

ارزیابی ریسک زلزله مبتنی بر مخاطره و آسیب‌پذیری در نواحی روستایی مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مرند

محسن آقایی هیر^۱

کلثوم ذاکری میاب^۲

چکیده

شناخت و تحلیل ریسک زلزله در نواحی روستایی در کاهش خسارات و تلفات آن‌ها، عامل تعیین‌کننده‌ای است. چرا که در چرخه مدیریت پیش از بحران، برنامه‌ریزی و شناخت خطرپذیری سکونتگاه‌های روستایی برای دستیابی به سیاست عدم اتلاف منابع و بهره‌گیری از حداکثر توان‌ها ضرورت دارد. به عبارتی بسیاری از خطرپذیری‌های روستاها در برابر زلزله، با شناخت دقیق و کاهش ریشه‌های آسیب‌پذیری، قابل پیشگیری می‌باشد. بنابراین پژوهش حاضر به بررسی و تحلیل ریسک زلزله در سکونتگاه‌های روستایی بخش مرکزی شهرستان مرند با روش‌شناسی توصیفی- تحلیلی پرداخته است. جامعه آماری این تحقیق شامل ۷۴ روستای بخش مرکزی شهرستان مرند می‌باشد که به صورت تمام‌شماری مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. برای ارزیابی ریسک زلزله در منطقه مورد مطالعه، ابتدا مدل ارزیابی ریسک زلزله در نواحی روستایی مبتنی بر چهارچوب مفهومی و عملیاتی ارائه گردید و سپس با وزندهی به شاخص‌ها با استفاده از نظر متخصصان دانشگاهی و پردازش اطلاعات در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، میزان در معرض خطر بودن (با استفاده از تحلیل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی) و آسیب‌پذیری (با استفاده از تکنیک تاپسیس) محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از تحلیل روی هم‌گذاری لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی ریسک زلزله در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. براساس نتایج حاصله، حدود ۳۲ درصد از روستاهای مورد مطالعه در پهنه‌های دارای ریسک بسیار بالا و بالا قرار گرفته‌اند که ضرورت برنامه‌ریزی مبتنی بر اصول مدیریت بحران را مطرح می‌نماید.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی، مخاطره، آسیب‌پذیری، ریسک زلزله، روستا، شهرستان مرند.

1- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز.
Email: aghayarihir@gmail.com

2- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی از دانشگاه تبریز.
Email: kolza53@yahoo.com

مقدمه

در سه دهه گذشته، شدت و تأثیر بلایای طبیعی بر جوامع افزایش یافته است. این امر تغییری ریشه‌ای در تفکر پیشگیری و واکنش نسبت به خطرات را موجب می‌شود (Coles, 2011: 1). اکنون مکانیسم‌های قوی برای مدیریت بلایا در جوامع فقیر با تلاش‌های گسترده جوامع برای کاهش خطر بلایا، تقابل دارند. اساساً فقر، بندی است که مردم فقیر را بهم گره می‌زند. از طرف دیگر سازمان‌هایی که تمایل به کار انفرادی دارند، باعث تشدید آسیب‌پذیری می‌شوند. نتیجه این که، نیاز به مشارکت ذینفعان برای کاهش آسیب‌پذیری و ایجاد انعطاف-پذیری در جوامع وجود دارد (Ferdinand, 2012: 84).

فاجعه یک رویداد ناگهانی و شدید است که باعث آسیب بزرگ به انسان‌ها و همچنین گیاهان و حیوانات می‌شود. بلایای طبیعی به سرعت و ناگهانی رخ می‌دهند. این وقایع شدید طبیعی یا انسان‌ساخت، بیش از میزان قابل تحمل، در داخل و یا فراتر از محدودیت‌های زمانی خاص، به سختی متعادل می‌شوند. در نتیجه باعث تلفات فاجعه‌آمیز مالی و جانی شده و زندگی را فلج می‌کند. تشدید فرآیندهای طبیعی زیست محیطی، باعث بروز بلایای متعدد شده و این بلایا، همیشه همراه با تمدن وجود داشته است. در این بین، جوامع روستایی کشورهای مختلف، مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه، با ریسک بالایی در مواجهه با بلایای طبیعی برخوردار هستند که مخصوصاً در خصوص زلزله این مسئله از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است. در این ارتباط مسئله اصلی ارزیابی ریسک زلزله قبل از وقوع آن است که می‌تواند زمینه‌ساز برنامه‌ریزی و سازماندهی فضایی جدید به منظور مقابله با اثرات ناگهانی زلزله باشد.

در مقاله حاضر ابتدا مبانی نظری مطرح گردیده و بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته در این حیطه، شاخص‌های پژوهش تعیین گردیده و در پایان به ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های روستایی بخش مرکزی شهرستان مرند پرداخته شده است. ارزیابی خطر در محدوده مطالعه

شده می‌تواند راهکاری برای به حداقل رساندن خسارات جانی و مالی باشد تا با برنامه‌ریزی کارآمد، پیامدهای منفی زلزله در نواحی روستایی تقلیل یابد.

مبانی نظری تحقیق

سازمان ملل متحد، بلایا (خطرات) را به عنوان اختلال جدی در عملکرد جامعه یا یک جامعه پراکنده انسانی، خسارات اقتصادی و ضررهای زیست‌محیطی که بیش از توان جامعه متأثر باشد، معرفی کرد. فاجعه ترکیبی از خطر^۳، آسیب‌پذیری^۴ و ظرفیت ناکافی^۵ است. فاجعه زمانی اتفاق می‌افتد که اثرات خطر بر جمعیت آسیب‌پذیر محسوس باشد و باعث خسارت، تلفات و درهم‌ریختگی شود (Himayatullah Khan & Abuturab Khan, 2008: 2).

بلایای طبیعی می‌تواند صدمه و زیان عظیم فراتر از کنترل افراد را شامل شود و در نتیجه یک نگرانی بزرگ، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه بوده است. این کشورها در پاسخ به بلایای طبیعی آسیب‌پذیرتر هستند. با توجه به گزارش سازمان ملل متحد برای کاهش بلایا، خسارات ناشی از بلایای طبیعی از جمله زلزله در کشورهای در حال توسعه، ۲۰ برابر بزرگ‌تر از کشورهای توسعه یافته است (Ofori, 2004).

