

# کاربرد سنجش از دور در ارزیابی مخاطرات ژئومورفولوژیک

دکتر فریا کریمی

استادیارزو هشی دانشگاه تبریز

## مقدمه

از نظر وقوع بلایای طبیعی، در شمار کشورهای مخاطره‌آمیز دنیا قرار دارد، زیرا از میان ۴۰ نوع حوادث و بلایای طبیعی، ۳۰ نوع آن در ایران امکان بروز و فعلیت دارد (بیارمند، ۱۳۸۲). مسلماً عدم شناخت ژئومورفولوژی و دینامیک محیط طبیعی، قبل از اجرای برنامه‌های عمرانی و توسعه کشور، موجب به فعلیت رسیدن بسیاری از مخاطرات طبیعی می‌شوند. برای مثال، احداث یک نیروگاه هسته‌ای روی گسلی فعال یا عبور لوله‌های نفتی از منطقه‌ای مستعد زمین لغزش، نمونه‌هایی از فعالیت‌هایی هستند که به بلایای فاجعه‌آمیزی منجر می‌شوند. فناوری سنجش از دور می‌تواند، به عنوان اولین گام ارزیابی خطر، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکسهای هوایی و غیره از طریق پیش بینی مخاطرات بالقوه در مکانهای مختلف سطح زمین و معرفی نواحی مناسب برای اجرای پروژه‌هایی از قبیل ساخت شهرها و سکونتگاههای جدید، ساماندهی روستاهای آسیب دیده، احداث راه و سایر تأسیسات، از وقوع حوادث فاجعه بار طبیعی پیشگیری نماید. سنجش از دور<sup>(۱)</sup>، عمل بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیای واقع در فاصله دور با استفاده از تصاویر و ابزار شناسایی می‌باشد (زبیری و مجد، ۱۳۸۲). و در ژئومورفولوژی برای تفسیر، شناسایی و کسب اطلاعات از تغییرات مورفولوژیک اشکال سطح زمین با استفاده از عکسهای هوایی، عکسهای فضایی و تصاویر تهیه شده از اطلاعات ماهواره‌ای بکار می‌رود (سیتنگ<sup>(۱۱)</sup>، ۱۹۹۲). در واقع، خاصیت تکراری بودن اطلاعات ماهواره‌ای، به بررسی تغییرات پدیده‌های مختلف زمینی، کنترل و کاهش اثر آنها کمک می‌کند. تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع، این امکان را فراهم می‌کنند که سطح زمین در مناطق مختلف، بطور پیاپی مطالعه شود (زبیری و مجد، ۱۳۸۲) و تغییراتی که در اثر فعالیت عوامل مورفولوژیک در فاصله زمانی دو یا چند عکسبرداری متوالی، در اشکال سطح زمین رخ می‌دهند، شناسایی شوند.

## کاربرد سنجش از دور در ارزیابی خطر زمین لغزش

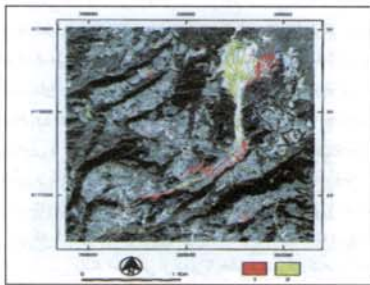
جابه جایی توده‌ای مواد در شبیهه‌ها که از این طریق حجم زیادی از مواد سطحی و خاک، در اثر نیروی جاذبه به پایین دامنه منتقل می‌شوند، بطور بالقوه خطرناک هستند و از انواع مهم مخاطرات ژئومورفولوژیک در مناطق کوهستانی محسوب می‌شوند (کریمی، ۱۳۸۴). زمین لغزشها<sup>(۱۲)</sup> شامل انواع لغزشها<sup>(۱۳)</sup> (لغزشهای چرخشی، سنگ لغزش و بهمن سنگی)، ریزشها و واژگونها<sup>(۱۴)</sup> (سنگ افتها و سقوط قطعات سنگی)، جریانهها<sup>(۱۵)</sup> (جریانهای واریزه‌ای، خاک راون، جریانههای گلی، بهمنهای واریزه‌ای و سولی فلوکسیون) می‌باشند (اسمیت<sup>(۱۶)</sup>، ۱۹۹۶). بزرگی آنها از حرکتهای کوچک پیوسته همراه با خزش خاک تا لغزشهای سریع و فاجعه بار زمین و سقوط بهمن تغییر می‌کند (بنت و دوپل، ۱۳۸۰). حرکات سریع مواد، تلفات جانی و خسارت‌های زیادی را به وجود می‌آورد (اسمیت، ۱۹۹۶). این حرکات موجب تخریب گسترده و فراوان، قطع راههای ارتباطی و زیرساختهای بشر شده و

