/۲۵	زیاد				
۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۱۴	متوسط	۰/۰۲۸	آموزش عمومی	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۳	۰/۰۷	کم				
		۰/۰۰۲	۰/۰۴	خیلی کم				

جدول ۵: وزن نسبی و عمومی پارامترهای مؤثر در تحلیل خطر با مدل AHP

رتبه	میانگین وزن عمومی	وزن عمومی	وزن نسبی	عوامل سطح ۳	وزن نسبی	عوامل سطح ۲	وزن نسبی	عوامل سطح ۱
۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۵	خیلی زیاد	۰/۰۳۳	تراکم جمعیت	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۹	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۰۶	۰/۱۴	متوسط				
		۰/۰۰۳	۰/۰۷	کم				
۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۴	خیلی کم	۰/۰۲۸	آموزش عمومی	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۱	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۰۸	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۰۴	۰/۱۴	متوسط				
۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۷	کم	۰/۰۲۳	عمر سازه	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۲	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۰۱	۰/۵	خیلی زیاد				
		۰/۰۰۶	۰/۲۵	زیاد				
۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۷	کم	۰/۰۱۷	نوع مصالح	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۲	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۰۰۸	۰/۰۴	خیلی کم				
		۰/۰۰۴	۰/۲۵	زیاد				
۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۵	خیلی زیاد	۰/۰۱۴	تعداد طبقات	۰/۱۰۵	عوامل انسانی عمومی
		۰/۰۰۴	۰/۲۵	زیاد				
		۰/۰۰۲	۰/۱۴	متوسط				
		۰/۰۰۱	۰/۰۷	کم				
		۰/۰۰۰۶	۰/۰۴	خیلی کم				

جدول ۶: فاصله از گسل‌ها در سطح محدودی مطالعاتی

فاصله از گسل (متر)	تعداد آبادی	درصد	میزان خطر نسبی
۰-۱۰۰۰	۸	۲۵/۹	خیلی زیاد
۱۰۱-۲۰۰۰	۲	۶/۴	زیاد
۲۰۱-۳۰۰۰	۳	۹/۷	متوسط
۳۰۱-۴۰۰۰	۲	۶/۴	کم
۴۰۱-۵۰۰۰	۱	۳/۲	خیلی کم
بیشتر از ۵۰۰۰	۱۵	۴۸/۴	-
جمع	۳۱	۱۰۰	-

رابطه‌ی ۱: $d = C / A = 657 / 3137 = 0.209$

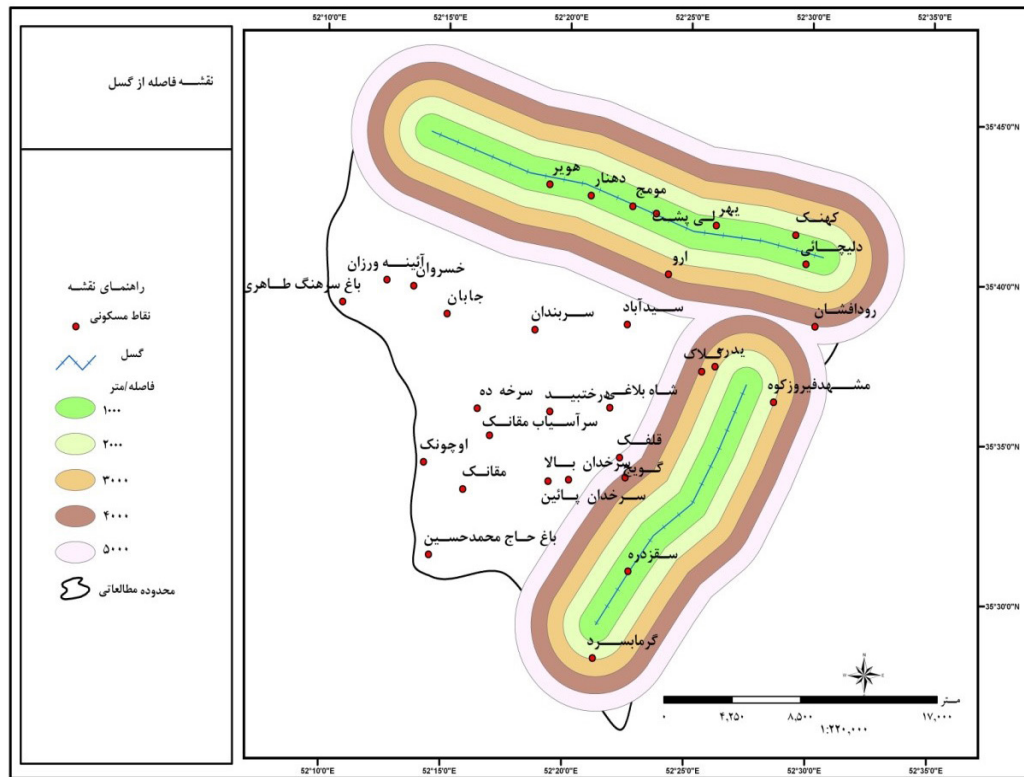
از مجموع سازه‌های تخریبی در حدود ۳۲۸ سازه در محدوده‌ای با درجه‌ی آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۱۶۴ سازه در محدوده‌ی زیاد، ۹۲ سازه به طور متوسط، ۴۶ سازه کم و ۲۷ سازه نیز به مقدار خیلی کم، دچار تخریب خواهند شد. همچنین در مرحله‌ی چهارم، متر از سازه‌های تخریب شده در سطوح پنج‌گانه (طیف خطر نسبی) طبق جدول ۹ محاسبه گردید.