اگر مدیریت بحران فرایندی نظام‌مند در مورد تمام خطرهای حادثه‌سازی تعریف گردد که قبل از احتمال وقوع خطرها باید از آنها اجتناب کرد تا از این طریق میزان احتمال تبعات زیان‌بار را به حداقل برسد؛ در آن صورت می‌توان مدیریت ریسک را مشتمل بر مجموعه‌ای از برنامه‌هایی برشمرد که با هدف کاهش مخاطرات انجام می‌پذیرد (پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۴). در این بین دست یافتن به نتایج مطلوب برای تصمیم‌گیری و مقابله با پدیده زلزله و طبیعت پیچیده این پدیده و کاهش خطر زلزله، بدون آگاهی یافتن و

3- Hazard

4- Vulnerability

5- insufficient Capacity

به خدمت گرفتن فناوری‌ها، روش‌ها و مدل‌های جدید (مدیریت خطر زلزله) و ارائه راهبردهای مناسب برای کاهش خطر زلزله عملی نخواهد بود (Mitchell, 2011: 19).

بهترین راهکار ممکن پیشگیری، کاهش خطر و آمادگی است. پیشگیری اصطلاحی برای توصیف فعالیت‌های منجر به جلوگیری از تأثیر نامطلوب خطرات است که شامل اسکان مردم، خارج از اراضی مستعد فاجعه باشد. پیشگیری در مناطقی که در معرض بلاای مکرر هستند، قابل توجیه است. همچنین کاهش خطر شامل اجرای اقداماتی به منظور محدود کردن اثرات نامطلوب مخاطرات طبیعی می‌باشد که شامل آگاهی از خطر و ارزیابی (از جمله تجزیه و تحلیل خطر)، بهبود کیفیت ساخت‌وساز ساختمان و ارائه آموزش در مورد خطرات و اقدامات لازم برای پیشگیری و سیاست‌های کاربری زمین می‌باشد. آمادگی هم شامل فعالیت‌های انجام شده قبل از یک فاجعه برای تسهیل اقدامات مؤثر در شرایط اضطراری است. اقدامات آمادگی، شامل توسعه سیستم‌های هشدار دهنده‌ی زود هنگام مؤثر، ظرفیت‌سازی در موارد اضطراری و سازمان‌دهی زمین می‌باشد (Mitchell, 2011: 44).

خطر، اندازه‌گیری تلفات مورد انتظار، به علت یک رویداد مخاطره‌آمیز در منطقه، در بیش از یک دوره زمانی خاص است. خطر ترکیبی از احتمال یک رویداد و نتایج منفی آن است (Coles, 2011: 19). خطر احتمال وقوع رویدادهای آسیب‌رسان است که از تقابل خطرات، آسیب‌پذیری اجتماعی و طبیعت، حاصل شده است (سیاح و صفی، ۱۳۸۹: ۴۵ به نقل از Airmic 2002: 2). به عبارت دیگر، خطر یک تابع احتمال خاص رویداد خطرناک و تلفاتی که آن موجب می‌شود، می‌باشد. سطح خطر به سه عامل بستگی دارد:

- طبیعت خطر

- آسیب‌پذیری عناصری که تحت تأثیر آن قرار دارند.

- ارزش اقتصادی آن عناصر



خطر خودبه‌خود منجر به نتایج زیانبار نمی‌شود، بلکه بیانگر امکان وقوع آسیب می‌باشد، در مقابل، آسیب واقعی وابسته به: ۱- در معرض خطر بودن و ۲- خصیصه‌های واحد دریافت‌کننده خطر است (Himayatullah Khan & Abuturab Khan, 2008: 5). از این رو، تعیین‌کنندگی آسیب‌پذیری در شکل‌گیری بحران، فهم درستی از آن را ضروری می‌سازد. چون شناخت ناقص و محدود می‌تواند هوشمندترین سیاست‌های پیشگیری و مقابله را به شکست بکشاند. این امر در کنار تمرکز عمده تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری، به ویژه در ایران بر شدت خطر و بحران حاصل و نیز غلبه ایده‌های زیان و راه‌حل فیزیکی، ضرورت و اهمیت آن را دوچندان می‌سازد (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۱-۳۰). خطر (ریسک) ترکیبی از آسیب‌پذیری و مخاطره است و فاجعه در اثر تعامل هر دو، به‌وجود می‌آید. اگر مخاطره باشد ولی آسیب‌پذیری صفر باشد یا آسیب‌پذیری باشد اما مخاطره نباشد، در آن صورت فاجعه یا بحران به‌وجود نمی‌آید. در کل ارزیابی خطر شامل تعیین موارد زیر است:

- زمان رخداد فرآیندهای خطرناک در گذشته.
- شدت اثرات فیزیکی فرآیندهای خطرناک گذشته (دامنه خطر).
- فرکانس وقوع فرآیندهای خطرناک.
- اثرات احتمالی دامنه خطر در حال حاضر.
- گردآوری همه اطلاعات مفید برای برنامه‌ریزان و مقامات دولتی مسئول تصمیم‌گیری (Nelson, 2012).

ارزیابی ریسک^۶ نه تنها شامل ارزیابی خطرات از نقطه‌نظر علمی، بلکه شامل اثرات اجتماعی و اقتصادی یک رویداد خطرناک است. ریسک، عبارت است از احتمال یک واقعه که یک مقدار x از آسیب را نشان می‌دهد، یا عبارت است از تأثیر اقتصادی که یک واقعه

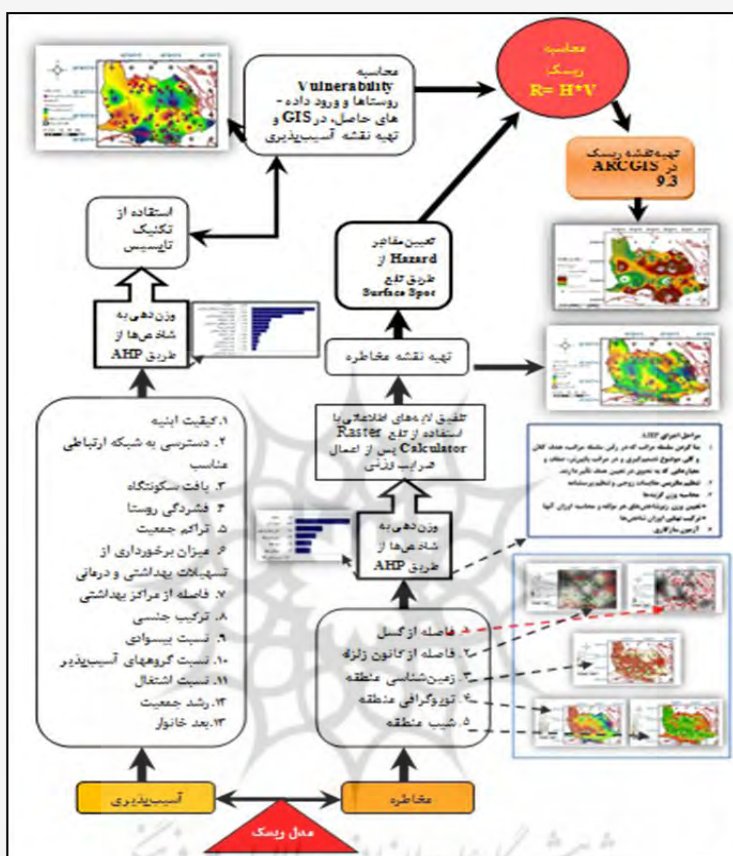
باعث می‌شود. لذا ارزیابی ریسک نه تنها شامل ارزیابی خطرات از نقطه نظر علمی، بلکه شامل اثرات اجتماعی و اقتصادی یک رویداد خطرناک نیز می‌باشد. تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های انسانی نشان‌دهنده سه رویکرد مطالعاتی برای بررسی خطرهای محیطی در اجتماعات انسانی است: ارزیابی زیست‌محیطی، ارزیابی اجتماعی و ارزیابی مکانی. رویکرد اول بر پیش‌بینی احتمال وقوع خطرها و تعیین شعاع اثرگذاری در محیط و فضای جغرافیایی تأکید دارد. رویکرد دوم به ارزیابی تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی خطرهای محیطی در زمان وقوع و پس از آن می‌پردازد. رویکرد سوم به ارزیابی خطرهای بالقوه محیطی و آثار اقتصادی و اجتماعی آن‌ها توجه دارد و راهکارها و الگوهای مقابله با خطرهای محیطی و کاستن از آثار نامطلوب آن‌ها را ارائه می‌کند (گلی و عسگری، ۱۳۸۷: ۵۸).

