



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۲، دوره ۵، شماره ۴، صص ۲۶۱-۲۳۱

نقش ژئومورفولوژی در مخاطرات طبیعی، آسیب‌پذیری و پیشگیری از بلایای طبیعی در

کشور ایران

نازیلا یعقوب نژاد اصل

دانش آموخته دکترا، ژئومورفولوژی - مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم

اجتماعی، گروه آموزشی جغرافیای طبیعی، اردبیل - ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶

چکیده

کشور ایران با انواع بلایای طبیعی مکرر از جمله سیل، زلزله، خشک‌سالی و طوفان شن دست‌وپنجه نرم می‌کند، متأسفانه به ژئومورفولوژی و جایگاه ویژه این رشته در پیش‌بینی، ارزیابی و آسیب‌پذیری در مناطق مستعد به مخاطرات طبیعی همچنان اهمیت چندانی داده نمی‌شود و علی‌رغم هشدارها، پیش‌بینی‌ها و ارزیابی‌های متعدد مردم و مسئولین همچنان هنگام مواجهه با وقوع رخداد‌های مخاطره‌آمیز، همچنان غافلگیر می‌شوند؛ لذا این پژوهش به اهمیت نقش ژئومورفولوژیست‌ها برای ایجاد استراتژی‌های مناسب ارزیابی و مدیریت ریسک می‌پردازد. نقشه‌های رقومی ارتفاع، سری زمانی داده‌های ۳۰ ساله (۱۳۳۱-۱۳۶۱) حداکثر دبی روزانه ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه به‌عنوان مطالعه موردی در زمینه دوره بازگشت سیل، آمار زلزله استان تهران و گستره اطراف آن در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در استان البرز استفاده شد. روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای و مدل فازی برای تحلیل مخاطرات طبیعی و بلایای طبیعی به کار گرفته شد. نتایج در مورد دوره بازگشت سیل نشان از ویژگی‌هایی که سیل ممکن است داشته باشد (بزرگی) و (تکرار) دارد. نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر زلزله نشان داد که حدود ۲۸ درصد از مساحت استان البرز در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد در برابر زلزله قرار گرفته است. باید چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری انسان در مورد سیل و زلزله ارائه داد؛ که این کار فقط با به‌کارگیری ژئومورفولوژیست‌ها در قالب گروه‌های مشاوره در زمینه پیشگیری از بلایای طبیعی و ایجاد مرکز پایش خطر در ایران با به‌کارگیری آن‌ها امکان‌پذیر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ژئومورفولوژی، مخاطرات طبیعی، بلایای طبیعی، آسیب‌پذیری، پیشگیری

مقدمه

بلایای طبیعی در سراسر جهان رخ می‌دهند. با این حال، تأثیر آن‌ها در کشورهای در حال توسعه بیشتر است، جایی که آن‌ها اغلب رخ می‌دهند ناشی از دو عامل اصلی است: اول، رابطه‌ای با موقعیت جغرافیایی و بستر زمین‌شناسی - ژئومورفولوژیکی دارد. کشورهای در حال توسعه یا فقیر تا حد زیادی در مناطقی واقع گردیده‌اند که عمدتاً تحت تأثیر مخاطراتی مانند فعالیت‌های آتش‌فشانی، لرزه‌خیزی، سیل و غیره قرار گرفته‌اند. دلیل دوم، این‌که به توسعه تاریخی این کشورهای فقیر مربوط می‌شود که در آن شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی مناسب نیست و در نتیجه به‌عنوان عوامل آسیب‌پذیری بالا در برابر بلایای طبیعی (آسیب‌پذیری اقتصادی، اجتماعی سیاسی و فرهنگی) عمل می‌کنند. بلا عبارت است از وضعیت یا رویدادی که ظرفیت محلی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد و نیاز به درخواست در سطح ملی یا بین‌المللی برای یک رویداد غیرقابل‌پیش‌بینی و اغلب ناگهانی دارد که باعث تلفات عظیم، تخریب و رنج انسان می‌شود (مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایای طبیعی^۱، ۲۰۱۸). آسیا و آمریکای لاتین، بیشترین تمرکز را از بابت سیل و ریسک‌های مرتبط با آن ناشی از هاریکن‌ها، سیکلون‌ها، طوفان‌های حاره‌ای، تایفون‌ها و باران‌های موسمی دارند. این نواحی، همچنین در زمره مستعدترین مناطق در برابر زلزله هستند. بلایای مرتبط با آب‌وهوا مانند سیل، طوفان، خشک‌سالی و موج گرما مسئول ۹۱ درصد بلایای بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ هستند (سازمان بهداشت جهانی^۲، ۲۰۲۰). در حالی که هزینه اقتصادی بلایا در دوره ۱۹۹۸ و ۲۰۱۷ در سطح جهان ۲۹۰۸ میلیارد دلار بوده است، سهم بلایای مرتبط با اقلیم ۲۲۴۵ میلیارد دلار بوده است که این ۷۷ درصد از کل هزینه‌های اقتصادی بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهد (صدیقی و صدیقی^۳، ۲۰۲۰). بلایای مرتبط با آب‌وهوا در دو دهه گذشته ۱۵۱ درصد افزایش یافته است (مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایای طبیعی، ۲۰۱۸). به‌عنوان مثال، بیش از ۹۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند و حدود ۱۱٪ (۳/۲ میلیون نفر) از کل جمعیت آمریکای مرکزی تحت تأثیر عواقب طوفان میچ^۴ قرار گرفتند. تأثیر این بلایا در همه کشورها یکسان نبود. در هندوراس، تلفات معادل ۸۰٪ تولید ناخالص داخلی در سال ۱۹۹۷ بود، در حالی که این زیان در کشور نیکاراگوئه تقریباً ۴۹٪ از تولید ناخالص داخلی را در بر گرفته بود. مجموع خسارات کل منطقه ۶ میلیارد دلار تخمین زده شد که دارای تمرکز کمی بیشتر

¹- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

²- World Health Organization

³- Sedighi and Sedighi

⁴- Mitch

از خسارت مستقیم (۵۱٪/۵) نسبت به خسارت غیرمستقیم (۴۸٪/۵) بود. علاوه بر این، خسارات وارده به جمعیت را به سختی می‌توان از نظر مالی و در رابطه با زمان بهبودی پس از فاجعه ارزیابی کرد (سی - ای - پی - ال - ال^۱، ۱۹۹۹).

ایران کشوری حادثه‌خیز است (صدیقی و سلمانی^۲، ۲۰۱۹). بر طبق گزارش ریسک جهان (هنتز^۳ و همکاران، ۲۰۱۸)، ایران جزو کشورهای با آسیب‌پذیری بالا در جهان است که اثرات قابل توجهی از بلایا از جمله خسارات مالی، اجتماعی و فیزیکی بر کشور داشته است. بیش از ۸۰۰۰۰ نفر در طول ۳۰ سال گذشته در ایران به طور مستقیم بر اثر بلایای طبیعی جان خود را از دست داده‌اند (صدیقی و مرادلو^۴، ۲۰۲۰). بیشتر استان‌های ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته‌اند. در طول تاریخ ایران، بلایای طبیعی بسیاری از جمله سیل شدید، دمای شدید و خشک‌سالی در آنجا رخ داده است (مدرس و همکاران، ۲۰۱۶)^۵. این کشور همچنین به شدت مستعد زلزله است و زلزله‌های غم‌انگیز زیادی را تجربه می‌کند (میرزایی^۶ و همکاران، ۱۹۹۸). ملویل^۷ (۱۹۸۴) با مطالعه بلایای مکرر در ایران در ۱۰۰۰ سال اخیر دریافت که تغییر اقلیم در وقوع بلایای مکرر از جمله خشک‌سالی، زلزله، سیل، طوفان، بارندگی شدید، بارش‌های سیل‌آسا، تگرگ و زمستان‌های شدید نقش اساسی داشته است. بر طبق مطالعه‌ای که توسط (صدیقی و صدیقی، ۲۰۲۰) انجام گردید، معلوم شد که شهرهای اصفهان و کرمان بیشترین فراوانی بلایا را داشته‌اند، استان گیلان بیشترین تخصیص بودجه برای بلایا را داشته است و بعد از آن استان کرمان قرار گرفت.

در طی ۳۰ سال اخیر، برای ارتباط مستقیم ژئومورفولوژی و بلایای طبیعی کار کمی انجام شده است. تعداد کمی از نشریات در ژئومورفولوژی به طور خاص به این موضوع می‌پردازند. (برای مثال، آکودا، ۱۹۷۰؛ ورستین، ۱۹۸۹؛ روسنفو، ۱۹۹۴)^۸. نمونه‌ای از ممزوج شدن آسیب‌پذیری طبیعی و انسانی با تحلیل زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی توسط بلیکی^۹ و همکاران (۱۹۹۴) ارائه گردید. این شهر، بر بستر دریاچه‌ای کهن بنا گردید که خاک را در برابر زلزله و

5- CEPAL

6- Sedighi and Salmani

7- Heintze

8- Sedighi and Moradlou

9- Modarres

10- Mirzaei

11- Melville

1- Okuda, Verstappen, Rosenfeld

2- Blaikie

فرآیندهای مرتبط مانند روانگرایی (آسیب‌پذیری طبیعی) بسیار آسیب‌پذیرتر می‌کند. ساخت‌وساز ساختمان‌های داخل منطقه با استفاده از مصالحی با انواع و کیفیت‌های متنوع، در بازه‌های زمانی مختلف انجام شده بود. تراکم بالای جمعیت، مشاغل کم‌درآمد و فقر به استانداردهای ضعیف مسکن (آسیب‌پذیری اجتماعی و اقتصادی) کمک کرده بود. تمام عناصر ناشی از آسیب‌پذیری طبیعی، اجتماعی و اقتصادی خاص منطقه در زمان وقوع زلزله باهم ترکیب شدند و مناطق بلاخیز را به وجود آورد. این مورد و پیامدهای طوفان میچ نیاز به تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری برای درک بهتر و جلوگیری از بلایای طبیعی را نشان می‌دهد؛ سیل‌های مرتبط با پدیده‌های آب-هواشناسی یعنی طوفان‌های حاره‌ای، هاریکن‌ها، باران‌های موسمی (کیل^۱ و همکاران، ۱۹۹۴) ال نینو یا لانینا به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین مخاطرات طبیعی و محرک اصلی بلایا در نظر گرفته می‌شوند؛ مطالعه دیگری در رابطه با الگوی شدت سیل و شدت خشک‌سالی در ایران طی دوره ۱۹۵۰-۲۰۱۰ نشان داد که شدت و بزرگی این دو فاجعه در حال افزایش است (مدرس و همکاران، ۲۰۱۶). تغییر کاربری اراضی، روند منفی بارندگی سالانه، سیاست‌های ضعیف مدیریت منابع آب از عوامل اصلی رشد سیل و خشک‌سالی است (مدرس و همکاران، ۲۰۱۶). خشک‌سالی منجر به بلایای مرتبط با آب مانند خشک شدن دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، طوفان‌های گردوغبار و ریزگردها شد (واقفی^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال، آثار بی‌شماری مرتبط با مخاطرات طبیعی نشان‌دهنده اهمیت ژئومورفولوژی در زمینه بلایای طبیعی است؛ به‌عنوان مثال، ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای توجه قابل‌توجهی به سیل داشته‌اند. رویکردها برای درک این فرآیند شامل مطالعه رویدادهای گذشته یا ژئومورفولوژی پالئوسیل^۳ و هیدرولوژی سیل است (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۳)، علاوه بر این، شبیه‌سازی سیل (آذری و همکاران، ۱۳۸۸)، پیش‌بینی و نقشه‌های سیل با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (ندیری، ۱۳۹۸؛ نرگس و نیسانی سامانی، ۱۴۰۱)، تصاویر راداری (عمادالدین و محمدقاسمی، ۱۴۰۰؛ محمد نژاد آروق، ۱۴۰۰؛ سلیمانی ساردو و همکاران، ۱۴۰۰) و سنجش‌ازدور (ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۸). سنجش‌ازدور یک جنبه حیاتی در توسعه ارزیابی و مدیریت مخاطرات و ریسک بوده است. ژئومورفولوژیست‌ها بر اساس رویکردهای مختلف مانند نقشه‌برداری (صفا مهر و همکاران، ۱۳۹۷)، تجزیه و تحلیل مشاهدات میدانی بایگانی‌های تاریخی (افشاری، ۱۳۸۵)، نمونه‌برداری، تست‌های آزمایشگاهی، پایش (رمضانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ عطایی و اخوان فومنی، ۱۳۹۸)، مدل‌سازی (رحمان زندی و