تاریخ بشری از زمانهای دور تا به امروز، همواره شاهد وقوع حوادث طبیعی فاجعه‌آمیزی بوده که تلفات جانی، زیانهای مالی و ویرانی‌های فراوانی را به دنبال داشته است. مخاطرات ژئومورفولوژیک<sup>(۱)</sup> در زمره این پدیده‌ها می‌باشند و در سراسر کره زمین، زندگی میلیونها انسان (جانی و مالی) را تهدید می‌کنند. وقوع آنها به بخشهای کشاورزی، دامپروری و صنعتی، خسارت‌های هنگفتی وارد می‌کند. در حقیقت این مخاطرات جزء پدیده‌های طبیعی هستند ولی زمانی که جوامع انسانی در مقابل آنها قرار گیرد و حوادث فاجعه بار، تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی در پی داشته باشند، حوادث طبیعی به صورت بلایا<sup>(۲)</sup> ظاهر می‌شوند (فن وستن<sup>(۳)</sup>، ۱۳۷۷، آلستنار آایالا<sup>(۴)</sup>، ۲۰۰۲) و به بلایای ژئومورفولوژیک تبدیل می‌شوند. امروزه بشر علیرغم وجود منابع و سیستم‌های مختلف برای اخذ داده‌های زمینی و تبدیل داده‌ها به دانش و بهره‌گیری از این دانش در بهبود وضع زندگی و کاهش اثرات مخرب بلایا توفیق چندانی نداشته است. قطعاً راه حل مسئله را باید در افزایش سطح دانش و دانایی انسان جستجو کرد. بطوری که با مدیریت صحیح انواع داده‌ها و اطلاعات و بهره‌گیری از فناوری‌های نوینی مانند سنجش از دور تا حدودی برای کاهش ابعاد و حجم خسارت‌های ناشی از وقوع بلایای ژئومورفولوژی اقدام نمود.