این روش تجزیه و تحلیل کیفی است که از کلمات توصیفی برای نشان دادن احتمال رخداد و شدت آن استفاده می‌شود. لیکن برای کمی کردن اثر خطر در اندازه‌گیری آن، یک مدل منطقی لازم است. اندازه‌گیری خطر توصیف ریاضی فراوانی و احتمال وقوع متغیرهای خطر می‌باشد (سیاح و صفی، ۱۳۸۹: ۵۱). در مدل ارائه شده برای کمی کردن خطر (ریسک)، خطر تابع مرکبی از مخاطره‌ی طبیعی و درجات مختلف آسیب‌پذیری مردم نسبت به آن خطر تعریف می‌شود. در مورد خطر سه عنصر اساسی شامل ریسک (R)، آسیب‌پذیری (V) و در معرض مخاطره قرار گرفتن (H) وجود دارد که بین آن‌ها رابطه زیر برقرار است (Wisner et al, 2005: 45):

$$R = H * V \quad (\text{رابطه ۱})$$

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر، توصیفی-تحلیلی است. با عنایت به این روش‌شناسی، مراحل متعددی طی شده که در نمودار فرایندی ارائه شده (شکل ۱) قابل بررسی است.



شکل (۱) مدل‌سازی ریسک زلزله در GIS

بر این اساس به‌منظور تعیین شاخص‌ها، جمع‌بندی نظری از ادبیات تحقیق (شامل: امینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ کرمی و پورمحمدی، ۱۳۹۱؛ پورمحمدی و مصیب‌زاده، ۱۳۸۷؛ فرج‌زاده و بصیرت، ۱۳۸۵؛ شمس و همکاران، ۱۳۹۰؛ کردوانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فرجی و قرخلو، ۱۳۸۹؛ پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۹؛ مختاری، ۱۳۸۴؛ بلاذیس، ۱۳۹۰؛ بهرامی، ۱۳۸۷؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ بحرینی، ۱۳۷۵؛ زیاری و داراب‌خانی، ۱۳۸۹؛ رامشت و همکاران، ۱۳۹۰؛ ابراهیم‌پور، ۱۳۸۷؛ رجبی و آقاجانی، ۱۳۸۹؛ زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷؛

توجه قرار گرفت. سپس ضوابط هر کدام از شاخص‌های مخاطره (جدول ۱) و آسیب‌پذیری (به صورت نسبی) تعیین گردید. و در ادامه بر مبنای پرسشگری انجام یافته از نخبگان و تکمیل ۳۰ پرسشنامه توسط اساتید محترم زمین‌شناسی (۱۰ نفر) و ژئومورفولوژی (۱۰ نفر) و برنامه‌ریزی روستایی (۱۰ نفر) از دانشگاه تبریز و سایر دانشگاه‌ها، مبتنی بر تکنیک تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی، وزن نهایی شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 تعیین شد. لازم به ذکر است که نرخ ناسازگاری^۷ مقایسات زوجی مربوط به شاخص‌های مخاطره (۰/۰۰۷۶) و آسیب‌پذیری (۰/۰۱) در سطح قابل قبول است (شکل ۲).

جدول (۱) ضوابط مطرح در شاخص‌های مخاطره

تأثیر در مخاطره	تعریف متغیرها	متغیرها	ردیف	شاخص مخاطره (Hazard)
هرچه فاصله از گسل‌های اصلی کم‌تر، شدت زلزله بیش‌تر و خطرپذیری افزایش می‌یابد.	پهنه با خطر بسیار بالا: فاصله ۱۰ کیلومتری گسل‌های اصلی و لرزه ساز شامل ۴ ناحیه: ناحیه ۱- حریم یک کیلومتری گسل با عنوان حریم گسلش ناحیه ۲- حریم ۳ کیلومتری گسل با عنوان پهنه با ویرانی خیلی شدید ناحیه ۳- حریم ۷ کیلومتری اطراف گسل با عنوان پهنه تکان شدید با ویرانی گسترده ناحیه ۴- حریم ۱۰ کیلومتری گسل با عنوان پهنه حرکت‌های تند با خسارت زیاد	فاصله از گسل‌های لرزه ساز	H1	
	پهنه با خطر متوسط: فاصله ۳۰-۵۰ کیلومتری گسل‌های اصلی پهنه با خطر پایین: فاصله بیش از ۵۰ کیلومتری گسل‌های اصلی			
هرچه به کانون زلزله نزدیک‌تر شویم، شدت زلزله بیش‌تر می‌شود و	پیشینه تاریخی و وقوع زلزله‌های با شدت بالا، در محدوده شهرستان که نشان‌دهنده خطرپذیری منطقه	فاصله از کانون	H2	