³⁻ Kale

⁴⁻ Vaghefi

⁵⁻ palaeoflood_{ing}

همکاران، ۱۳۹۷؛ شیرازی و شهابی، ۱۳۹۹؛ امیر احمدی و همکاران، ۱۴۰۱؛ جی‌آی‌اس (محمدی و نور، ۱۳۹۸) و سنجش‌ازدور (عابدینی و شیشه‌گران، ۱۴۰۱)، بر جنبه‌های مختلف حرکت توده‌های تمرکز کرده‌اند، از جمله تحلیل و ارزیابی خطر زمین‌لغزش (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹). ژئومورفولوژی همچنین در زمینه مخاطرات آتش‌فشانی (شیخ‌فخرالدینی و همکاران، ۱۳۹۶) و لرزه‌ای نقش داشته است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی‌های ژئومورفولوژیکی به‌عنوان پایه‌ای برای پهنه‌بندی مخاطرات آتش‌فشانی (خیاط‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵) و برای ترویج کاهش بلایای طبیعی (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۳) استفاده شده است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل فعالیت‌های تکتونیکی به‌عنوان یک عنصر کلیدی برای ارزیابی خطر لرزه‌ای و زمین‌لغزش استفاده شده است (صفاری و همکاران، ۱۳۹۷؛ کیانی و همکاران، ۱۳۹۹؛ مصدق‌زاده و خلیج، ۱۴۰۱) و چنین ارزیابی زلزله در برنامه‌ریزی زیست‌محیطی نیز به کار گرفته شده است (حشمتی جدید و همکاران، ۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر زلزله در آسیب‌پذیرترین مناطق مانند دامنه جنوبی کوه دماوند (شایان و زارع، ۱۳۹۳؛ ایلانلو، ۱۳۹۴) و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله (یعقوب نژاد اصل، ۱۳۹۷) برای داشتن پانورامای بهتری از وقوع چنین حوادثی و پیامدهای آن انجام شده است. در ابعاد ژئومورفولوژیکی بلایای طبیعی (جعفری و شاه‌زیدی، ۱۳۹۵؛ کوبکیان و رمضانی‌گورابی، ۱۳۹۷)، مشارکت پروژه‌های مختلف ژئومورفولوژیکی در تحقیقات بین‌رشته‌ای از جمله، زمین‌لرزه، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسایش و غیره مورد بررسی قرار گرفت.

در حالی که کشور ایران با انواع بلایای طبیعی مکرر از جمله سیل، زلزله، خشک‌سالی و طوفان‌شن دست‌وپنجه نرم می‌کند و علی‌رغم نمونه کارهای انجام‌شده در پیشینه تحقیق، متأسفانه به رشته ژئومورفولوژی و جایگاه ویژه این رشته در پیش‌بینی، ارزیابی و آسیب‌پذیری در مناطق مستعد به مخاطرات طبیعی همچنان اهمیت چندانی داده نمی‌شود و علی‌رغم هشدارها، پیش‌بینی‌ها و ارزیابی‌های متعدد در این زمینه، مردم و مسئولین همچنان هنگام مواجهه با وقوع رخداد‌های مخاطره‌آمیز، همچنان غافلگیر می‌شوند؛ لذا این مقاله به اهمیت ادغام ژئومورفولوژیست‌ها در گروه‌های ملی/منطقه‌ای/محلی از کارشناسان برای ایجاد استراتژی‌های مناسب ارزیابی و مدیریت ریسک می‌پردازد. این راهبردها باید مبتنی بر درک ضرورت‌های ناشی از آسیب‌پذیری طبیعی و انسانی نهادهای اجتماعی در معرض تهدید باشند. با توجه به وجود آسیب‌پذیری‌های متمایز، این وظیفه در کشور ایران که در مناطق مستعد به مخاطرات طبیعی واقع گردیده است و ویژگی‌های حاشیه‌نشینی و مسائل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی، فرصت‌های پیشگیری و مقابله با بلایای طبیعی را کاهش می‌دهند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر از داده‌های زیر استفاده شده است:

- ۱- اسناد کتابخانه‌ای، ۲- مدل رقومی ارتفاع، ۳- نقشه رقومی زمین‌شناسی ایران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰، ۴- سری زمانی داده‌های ۳۰ ساله (۱۳۳۱-۱۳۶۱) حداکثر دبی روزانه ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه به‌عنوان مطالعه موردی، ۵- لایه‌های نقشه‌ای مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی ایران با قدرت تفکیک ۹۰ متر، ۶- نقشه زمین‌شناسی ایران، ۷- نقشه رقومی شده پوشش کاربری زمین، ۸- آمار و اطلاعات زلزله استان تهران و گستره اطراف آن (۲۰۰۲) به‌عنوان مطالعه موردی

رویکرد پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی و استنباطی و با استفاده از گزارش‌های آماری و مدل‌های زمین‌آمار در ارتباط با تحلیل مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژی است. در این تحقیق، ابتدا، با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی به بررسی وقوع چندین مخاطره در کشور ایران و نمونه کارهای انجام‌شده در این زمینه پرداخته شد؛ سپس، برای درک رابطه بین مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژی به تحلیل مفاهیم بزرگی و فرکانس که برای ارزیابی مخاطرات طبیعی ضروری است، پرداخته شد. در این راستا از روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای برای پیش‌بینی دوره بازگشت سیل‌ها به‌عنوان مطالعه موردی در ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه در ارتباط با مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژی پرداخته شد. علت انتخاب این منطقه به‌عنوان مطالعه موردی، وقوع سیلاب‌های مخربی بود که این بخش از کشور را تحت تأثیر خود قرار داده بود و علت انتخاب روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای به‌جای روش تحلیل فراوانی ایستگاهی، کاربرد روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای در برآورد دبی‌های حداکثر روزانه یا اوج سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار یا دارای آمار نامناسب است که برای ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه دارای دوره آماری نامناسبی بود به‌طوری‌که داده‌های پیوسته آن تنها در یک دوره سی‌ساله (۱۳۳۱-۱۳۶۱) موجود بود و پس‌از آن در این ایستگاه آماربرداری انجام‌نشده بود. در مرحله بعد، به تحلیل مفهوم بلایای طبیعی و ژئومورفولوژی پرداخته شد. برای این منظور، اقدام به ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زلزله در استان البرز به‌عنوان مطالعه موردی در زمینه ارزیابی خطر که نقش کلیدی در فرآیند تحلیل ریسک دارد، گردید. علت انتخاب این محدوده هم به دلیل وقوع زلزله‌های شدید و مخربی بود که این بخش از کشور را تحت اثر خود قرار داده بود. در راستای نیل به این هدف از ۹ عامل و متغیر مستقل شامل ارتفاع، شیب، زمین‌شناسی، کاربری زمین، بزرگای زلزله، فاصله از گسل‌ها، فاصله از شهر، تراکم

جمعیت شهری و تراکم جمعیت روستایی برای برآورد و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله مورد استفاده در قالب مدل فازی استفاده گردید و مفاهیم و بنیان‌های نظری ژئومورفولوژی در مخاطرات ژئومورفیک، بلایای طبیعی، بلایای طبیعی و ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی، آسیب‌پذیری و بلایا بررسی دقیق‌تر می‌شوند. در انتها نیز به نقش ژئومورفولوژی در آسیب‌پذیری و پیشگیری از بلایای طبیعی و ارائه راه‌کارها پرداخته می‌شود.

روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای به‌جای استفاده از روش تحلیل فراوانی ایستگاهی توسط هاسکینگ و والیز^۱ (۱۹۹۷) بر اساس تئوری گشتاورهای خطی^۲ ارائه گردید. گشتاورهای خطی، توابع خطی از گشتاورهای وزنی احتمال^۳ هستند. هاسکینگ (۱۹۹۰) نشان داد که بین پارامترهای توزیع آماری و ضرایب گشتاورهای خطی رابطه‌ای وجود دارد. ضرایب گشتاورهای خط مهم یک مجموعه داده از ضرایب تغییرات خطی^۴، ضریب چولگی خطی^۵ و ضریب کشیدگی خطی^۶ هستند که به ترتیب، با t_3 ، t_4 و t_5 نشان داده می‌شوند. علاوه بر این، هاسکینگ (۱۹۹۰) بین داشت که برای مجموعه‌هایی که دارای داده پرت هستند، تخمین پارامترهای توزیع‌های آماری با استفاده از ضرایب گشتاورهای خطی نسبت به دیگر روش‌ها مانند روش گشتاورهای وزنی احتمال از خطای کمتری برخوردار هستند. به‌منظور انجام فرآیند تحلیل فراوانی منطقه‌ای، پس از برقراری پیش‌شرط‌های استقلال و ایستابی داده‌ها، گشتاورهای وزنی احتمال (b_r) برای یک مجموعه داده با اندازه نمونه n با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, r = 0$$

$$\left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=r+1}^n \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-r)}{(n-1)(n-2)\dots(n-3)} x_{j:n}, r \leq 1 \right. \quad (1)$$

1- Hosking and Wallis

2- Linear Moments

3- Probability Weighted Moments

1- Coefficient of L-Variation

2- Coefficient of L-Skewness

3- Coefficient of L-kurtosis

که در آن، z_i رتبه مشاهده X_i در ترتیب صعودی، T : مرتبه گشتاور وزنی هستند. به همین ترتیب، چهار گشتاور خطی مرتبه نخست (l_1, l_2, l_3 و l_4) از روی گشتاورهای وزنی با استفاده از روابط (۲ تا ۵) قابل محاسبه می‌شوند:

$$l_1 = b_0 \quad (۲)$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \quad (۴)$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 + b_0 \quad (۵)$$

در انتها، برای یک مجموعه داده ضرایب گشتاورهای خطی نیز از گشتاورهای خطی مطابق با روابط (۶ تا ۸) قابل محاسبه خواهند بود:

$$L - cv = t = \frac{l_2}{l_1} \quad (۶)$$

$$L - skew = t_3 = \frac{l_3}{l_2} \quad (۷)$$

$$L - kurt = t_4 = \frac{l_4}{l_2} \quad (۸)$$

با توجه به اظهارات هاسکینگ و والیز (۱۹۹۷) در مورد ضرایب گشتاورهای خطی برای یک مجموعه از ایستگاه‌ها در یک منطقه، دو آماره برای آزمون همگنی^۱ منطقه معرفی می‌شود. آماره اول، عبارت از معیار ناجوری^۲ (D) است که نشان‌دهنده فاصله ویژگی‌های آماری هر ایستگاه از میانگین منطقه هستند. این آماره برای هر ایستگاه بر اساس