## مخاطرات ژئومورفولوژیک و سنجش از دور

مخاطرات ژئومورفیک<sup>(۵)</sup> به حوادث و خطرهایی اطلاق می‌شود که در اثر ناپایداری اشکال سطح زمین، منابع انسانی را تهدید می‌کنند. اسلای مارکر<sup>(۶)</sup> (آلستنار آایالا، ۲۰۰۲) مخاطرات ژئومورفیک را به مخاطرات درونی<sup>(۷)</sup> (ولکانیسم و شوکتونیک)، مخاطرات بیرونی<sup>(۸)</sup> (حرکات توده‌ای، بهمن‌های برفی، سیلابها، فرسایش آبراهه‌ای، فرونشینی، تسونامی و فرسایش ساحلی) و مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی و کاربری زمین (بیابان‌زایی، فرسایش خاک، شور شدن خاک، سیلابهای یخچالی و غیره) تقسیم می‌کند<sup>(۹)</sup>. این مخاطرات، از موانع و تنگناهای ژئومورفولوژی موجود بر سر راه برنامه‌های عمران شهر و روستا به شمار می‌آیند که اگر مورد توجه قرار نگیرند، تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی را برای ساکنین شهرها و روستاها به بار می‌آورند (رجایی، ۱۳۷۳). به طوری که بین سالهای ۱۹۸۵-۱۹۴۵ در اثر وقوع مخاطرات ژئومورفیک شدید، در حدود ۲/۴۳ میلیون نفر جان باختند و سالانه مبلغ ۵۰ میلیارد دلار از اقتصاد جهانی، صرف تعمیر، حفاظت و کاهش اثرات این پدیده‌ها می‌شود. با وجودی که، این حوادث در سرتاسر کره زمین اتفاق می‌افتند ولی تلفات جانی ناشی از وقوع بلایای ژئومورفولوژیک در کشورهای در حال توسعه (کشورهای جهان سوم) بیشتر است (آلستنار آایالا، ۲۰۰۲). به لحاظ موقعیت جغرافیایی، کشورهای آسیایی و امریکایی، در مناطقی واقع شده‌اند که مستعدترین نقاط وقوع زمین لرزه، سیلاب و حرکات توده‌ای می‌باشند. هم‌اکنون، کشور ایران

تکتونیک فعال (محل برخورد صفحه‌های تکتونیک) اتفاق افتاده‌اند. بارزترین مناطق فعال تکتونیک اندونزی، هیمالیا، خاورمیانه و آلب را در برمی‌گیرد (اسمیت، ۱۹۹۶). پدیده‌های اولیه زمین لرزه، شامل ارتعاش لرزه‌ای زمین، گسیختگی گسلی و تغییر شکل تکتونیک می‌باشند و پدیده‌های ثانویه آن مانند فرونشینی، روان شدن خاک، زمین لغزش، لغزشهای زیردریایی، بهمن‌های یخی و برفی، تسانومی و غیره هستند (اسمیت، ۱۹۹۶). زمین لرزه‌ها و نکانهای شدید زمین، موجب انهدام و ویرانی ناگهانی ساختمانها، شکستگی خطوط لوله، جاری شدن سیلاب ناشی از شکسته شدن سدها و مخازن آب، آتش سوزی و انفجار در شهرها و روستاهای می‌شوند (کرمی، ۱۳۸۴). اگر قسمتی از این ویرانی‌ها و خسارتها، مستقیماً به امواج زلزله مربوط باشد، بخش مهم دیگری، به طور غیرمستقیم و از طریق تشدید برخی از پدیده‌های مورفوتیک مانند حرکات توده‌های مواد و غیره به وجود می‌آیند (رجایی، ۱۳۷۳).



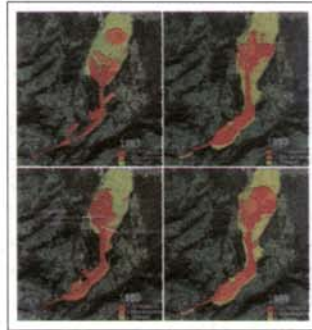
نگاره (۲): نمایش تغییرات سطح لغزش Tessina از ۹۴-۱۹۸۸ بوسیله تصاویر ماهواره‌ای

۱ - مناطق با فعالیت مجدد لغزش (A,B,C,D,E) - ۲. نواحی که به علت رشد پوشش گیاهی و افزایش رطوبت به حالت پایداری نسبی رسیده‌اند.

درحال حاضر با وجودی که، در برخی نقاط دنیا (به ویژه کشورهای درحال توسعه)، هنوز سکونگاههای انسانی بر روی مناطق فعال تکتونیک توسعه و گسترش می‌یابند، در برخی نواحی دیگر، سعی بر این است تا با وضع قوانین و مقرراتی در مکانیابی شهرهای جدید و احداث تأسیسات، زیرساختهای ترابری و غیره، خسارتهای ناشی از زمین لرزه‌ها را کاهش دهند. برای مثال، هنگام ساخت جاده یا پل، خطوط انتقال نیرو، احداث پالایشگاه یا نیروگاههای هسته‌ای و غیره، از مناطق گسلی که در ۱۰۰۰۰ سال قبل فعال بوده‌اند، دوری می‌کنند. برای این منظور، قبل از برنامه ریزی و اجرای برنامه‌ها به ارزیابی مناطق از نظر فعالیتهای تکتونیک می‌پردازند (پروست، ۲۰۰۱).