خط‌پذیری افزایش می‌یابد.	مردم می‌باشد	زلزله‌های تاریخی	
هر چقدر گستره زمین از لایه‌های نامقاوم در برابر زلزله مانند پادگانه های آبرفتی و دشت‌های آبرفتی و مارن ژئیس‌دار و نهشته‌های فلیش و پهنه‌های نمکی تشکیل یافته باشد، میزان خطرپذیری زلزله بسیار افزایش می‌دهد.	منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی از واحدهای زیر تشکیل شده است: پادگانه‌های آبرفتی جوان و قدیمی - ماسه سنگ و مارن قرمز رنگ - تناوبی از مارن سبز، خاکستری با درون لایه‌هایی از مارن ماسه‌ای، گچ‌دار و نمک‌دار - آبرفت‌های عهد حاضر - کنگلومرای نیمه‌سخت به همراه میان لایه‌هایی از سنگ‌های آذرآواری - کنگلومرا ° سنگ‌های بازیک و اولترابازیک.	زمین شناسی منطقه	H3
خطر زلزله و به تبع آن خطرات ثانوی ناشی از آن نظیر لغزش زمین لغزش در روستاهای کوهستانی و کوهپایه‌ای بیش تر است.	ارتفاع عوارض سطح زمین از سطح دریا است.	توپوگرافی منطقه	H4
شیب کم‌تر از ۹ درصد اهمیت پایین و شیب بالاتر از ۹ درصد اهمیت بالایی در مخاطره دارند.	زاویه سطح زمین یا سطح افق است. با اعمال شبکه بندی نامنظم TIN، مدل رقمی DTM، شکل گرفت و با تبدیل داده‌های رستری، در نرم افزار ARCGIS 9.3 نقشه شیب استخراج گردید و در نهایت بر اساس ضوابط موجود درصد شیب نقاط روستایی مورد استفاده قرار گرفت.	شیب منطقه	H5

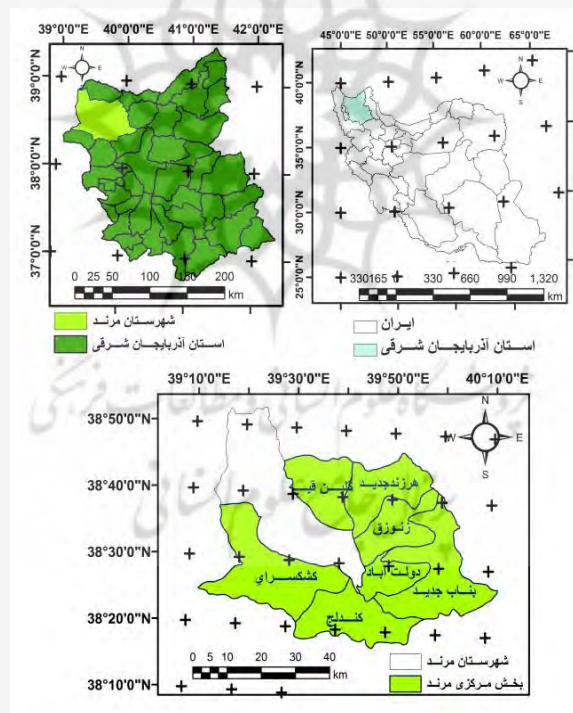
بر اساس نظر متخصصان، وزن شاخص‌های سطوح مختلف ارزیابی ریسک به صورت جدول (۲) است.

جدول (۲) وزن شاخص‌های مخاطره و آسیب‌پذیری در ارزیابی ریسک بر اساس تکنیک AHP

آسیب‌پذیری (۰/۵۴۹)										مخاطره (۰/۴۵۱)						
نسبت جنسی	نرخ رشد جمعیت	نسبت بیسوادی	بعد خانوار	نسبت اشتغال	کیفیت شبکه ارتباطی	فشار دگی روستا	سهم گروه آسیب‌پذیر	بافت سکونتگاه	فراصله از مراکز بهداشتی	تسهیلات بهداشتی	تراکم جمعیت	توپوگرافی	شیب	زمین شناسی	زلزله‌های تاریخی	فاصله از گسل
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۴۶	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۴۶

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان مرند یکی از ۲۰ شهرستان استان آذربایجان شرقی با مساحت ۳۳۱۱/۹ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه الی ۳۸ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۱۴ دقیقه الی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به شهرستان جلفا، از جنوب به شهرستان شستر، از شرق به شهرستان ورزقان و از غرب به شهرستان‌های ماکو و خوی در آذربایجان غربی محدود می‌شود. جاده ترانزیت تهران-بازرگان و تهران-جلفا و خط آهن تهران-جلفا از این شهرستان عبور می‌کند. به همین دلیل موقعیت ممتازی برای این شهرستان در سطح کشور فراهم شده است. موقعیت شهرستان مرند نسبت به شهرستان‌های اطراف در شکل (۲) نشان داده شده است.

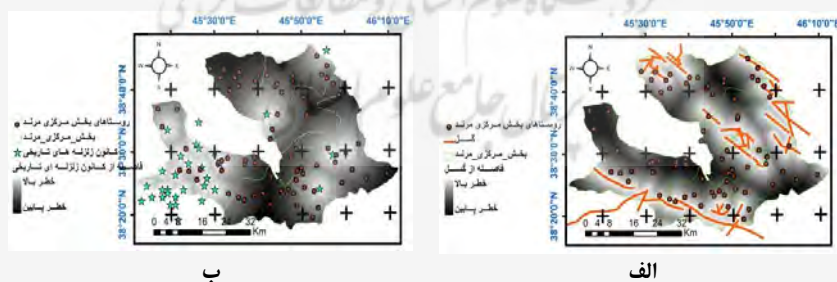


شکل (۲) نقشه موقعیت شهرستان در استان آذربایجان شرقی و ایران

در تقسیمات کشوری، شهرستان مرند دارای ۴ شهر کشکسرای، یامچی، زنوز و مرند بوده و از ۲ بخش تشکیل شده که بخش مرکزی از دهستان‌های بناب، دولت‌آباد، میشاب شمالی، کشکسرای، زنوزق، هرزندات شرقی و هرزندات غربی و بخش یامچی از دهستان‌های ذوالبین و یکانات تشکیل شده است. تعداد ۱۱۴ آبادی مسکونی در این شهرستان وجود دارد که از این تعداد ۷۴ روستای دارای سکنه در بخش مرکزی و مابقی در بخش یامچی قرار گرفته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۵). منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر بخش مرکزی شهرستان مرند می‌باشد.

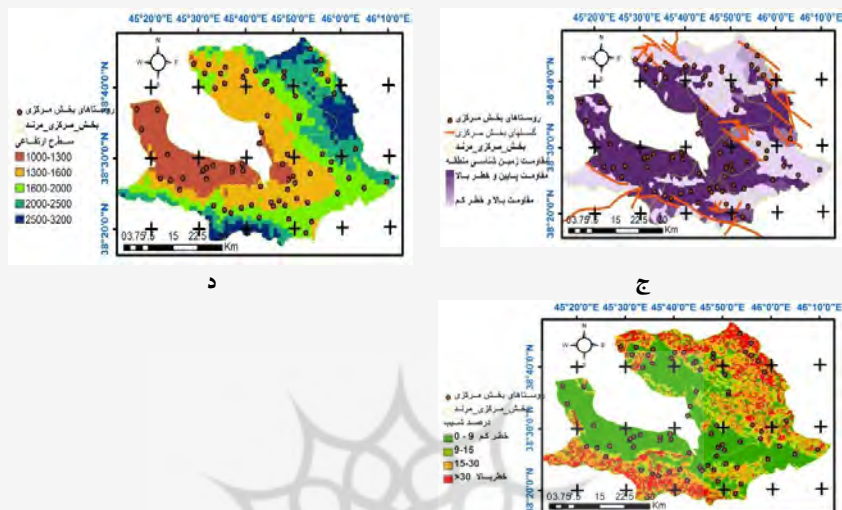
در مجموع این شهرستان در منطقه زلزله‌خیز آذربایجان قرار گرفته که در این میان، استان آذربایجان شرقی از وضعیت خاصی برخوردار است. زلزله‌های تاریخی متعددی در این منطقه اتفاق افتاده که اطلاعات مربوط به آن‌ها در پایگاه داده‌های علوم زمین کشور ارائه گردیده است. با عنایت به تعدد زلزله‌های خطرآفرین در تاریخ منطقه، ارزیابی ریسک زلزله مخصوصاً در نواحی روستایی منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است.