^۱- Homogeneity

^۲- Discordancy

ماتریس ضرایب گشتاورهای خطی هر ایستگاه $u_i = [t_1^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}]^T$ مطابق با روابط (۹ تا ۱۱) محاسبه می‌شوند:

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (9)$$

$$S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u}) (u_i - \bar{u})^T \quad (10)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i \quad (11)$$

که در آن، N : تعداد ایستگاه‌ها، S : ماتریس کوواریانس و T : ترانهاده ماتریس هستند. درجایی که مجموعه‌ای از ایستگاه‌ها وجود دارد، مقدار $D \geq 3$ نشان‌دهنده ناجوری ایستگاه موردنظر در منطقه است. با این وجود، هاسکینگ و والیز (۱۹۹۷) بیان داشتند که مقدار بحرانی ۳ برای مناطق همگن با تعداد ایستگاه کم مناسب نیست. مقدار بحرانی D برای مناطق با کمتر از پانزده ایستگاه به تدریج کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر از مقادیر بحرانی پیشنهادی مطابق با هاسکینگ و والیز (۱۹۹۷) برای تعیین ناجوری ایستگاه مورد مطالعه در مناطق همگن استفاده شد. آماره دوم، برای آزمون درجه همگنی یک منطقه با سه آماره H_1 ، H_2 و H_3 بر اساس آزمون تغییرپذیری گشتاورهای خطی منطقه واقعی با گشتاورهای خطی شبیه‌سازی شده با توجه به روابط (۱۲ تا ۱۶) محاسبه می‌شوند. در روابط زیر، t^R : ضرایب تغییرات خطی، t_3^R : چولگی خطی و t_4^R : کشیدگی خطی منطقه‌ای و μ_v : میانگین و σ_v : انحراف از معیار برای $v(j)$ ها از مناطق شبیه‌سازی شده هستند.

$$V_1 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i \{(t^{(i)} - t^{(R)})^2\}^{0.5}}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\} \quad (12)$$

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \{(t^{(i)} - t^{(R)})^2 + (t_3^{(i)} - t_3^R)^2\}^{0.5}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (13)$$

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \{(t_3^{(i)} - t_3^R)^2 + (t_4^{(i)} - t_4^R)^2\}^{0.5}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (14)$$

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(t)^i}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (15)$$

$$H_{(j)} = \frac{u_{(j)} - \mu_{v(j)}}{\sigma_{v(j)}} \quad (16)$$

با توجه به مقادیر H ، اگر مقدار این آماره کمتر از ۱ باشد، منطقه کاملاً همگن، بین ۱ تا ۲: منطقه نسبتاً همگن و بیشتر از ۲: منطقه کاملاً ناهمگن شناخته می‌شود. هاسکینگ و والیز (۱۹۹۷) بیان داشتند که آماره H_1 نسبت به دو آماره دیگر ارجحیت دارد و چنانچه مقدار این آماره به تنهایی کمتر از ۱ بود، به معنای منطقه همگن است. پس از تأیید همگنی منطقه مورد نظر به منظور انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع منطقه‌ای نیز از آزمون نکویی برازش^۱ ارائه شده توسط هاسکینگ و والیز (۱۹۹۷) و آماره Z^{Dist} استفاده می‌شود. این آماره بر اساس ضریب کشیدگی خطی توزیع‌های آماری (t_4) و میانگین ضریب کشیدگی خطی منطقه همگن (t_4^R) قابل محاسبه هستند (رابطه ۱۷). مقدار بحرانی برای آماره Z^{Dist} برابر ۱/۶۴ است و اگر مقدار مطلق این آماره از حد بحرانی کمتر و نزدیک به صفر باشد، توزیع آماری مناسب و قابل برازش به ایستگاه‌های منطقه همگن است. علاوه بر آزمون نکوی برازش، نمودار نسبت گشتاورهای خطی نیز به صورت بصری تا حد زیادی به انتخاب توزیع آماری مناسب و ارزیابی همگنی و ناچوری ایستگاه‌ها کمک خواهد کرد. در رابطه (۱۷)، مقدار σ_4 بیانگر انحراف از معیار t_4^R است و می‌توان آن را از مناطق شبیه‌سازی شده محاسبه نمود.

$$Z^{Dist} = \frac{(t_4^{(Dist)} - t_4^R)}{S_4} \quad (17)$$

مدل فازی برای اولین بار توسط لطفی زاده^۲ (۱۹۶۵) ارائه شد. تئوری فازی نتیجه گرفت که با ساختن تابع عضویت در محدودهای از اعداد حقیقی، روش‌های جدید توسعه می‌یابد. مک براتنی و اوده^۳ (۱۹۹۷). با استفاده از منطق فازی در تحلیل‌ها، فرآیندهای جغرافیایی واقعی‌تر توصیف می‌شوند تا منطق بولین (مزوسی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵).

¹- Goodness of Fit Test

²- Lotfi Zadeh

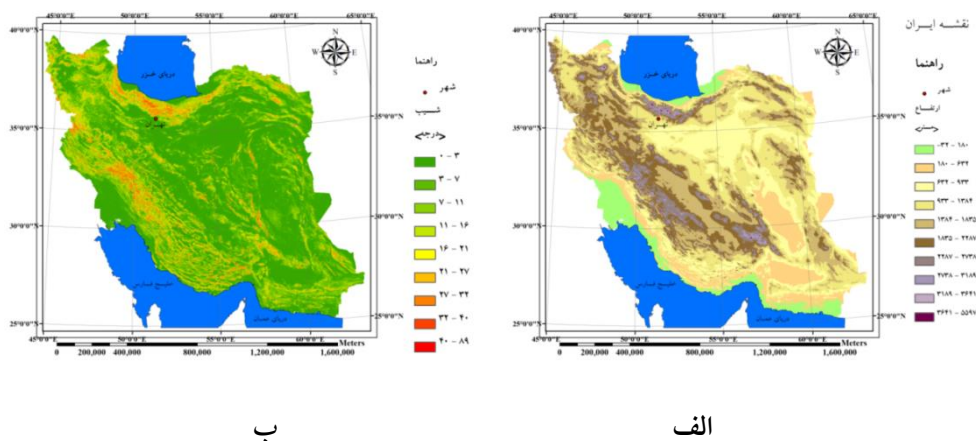
³- McBratney and Odeh

⁴- Mezosi

تحلیل‌های فازی با استفاده از نرم‌افزار جی‌آی‌اس انجام می‌شود. در این نرم‌افزار، پارامترها با توابع عضویت فازی تبیین می‌شوند. این توابع می‌توانند خطی، گوسین، نمایی، لگاریتمی، یا چندجمله‌ای باشند. (ایستمن^۱، ۲۰۰۶).

محدوده مورد مطالعه

کشور ایران با وسعتی در حدود ۱۶۴۸۱۹۵ هزار کیلومتر مربع در جنوب غربی آسیا واقع شده است. به لحاظ موقعیت جغرافیایی در نیمه جنوبی منطقه معتدل شمالی بین عرض جغرافیایی ۲۵ درجه شمالی تا ۴۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه تا ۶۳ درجه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱ الف). حدود ۹۰ درصد از خاک کشور در محدوده فلات ایران واقع شده است. سرزمین ایران به‌طور کلی کوهستانی و نیمه‌خشک بوده و میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریاست. بیش از نیمی از مساحت کشور را کوه‌ها و ارتفاعات با شیبی بین ۱۶ تا ۸۹ درجه، یک‌چهارم آن را دشت‌ها و کمتر از یک‌چهارم دیگر آن را سرزمین‌های کشاورزی تشکیل می‌دهد که در شیبی بین ۷ تا ۱۱ درجه قرار گرفته‌اند (شکل ۱ ب). پست‌ترین نقطه داخلی با ارتفاع ۵۶ متر در چاله لوت و بلندترین آن قله دماوند با ارتفاع ۵۶۲۸ متر در میان رشته‌کوه البرز قرار دارد، در کناره جنوبی دریای خزر و سواحل خلیج فارس ارتفاع زمین ۳۲ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد است.



شکل ۱- الف: نقشه ارتفاع، ب: نقشه شیب (منبع: نگارنده)

⁵- Eastman

ایران بخشی از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا است که از اقیانوس اطلس تا غرب اقیانوس آرام امتداد دارد. فلات مرتفعی که یکی از متنوع‌ترین محیط‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی جهان را داراست که شامل بیشترین تعداد پلایاهای جهان، تپه‌های ماسه‌ای، گنبد‌های نمکی، طولانی‌ترین پلایا به نام دشت کویر، گرم‌ترین کویر به نام دشت لوت و طولانی‌ترین غار نمکی به نام دیپیر نمکدان می‌شود. (کرینسلی^۱، ۱۹۷۰). این کشور به‌عنوان یکی از زلزله‌خیزترین کشورهای جهان شناخته می‌شود که فرآیندهای داخلی و خارجی در آن منجر به تشکیل صفحه ایران می‌شود. آن را به کاسه‌ای تشبیه کرده‌اند که لبه آن کوه‌های بلند قرار گرفته و داخل فلات که متشکل از توپوگرافی نامنظم و پست است را احاطه کرده است (فیشر^۲، ۱۹۶۸). رشته‌کوه‌های البرز شمالی و زاگرس غربی نسبت به کوه‌های شرق و جنوب کشور ارتفاعات بیشتری دارند و مناطق وسیعی را که ارتفاع کمتری دارند دربر می‌گیرند و سرانجام حوضه‌های دشتی آن را قطع می‌کنند. شاخه شمالی سامانه کوهزایی آلپ- هیمالیا در ایران به نام رشته‌کوه البرز به طول ۹۶۰ کیلومتر، دریای خزر را از ایران مرکزی جدا می‌کند. رشته‌کوه البرز ناحیه نسبتاً باریکی را با بارندگی زیاد در جناح جنوبی آن رو به دشت خزر تشکیل می‌دهد. بخش جنوبی سامانه آلپ- هیمالیا را رشته‌های زاگرس و مکران اشغال کرده‌اند که از شمال غربی تا جنوب شرقی فلات ایران امتداد یافته‌اند. از این رو، بخش مرکزی کشور در شمال خود با سلسله جبال البرز و از غرب و جنوب غربی با سلسله جبال زاگرس، ویژگی‌های منحصر به فردی را به صورت بیابان‌های گسترده، چاله‌ها، تپه‌های ماسه‌ای و مخروط افکنه‌های آبرفتی وسیع احاطه کرده است. فلات ایران به هشت زون ساختاری تقسیم می‌شود که شامل زاگرس، البرز، ایران مرکزی، سندج- سیرجان، آذربایجان، شرق ایران، سلسله جبال مکران (جنوب شرقی ایران) و کپه داغ می‌شود. رشته‌کوه زاگرس دارای مهم‌ترین حوضه‌های رسوبی است که عمدتاً از رسوبات آهکی و آواری تشکیل شده است. اشکال ناهمواری‌های حاصل از کارست تجلی اصلی منظر زاگرس است. سایر رشته‌کوه‌ها، زون البرز از سنگ‌های رسوبی شامل سنگ‌آهک، دولومیت و سنگ‌های آواری تشکیل شده است. مناطق وسیعی در شمال ایران توسط نهشته‌های لس به ضخامت ۳۰ تا ۷۰ متر شده‌اند. ایران مرکزی از مجموعه‌ای از حوضه‌های داخلی و بیش از ۶۰ پلایا تشکیل شده است. زون مکران در شرق و جنوب شرق ایران از ارتفاعات با عرض و ارتفاع متفاوت، از نظر روند و فیزیوگرافی نامنظم تشکیل شده است. این زون، یک زون به‌شدت گسلی است که در بین سایر ساختارها، بیشترین

^۱- Krinsley

^۲- Fisher

مقدار گسل خوردگی را دارد. در جدول (۱) خلاصه‌ای از ویژگی‌های اصلی زمین‌شناسی و زمان‌های زمین‌شناسی مربوطه ارائه شده است.