در دهه‌های اخیر، سنسجش از دور، به عنوان ابزاری قدرتمند در ارزیابی و ترسیم نقشه خطر زمین لرزه بکار رفته است. دانشمندان علوم زمین می‌توانند با استفاده از داده‌های سنسجش از دور به شناسایی مناطقی با فعالیت‌های نئوتکتونیک اقدام نمایند. (فیلیپس<sup>(۲۲)</sup>، ۱۹۹۶). همه می‌دانند که تفسیر عکسهای هوایی، یکی از ابزارهای سودمند در زمینه بررسی اشکال مورفولوژیک گسلهای فعال می‌باشد، ولی دسترسی به عکسهای هوایی چندزمانه در برخی کشورهای درحال توسعه مقدور نیست (فیو<sup>(۲۳)</sup> و

هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را به بار می‌آورند (بنت و دوپل، ۱۳۸۰). درحالی که، جابه جایی کند مواد، از پتانسیل کمی برای ایجاد تلفات انسانی برخوردار است، اما زیانهای مالی فراوانی به همراه دارد (اسمیت، ۱۹۹۶).



نگاره (۱): نمایش تغییر و تحول لغزش Tessina براساس عکسهای هوایی متوالی (فن وستن و گتاهون، ۲۰۰۳)

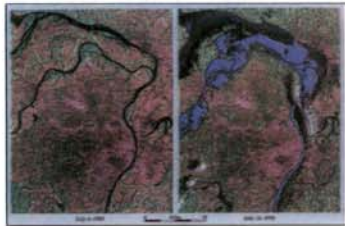
ارزیابی خطر زمین لغزشها می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفیک بسیاری انجام شود. برای مثال، مدل‌های آماری که چندین متغیر را مانند نزدیکی به گسل فعال، مقدار بارندگی و ذوب برف، خاک و نوع سنگ، عمق سنگ مادر، پوشش گیاهی (چمنی، جنگلی و غیره) و الگوی زمین لغزشهای قدیمی تجزیه و تحلیل می‌کنند. برای انجام چنین مطالعه‌ای تکنیک‌های میدانی با وجود دقت بسیار زیاد، کافی نمی‌باشند. در این زمینه، مطالعه عکسهای هوایی به مقیاس ۱:۱۵۰۰۰ برای ترسیم اشکال و عوارض زمین شناسی بسیار مفید هستند (پروست<sup>(۱۷)</sup>، ۲۰۰۲). همچنین تصاویر اپتیکال (مرئی-سماون قرمز) سنسجش از دور، در تاریخهای مختلف و با قدرت تفکیک مکانی بالا، می‌توانند به عنوان ابزاری مکمل تکنیک‌های میدانی برای جمع آوری اطلاعات مکانی در ارزیابی خطر زمین لغزشها مورد استفاده قرارگیرند (هروس<sup>(۱۸)</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). برای مثال شکل (۲۱) با استفاده از عکسهای هوایی، فعالیت چهل ساله لغزش Tessina را در شمال شرقی ایتالیا نشان می‌دهد. این لغزش که در اکتبر ۱۹۶۰ به دنبال بارندگی شدید اتفاق افتاد بود، در سال‌های بعد نیز به فعالیت خود ادامه داده به طوری که در سال ۱۹۹۲ روستای Lamosano, Funes را در بر گرفته و به تخلیه آبی این روستا منجر شده است. همچنین برای تحلیل حجمی لغزش از مدل‌های رقومی ارتفاع<sup>(۱۹)</sup> به دست آمده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۱۵۰۰۰) سالهای مختلف می‌توان استفاده نمود (فن وستن و گتاهون<sup>(۲۰)</sup>، ۲۰۰۳). فناوری سنسجش از دور، با توسعه سیستم هشدار به موقع، می‌تواند اثرات حرکات توده‌های فعال را برای جوامع انسانی که در معرض خطر قرار دارند، کاهش دهد. برای مثال، با بکارگیری اطلاعات و تکنیک‌های سنسجش از دور، ضمن آگاهی از عوامل مؤثر در وقوع جریانهای واریزهای و استفاده از داده‌های مادون قرمز اندازه‌گیری شده از سری‌های ماهواره‌های Meteosat می‌توان، وقوع جریانهای واریزهای را از قبل اطلاع داد و از این طریق از زخداد حوادث ناگوار جلوگیری کرد (کتیو تون<sup>(۲۱)</sup> و همکاران، ۲۰۰۰).