برای ارزیابی ریسک زلزله در منطقه مورد مطالعه، لازم است تا دو شاخص در معرض خطر بودن و آسیب‌پذیری مورد ارزیابی قرار گیرد. این امر براساس مدل فرایندی ارائه شده در شکل (۱) انجام شد. بر این اساس، پس از وزن‌دهی شاخص‌ها که شرح آن گذشت، لایه‌های اطلاعاتی هر کدام از شاخص‌های مخاطره در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 تحلیل و ترسیم شد که در شکل (۳) ارائه شده است.



ب

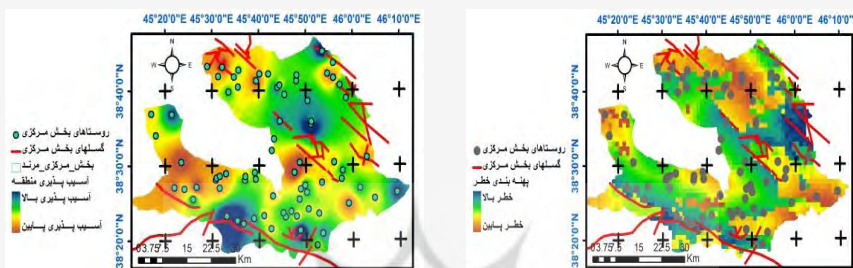
الف



شکل (۳) نقشه شاخص‌های مخاطره در بخش مرکزی شهرستان مرند (الف) گسل‌های فعال (ب) فاصله از کانون زلزله‌های تاریخی (ج) مقاومت لایه‌های زمین‌شناسی (د) توپوگرافی و شیب

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله، پنج شاخص مورد توجه قرار گرفت و با تلفیق آن‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله تهیه و ترسیم گردید. نتیجه نهایی پهنه‌بندی خطر زلزله در شکل (۴) الف به نمایش گذاشته شده است. چنان‌چه در این شکل مشخص است، پهنه کم‌خطر مساحتی در حدود ۶۵۶/۴۴ کیلومترمربع (۲۰/۳۹ درصد) را به‌خود اختصاص داده است. در این محدوده ۱۸/۶۷ درصد روستاهای بخش مرکزی مرند قرار گرفته‌اند. پهنه با خطر متوسط، به‌صورت نواری در مرکز منطقه و نیز به‌صورت پهنه‌های کوچک پراکنده در شرق و جنوب‌شرق منطقه نمایان است. این پهنه مساحتی حدود ۱۰۷۲/۳۱ کیلومترمربع (۳۳/۲۶ درصد) دارد و ۳۳/۳۳ درصد روستاها در آن استقرار یافته‌اند. هم‌چنین پهنه پرخطر که بیش‌ترین وسعت آن به‌صورت نواری در مرکز منطقه مشاهده می‌گردد، مساحتی حدود ۹۸۲/۸۱ کیلومترمربع (۳۰/۴۸ درصد) دارد و ۲۹/۳۳ درصد روستاهای منطقه مورد مطالعه در این محدوده واقع شده‌اند. پهنه بسیار پرخطر به‌صورت نواری جنوب شهرستان مرند را پوشش داده و در شرق

شهرستان به صورت محدود نسبتاً بزرگی دیده می‌شود. این پهنه که ۵۱۱/۵ کیلومتر مربع (۱۵/۸۶ درصد) را به خود اختصاص داده و حدود ۱۷/۳۳ درصد روستاهای مورد مطالعه در این محدوده قرار گرفته‌اند.



شکل (۴) وضعیت بخش مرکزی مرند از نظر پهنه‌بندی خطر زلزله (الف) و آسیب‌پذیری نواحی روستایی (ب)

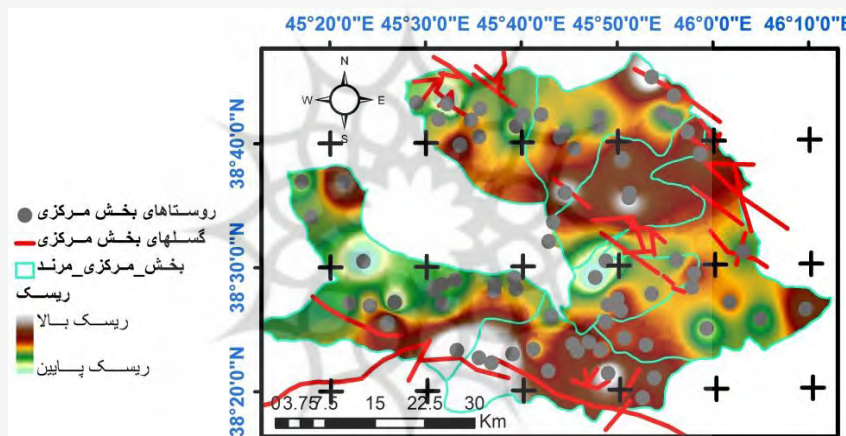
پس از ترسیم وضعیت مخاطره و توزیع روستاها در سطوح مختلف مخاطره، محاسبه آسیب‌پذیری روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرند با استفاده از روش تاپسیس مورد توجه قرار گرفت و نتیجه نهایی در شکل (۴) ب و جدول (۳) آورده شده است. چنانچه از جدول مربوطه برمی‌آید، بیش از ۴۰ درصد روستاهای منطقه مورد مطالعه، آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا دارند. این امر می‌تواند خطرپذیری این روستاها را موقع زلزله افزایش دهد.