الف: تعیین میزان خسارت ناشی از تخریب سازه‌ها

برای این منظور ابتدا آمار تمام سازه‌های مسکونی و غیرمسکونی تا شعاع ۵ کیلومتری گسل‌ها تعیین شد. با دقت در جدول ۶ ملاحظه می‌شود که ۲۵/۹ درصد مناطق (۸ روستا) در فاصله‌ی یک کیلومتری، ۶/۴ درصد در فاصله‌ی دو کیلومتری، ۹/۷ درصد در فاصله‌ی سه کیلومتری، ۶/۴ درصد در فاصله‌ی ۴ کیلومتری و ۳/۲ درصد نیز در فاصله‌ی ۵ کیلومتری واقع شده‌اند. در حالی که ۴۸/۴ درصد نقاط مسکونی (۱۵ روستا) در فاصله‌ای بیش از ۵ کیلومتری گسل‌های موجود در دهستان قرار دارند. در مرحله‌ی دوم تعداد سازه‌های مسکونی و غیرمسکونی با توجه به اطلاعات مرکز آمار ایران مشخص شد.

نتایج تحلیل آماری نشان می‌دهد که ۲۰/۹ درصد از مساحت مسکونی و صنعتی در محدوده‌ی نزدیک‌تر از ۵ کیلومتری به گسل‌ها واقع شده‌اند.

مرحله‌ی سوم، برای به دست آوردن تعداد سازه‌های تخریبی از رابطه‌ی $N = d * A * m$ استفاده گردید که در این رابطه، به ترتیب d ضریب تراکم سازه‌ها، A تعداد کل سازه‌ها، M ضریب آسیب‌پذیری است. همچنین مقدار d طبق رابطه‌ی ۱ به دست آمده است:



تصویر ۳: فاصله از گسل های موجود در سطح محدوده مطالعاتی

جدول ۷: تعداد و درصد واحدهای مسکونی و غیرمسکونی

تراژ سازه‌ی مسکونی	> ۷۵	۷۶-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	جمع مسکونی MT	غیرمسکونی GT	جمع کل A	تعداد سازه‌ها در شعاع ۵ کیلومتر C
تعداد	۱۳۵۲	۱۰۲۶	۵۷۵	۲۵	۲۹۷۸	۱۵۹	۳۱۳۷	۶۵۷
درصد	۴۳	۳۲/۷	۱۸/۳	۰/۸۹	۹۴/۹	۵/۱	۱۰۰	۲۰/۹