### کاربرد سنسجش از دور در ارزیابی خطر زمین لرزه

اغلب زلزله‌هایی که بیش از چندین هزار نفر کشته دربرداشته‌اند، در مناطقی

می‌افتند و در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک بیشتر دیده می‌شوند (اسمیت، ۱۹۹۶). بارشهای سنگین، ذوب سریع برف، بالا آمدن سطح دریا، شبیهای تند، میزان نفوذپذیری، پوشش گیاهی، شکست سدها (طبیعی و مصنوعی)، شهرنشینی، تغییر کاربری زمین و جنگل زدایی از عوامل مؤثر در وقوع سیلابها به شمار می‌روند (کریمی، ۱۳۸۴).

با ارزش ترین کاربرد داده‌های سنجنش از دور در ارزیابی خطر سیلاب، ترسیم نواحی مستعد طغیان است (پروست، ۲۰۰۱). معمولاً هنگام طغیان آب رودخانه‌ها، با بالا آمدن آب دریا و پیشروی آب در نواحی ساحلی و سرانجام پس از جاری شدن سیل، سطوحی از نواحی مجاور دریا یا رودخانه، به زیر آب می‌روند که با بررسی تصاویر تکراری ماهواره‌ای می‌توان مناطق مورد طغیان را به سهولت تشخیص داد و نقشه‌های اراضی خسارت دیده را ترسیم نمود (زبیری و مجد، ۱۳۸۰). شناسایی نواحی متأثر شده از سیلابها، به بررسی تصاویر چندزمانه نیاز دارد. این تصاویر موقعیت نواحی یا آبراهه‌هایی که بیشتر از سیلاب متأثر می‌شوند را نشان می‌دهند (نگاره ۵).



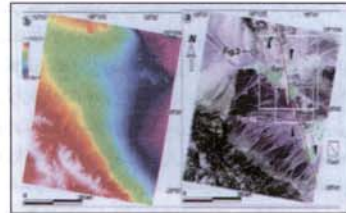
نگاره (۵): نمایش جریان عادی (چولای، ۱۹۸۸) و وضعیت طغیانی (چولای، ۱۹۹۳) رودخانه می‌سی‌سی‌پی و میسوری از تصاویر لندست (TM) (پروست، ۲۰۰۱)

معمولاً رودخانه‌هایی که دارای رژیم طغیانی هستند، سواحل خود را بیشتر متأثر می‌سازند، با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای تکراری، برای مثال تصاویر MSS ماهواره لندست، نحوه تشکیل دشتهای سیلابی در مجاورت رودخانه‌ها و نواحی مستعد سیلاب آشکار می‌گردد. داده‌های TM لندست نیز با قدرت تفکیک مکانی زیاد و پوشش طیفی بالا، می‌تواند جزئیات بیشتری از ویژگیهای دشتهای سیلابی و نواحی مستعد سیلاب ترسیم نماید (پروست، ۲۰۰۰). اجرای برنامه‌های توسعه در این نواحی، علاوه بر خطر سیل، سطح بالای آبهای زیرزمینی، محدودیتهای توسعه در امر عمران فراهم می‌آورد. به طوری که برای احداث زیرساختهای ترابری مانند جاده‌ها، پلها، ریلهای راه آهن و غیره در دشتهای سیلابی رودخانه احتیاط بسیار لازم است (لیلساندوکی فر، ۱۳۸۱).