در این قسمت به دلیل عدم امکان ارائه توضیحات بیش‌تر تنها نتیجه تحلیل تکنیک TOPSIS ارائه شده و از آوردن مراحل کامل آن پرهیز شده است. در نهایت با عنایت به وضعیت مخاطره و آسیب‌پذیری که شرح آن گذشت، وضعیت ریسک زلزله محاسبه گردید. برای محاسبه ریسک زلزله بر اساس رابطه $R=H*V$ مقادیر این دو مؤلفه در هم ضرب شدند. این محاسبه در نرم‌افزار ARCGIS 9.3 بر روی لایه‌های رستری مخاطره و آسیب‌پذیری انجام و نتیجه نهایی حاصل از این محاسبه، در شکل (۵) نمایش داده شد.

جدول (۳) نمایش آسیب‌پذیری روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرند

ردیف	نام روستاها	C*	ردیف	نام روستاها	C*	ردیف	نام روستاها	C*	ردیف	نام روستاها	C*
۱	پیربالا	۰.۶۸۱۱	۲۰	هرزندجدید	۰.۴۲۴۴	۳۹	النجق	۰.۳۶۲۰	۵۸	قراجه محمد	۰.۳۱۶۶
۲	زنوزق	۰.۶۲۶۵	۲۱	زرغان	۰.۴۲۲۰	۴۰	هاویستین	۰.۳۶۰	۵۹	دوگیجان	۰.۳۱۶۴
۳	ارلان	۰.۵۹۲۹	۲۲	عیش اباد	۰.۴۲۱۳	۴۱	اسداغی	۰.۳۵۸	۶۰	دیده بان	۰.۳۱۳
۴	پیام	۰.۵۸۹۴	۲۳	کندلج	۰.۴۱۵۴	۴۲	جواش	۰.۳۵۸	۶۱	چایکسن	۰.۳۱۲۴
۵	اوبندین	۰.۵۳۴۰	۲۴	دیزج قربان	۰.۴۱۲۶	۴۳	گلین قیه	۰.۳۵۴۱	۶۲	بابره علیا	۰.۳۰۸۳
۶	بابره سفلی	۰.۵۲۰۸	۲۵	کوه کمر	۰.۴۰۸۹	۴۴	گلجار	۰.۳۵۳۱	۶۳	وانلوجق	۰.۳۰۷۴
۷	قینر	۰.۴۹۱۶	۲۶	میزاب	۰.۴۰۲۴	۴۵	تازه کنداخوند	۰.۳۵۲۶	۶۴	خانه سر	۰.۳۰۶۴
۸	سیدلو	۰.۴۸۹۴	۲۷	ملا یوسف	۰.۳۹۷۲	۴۶	ینگجه سادات	۰.۳۴۹۱	۶۵	قراجه فیض‌اله	۰.۲۹۷۰
۹	شوردرق	۰.۴۷۱۹	۲۸	اردکلو	۰.۳۹۱۶	۴۷	نورایاد	۰.۳۴۸	۶۶	زنجیره	۰.۲۸۳
۱۰	محبوب اباد	۰.۴۶۶۱	۲۹	زال	۰.۳۸۸۵	۴۸	جامعه بزرگ	۰.۳۴۸	۶۷	نوجه ده درق	۰.۲۸۳
۱۱	زمهریر	۰.۴۶۲۰	۳۰	میاب	۰.۳۸۸۴	۴۹	گزارف	۰.۳۴۵	۶۸	داراندش	۰.۲۷۹
۱۲	قره تپه	۰.۴۵۹۳	۳۱	چرچر	۰.۳۸۸۴	۵۰	کوهتاب	۰.۳۳۹	۶۹	قره بلاغ	۰.۲۶۲
۱۳	دیزج حسین بیگ	۰.۴۴۶۸	۳۲	درق	۰.۳۸۷۳	۵۱	بنگین	۰.۳۳۶	۷۰	ساری تپه	۰.۲۵۳
۱۴	هریس	۰.۴۳۶۷	۳۳	یالقوزاغاج	۰.۳۸۲۸	۵۲	بهرام	۰.۳۳۶۵	۷۱	قرخلار	۰.۲۴۰۸
۱۵	دیزج علیا	۰.۴۳۴۷	۳۴	ایلات یالقوزاغاج	۰.۳۸۲۲	۵۳	ابرعان	۰.۳۳۴۱	۷۲	قرمزی قشلاق	۰.۲۳۴۴
۱۶	دولت اباد	۰.۴۳۳۹	۳۵	هرزندعتیق	۰.۳۷۳۵	۵۴	انامق	۰.۳۳۱	۷۳	پیراسحق	۰.۲۱۷۷
۱۷	هوجقان	۰.۴۳۲۲	۳۶	کراب	۰.۳۷۱۶	۵۵	عربان تپه	۰.۳۲۵۸	۷۴	مجتمع کوره	۰.۱۹۲۷
۱۸	سرخه	۰.۴۳۱۲	۳۷	سیوان	۰.۳۶۶۱	۵۶	ارسی	۰.۳۲۲			
۱۹	نوجه ده شیخلر	۰.۴۲۵۱	۳۸	قاپولوخ	۰.۳۶۳۶	۵۷	درویش محمد	۰.۳۲۲			

در این شکل پهنه‌های مختلف ریسک مشخص شده‌اند. به‌طوریکه برخی از روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرند در محدوده بسیار پرخطر، پرخطر و با خطر متوسط واقع شده‌اند. جدول (۴)، میزان ریسک محاسبه شده برای هرکدام از روستاهای مورد مطالعه را به ترتیب اولویت از نظر ریسک زلزله نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روستاهای پیربالا، ارلان، زنوزق، پیام، محبوب‌آباد، اویندین، قره‌تپه و عیش‌آباد در صورت وقوع زلزله دارای ریسک بیش‌تری خواهند بود. در مقابل روستاهای پیراسحق، مجتمع کوره‌های آجرپزی، قرخلار و قرمزی‌قشلاق کم‌ترین خطر ناشی از زلزله را خواهند داشت.



شکل (۵) ریسک زلزله در نواحی روستایی شهرستان مرند

جدول (۴) ارزیابی میزان ریسک زلزله در روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرند

ردیف	نام روستا	ریسک	ردیف	نام روستا	ریسک	ردیف	نام روستا	ریسک
۱	پیربالا	۰/۵۷	۲۶	کلجار	۰/۳۰	۵۱	میزاب	۰/۲۵
۲	ارلان	۰/۵۰	۲۷	اسداغی	۰/۳۰	۵۲	دوگیجان	۰/۲۵
۳	اویندین	۰/۴۴	۲۸	هاوینستین	۰/۳۰	۵۳	کوهتاب	۰/۲۵
۴	زنوزق	۰/۴۴	۲۹	کراب	۰/۳۰	۵۴	بنگین	۰/۲۵
۵	پیام	۰/۴۲	۳۰	سیوان	۰/۳۰	۵۵	خانه سر	۰/۲۵
۶	محبوب‌آباد	۰/۳۹	۳۱	اردکلو	۰/۲۹	۵۶	بهرام	۰/۲۴