جدول ۱- زیر واحدهای عمده زمین‌شناسی ایران (مآخذ: نژاد، ۲۰۰۶)

زیر واحدها	ویژگی‌های زمین‌شناسی	زمان زمین‌شناسی
زاگرس مرتفع	مانند کمر بند زاگرس چین خورده به اضافه افیولیت ملانژ	مزوزوئیک
زاگرس چین خورده	عمدتاً رسوبات ضخیم چین خورده (سنگ‌های کربناته و کربنات‌ها) روی پایه با دگرگونی درجه زیاد پرکامبرین دیاپیرهای نمکی در جنوب را می‌پوشانند	پرکامبرین اخیر - کامبرین نخستین، کربونifer تا کرتاسه اخیر، کرتاسه تا زمان حاضر
سلسله جبال البرز	سنگ‌های آتش‌فشانی و آتش‌فشانی - آواری	ترشیاری
ایران مرکزی	هورست های پرکامبرین با پایه کریستالی شده، رسوبات سکوی پالئوزوئیک، سنگ‌های پوششی کامبرین تا تریاس و سنگ‌های ماگمایی	پرکامبرین، پالئوزوئیک، تریاس، ترشیاری
زون سندج - سیرجان	عمدتاً سنگ‌های دگرگونی همراه با اجسام نفوذی	فانوزوئیک (عمدتاً مزوزوئیک)
شرق ایران	رسوبات فلیشی - مولاس	پسا- کرتاسه
کپه داغ	رسوبات (عمدتاً کربنات‌ها)	کواترنری (نئوژن)
بلوک لوت	صفحه قدیمی سخت که با رسوبات ضخیم مزوزوئیک و سنگ‌های آتش‌فشانی ائوسن پوشیده شده	مزوزوئیک - ائوسن
مکران	کالرملانژها + رسوبات ضخیم فلیشی - مولاس	کرتاسه فوقانی - پالئوسن برای ملانژها، پسا- کرتاسه برای رسوبات فلیشی
زون ارومیه - دختر	سنگ‌های عمده آتش‌فشانی (بازالت به دازیت)، پیروکلاستیک (توف و ایگنیمبریت) و پلوتونیک (دیوریت به گرانیت) به طور پراکنده با سنگ‌آهک نومولیتیک	پسا- ژوراسیک فوقانی به کواترنری، اوج فعالیت‌های ماگمایی: ائوسن

بر اساس نقشه ژئومورفولوژی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰ ایران، می‌توان واحدهای ژئومورفویک آن را به سه واحد اشکال مربوط به سطوح هموار، اشکال مربوط به کوهستانی و تپه‌ماهوری و سایر اشکال تقسیم کرد (جدول ۲).

¹- Nezafati

جدول ۲- اشکال مربوط به ژئومورفولوژی ایران مستخرج از نقشه ژئومورفولوژی ایران با مقیاس: ۱:۲۵۰۰۰۰۰

اشکال مربوط به سطوح هموار	اشکال مربوط به کوهستانی و تپه‌ماهوری	سایر اشکال
سطوح دشتی و موقعیت ارتفاعی آن‌ها بدیمنت، مخروط افکنه‌ها، گلاسی، سطوح میان کوهی و بستر دره‌های عریض	تپه‌ماهورها، فلات‌های بریده‌شده و بدلنها تا ارتفاع تقریباً ۵۰۰ متر مشرف به اطراف	ساحل هموار، پلاژ
مناطق که اغلب فعالیت مخروط افکنه ای دارند	منطقه تپه‌های لسی	ساحل ناهموار، فالز
ناهمواری‌های ناشی از فرسایش بادی در کویر لوت، جهت یاردانگ‌ها	عوارض طاق‌دیسی جنوب سلسله جبال زاگرس	تراس‌های وسیع رودخانه‌ای و دریایی
منطقه تپه‌های ماسه‌ای، بعضاً دارای جهت	خط رأس‌های مناطق کوهستانی با ارتفاع کمتر و بیشتر از ۳۰۰۰ متر	مناطق تحت تأثیر یخبندان زمان حاضر و پلیستوسن، حد برفی زمان حاضر تقریباً ۴۰۰۰ متر
سطوح نمکی - رسی کویرها و سطوح سلونچاک سواحل دریاچه‌ها	آتش‌فشانی نوع استراتو	یخبندان تأییدشده (در پلیستوسن) در ارتفاعات بیشتر از ۴۰۰۰ متر، آثار زبانه‌های یخی (مورن) تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری بالاتر از سطح دریا مشاهده شده است
پوسته نمکی کویرها	کالدرا	سنگ‌های کربناتی با پدیده‌های مختلف کارستی
جلگه ساحلی، بعضاً مردابی و باتلاقی، در سواحل جنوبی به‌طور محلی توأم با درخت حرا	مخروط‌های آتش‌فشانی کوچک و کراترها	دره‌های از نوع کانیون
منطقه تحت تأثیر جزر و مد که در جلوی ساحل هموار واقع شده است (سواحل جنوبی)	گنبد نمکی، بعضاً توأم با یخچال نمکی	گسل کویر بزرگ
	فرم فروریخته بر روی گنبد نمکی که تحت تأثیر انحلال قرار گرفته	رورانگی زاگرس

نتایج و بحث

مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژی

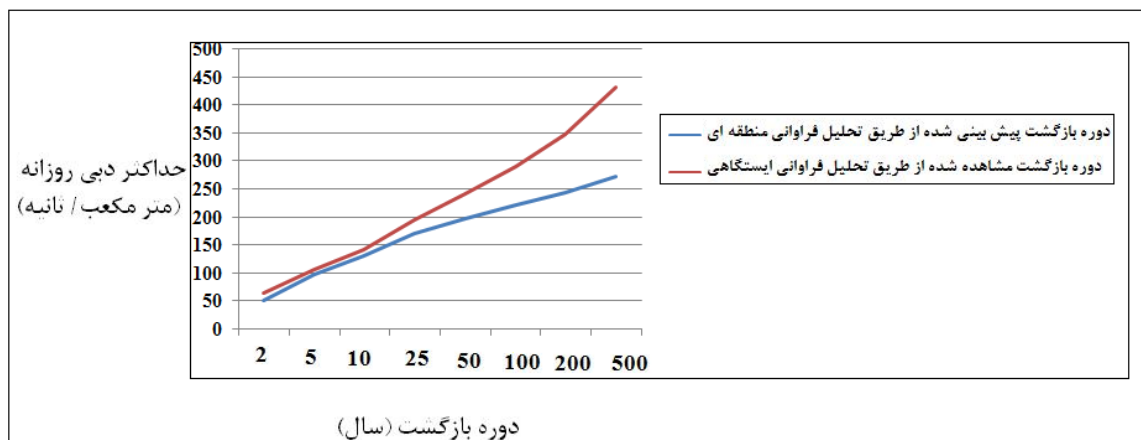
اصطلاح مخاطره طبیعی به معنای وقوع یک وضعیت یا پدیده طبیعی است که در یک مکان و زمان معین تهدید می‌کند یا به‌طور مخاطره‌آمیز عمل می‌کند. مخاطرات طبیعی رویدادهای تهدیدآمیزی هستند که می‌توانند نه تنها در لحظه وقوع خود، بلکه به دلیل پیامدهای مرتبط با آن به‌طور طولانی مدت به فضای فیزیکی و اجتماعی که در آن رخ می‌دهند آسیب وارد کنند. هنگامی که این پیامدها تأثیر عمده‌ای بر جامعه و/یا زیرساخت‌ها بگذارد، به بلایای طبیعی تبدیل می‌شوند. اصطلاح مخاطره اغلب با عوامل یا فرآیندهای مختلف همراه است. برخی از این مخاطرات

عبارت‌اند از مخاطرات اتمسفریک، هیدرولوژیک، زمین‌شناسی، بیولوژیک و فناوری. به‌طور خاص، مخاطرات طبیعی در یک مفهوم زمین‌شناسی و آب-هواشناسی^۱ در نظر گرفته می‌شوند که در آن زلزله‌ها، آتش‌فشان‌ها، سیل‌ها، زمین‌لغزش‌ها، طوفان‌ها، خشک‌سالی‌ها و سونامی‌ها انواع اصلی آن هستند. این مخاطرات به‌شدت با ژئومورفولوژی مرتبط هستند؛ زیرا از اجزای مهم دینامیک سطح زمین نشأت می‌گیرند. مخاطرات، نتیجه تغییرات ناگهانی در رفتار درازمدت ناشی از تغییرات جزئی در شرایط اولیه هستند (شیدگر^۲، ۱۹۹۴). مخاطرات ژئومورفیک را می‌توان به چهار دسته طبقه‌بندی کرد: ۱- فرآیندهای درونی (آتش‌فشان و نفوکتونیک)، ۲- فرآیندهای بیرونی (سیل‌ها، ریزش حفره‌های کارستی، ریزش بهمن، فرسایش کانالی، رسوب، حرکت توده‌ای، سونامی، فرسایش ساحلی)، ۳- موارد ناشی از فرآیندهای آب و هوایی، ۴- تغییر کاربری زمین طبقه‌بندی کرد (بیابان‌زایی، پرمافراست، تخریب، فرسایش خاک، شور شدن، سیل‌ها). مخاطرات ژئومورفیک را می‌توان به‌عنوان گروهی از تهدیدات برای منابع انسانی ناشی از ناپایداری ویژگی‌های سطح زمین در نظر گرفت. اهمیت این ویژگی‌ها به‌جای منبع اصلی آن‌ها، بر پاسخ‌گویی و فرکانس به فرآیندها متمرکز است. ژئومورفولوژی وظیفه مهمی در زمینه تحقیقات مخاطرات طبیعی دارد. بزرگی و فرکانس و همچنین مقیاس زمانی و مکانی، مفاهیم کلیدی ژئومورفیک هستند که به‌شدت با مخاطرات طبیعی ارتباط دارند. به‌عنوان مثال، در غرب کشور، در محدوده زیر حوضه‌های کارون بزرگ و کرخه در غرب زاگرس، به سبب وجود این رودخانه‌ها و سرشاخه‌های آن‌ها، از یک طرف و وجود بارش‌های سیل‌آسا در این ناحیه از ایران در سال‌های اخیر، از طرف دیگر، باعث وقوع سیل‌هایی در این بخش از ایران شده است که این خسارات جانی و مالی جدی ایجاد کرده است (نسب مهدی، ۱۳۹۹)؛ لذا نسبت به دوره بازگشت سیل یکی از زیر حوضه‌های این رودخانه اقدام شد (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که برای ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه با استفاده از آمار دوره ۳۰ ساله (۱۳۳۱-۱۳۶۱) دوره بازگشت سیل ۲ ساله از طریق تحلیل فراوانی ایستگاهی (خط قرمز رنگ)، مرتبط با دبی با مقدار ۶۲/۹۳ مترمکعب بر ثانیه است، در حالی که دوره بازگشت پیش‌بینی شده سیل ۲ ساله از طریق تحلیل فراوانی ایستگاهی (خط آبی رنگ) با دبی با مقدار ۵۱/۳۸ مترمکعب برآورد می‌گردد. به همین ترتیب، از طریق روش تحلیل فراوانی، دوره بازگشت سیل ۵ ساله با مقدار دبی ۱۰۴/۷۹ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و ۹۸/۱۳ مترمکعب (خط آبی رنگ) پیش‌بینی می‌گردد. برای دوره بازگشت سیل ۱۰ ساله مقدار دبی ۱۴۰/۵۸ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و برای همین دوره با مقدار ۱۳۰/۴۱ مترمکعب (خط آبی رنگ) تخمین زده می‌شود. برای دوره بازگشت سیل ۲۵ ساله از طریق