جدول ۸: تعداد سازه‌های تخریبی در سطوح مختلف آسیب پذیری

درجه‌ی آسیب پذیری	تعداد کل N	ضریب آسیب پذیری M	تعداد کل سازه‌ها	ضریب سازه‌ها
خیلی زیاد	۳۲۷/۸	۰/۵	۳۱۳۷	۰/۲۰۹
زیاد	۱۶۳/۹	۰/۲۵		
متوسط	۹۱/۷	۰/۱۴		
کم	۴۵/۸	۰/۰۷		
خیلی کم	۲۶/۲	۰/۰۴		

هزینه‌ی سازه‌ی غیراستاندارد (ریال):

$$۳۶۶۴۰ \times ۲۸۰۰۰۰۰ = ۱۰۲۵۹۲۰۰۰۰۰$$

و هزینه‌ی ساخت واحدهای استاندارد در هر مترمربع در

دهستان ابرشویه ۵۰۰۰۰۰۰ ریال است، بنابراین:

هزینه‌ی سازه استاندارد (ریال):

$$۳۶۶۴۰ \times ۵۰۰۰۰۰۰ = ۱۸۳۲۰۰۰۰۰۰۰$$

کل خسارت وارد شده برابر خواهد شد، با:

$$۱۰۲۵۹۲۰۰۰۰۰ + ۱۸۳۲۰۰۰۰۰۰ = ۲۸۵۷۹۲۰۰۰۰۰ \text{ (ریال)}$$

ب. محاسبه تلفات انسانی

مرحله‌ی اول: محاسبه جمعیت انسانی ساکن در واحدهای

مسکونی و غیرمسکونی با توجه به زمان وقوع زلزله

همچنین، برای برآورد خسارات مالی، ابتدا مساحت کل واحدهای تخریبی در هر طبقه به تفکیک مترژ تعیین شده که در جدول ۱۰ آمده است.

در مجموع، مساحت تخریبی ۷۳۲۸۰ متر مربع تعیین می‌شود. از آنجایی که براساس یافته‌های پرسشنامه‌ها و طبق نظر کارشناسان ۸۵ درصد پاسخ‌گویان معتقدند که ۵۰ درصد واحدهای مسکونی و غیرمسکونی دهستان ابرشویه دارای بافت فرسوده است، بنابراین:

$$۷۳۲۸۰ \times ۵۰\% = ۳۶۶۴۰$$

مساحت بافت فرسوده: ۳۶۶۴۰
با توجه به نظر کارشناسان هزینه‌ی ساخت سازه‌های غیراستاندارد دهستان ابرشویه در هر متر مربع ۲۸۰۰۰۰ ریال تعیین شده است، بنابراین:

جدول ۹: تعداد سازه‌های تخریبی به تفکیک متر از واحدهای مسکونی و غیرمسکونی

طبقه	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	طبقه ۵
متر از	>75	76-100	100-200	200-300	300-500
درصد	43	32/7	18	1	5/1
خیلی زیاد	140/16	108/17	59	3/27	16/4
زیاد	70/47	54/08	54	1/63	8/2
متوسط	25	28/12	15/34	0/85	4/26
کم	17	13	0/7	0/4	2
خیلی کم	8/45	6/42	3/59	0/17	1
جمع	261/88	209/85	138/64	6/35	31/86

جدول ۱۰: مساحت واحدهای تخریبی در هر یک از طبقات پنج‌گانه

طبقه	میانگین متر از	تعداد سازه	مساحت
۱	75	261/88	19640
۲	88	209/85	18467
۳	150	138/9	20841
۴	250	6/35	1588
۵	400	31/86	12744
جمع	192/6	657	73280

جدول ۱۱: بررسی جمعیت ساکن در سازه‌ها

جمعیت ساکن	روز	شب	متوسط در روز	متوسط در شب
مسکونی	4080	8671	1/37	2/9
غیرمسکونی	4080	1326	25/6	8/3