ردیف	نام روستا	ریسک	ردیف	نام روستا	ریسک	ردیف	نام روستا	ریسک
۷	قره تپه	۰/۳۸	۳۲	زرغان	۰/۲۹	۵۷	ارسی	۰/۲۴
۸	عیش اباد	۰/۳۷	۳۳	هرزندجدید	۰/۲۹	۵۸	وانلوجق	۰/۲۴
۹	سرخه	۰/۳۷	۳۴	گرافر	۰/۲۹	۵۹	زنجیره	۰/۲۴
۱۰	سیدلو	۰/۳۶	۳۵	جواش	۰/۲۹	۶۰	النجق	۰/۲۴
۱۱	بابره سفلی	۰/۳۵	۳۶	گلین قیه	۰/۲۸	۶۱	چایکسن	۰/۲۳
۱۲	زمهریر	۰/۳۵	۳۷	هرزندعتیق	۰/۲۸	۶۲	قراجه محمد	۰/۲۳
۱۳	دیزج علیا	۰/۳۴	۳۸	ینگجه سادات	۰/۲۸	۶۳	نورآباد	۰/۲۳
۱۴	کوه کمر	۰/۳۴	۳۹	ایلات یالقوزاچ	۰/۲۷	۶۴	درویش محمد	۰/۲۳
۱۵	قینر	۰/۳۴	۴۰	درق	۰/۲۷	۶۵	نوجه ده درق	۰/۲۲
۱۶	دیزج قربان	۰/۳۳	۴۱	ابرعان	۰/۲۷	۶۶	قراجه فیض اله	۰/۲۲
۱۷	شوردق	۰/۳۳	۴۲	جامعه بزرگ	۰/۲۶	۶۷	داراندش	۰/۲۲
۱۸	هریس	۰/۳۳	۴۳	زال	۰/۲۶	۶۸	قره بلاغ	۰/۲۱
۱۹	دولت‌آباد	۰/۳۳	۴۴	تازه کنداخوند	۰/۲۶	۶۹	بابره علیا	۰/۲۱
۲۰	کندلج	۰/۳۲	۴۵	یالقوزاچ	۰/۲۶	۷۰	ساری تپه	۰/۲۰
۲۱	هوجقان	۰/۳۲	۴۶	قاپولوخ	۰/۲۶	۷۱	قرمزی قشلاق	۰/۱۸
۲۲	دیزج حسین بیگ	۰/۳۲	۴۷	عربان تپه	۰/۲۶	۷۲	قرخلار	۰/۱۸
۲۳	ملا یوسف	۰/۳۲	۴۸	میاب	۰/۲۶	۷۳	پیراسحق	۰/۱۵
۲۴	نوجه ده شیخلر	۰/۳۲	۴۹	دیده بان	۰/۲۶	۷۴	مجمع اجریزی	۰/۱۴
۲۵	چرچر	۰/۳۰	۵۰	انامق	۰/۲۵			

جدول (۵) نیز طبقه‌بندی داده‌های ریسک را در روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرند نشان می‌دهد.

جدول (۵) طبقه‌بندی خطر و درصد روستاهای تحت پوشش هر طبقه در بخش مرکزی مرند

طبقه	میزان خطرپذیری	درجه خطر	تعداد روستاها	درصد روستاهای هر طبقه	جمعیت تحت پوشش	درصد جمعیت در خطر
1	(۰/۱۴۳-۰/۲۴۵)	خطر کم	۲۰	۲۷/۰۳	۱۴۷۱۴	۱۹/۶۸
2	(۰/۲۴۵-۰/۳۱۰۷)	خطر متوسط	۳۰	۴۰/۵۴	۳۱۹۹۰	۴۲/۷۸
3	(۰/۳۱۰۷-۰/۳۷۰۳)	خطر بالا	۱۶	۲۱/۶۲	۱۷۸۷۳	۲۳/۹۰
4	(۰/۳۷۰۳-۰/۵۶۷۵)	خطر بسیار بالا	۸	۱۰/۸۱	۱۰۲۰۶	۱۳/۶۵

یافته‌ها و بحث

ارزیابی ریسک، مدل‌سازی و مدیریت مرتبط با آن مؤثرترین رویکرد برای بررسی اثر واقعی زلزله در نواحی روستایی است. در این مقاله تلاش شد با ارائه مدلی جهت ارزیابی ریسک زلزله، ریسک ترکیبی ناشی از مخاطره و آسیب‌پذیری محلی مورد توجه قرار گیرد. از مزایای مدل پیشنهادی، امکان مدل‌کردن همزمان اطلاعات کیفی و کمی با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (تکنیک فازی تاپسیس و AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. اگرچه از ترکیب مدل‌های تصمیم‌گیری و GIS، در بسیاری از تحقیقات مشابه از آن جمله، فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)؛ قدرتی امیری و همکاران (۱۳۹۲)؛ شمس و همکاران (۱۳۹۰)؛ راهنما و طالعی (۱۳۹۰)؛ امینی و برومند (۱۳۹۰)؛ قائدرحمتی و همکاران (۱۳۹۰)؛ احدنژادروشتی و همکاران (۱۳۹۱)؛ آریا^۸ (۲۰۰۰)؛ لویز^۹ (۲۰۰۹) و... استفاده شده، اما در تمامی آن‌ها یک بعد ریسک یعنی آسیب‌پذیری مورد توجه بوده است. در این تحقیق هر دو شاخص ریسک (در معرض خطر بودن و آسیب‌پذیری) بر اساس رابطه (۱) به صورت توأمان مورد توجه قرار گرفت.

پتانسیل بالای مخاطره زلزله و آسیب‌پذیری کالبدی و اجتماعی-اقتصادی (سطح بالای بیکاری، کیفیت پایین زندگی بر اساس مطالعات صورت گرفته، نرخ بی‌سوادی، سطح بالای فقر، نابرابری درآمدی، کمبود امکانات و تسهیلات درمانی و بهداشتی) ناحیه مورد نظر نشان از استعداد ذاتی منطقه مورد مطالعه برای ریسک زلزله بوده که باید با ایجاد آمادگی قبلی، راهکارهایی را برای کاهش خطر در منطقه به مرحله اجرا درآورد. ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های روستایی بخش مرکزی شهرستان مرند، به منظور تلاش برای کاهش اثرات زلزله می‌تواند راهکاری برای به حداقل رساندن خسارات جانی و مالی باشد تا با برنامه‌ریزی کارآمد، پیامدهای منفی زلزله در نواحی روستایی تقلیل یابد. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که: بیش از ۴۶/۶۶ درصد روستاهای منطقه، در پهنه‌های پرمخاطره و بسیار پرمخاطره واقع

8- Arya

9- Lopez

شده‌اند. این امر نشان‌دهنده وجود نقطه ضعف بالقوه اصلی و طبیعی در منطقه مورد مطالعه است.

آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا در بیش از ۴۰ درصد روستاهای محدوده مورد مطالعه تهدیدی جدی برای افزایش ریسک در منطقه می‌باشد. این امر می‌طلبد تا با اقدامات مقتضی، در جهت کاستن از آسیب‌پذیری نواحی روستایی منطقه اقدام جدی به عمل آید.

ریسک بالا و بسیار بالا در بیش از ۳۲ درصد روستاهای بخش مرکزی شهرستان مرنده، ضرورت برنامه‌ریزی در زمینه به‌سازی سکونتگاه‌های روستایی و ساماندهی فضاهای روستایی منطقه را به‌شدت گوشزد می‌نماید.



منابع

- احدنژاد روشتی، محسن؛ مولایی قلیچی، محمد؛ جوادزاده اقدم، هادی و افشار حاتمی (۱۳۹۱) «تحلیل الگوی پراکنش فضایی مراکز آموزشی و ساماندهی مناسب کالبدی آن با استفاده از GIS (منطقه ۸ تبریز)»، *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، شماره ۸، صص ۱۸-۱.
- افتخاری، عبدالرضا رکن‌الدین؛ قدیری، محمود و پرهیزگار، اکبر و سیاوش شایان (۱۳۸۸) «تحلیلی بر دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات طبیعی»، *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۳، شماره ۱، بهار، صص. ۶۲-۳۱.
- امینی، الهام و مریم برومند (۱۳۹۰)، «بررسی نقش الگوی بافت شهر در کاهش آسیب‌های کالبدی ناشی از زلزله، نمونه موردی: شهرک غرب و درکه (منطقه ۲ تهران)»، *فصلنامه آمایش محیط*، شماره ۱۷، زمستان، صص ۱۳۰-۱۱۱.
- بحرینی، سیدحسین (۱۳۷۵)، «تحلیل و برنامه‌ریزی فضایی-مکانی سکونتگاه‌ها برای کاهش خطر زلزله»، تهیه‌کننده بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، بهار .
- پورطاهری، مهدی؛ پریشان، مجید؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا و علی عسگری (۱۳۹۰)، «سنجش و ارزیابی مؤلفه‌های مبنایی مدیریت ریسک زلزله، مطالعه موردی: شهرستان قزوین»، *فصلنامه پژوهش‌های روستایی*، سال دوم، شماره یکم، بهار، صص ۱۵۰-۱۱۵.
- ذاکری میاب، کلثوم (۱۳۹۲) تحلیل فضایی نظام سکونتگاهی روستایی با تأکید بر کاهش خطر زلزله (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مرند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تبریز.
- راهنما، امیرحسین و محمد طالعی (۱۳۹۱)، «اولویت‌بندی بازسازی مناطق شهری تهران در برابر زلزله با مدل فازی و GIS»، *فصلنامه آمایش محیط*، شماره ۱۶، بهار، صص. ۷۵-۵۱.
- سیاح مفصلی، اردشیر و ندیمه صحفی (۱۳۸۹)، «تبیین روش‌شناسی استفاده از مدل مدیریت ریسک در مدیریت بحران در مناطق شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۳ شهر تهران)»، *فصلنامه مطالعات مدیریت شهری*، سال دوم، شماره دوم، تابستان.

- فرج‌زاده، منوچهر و احدنژاد، محسن و جمال امینی (۱۳۹۰)، «ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران»، *فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، سال سوم، شماره ۹، تابستان، صص. ۱۹-۳۶.
- قائدرحمتی، صفر؛ باستانی‌فر، ایمان و لیلا سلطانی (۱۳۹۰)، «بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان (با رویکرد فازی)»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، شماره پیاپی ۴۴، سال ۲۲، شماره ۱، بهار، صص. ۱۰۷-۱۲۲.
- قدرتی امیری، غلامرضا؛ اثمیری سعدآباد، سهیل و علی زارع حسین‌زاده (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک زلزله با استفاده از سیستم استنتاج‌گر فازی و کاربرد آن در مطالعات به‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود»، *مجله عمران مدرس*، دوره سیزدهم، شماره ۳، پاییز، صص. ۷۱-۸۴.
- کرمی، محمدرضا (۱۳۹۱)، «*ارزیابی خطر زلزله و آسیب‌پذیری شهرها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی*»، رساله دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز.
- شمس، مجید؛ معصوم‌پور، جعفر؛ سعیدی، شهرام و حسین شهبازی (۱۳۹۰)، «بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه، مطالعه موردی: محله فیض‌آباد»، *فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط*، شماره ۱۳، صص. ۴۱-۶۶.
- گلی، علی و علی عسگری (۱۳۸۷)، «زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری بنگاه‌های اقتصادی: مطالعه موردی شبکه بانکی شهر تهران»، *فصلنامه مدرس علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، دوره چهاردهم، شماره ۳، پاییز.
- مرکز ملی آمایش سرزمین (۱۳۸۵)، «*راهنمای انجام مطالعات برنامه آمایش استان*، نشر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور»، زاهدان، ۲۲ و ۲۳ شهریور ۱۳۸۵.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۲)، *سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰*.
- وفائیان، محمود (۱۳۷۱)، «*مکانیک سنگ*»، یزد، انتشارات دانشگاه یزد.
- Arya, Anand S., (2000), Recent Developments toward Earthquake Risk Reduction in India, *Current Science*, Vol. 79, No. 9- 10, pp. 1270-1277.

- Coles, Jennifer Robyn, (2011), "The Disaster Risk Reduction Educational Program for Primary Schools in the City of Tshwane: a Critical Analysis", <http://hdl.handle.net/10394/8071>, Accessed Oct 2011.
- Ferdinand, Idelia and O'Brien, Geoff and O'Keefe, Phil and Jayawickrama, Janaka, (2012), "The Double Bind of Poverty and Community Disaster Risk Reduction", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 2, December 2012, Pages 84-94.
- Himayatullah Khan and Abuturab Khan, (2008), "Natural Hazards and Disaster Management in Pakistan", 12. October 2008, Online at <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/11052/>, pp 16.
- López L, D. (2009), "Spatial Analysis and Modeling to Assess and Map Current Vulnerability to Extreme Weather Events in the Grijalva ° Usumacinta Watershed", IOP Publishing, (<http://iopscience.iop.org/1755-1315/8/1/012021>).
- Mitchell, D., (2011), "Assessing and Responding to Land Tenure Issues in Disaster Risk Management", Fao Training Manual, March 2011.
- Ofori, G. (2004), "Construction in Disaster Management" <http://buildnet.csir.co.za/cdcproc/docs/3rd/ofori02.pdf>, Accessed 20 Oct 2011.
- Wisner b., Blaikie P., Cannon T. and Ian Davis (2005), "*At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*", Taylor & Francis, 2005.