^۱- hydrometeorological

^۲- Scheidegger

تحلیل فراوانی ایستگاهی (خط قرمز رنگ)، مرتبط با دبی با مقدار ۱۹۴/۱۲ مترمکعب بر ثانیه برآورد می‌گردد، درحالی‌که دوره بازگشت پیش‌بینی شده سیل برای همین دوره بازگشت با دبی با مقدار ۱۶۹/۳۸ مترمکعب (خط آبی رنگ) برآورد می‌گردد. همچنین، دوره بازگشت سیل ۵۰ ساله با مقدار دبی ۲۳۹/۹۱ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و ۱۹۶/۲۸ مترمکعب (خط آبی رنگ) پیش‌بینی می‌گردد. علاوه بر این، نتایج شکل (۳) نشان می‌دهد که برای دوره بازگشت سیل ۱۰۰ ساله مقدار دبی ۲۹۰/۸۳ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و برای همین دوره با مقدار ۲۲۱/۱۵ مترمکعب (خط آبی رنگ) تخمین زده می‌شود. نتایج با استفاده از روش تحلیل فراوانی برای سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله با مقدار دبی ۳۴۷/۴۳ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و با مقدار دبی ۲۴۴/۱۴ مترمکعب (خط آبی رنگ) برآورد می‌شود. مقدار دبی برای سیل ۵۰۰ ساله در ایستگاه حجت‌آباد از طریق تحلیل فراوانی ایستگاهی، ۴۳۲/۱ مترمکعب (خط قرمز رنگ) و ۲۷۱/۸۹ مترمکعب از طریق تحلیل منطقه‌ای (خط آبی رنگ) پیش‌بینی می‌شود.



شکل ۳- محاسبه دوره بازگشت سیل برای ایستگاه حجت‌آباد- استان کرمانشاه (منبع: نگارنده)

نتایج شکل (۳) نشان می‌دهد که اگرچه سیل را می‌توان به‌عنوان نمونه‌ای معمولی برای نشان دادن دوگانگی بزرگی و فرکانس در نظر گرفت، همچنین، سیل می‌تواند به‌خوبی با فرآیندهایی مانند حرکات توده‌ای، ثنوتکتونیک و فرسایش و در بعضی نواحی ایران با فعالیت‌های آتشفشانی مشخص شود. دینامیسم سطح زمین در یک مقیاس زمانی و مکانی محصور شده است. پاسخ لندفرم به تغییرات ناشی از فرآیندها انطباق با بزرگی و فراوانی رویدادها، مقاومت مواد درگیر و اندازه شکل لندفرم مربوطه دارد.

بلایای طبیعی

تعاریف متعددی از بلایای طبیعی بر ویژگی این اصطلاح تأکید می‌کند. در طول دهه ۱۹۶۰، بلایا به‌عنوان رویدادهای غیرقابل‌کنترلی تلقی می‌شدند که در آن یک جامعه در معرض خطر شدیدی قرار می‌گرفت و تمام یا برخی از عملکردهای اساسی جامعه را مختل می‌کرد (فريتزا^۱، ۱۹۶۱). یک جامعه بی‌دفاع که به‌وضوح توسط یک نیروی طبیعی قدرتمند آسیب‌دیده است، در تعریفی بیان می‌شود که در آن، فاجعه، یک اختلال شدید، ناگهانی و مکرر در ترتیبات ساختاری عادی در یک سیستم اجتماعی است که سیستم اجتماعی هیچ کنترلی بر آن ندارد (بارکان^۲، ۱۹۷۴). وسگیت و اوکف^۳ (۱۹۷۶)، از اولین کسانی بودند که اهمیت آسیب‌پذیری را با تعریف بلا به‌عنوان تعامل بین پدیده‌های شدید فیزیکی یا طبیعی و یک گروه انسانی آسیب‌پذیر که منجر به اختلال و تخریب عمومی، از دست دادن جان و معیشت و آسیب می‌شود، تشخیص دادند. آی-دی-ان-دی-آر^۴ (۱۹۹۲) بلا را این‌گونه تعریف کردند: «اختلال جدی در عملکرد یک جامعه، ایجاد خسارات انسانی، مادی یا زیست‌محیطی گسترده‌ای که بیش از توانایی جامعه آسیب‌دیده است تا با استفاده از منابع خود با آن مقابله کنند». بلایا اغلب بر اساس سرعت شروع (ناگهانی یا کند) یا بر اساس علت (طبیعی یا ساخته دست بشر) طبقه‌بندی می‌شوند. ویژگی دوگانه بلایای طبیعی نه تنها با در نظر گرفتن ماهیت طبیعی، بلکه با در نظر گرفتن نظام‌های اجتماعی و اقتصادی مورد توجه قرار می‌گیرد. در نتیجه، بلایای طبیعی را می‌توان به‌عنوان برخی از تأثیرات سریع، آنی یا عمیق محیط طبیعی بر نظام اجتماعی-اقتصادی (الکساندر^۵، ۱۹۹۳)، یا به‌عنوان عدم تعادل ناگهانی در تعادل بین نیروهای آزادشده توسط سیستم طبیعی و نیروهای متقابل نظام اجتماعی تعریف کرد. شدت چنین عدم تعادلی به رابطه بین بزرگی رویداد طبیعی و تحمل سکونتگاه‌های انسانی در برابر چنین رویدادی بستگی دارد (آلبالا-برترند^۶، ۱۹۹۳). همان‌طور که توبین و مونتز^۷ (۱۹۹۷) توضیح دادند، بلا رویدادی است که تأثیر زیادی بر جامعه دارد. این یک رویداد مخاطره‌آمیز

¹- Fritz

²- Barkun

³- Westgate and O'Keefe

⁴- IDNDR

¹- Alexander

²- Albala-Bertrand

³- Tobin & Montz

است که کار جامعه را مختل می‌کند. ممکن است منجر به مرگ شود یا نشود، اما معمولاً اثرات اقتصادی شدیدی را به همراه دارد.

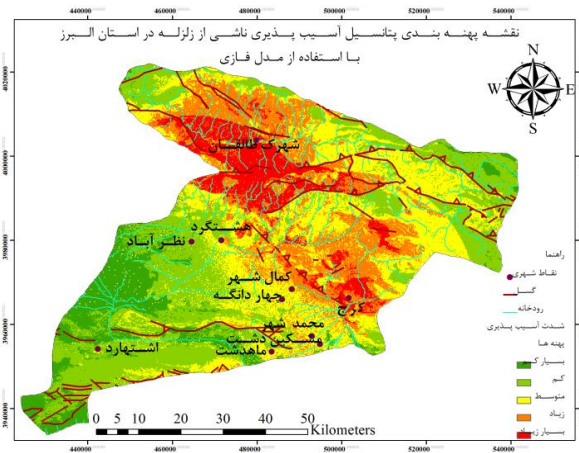
با مرور تعاریف بلایای طبیعی به وضوح می‌توان گفت که این تمایل وجود دارد که یا رویدادهای فیزیکی را به عنوان علت بلا در نظر بگیرند و یا اذعان کنیم که نظام‌های اجتماعی و اقتصادی و همچنین طبیعت در آن مشارکت دارند. در برخی موارد، پیامدهای احتمالی بلایای طبیعی بیان می‌شود، درحالی‌که دلیل وقوع آن‌ها اغلب حذف می‌شود.

بلایای طبیعی یک موضوع جهانی است زیرا در سراسر جهان رخ می‌دهند. وقوع زلزله‌های رودبار منجیل (۱۳۶۹)، بوئین‌زهر (۱۳۴۱)، بم (۱۳۸۲)، زلزله سر پل ذهاب (۱۳۹۷) و ازگله (۱۳۹۶) نشان می‌دهد که باوجود اینکه حساسیت این کشور به بلایای طبیعی به دلیل شرایط زیست‌محیطی زیاد است، مسائل مربوط به جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی هر نهاد اجتماعی به عنوان عوامل آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی نقش بسزایی دارند. اگرچه نباید فقر و بلایای طبیعی را مترادف یکدیگر دانست، اما مسلم است که برخی از ویژگی‌های ناشی از نظام اقتصادی-اجتماعی-سیاسی-فرهنگی باعث کاهش یا حذف دسترسی برابر به فرصت‌ها و در نتیجه توسعه می‌شود. این ویژگی‌ها آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهند؛ بنابراین، وقوع بلایای طبیعی در کشور ایران نه تنها به آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی - ژئومورفولوژیکی و موقعیت جغرافیایی، بلکه به دلیل آسیب‌پذیری سیستمی که در آن وجود دارد، مرتبط است.

بلایای طبیعی و ژئومورفولوژی

مسلماً استفاده از سنجش‌ازدور، سیستم موقعیت‌یاب جهانی و جی‌آی‌اس منجر به ادغام ژئومورفولوژیست‌ها در نقشه‌برداری، تحلیل و مدل‌سازی چنین فرآیندهای ژئوفیزیکی، هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی در رویکرد مخاطرات طبیعی و انسانی می‌شود. علاوه بر این، ارزیابی خطر بخش کلیدی در فرآیند تحلیل ریسک محسوب می‌شود. مطمئناً ژئومورفولوژیست‌ها در این زمینه می‌توانند کمک زیادی بکنند. باین وجود، اگر تحلیل آسیب‌پذیری نیز در نظر گرفته شود، پیشرفت بیشتری حاصل می‌شود. به عنوان مثال، در نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر زلزله که برای استان البرز (شکل ۴) تهیه شده است، نشان می‌دهد که در حدود ۲۸ درصد از مساحت استان البرز در پهنه‌ی آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد در برابر زلزله قرار گرفته است. این نقشه نشان می‌دهد که مورفولوژی پهنه‌های با

آسیب‌پذیری بالا از مورفولوژی گسل‌ها تبعیت کرده است. بدین نحو که هرچه فاصله از گسل‌ها کمتر بوده میزان آسیب‌پذیری نیز بیشتر بوده است.



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در استان البرز

با استفاده از مدل فازی (منبع: نگارنده)

تحلیل نتایج

مفاهیم بزرگی و فرکانس برای ارزیابی مخاطرات طبیعی ضروری است. در مورد پیامدهای یک سیل در ایستگاه حجت‌آباد کرمانشاه با استفاده از محاسبه دوره‌های بازگشت ایده‌ای از ویژگی‌هایی که سیل ممکن است داشته باشد (بزرگی) و هرچند وقت یکبار احتمال وقوع آن (تکرار) را ارائه داد. علاوه بر این، شدت و مدت بارندگی در ارتباط با ماهیت سیستم رودخانه‌ای که بر اساس زمان نیز توسعه می‌یابد، ویژگی‌های سیل را تعیین می‌کند. در واقع، بسیاری از کارهای ژئومورفولوژیست‌ها یا مطالعات آن‌ها در حیطه ژئومورفولوژی، یا بر روی تجزیه و تحلیل و درک مخاطرات طبیعی انجام شده است و به اهمیت بزرگی و فراوانی رویدادهای مختلف و اهمیت آن‌ها بر چشم‌انداز تأکید بسیاری شده است؛ بنابراین، اهمیت رویدادهای شدید و فرکانس بالا و رویدادهای کوچک در فرآیندهای ژئومورفیک، با رابطه فرآیند انجام شده بر روی چشم‌انداز با لندفرم‌های خاص ناشی از آن تعیین می‌شود. برای یک رویداد معین، مانند سیل، بزرگی و فرکانس، یک کنترل بسیار مهم بر تأثیر فرآیندهای ژئومورفیک اعمال می‌کند (شکل ۳)، زیرا آن‌ها بر تغییر لندفرم و بنابراین، بر تعادل دینامیکی در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی تأثیر می‌گذارند. در زمینه بلایای طبیعی نیز مانند زلزله (شکل ۴)، سهم ژئومورفولوژی عمدتاً از طریق تشریح ارزیابی‌های خطر است.