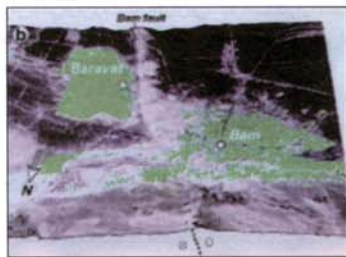
### نتیجه گیری

فناوری سنجنش از دور، با استفاده از عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و غیره، دانشمندان علوم زمین را در شناسایی پدیده‌های مختلف سطح زمین و بررسی تغییرات و تحولات مورفولوژیک آنها در طی زمان یاری می‌دهد. تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع، این امکان را فراهم می‌کنند که سطح زمین در مناطق مختلف زمین، به طور پیاپی مطالعه شود و تغییراتی که در اثر فعالیت عوامل مورفولوژیک در فاصله زمانی چندین عکسبرداری، در اشکال سطح زمین رخ می‌دهند، شناسایی شوند. با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و معیاری مناطق کم خطر - پرخطر سطح زمین از نظر وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیک

همکاران، ۲۰۰۴). در این صورت می‌توان با استفاده از تصاویر رادار (ERS-1) در فاصله زمانی مشخص (مثلاً ۱۴ ماه)، به بررسی حرکت پدیده‌های مورفولوژیک مانند خزش در امتداد گسلی فعال اقدام نمود و براین اساس میزان فعالیت گسل را تخمین زد (پروست، ۲۰۰۱). همچنین، علاوه بر اینکه داده‌های رقومی تصاویر ماهواره‌ای IRS-IBLI برای ترسیم خطواره‌ها و گسلهای فعال یک منطقه کاربرد دارند (پرادپ و همکاران، ۲۰۰۰)، بلکه ترکیب داده‌های چندطیفی ماهواره‌های لندست (TM-MSS) و IRS-IBLI، در شناسایی وضعیت تکتونیکی کواترن سوئدمنده بوده و تأثیر گسلهای فعال را بر روی ژئومورفولوژی مناطق مختلف (الگوهای زهکشی، تراس‌ها، مخروط افکنه‌ها و غیره) آشکار می‌نمایند (نگاره ۳) مشاهدات سه بعدی تصاویر ماهواره‌ای، اشکال ژئومورفیک و ژئومتریک جالبی از ساختارهای فعال یک منطقه خشک و نیمه خشک ارائه می‌دهند. (نگاره ۴) در همین زمینه تصویر TM ماهواره لندست با قرارگیری روی مدل رقومی ارتفاع (DEM) یک منطقه می‌تواند در شناسایی و تشخیص گسلهای زلزله‌ای که زمین لرزه‌هایی با بزرگی متوسط و بدون گسیختگی سطحی بزرگ ایجاد می‌کنند، مورد استفاده قرار گیرد (فیو و همکاران، ۲۰۰۴).



نگاره (۳): نمایش اشکال ژئومتریک گسل بزم از طریق تصویر رنگی مرکب ASTER و (b) نمایش اشکال توپوگرافی منطقه بزم به وسیله مدل رقوم ارتفاعی ایجاد شده از تصویر ASTER (فیو و همکاران، ۲۰۰۴)



نگاره (۴): تصویر سه بعدی ASTER که اشکال ژئومورفیک قطعه شمال گسل بزم را نشان می‌دهد. به پرتگاه تندرو به غرب گسل بین شهرهای بروت و بزم توجه کنید (فیو و همکاران، ۲۰۰۴).