رابطه ۹: متوسط جمعیت ساکن در هر یک از سازه‌های غیر مسکونی در شب

$$b_2 = \frac{A_2}{GT} = \frac{1326}{159} = 8/3$$

در روابط فوق MT و GT به ترتیب کل واحدهای مسکونی و غیرمسکونی در محدوده‌ی مورد مطالعه است (جدول ۵). با توجه به محاسبات صورت گرفته، تعداد 4080 نفر در واحدهای مسکونی و 4080 نفر در واحدهای غیرمسکونی در روز سکونت داشته‌اند. بنابراین با توجه به تعداد سازه‌ها، متوسط تعداد افراد برای واحدهای مسکونی 1/37 و غیرمسکونی 25/6 نفر به دست آمد. از طرفی تعداد 8671 نفر در واحد مسکونی و 1326 نفر در واحد غیرمسکونی در طول شب ساکن بودند. بر این اساس، متوسط تعداد افراد برای سازه‌ها بر طبق روابط آماری به ترتیب 2/9 و 8/3 نفر است (جدول ۱۱).

با مشخص شدن متوسط افراد ساکن در سازه‌ها، در مرحله‌ی سوم به بررسی حداقل و حداکثر تلفات انسانی قابل پیش‌بینی در سازه‌های مسکونی و غیرمسکونی در طی شب و روز، طبق رابطه‌ی ۱۰ پرداخته شده است:

رابطه ۱۰: شاخص پوشش زلزله \times درجه‌ی آسیب‌پذیری \times تعداد متوسط افراد = حداکثر (حداقل) تلفات انسانی در رابطه‌ی ۱۰ شاخص پوشش طبق محاسبات برابر است با 0/117 و درجه‌ی آسیب‌پذیری نیز در دو سطح حداکثر 327/8 و حداقل 19/66 و تعداد متوسط افراد نیز بر اساس جدول ۱۱ است: با توجه به نتایج جدول ۱۲، می‌توان بیان نمود که متأسفانه در طول روز، حداکثر 10/16 درصد جمعیت (1037 نفر) و حداقل 0/60 درصد جمعیت (63 نفر) کشته خواهند شد. در حالی که در

جدول ۱۲: تعداد تلفات در سازه‌ها بر اساس زمان وقوع

کشته‌شدگان	روز		شب	
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
مسکونی	53	4	755	7
غیرمسکونی	984	59	320	19
جمع	1037	63	1075	26
درصد	10/16	0/60	10/5	0/25

رابطه ۲: جمعیت ساکن در سازه‌های مسکونی در روز

$$A_1 = \frac{1020 \times 40}{100} = 4080$$

رابطه ۳: جمعیت ساکن در سازه‌های غیرمسکونی در روز

$$A_2 = \frac{1020 \times 40}{100} = 4080$$

رابطه ۴: جمعیت ساکن در سازه‌های مسکونی در شب

$$B_1 = \frac{1020 \times 85}{100} = 8671$$

رابطه ۵: جمعیت ساکن در سازه‌های غیرمسکونی در شب

$$B_2 = \frac{1020 \times 13}{100} = 1326$$

در مرحله دوم: متوسط افراد ساکن در هر یک از سازه‌ها تعیین شد:

رابطه ۶: متوسط جمعیت ساکن در سازه‌های مسکونی در روز

$$a_1 = \frac{A_1}{MT} = \frac{4080}{2987} = 1/37$$

رابطه ۷: متوسط جمعیت ساکن در سازه‌های مسکونی در شب

$$a_1 = \frac{B_1}{MT} = \frac{8671}{2987} = 2/9$$

رابطه ۸: متوسط جمعیت ساکن در هر یک از سازه‌های غیر مسکونی در روز

$$b_1 = \frac{A_2}{GT} = \frac{4080}{159} = 25/6$$

شب، میزان تلفات حداکثر ۱۰/۵ درصد (۱۰۷۵ نفر) و حداقل ۰/۲۵ درصد (۲۶ نفر) است.