به طور کلی این گونه ارزیابی‌ها شامل مراحل ماندن نقشه‌برداری، مدل‌سازی، پیش‌بینی و پیشنهادهای مدیریتی، با استفاده از مشاهدات میدانی، فتوگرامتری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور پهنه‌بندی و نقشه‌برداری از مخاطرات مختلف انجام می‌شود. رویکردهای مدل‌سازی نه تنها درک رویدادهای حال، بلکه گذشته را در نظر می‌گیرند که منجر به پیش‌بینی دقیق پیامدهایی می‌شود که یک مخاطره ژئومورفیک ممکن است در یک چشم‌انداز تعیین‌شده تحت شرایط معین داشته باشد. به عنوان مثال، نقشه پهنه‌بندی (شکل ۴) نشان داد که گسل‌های این محدوده منطبق بر نواحی زلزله‌خیزی بودند که طی تاریخ متحمل زلزله‌های بزرگ‌تر از ۶ ریشتر شده‌اند. پس این می‌تواند احتمالاً نشان‌دهنده نقش‌های گسل‌های اصلی و فعال منطقه در این میزان از شدت آسیب‌پذیری بالا در این استان باشد.

با بررسی تعاریف مختلف از مخاطرات طبیعی و بلایای طبیعی، مشخص می‌شود که مفهوم‌سازی از منظر یک رویداد صرفاً فیزیکی یا طبیعی، به سمت یکپارچگی نظام انسانی باید تغییر پیدا کند. در ابتدا، ماهیت غیرقابل کنترل مخاطرات طبیعی، تلاش‌هایی را در جهت مقابله با اثرات آن‌ها و نیز پیش‌بینی این رویدادها سوق داد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی و توسعه مدل‌های پیش‌بینی برای زلزله، سیل، لغزش زمین و غیره به دنبال درک بهتر پدیده‌ها و تا حدودی برای ارائه امکانات برای مقابله با اثرات مخاطرات طبیعی توسعه یافتند.

علاقه به درک نه تنها رویدادهای طبیعی فی‌نفسه، بلکه ویژگی‌های ریسک در مناطق مستعد این پدیده‌ها باید توجه بسیاری از مسئولین را به سمت مطالعه ریسک و آسیب‌پذیری سوق بدهد. مطالعات قبلی نیز نیاز به تعریف و اندازه‌گیری رویدادهای مخاطره‌آمیز دارد. این شامل توصیف و تجزیه و تحلیل ادراکات مختلف از مخاطره بر اساس مفهوم ادراک متمایز از ریسک است که عامل بسیار مهمی در توسعه رویکردهای مدیریت ریسک محسوب می‌شود. در حال حاضر، باید ویژگی اقتصادی-اجتماعی برخی مناطق مستعد در معرض مخاطرات طبیعی را به عنوان یکی از عوامل اصلی آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی در نظر گرفت. به عنوان مثال، در نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله استان البرز (شکل ۴)، پیش‌بینی می‌شود در صورت وقوع زلزله با بزرگای ۶ و بیشتر، شهرهای کرج، فردیس، محور چالوس تا سد امیرکبیر در روستاهای اطراف، ضلع شمالی اتوبان تهران- قزوین و باریکه‌ای از ضلع جنوبی آن تا آبیک، منطقه کردان و برغان، تقریباً تمامی دره طالقان، روستاهای پای کوهی البرز، نواحی صنعتی شمالی و حاشیه اتوبان بخش‌هایی از استان البرز هستند که در پهنه با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد قرار دارند. قسمت‌های مرکزی استان مشتمل بر بخش‌هایی از دشت قزوین به کرج و همچنین بخش‌هایی از کوهستان‌های

شمالی در محدوده با پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط قرار گرفته‌اند؛ به طوری که در اطراف کلان‌شهر کرج، پای کوه‌های البرز، منطقه طالقان به دلیل ساختار زمین‌شناختی، تراکم جمعیت و زیرساخت‌ها در صورت بروز زلزله بیشترین آسیب‌پذیری وجود خواهد داشت، لذا باید جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و نهادی را در مدیریت بحران زلزله در نظر گرفت. در این راستا باید چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری انسان در مورد سیل و زلزله ارائه داد؛ زیرا آسیب‌پذیری افراد در برابر مخاطرات طبیعی متضمن تعامل عناصر مختلف مرتبط با زمینه اجتماعی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و روانی مربوطه است. با بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی انجام‌گرفته در کشور ایران، به‌منظور مقابله با پیامدهای مخاطرات طبیعی و تعامل آن‌ها با افراد ساکن در اطراف نواحی مخاطره‌آمیز باید خاطر نشان کرد که ژئومورفولوژی بخشی ضروری برای انجام ارزیابی ریسک بر اساس خطر ژئومورفیک و پهنه‌بندی ریسک محسوب می‌شود. آسیب‌پذیری نتیجه سیستم‌های اجتماعی- اقتصادی و سیاسی از در معرض خطر قرار گرفتن است و باید عوامل مختلفی را در نظر گرفت که آسیب‌پذیری افراد یا گروه‌ها، یعنی، افراد وابسته‌تر را تحت تأثیر قرار می‌دهد یا باعث ایجاد آسیب‌پذیری می‌شود. آسیب‌پذیری ویژگی افراد و گروه‌هایی از مردم است که در یک فضای طبیعی، اجتماعی و اقتصادی معینی زندگی می‌کنند که در آن با توجه به موقعیت متفاوت خود در جامعه به افراد و گروه‌های کم‌ویش آسیب‌پذیر متمایز می‌شوند. این یک ویژگی پیچیده است که توسط ترکیبی از عوامل ناشی از طبقه، جنسیت یا قومیت به‌ویژه (اما نه به‌طور کامل) ایجاد می‌شود. لذا باید آسیب‌پذیری را به سه بخش تقسیم کرد: ۱- تاب‌آوری معیشتی: درجه انعطاف‌پذیری سیستم معیشتی خاص یک فرد یا گروه و ظرفیت آن‌ها برای مقاومت در برابر تأثیر خطر، ۲- سلامت: هم استحکام افراد و هم اجرای اقدامات مختلف اجتماعی را شامل می‌شود، ۳- آمادگی: توسط حفاظت موجود برای یک خطر معین تعیین می‌شود، چیزی که به افرادی که از طرف خودشان عمل می‌کنند و عوامل اجتماعی بستگی دارد. این سه جنبه بخش بزرگی از انواع مختلف آسیب‌پذیری را پوشش می‌دهد. باین وجود، هر جنبه دارای مؤلفه‌های متفاوتی است و ترکیبات آن‌ها می‌تواند به قدری زیاد باشد که لازم باشد انواع آسیب‌پذیری هر موجود در معرض تهدید مشخص شود. آسیب‌پذیری را می‌توان در چهار نوع آسیب‌پذیری اصلی قرار داد: اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی. این طبقه‌بندی نشان می‌دهد که هر موجود اجتماعی دارای انواع مختلفی از آسیب‌پذیری است و این آسیب‌پذیری نه‌تنها نتیجه اعمال، تصمیم‌گیری و انتخاب‌های انسانی است، بلکه نتیجه تعامل بافت‌های طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی است که در آن افراد زندگی می‌کنند. به‌عنوان مثال، در نقشه پهنه‌بندی (شکل ۴) دلیل آسیب‌پذیری زیاد بخش‌هایی از استان البرز

معلوم شد که علاوه ویژگی‌های طبیعی که در آسیب‌پذیری نقش داشتند، تراکم جمعیت شهری و روستایی (آسیب‌پذیری اجتماعی) نیز نقش داشته است، به طوری که بخش قابل توجهی از جمعیت (تقریباً از ۱۰۰ نفر تا ۶۳۴/۹۵ هزار نفر) در شهرها در این نواحی مخاطره‌آمیز استقرار یافته‌اند که مشتمل بر مناطق با زلزله‌های با بزرگی ۶ ریشتر و بیشتر است به کاربری‌های مسکونی، تجاری و صنعتی اختصاص یافته‌اند. علاوه بر این، هرچقدر تراکم جمعیت روستایی بیشتر می‌شود، با توجه به نامناسب بودن منطقه از نظر عوامل طبیعی و تغییر کاربری زمین، در صورت وقوع زلزله احتمال خسارات شدید جانی و مالی می‌رود. آسیب‌پذیری بالا اختصاص به نواحی شهری، مراتع و زمین‌های کشاورزی دارد و بخش قابل توجهی از جمعیت روستایی و شهری در این نواحی اختصاص یافته‌اند. از مخاطرات ثانویه زلزله‌ها سیل و زمین‌لغزش و ریزش‌ها هستند. با توجه به تغییر کاربری زمین و تخریب مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و مسکونی در بخش‌هایی از استان البرز، در صورت وقوع زلزله‌های با بزرگی ۶ ریشتر و بیشتر از لحاظ این که این مخاطرات ثانویه احتمالاً به وقوع می‌پیوندد، پیش‌بینی آسیب‌های شدید و خسارات جانی و مالی نیز می‌رود.

آسیب‌پذیری را نمی‌توان به عنوان یک اصطلاح همگن و کلی در نظر گرفت. پویایی آن توسط هر جامعه‌ای داده می‌شود و هم یک مفهوم جهانی و هم خاص است. یک ویژگی متفاوت از آسیب‌پذیری، آسیب‌پذیری توسط اتصال بین سیستم‌های طبیعی و انسانی است. از این نظر آسیب‌پذیری را می‌توان به آسیب‌پذیری طبیعی و آسیب‌پذیری انسانی تقسیم نمود. آسیب‌پذیری طبیعی به خطر طبیعی تهدیدکننده بستگی دارد (بسیار مربوط به موقعیت جغرافیایی می‌شود)، بنابراین، آسیب‌پذیری آتش‌فشانی، آسیب‌پذیری سیل، آسیب‌پذیری زمین‌لغزش، آسیب‌پذیری سونامی، آسیب‌پذیری طوفان و غیره وجود دارد. در مقابل، آسیب‌پذیری انسان مبتنی بر سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی است. از این رو، آسیب‌پذیری را می‌توان به عنوان تمایل یک عنصر در معرض خطر به دلیل هر نوع خطر طبیعی برای متحمل شدن درجات مختلف از دست دادن یا میزان خسارت، بسته به ضعف‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی خاص آن تعریف کرد. آسیب‌پذیری کل تابعی از انواع آسیب‌پذیری‌های موجود در یک منطقه معین است. چنین آسیب‌پذیری، میزان فاجعه، سطح انعطاف‌پذیری و فرآیند بازیابی را تعیین می‌کند. کاهش آسیب‌پذیری طبیعی می‌تواند از دسترسی برابر به منابع اطلاعاتی علمی و روش‌شناسی برای درک و پیش‌بینی مخاطرات طبیعی (مانند مدل‌های پیش‌بینی پیشرفته) و برنامه‌های آموزشی حاصل شود. از مخاطرات طبیعی نمی‌توان پیشگیری کرد، اما درک فرآیند و روش‌های علمی برای پیش‌بینی الگوهای رفتاری چنین فرآیندهایی می‌تواند ابزار

قدرتمندی برای کمک به کاهش آسیب‌پذیری طبیعی باشد. تحقیقات ژئومورفولوژی می‌تواند رویکردهای نظری و کاربردی را برای پیشگیری از بلایای طبیعی از نظر منشأ و پویایی فرآیندهای فیزیکی ارائه دهد. علاوه بر این، ژئومورفولوژیست‌ها همچنین می‌توانند کمک‌های مهمی بر اساس درک تعامل بین مخاطرات طبیعی (آسیب‌پذیری طبیعی) و جوامع (آسیب‌پذیری انسانی) ارائه دهند. در نتیجه، آن‌ها باید به میزان بیشتری در چنین وظایفی مشارکت داشته باشند؛ زیرا ژئومورفولوژیست‌ها نه تنها درک فرآیندهای ژئومورفولوژیکی را روشن می‌کنند، بلکه پیوند قوی بین فرآیندها و جامعه را نیز روشن خواهند کرد. ژئومورفولوژی را می‌توان یک رشته راهبردی در کاهش آسیب‌پذیری‌های انسانی و طبیعی دانست. با کمک به درک فرآیندهای درونی و بیرونی، روش‌هایی برای پیش‌بینی الگوهای وقوع رویدادهای مخاطره‌آمیز می‌تواند توسعه و اعمال شود. ژئومورفولوژیست‌ها به سه روش مختلف به کاهش آسیب‌پذیری طبیعی کمک می‌کنند: اول، با غنی‌سازی دانش نظری ژئومورفولوژی که پایه کاربرد رشته ژئومورفولوژیست‌ها است. دوم، ژئومورفولوژیست‌ها با توسعه مدل‌های پیش‌بینی برای فرآیندهای مختلف مانند زمین‌لغزش، سیل، آتش‌فشان و غیره. سوم، از طریق رویکردهای متنوع ژئومورفولوژی کاربردی برای پیشگیری از بلایای طبیعی. در واقع ژئومورفولوژی یک دانش قدرتمند است که باید در تلاش‌های بین‌رشته‌ای برای توسعه استراتژی‌های مناسب به‌منظور پیشگیری و کاهش بلایای طبیعی نقش داشته باشد. اگر کاربردهای تحقیقاتی به سمت درک و ترکیب آسیب‌پذیری‌های انسانی و طبیعی هدایت شوند، سهم ژئومورفولوژی بسیار مهم‌تر خواهد بود. کاهش بلایای طبیعی طبیعتاً یک کار پیچیده است. با این حال، اکنون واضح است که ترکیبی از دانش اجتماعی و علمی، بلکه همچنین، نگرش‌ها نسبت به تدوین استراتژی‌های کافی بر اساس تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری نهادهای اجتماعی خاص به‌فوریت مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

مخاطرات طبیعی در مکان معین و در زمان معینی اتفاق می‌افتند، اما وقوع آن‌ها آنی نیست. زمان همیشه در توسعه چنین پدیده‌هایی دخیل است. مخاطرات طبیعی رویدادهای تهدیدکننده‌ای هستند که می‌توانند به دلیل پیامدهای مرتبط با خود، نه تنها در لحظه وقوع خود، بلکه در درازمدت به فضای فیزیکی و اجتماعی که در آن رخ می‌دهند آسیب وارد نمایند. زمانی که این پیامدها بر جامعه و/یا زیرساخت‌ها تأثیر بگذارند، به بلایای طبیعی تبدیل می‌شوند. این‌ها را می‌توان به‌عنوان رویدادهای طبیعی ناگهانی اما مورد انتظار (همه می‌دانیم که رخ می‌دهند) در نظر گرفت

که بر سیستم‌های انسانی و طبیعی تأثیر می‌گذارد. میزان تأثیر آن‌ها در فضا و زمان تابعی از مواجهه و بزرگی پدیده‌های طبیعی (آسیب‌پذیری طبیعی) و آسیب‌پذیری انسانی موجود در معرض تهدید است.

بلایای طبیعی در سراسر جهان رخ می‌دهد. با این حال، تأثیر آن‌ها در کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی در مناطق بسیار مستعد به مخاطرات طبیعی (آسیب‌پذیری طبیعی) و همچنین به دلیل انواع مختلف آسیب‌پذیری‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی است که وجود دارد، بیشتر است. این آسیب‌پذیری‌ها در واقع نتیجه توسعه تاریخی و زمینه‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی آن‌هاست. به این صورت که ثروتمندان ثروتمندتر، فقیران، فقیرتر می‌شوند و دسترسی به فرصت‌ها در درون نهاد اجتماعی نابرابر و به‌طور غیرمستقیم با وقوع بلایای طبیعی متناسب می‌شود (هر چه فرصت‌ها کمتر، آسیب‌پذیری بیشتر، بیشتر تحت تأثیر بلایای طبیعی قرار می‌گیرند).

ارائه راه‌کارها و پیشنهادها

۱- سازمان‌دهی ژئومورفولوژیست‌ها در قالب گروه‌های منطقه‌ای و ملی برای ارائه مشاوره در زمینه پیشگیری از بلایای طبیعی در پایگاه‌های منطقه‌ای و ملی. زلزله در سرپل ذهاب استان کرمانشاه (۱۳۹۶) و پیامدهای ویرانگر آن‌ها نشان داد که بلایای طبیعی در مکان‌هایی رخ می‌دهد که مختصات جغرافیایی آسیب‌پذیری‌های طبیعی و انسانی به هم نزدیک می‌شوند.

۲- از آنجایی‌که مصیبت‌های طبیعی به‌آسانی قابل پیش‌بینی نیستند، لذا، دولت‌ها و افراد موظف‌اند تا احتمال خطر را ارزیابی و خود را برای مواجهه با آن آماده سازند و تأثیرات آن‌ها را به حداقل برسانند. به کاهش رساندن، یعنی تلاش‌هایی در جهت آماده شدن در مقابله با یک مصیب و به حداقل رساندن خسارت آن است. به کاهش رساندن می‌تواند شامل اقدامات مهندسی از طریق به‌کارگیری دانش ژئومورفولوژی مانند احداث بانکت‌ها، به همراه اجرای سیاست‌های دولتی از قبیل برنامه‌ریزی استفاده از زمین باشد.

۳- دخالت دولت‌ها از طریق ایجاد مرکز پایش خطر^۱ در ایران با به‌کارگیری ژئومورفولوژیست‌ها

۴- باید تلاش کرد تا تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری را در چارچوب ارزیابی ریسک و مدیریت ارتقا داد، جایی که نه تنها ژئومورفولوژی، بلکه ژئومورفولوژیست‌ها نیز نقشی کلیدی برای پیشگیری از بلایای طبیعی دارند. این مورد اخیر، در واقع باید با سرعت بیشتری در کشور ایران اجرا شود.

¹- Iranian Natural Disasters Monitoring Center (INDMC)

منابع

۱. آذری، حمید؛ متکان، علی اکبر، شکیبیا، علیرضا و پور علی، سید حسین (۱۳۸۸). شبیه‌سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبخش‌شناسی در GIS و برآورد بارش از طریق سنجش‌ازدور. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، دوره ۳، شماره ۹، ص ۳۹-۵۰.
۲. افشاری، مژگان (۱۳۸۵). بررسی و شناخت پدیده زمین‌لغزش با تکیه بر برخی از لغزش‌های مهم در استان تهران. نشریه سپهر، دوره ۱، شماره ۵۹، ص ۱-۲.
۳. امیر احمدی، ابوالقاسم؛ جمال‌آبادی، جواد و دانشفر، رفعت (۱۴۰۱). مدل‌سازی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌های حوضه لتیان با استفاده از مقایسه آماری ۲ متغیره. دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۱۱، شماره ۱۱، ص ۹۷-۱۲۷.
۴. ایلانلو، مریم (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر نسبی وقوع زلزله در دامنه جنوبی کوه دماوند. در مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی، (ص ۱-۱۵). موسسه سرآمد همایش کارین، دبی، اسفند ۱۳۹۴، کشور امارات متحده عربی.
۵. ثروتی، محمدرضا؛ آزاد، فریبا، و منصوری، رضا (۱۳۹۳). مخاطرات محیطی. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۳، شماره ۹۰، ص ۹۴-۱۰۵.
۶. جعفری، پیام و شاه زیدی، سمیه سادات (۱۳۹۵). تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک مناطق شمال کشور با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه مطالعه موردی: استان گیلان. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۷، شماره ۱۰۷، ص ۱۹۳-۲۰۸.
۷. حسین زاده، سید رضا؛ خانه باد، محمد و خسروی، عذرا (۱۳۹۳). مطالعه سیلاب‌های بزرگ رودخانه کلات با استفاده از شواهد دیرینه تراز. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۵، شماره ۱۷، ص ۱-۱۶.

۸. حشمتی جدید، مهدی؛ زنگانه، احمد، سلیمانی مهرنجانی، محمد و پریزادی، طاهر (۱۳۹۹). تبیین نقش ظرفیت نهادی در ارتقای تاب‌آوری شهری در بحران‌های زیست‌محیطی. مجله سیاست دفاعی، دوره ۲۸، شماره ۱۱۱، ص ۱۶۷-۱۹۳.
۹. خیاط زاده، احمد؛ عباس نژاد، احمد، و رنجبر، حجت‌الله (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر تفرآ، گدازه و ابرهای سوزان ناشی از فوران احتمالی آتش‌فشان تفتان. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۱۸، ص ۱۷-۳۰.
۱۰. رمضانی، علی؛ مشین چی اصل، میر ستار، شریعت جعفری، محسن و عباسی، محمد (۱۳۸۸). طراحی و ساخت مدل فیزیکی شبیه‌سازی زمین‌لغزش باهدف ارزیابی توانایی روش‌های ژئوالکترونیک در آشکارسازی هندسه زمین‌لغزش‌ها. مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، دوره ۲، شماره ۱ و ۲، ص ۴۷-۵۸.
۱۱. زندی، رحمان؛ امیر احمدی، ابوالقاسم، و محمدنیا، ملیحه (۱۳۹۷). استفاده از مدل آنتروپی در ارزیابی مخاطره زمین‌لغزش در مسیر جاده پیشنهادی طرفه- درود (مشهد- نیشابور). مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۱، شماره ۲، ص ۳۷-۵۸.
۱۲. سلیمانی ساردو، فرشاد؛ رفیعی ساردوئی، الهام، مصباح زاده، طیبه، و آذره، علی (۱۴۰۰). استفاده از تصاویر سنتینل ۱- جهت پایش خسارت سیلاب فروردین ۱۳۹۹. جنوب استان کرمان بر اساس الگوریتم جنگل تصادفی؛ نشریه علمی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۵، شماره ۵۳، ص ۲۳-۳۲.
۱۳. سیاوش، شایان و زارع، غلامرضا (۱۳۹۳). پهنه‌بندی زمین‌لرزه‌های رخ داده در استان فارس طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی و مقایسه آن با دیگر یافته‌های پژوهشی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۱، ص ۸۹-۱۰۳.
۱۴. شیرازی، عطااله و شهابی، هیمن (۱۳۹۹). کاربرد الگوریتم‌های داده‌کاوی در مدل‌سازی زمین‌لغزش. تهران: انتشارات ماهواره.
۱۵. شیخ فخرالدینی، سارا؛ صفار حیدری، محمدرضا و عباس نژاد، احمد (۱۳۹۶). مطالعه ژئومورفولوژی و تغییرات محیطی آتش‌فشان بیدخان (بردسیر کرمان). در مجموعه مقالات همایش بین‌المللی و همایش ملی کوتاه‌تری با شعار (شناخت محیطی، آینده در امتداد گذشته) (ص ۱-۱۰). تهران، بهمن ۱۳۹۶، انجمن کوتاه‌تری ایران.