نتیجه‌گیری

مخاطرات طبیعی نظیر زلزله از پدیده‌هایی است که بسیاری از انسان‌های کره‌ی زمین در معرض ریسک ناشی از آن قرار دارند و مقدار ریسک آن به موقعیت مکانی، شرایط فیزیکی و رفتار انسان‌ها بستگی دارد. با توجه به ویژگی‌های زمین‌ساختی کشور، زلزله به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل انهدام حیات انسانی مطرح است و با توجه به گسل‌های متعدد و بررسی سوابق تاریخی فعالیت آن‌ها در محدوده‌ی مطالعاتی (برای نمونه سال ۴۰۰ پیش از میلاد زلزله‌ی ری و ایوانکی با بزرگی ۶/۷، سال ۳۳۷ خورشیدی، ری، شمیران و طالقان با بزرگی ۷/۷، دماوند سال ۴۰۴ خورشیدی با بزرگی ۵/۶، ورامین و ایوانکی سال ۱۳۵۲ با بزرگی ۵ و ورامین سال ۱۳۷۶ با بزرگی ۷/۴ در مقیاس ریشتر) می‌توان گفت که روزی نه‌چندان دور با زلزله‌ی عظیمی مواجه خواهد شد و این ضرورت به‌طور جدی احساس می‌شود که با انجام تحلیل‌هایی به تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری و میزان خسارت وارده برای کسب آمادگی‌های لازم در برابر این خطر طبیعی پرداخته شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که نقش عوامل ژئومورفولوژیکی در وقوع زلزله بسیار چشمگیر بوده و در ۵۱/۶ درصد از سطح محدوده‌ی مطالعاتی امکان وقوع زلزله وجود دارد که در صورت وقوع زلزله، نزدیک به ۲۹ میلیارد تومان خسارت مالی ایجاد می‌شود که تخریب ۶۵۷ واحد مسکونی و غیرمسکونی به همراه خواهد داشت. همچنین حداکثر تلفات انسانی بسته به زمان حادثه ۱۰۳۷ نفر و حداقل ۶۲ نفر در روز و در صورت وقوع آن در شب حداکثر ۱۰۷۵ نفر و حداقل ۲۶ نفر است. به طوری که نزدیک به ۱۱ درصد از جمعیت ساکن در دهستان ابرشویه دماوند بر اثر وقوع زلزله آسیب خواهند دید. به هر حال ممکن است نتایج حاصل از این پژوهش، با نتایج برخی از طرح‌های دیگر که در پیشینه‌ی تحقیق به اجمال بیان گردید، همخوانی داشته باشد. همچنین، با عنایت به اینکه وقوع مخاطرات طبیعی همواره در کشورمان محتمل و تکرارپذیر است، برای جلوگیری و چاره‌اندیشی در این زمینه، نکاتی چند به شرح ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱. شناسایی مناطق خطر با ریسک بالا و استفاده از آموزش‌های عمومی و روش‌های داوطلبانه‌ی دوری از نواحی خطرناک؛
۲. برنامه‌های آموزشی و ترویجی مناسب برای اطمینان از حمایت گسترده‌ی مردم در مقابله با خطر و انتقال تجربه‌ی مصیبت از یک جامعه به جامعه‌ی دیگر؛
۳. تشکیل گروه‌های دفاع محلی، تمرین‌ها و عملیات واقعی؛
۴. گنجاندن امر هشداردهی خطر محیطی در برنامه‌های آموزشی، بهداشتی توسط نهادها و ارگان‌های مرتبط، مانند بخش‌داری‌ها، شوراها و دهیاری‌ها؛
۵. برای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی، ایمن‌سازی سازه‌های موجود، طراحی و نظارت صحیح و مستمر بر سازه‌های در حال تهیه و احداث.

پی‌نوشت

1. NEHRP: National Earthquake Hazards Reduction.
2. UN International Strategy for Disaster Reduction.
3. Technological Hazards.
4. Morfodynamic.
5. Hazard.
6. Disaster.
7. Lethality Ratio (LR).

۸. وزن عمومی پارامترها از رابطه‌ی «وزن نسبی ۱ × وزن نسبی ۲ × وزن نسبی ۳ × ۱۰» به دست آمد.

منابع

۱. اسمیت، کیت (۱۳۸۲). مخاطرات طبیعی. ترجمه‌ی ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی نژاد، تهران، انتشارات سمت.
۲. زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران. جلد اول، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. شریفی، امید و همکاران (۱۳۸۸). تحلیل سازوکارهای مشارکتی به منظور بازسازی مسکن‌های آسیب‌دیده در روستاهای زلزله زده شهرستان بجم. پژوهش‌های روستایی، دانشگاه تهران، سال اول، شماره ۱، ۱۲۱-۱۴۲.
۴. رضوانی، محمدرضا (۱۳۸۳). مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی توسعه‌ی روستایی در ایران. تهران، نشر قومس.
5. National Academy of Science (NAS) (2006). Facing Hazards and Disasters: Understanding Human Dimensions (Free Executive Summary). Committee on Disaster Research in the Social Science: Future Challenges and Opportunities, National Research Council; <http://www.nap.edu>.
6. Smith, Keith (1996). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. London, Routledge.
7. Moe, T. N. & Pathranakul, P. (2006). An integrated approach to natural disaster management public project management and its critical success factors. *Disaster Prevention and Management*, Vol.15, No.3, MCB University Press.
8. Smith, Keith (2001). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. London, Routledge.
9. Gibson, Gary (1997). An introduction to seismology. *Disaster Prevention and Management*, Vol.6, No.5, MCB University Press.
۱۰. محمدزاده، مسعود؛ مهرنیا، عبدالناصر؛ صاحب‌داد، جوبه؛ کرد، حامد (۱۳۹۱). تبیین‌شناسی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی توسعه‌ی روستایی، رشت، دانشگاه گیلان.
۱۱. زهرایی، سیدمهدی؛ ارشاد، لیلی (۱۳۸۴). بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین. نشریه‌ی دانشکده فنی دانشگاه تهران، جلد ۳۹، انتشارات دانشگاه تهران.
12. Fischer, H. & Scharnberger, C. K. & Geiger, C. J. (1996). Redusing Seismic Vulnerability in Low to oderate risk areas. *Disaster Prevention and Management*, Vol.5, No.4, MCB University Press.