۱۶. شریفی، رسول؛ معیری، مسعود، غیور، حسنعلی، صفایی، همایون و سیف، عبدالله (۱۳۹۲). بررسی و تطبیق شواهد ژئومورفولوژی و لرزه‌شناسی زمین‌ساخت فعال در محدوده زاگرس مرکزی. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و چهارم، شماره ۵۰، ص ۱۷۵-۱۹۲.
۱۷. صفاری، امیر؛ یمانی، مجتبی، کرم، امیر، و کرمی، پرویش (۱۳۹۷). تأثیرات مورفوتئیکتیکی فعال بر زمین‌لغزش در حوضه جاجرود. مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۷، شماره ۳، ص ۱۱۷-۱۳۵.
۱۸. صفامهر، مجید؛ صالحی، محسن، نصری، مسعود، رهنما، محمدرضا، و بور، حسین. (۱۳۹۷). رفتار سنجی و پایداری‌سازی زمین‌لغزش بر اساس برداشت‌های نقشه‌برداری و داده‌های زمین‌شناسی مهندسی (مطالعه موردی: زمین‌لغزش نقل در منطقه پادنا سیمیرم). فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۳۷، شماره ۱۶۲، ص ۱۳۱-۱۴۳.
۱۹. عابدینی، موسی و محمد زاده شیشه‌گران، مریم (۱۴۰۱). ارزیابی زمین‌لغزش با استفاده از تصاویر راداری و تداخل سنجی راداری مطالعه موردی: حوضه نیرچای. فصلنامه مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره ۷، شماره ۳، ص ۵۱۶۱-۵۱۷۱.
۲۰. عطایی، امین؛ اخوان فومنی، سحر و نظامیوند چگینی، امیر هوشنگ (۱۳۹۸). پهنه‌بندی استعداد وقوع زمین‌لغزش در منطقه رودبار به روش LNSF. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۸، شماره ۱۱۲، ص ۳۳-۹۷.
۲۱. عمادالدین، سمیه و محمدقاسمی، مسعود (۱۴۰۰). پایش نقشه‌های گسترش سیلاب با استفاده از تصاویر راداری (SAR) مطالعه موردی: سیل فروردین ۱۳۹۸، شهرستان آق‌قلا. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، دوره ۲، شماره ۶، ص ۷۹-۹۶.
۲۲. کیانی، طیبه؛ ندیم، هیراد، و غفور پور عنبران، پرستو (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های زمین‌ساخت فعال در گستره رودبار با نگرش ویژه بر زمین‌لغزش‌های منطقه. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۱، ص ۶۵-۸۷.

۲۳. کوبکیا، لیلا و رمضانی گورابی، بهمن (۱۳۹۷). پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی مقاصد گردشگری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: شهرستان شفت). مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۱، شماره ۲، ص ۴۵۸-۴۷۸.
۲۴. محمدی، مجید، و نور، حمزه (۱۳۹۸). پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از روش ترکیبی جدید در محیط GIS. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۱، شماره ۱۲، ص ۱۳۵-۱۴۶.
۲۵. مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید، پورقاسمی، حمیدرضا، و فیض‌نیا، سادات (۱۳۸۹). تحلیل و برآورد خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در بخشی از جاده هراز. فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۴، شماره ۲، ص ۲۳۳-۲۴۷.
۲۶. مصدق‌زاده، المیرا و خلیج، محمد (۱۴۰۱). پهنه‌بندی مخاطرات لرزه‌ای شهرهای مرزن‌آباد و طالقان بر اساس ارزیابی شاخص‌های مورفوتکتونیک. نشریه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، دوره ۷، شماره ۱-۲۵، سال هفتم، ص ۱۰۷-۱۱۶.
۲۷. نصب‌مهدی، مهدی (۱۳۹۹). بررسی سیل ۱۲ فروردین‌ماه حوضه آبریز کشکان در استان لرستان و ارائه راه‌کارها. محیط‌زیست و توسعه فرابخشی، دوره ۵، شماره ۶۷، ص ۱۳-۲۶.
۲۸. محمدنژاد آروق، مجید (۱۴۰۰). تهیه نقشه گسترش سیلاب با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱، مطالعه موردی: سیل فروردین ۱۳۹۸، شهرستان پلدختر. مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۱۱، شماره ۴۱، ص ۶۹-۸۰.
۲۹. ندیری، مژگان (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق‌فازی AHP-TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آیدوغموش). فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، دوره ۹، شماره ۳، ص ۳۰۸-۳۱۹.
۳۰. نرگس، زهرا، و نیسانی‌سامانی، نجمه (۱۴۰۱). پیش‌بینی فضایی و منطقه‌بندی سیل در حوضه رودخانه هراز، ایران، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه علمی پژوهش‌های اطلاعات مکانی، دوره ۲، شماره ۲، ص ۱-۱۴.

۳۱. ولیزاده کامران، خلیل؛ دلیر حسین نیا، رضا، و آذری آقمانی، خدیجه (۱۳۹۸). پهنه‌بندی سیلاب و تأثیر آن بر کاربری ارضی محیط پیرامونی با استفاده از تصاویر پهپاد و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، دوره ۱۰، شماره ۳، ص ۵۹-۷۵.

۳۲. یعقوب نژاد اصل، نازیلا (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از خطر وقوع زلزله در تهران و گستره اطراف آن. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۸، شماره ۱، ص ۱۶-۲۶.

33. Alexander, D (1993). *Natural Disasters*. New York: UCL Press and Chapman & Hall.

34. Albala-Bertrand, J.M (1993). *Political Economy of Large Natural Disasters: With Special Reference to Developing Countries*. London: Oxford Univ Press.

35. Blaikie, P., Cannon, T, Davis, I, and Wisner, B. (1994). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London: Routledge.

36. Barkun, M (1974). *Disaster and the Millenium*. United States: Yale Univ. Press, New Haven.

37. World Health Organization. *Coronavirus disease 2019 (COVID-19)*. 2020. Available from: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCQjwk5ibBhDqARIsACzmgLSMSJ0WwbeZRsR1x5u4YF9XAvMQqyrcMuTYbCBBPi74WaiwCBzcHVsaAtVpEALw_wcB

38. CEPAL (1999). *Central America: Assessment of the Damage Caused by Hurricane Mitch, 1998. Implications for Economic and Social Development and for the Environment: Honduras*.

39. Eastman, J. R., 2006. *IDRISI Andes Tutorial*. MA, Clark University, New York. Available from: https://gis.fns.uniba.sk/vyuka/DTM_ako_sucast_GIS/Kriging/1/Andes_Tutorial.pdf

40. Fritz, C.E (1961). *Disasters*. In: Merton, R.K., Nisbet, R.A. (Eds.), *Contemporary Social Problems*. New York: Harcourt.

41. Fisher, W.B (1968). *Cambridge history of Iran, Vol. 1: The land of Iran In. United Kingdom: Cambridge University Press*.

42. Hosking, J.R.M and Wallis, J.R. (1997). *Regional frequency analysis: An approach based on l-moments*. United Kingdom: Cambridge University.

43. Hosking, J.R.M (1990). *L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics*, *Journal of Royal Statistical Society*, 52 (1): 105-124.
44. Heintze, H. j., Kirch, L., Küppers, B., Mann, H., Mischo, F., Mucke, P., Pazdzierny, T., Prütz, R., Radtke, K., Strube, F., and Weller, D (2018). *Worldrisk report Berlin. Bündnis Entwicklung Hilft*.
45. Kale, V.S., Ely, L.L., Enzel, Y., & Baker, V.R (1994). *Geomorphic and hydrologic aspects of monsoon floods on the Narmada and Tapi Rivers in central India*, *Journal of Geomorphology*, 10 (1- 4): 157– 168.
46. Krinsley, D. B., (1970). *A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran*. US: U.S. Geological Survey.
47. Lotfi Zadeh, A (1965). *Fuzzy Sets, Information and Control*, 8 (3), 338- 353.
48. McBratney, A. B., and Odeh I. O. A (1997). *Application of fuzzy sets in soil sciences: fuzzy logic, measurements and fuzzy classifications*, *Journal of Geoderma*, 1 (77): 85–113.
49. Mez'osi, G., Blanka, V., Bata, T., Kovács, F., and Meyer, B., 2015. *Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary*, *Journal of Natural Hazards and Earth System Science*, 15 (x): 97- 107.
50. Modarres, R., Sarhadi, A., and Burn, D. H (2016). *Changes of extreme drought and flood events in Iran*, *Journal of Global Planet Change*, 144 (1): 67–81.
51. Mirzaei, N., Mengtan, G., and Yuntai. C (1998). *Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces*, *Journal of Earthq Predict Res*, 7 (1): 465–95.
52. Melville, C (1984). *Meteorological hazards and disasters in Iran: a preliminary survey to 1950*, *Journal of British Institute of Persian Studies*, 22 (1): 50- 113.
53. Moradlou, H (2020). *The impact of sharing economy incentives and Industry 4.0 technologies on humanitarian logistics: insights from the Iran floods of 2019*. London: Kogan.
54. Nezafati, N (2006). *Au-Sn-W-Cu Mineralization in the Astaneh-Sarband Area, West Central Iran. Ph.D. thesis in Geology, Eberhard-Karls-University, not printed*.
55. Okuda, S (1970). *On the relation between physical geomorphology and the science of natural disasters*, *Bull. Disaster Prev. Res. Inst. Part 5. Kyoto. Japan*, 19 (25): 107- 124.

56. Rosenfeld, C.L (1994). *The geomorphological dimensions of natural disasters*, *Journal of Geomorphology* 10 (1): 27– 36.
57. Seddighi, H., & Seddighi, S (2020). *How much the Iranian government spent on disasters in the last 100 years? A critical policy analysis*, *Journal of Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 18 (46): 1- 11.
58. Seddighi H., and Salmani I (2019). *Gender differences in children mental health disorders after earthquakes in Iran: a systematic review*, *Journal of Commun Health Res*, 8 (1): 54- 64. Seddighi, H., & 55.
59. Scheidegger, A.E (1994). *Hazards: singularities in geomorphic systems*, *Journal of Geomorphology*, 10 (1- 4): 19- 25.
60. Tobin, G.A, and Montz, B.E. (1997). *Natural Hazards: Explanation and Integration*. New York: The Guilford Press.
61. Vaghefi, S., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., and Sheikholeslami, J (2019). *The future of extreme climate in Iran*, *Journal of Sci Rep*, 9 (1):1- 11.
62. Verstappen, H.T (1989). *Geomorphology, natural disasters and global change*. In *proceedings of Aerospace Survey and Natural Disasters*, Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Science.
63. Wallemacq, P., 2018. *Economic losses, poverty & disasters: 1998–2017*. United Nations Office: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
64. Westgate, K.N and O'Keefe, P. (1976). *Some Definitions of Disaster* Disaster Research Unit Occasional Paper. England: University of Bradford.