۱۰۳

شماره یازدهم
بهار و تابستان
۱۳۹۶

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



۲۹. قائد رحمتی، صفر؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ سیاوشی، طاهر (۱۳۹۲). تحلیل میزان ریسک پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله. *مجله‌ی جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۹، ۱۴-۱.
۳۰. کریمی کردآبادی، مرتضی؛ نجفی، اسماعیل (۱۳۹۴). ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY در امنیت شهری (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی یک کلان‌شهر تهران). *مجله‌ی برنامه‌ریزی شهری*، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۲۰، ۱۷-۳۴.
31. King, S. A. & Kiremidndjian, A. (1995). Earthquake Damage and Loss Estimation through GIS, Law Lincho and Basoz Nersin, Proceeding of earthquake engineering, Spain.
32. Matsuoka, M. & Midorikawa, S. (1995). GIS Based Integrated Seismic hazard mapping for a large Metropolitan Area, Proceeding of earthquake engineering, Spain.
33. Japan International Cooperation Agency (JICA) (2000). The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, Main Report.
34. Lee, C. F. & Ding, Y. Z. & Huang, X. H. (2000). Seismic Hazard Analysis of the Hong Kong Region, JSEE: Fall 2000, Vol.2, No.4.
35. Kundak, S. (2004). Economic Loss Estimation for Earthquake Hazard in Istanbul, th European Congress of the European Regional Science Association, Porto, Portugal.
36. Feng, X. U. & Xuping, C. & Aizhu, R. & Xinzheng, L. (2008). Earthquake Disaster Simulation for an Urban Area, with GIS, CAD, FEA, and VR Integration. *Tsinghua Science and Technology*, Vol.13, No.1.
37. Kamp, U. & Growley, B. J. & Khattak, G. A. & Owen, L. A. (2008). GIS-based Landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region. *Geomorphology*, No.101, PP:631-642.
38. Lantada, N. & Pujades, L. & Barbat, A. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation", A Comparison, *Net Hazards*, No.51, 501-524.
39. Cavallo, P. & Becrerra, A. (2010). Estimating the Direct Economic Damages of the Earthquake in Haiti", *the Economic Journal*, No.120, PP: 298-312.
40. Hashemi, M. & Alesheikh, A. A. (2011). A GIS-based earthquake damage assessment and settlement methodology. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol.31, Issue.11, 1607-1617.
۱۳. مختاری، داود (۱۳۸۴). آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از فعالیت گسل و ضرورت جابه‌جایی آن‌ها. *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره‌ی ۵۱، ۷۱-۸۶.
۱۴. عکاشه، بهرام (۱۳۸۳). پریروز رودبار، دیروز بم، فردا ... چکیده مقالات همایش توسعه‌ی محله‌ای چشم‌انداز توسعه پایدار تهران، تهران، شهرداری تهران.
۱۵. سلمانی، محمد و همکاران (۱۳۸۷). بررسی ابعاد سرمایه اجتماعی (مشارکت مدنی، تعامل اجتماعی و اعتماد) در توسعه‌ی روستایی، *مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای*، شماره‌ی ۱۲، ۲۳-۴۵.
16. Third United Nations Conference (TUNC) (1998). *Disaster Prediction, Warning and Mitigation*. Publisher: UNI SPACE.
۱۷. ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷۶). آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر زمین‌لرزه. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران. <http://www.iiees.ac.ir/fa>
۱۸. نوفرستی، محمد و موسوی، رادینه (۱۳۸۹). برآورد خسارت‌های مالی و جانی یک زلزله نسبتاً شدید در تهران و تأثیر آن بر سطح تولید و رشد اقتصادی. *فصلنامه‌ی اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی تهران*، سال اول، شماره‌ی ۳، ۶۷-۸۳.
۱۹. موسوی، رادینه (۱۳۸۰). برآورد کمیت انتظاری خسارت ناشی از زلزله و میزان تأثیر آن بر کاهش رشد اقتصادی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه علامه طباطبائی.
۲۰. آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) (۱۳۸۰). ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ، با همکاری مرکز مطالعات زلزله و زبست محیطی تهران بزرگ، گزارش نهایی، موجود در پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، <http://www.ngdir.ir/geoportalinfo>
۲۱. اسفندیاری، فریبا؛ غفاری گیلانده، عطا؛ لطفی، خداداد (۱۳۹۳). بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها و برآورد تلفات انسانی ناشی از زلزله در مناطق شهری (مطالعه‌ی موردی: شهر اردبیل). *مجله‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، سال ۲، شماره‌ی ۴، ۱۷-۳۶.
۲۲. احدنژاد روشتی، محسن؛ قرخلو، مهدی؛ زیاری، کرامت اله (۱۳۸۹). مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: شهر زنجان). *مجله‌ی جغرافیا و توسعه*، دوره‌ی ۸، شماره‌ی ۱۹، ۱۷۱-۱۹۸.
۲۳. مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، روستاهای دهستان ابرشویه دماوند.
۲۴. پورطاهری، مهدی (۱۳۹۴). کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در جغرافیا. سمت، تهران.
۲۵. شهبایی، هیمن؛ قلی‌زاده، محمدحسین؛ نبیری، هادی (۱۳۹۰). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش تحلیل چند معیاره‌ی فضایی. *مجله‌ی جغرافیا و توسعه*، دوره‌ی ۹، شماره‌ی ۲۱، ۶۵-۸۰.
۲۶. زنگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفائی، همایون؛ قائد رحمتی، صفر (۱۳۸۷). تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (نمونه‌ی موردی: مسکن شهر اصفهان). *فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه*، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۱۲، ۶۱-۷۹.
۲۷. اندیشه، کاوه (۱۳۸۷). *ارزیابی خطر زلزله‌ی شهرهای استان کردستان به روش تعیینی*. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی سکونتگاه‌های سنتی زاگرس، سنندج، دانشگاه کردستان.
۲۸. پارس‌زاده، فرخ (۱۳۷۸). بررسی وضعیت اجتماعی- اقتصادی ترکیه قبل و پس از زلزله ۱۷ اوت ۱۹۹۹ ایزمیت. *پژوهشنامه‌ی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله*، سال ۸، شماره‌ی ۴، ۶۲-۶۸.