### کاربرد سنجنش از دور در ارزیابی خطر سیلاب

سیلاب متداول‌ترین مخاطره طبیعی است. سیلابها، در اغلب محیطها، بویژه در نواحی ساحلی، کوهستانی و نواحی پست دشتهای سیلابی اتفاق



- 1) Geomorphological hazards
- 2) Disasters
- 3) Van-westen
- 4) Alcantara-Ayala
- 5) Geomorphic hazards
- 6) Slaymarker
- 7) Endogenous
- 8) Exogenous

۹) حوادثی مانند زلزله، آتشفشان، سیل و غیره، اگرچه در قلمرو مخاطرات زمین شناسی و هیدرولوژیکی هستند (آلنتسارا آبالا، ۲۰۰۲)، ولی از آنجایی که مخاطرات ژئومورفیکی بر تغییرات چشم اندازها و تأثیر آنها در جوامع انسانی تأکید دارند (گرس و همکاران، ۱۳۸۲) و چون حوادث فوق، از عناصر دینامیکی سطح زمین هستند و در مقیاس زمانی کوتاه موجب تغییرات ناگهانی و آنی سطح زمین می شوند، بنابراین با ژئومورفولوژی شددیدار ارتباط می باشند (آلنتسارا آبالا، ۲۰۰۲)، متخصص ژئومورفولوژی، این پدیده ها را از نقطه نظر ایجاد تغییر شکل در سطح زمین و در گونی هایی که در فرایند فرسایش و غیره ایجاد می کند، مورد بررسی قرار می دهد (رجانی، ۱۳۷۳)، به این ترتیب این پدیده ها می توانند از دیدگاه ژئومورفولوژی به عنوان مخاطرات ژئومورفیک معرفی شوند. از سوی دیگر، کلیه ویرانی ها و قریبانی هایی که در اثر بروز زمین لرزه ها، آتشفشانها و سیلابها به جا گذاشته می شوند، مستقیماً و منحصر به خود این پدیده ها مربوط نمی شوند، بلکه بخش مهمی از این خسارتها، به طور غیر مستقیم و با دخالت پدیده های ژئومورفولوژی صورت می پذیرند. برای مثال، ریزش تخته سنگهای بزرگ و حرکت آنها در روی دامنه ها در اثر وقوع زلزله تشدید می شود و ریزش بلوکهای یخی، باتکانهای زمین شدت می یابد و خطرات جبران ناپذیری به بار می آورد. حادثه روستای فتلک که در پی زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ آگیلان، بر اثر زمین لغزش به کلی از بین رفت، نمونه ای از این مسائل است. فوران آتشفشان کوه سنت هلن در ایالات متحده امریکادرسال ۱۹۸۰ که موجب ریزش خاکستر، زمین لغزش و آتش سوزی منابع طبیعی شد، نمونه ای دیگر است.

- 10) Remote Sensing
- 11) Singh
- 12) Landslides
- 13) Slide
- 14) Falls and Topples
- 15) Flows
- 16) Smith
- 17) Prost
- 18) Hervas
- 19) Digital Elevation Model (DEM)
- 20) Getahun
- 21) Kinventon
- 22) Philip
- 23) Fu

و شناسایی نواحی مناسب برای اجرای پروژه های عمرانی و توسعه، می توان گامهای مؤثری در زمینه کنترل و کاهش اثرات بلایای ژئومورفولوژیکی برداشت.

### فهرست منابع

- ۱- بنت، متیو، آروینتر دوپل، ۱۳۸۰، زمین شناسی زیست محیطی، احمد هرمزی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۲- رجایی، عبدالحمید، ۱۳۷۳، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، نشر قومس، ۳۴۴ ص.
- ۳- زیری، محمود و علیرضا مجد، ۱۳۸۲، آشنایی با فن سنچس از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۷ ص.
- ۴- فن وستن، س.ج.، ۱۳۷۷، کاربرد سنچس از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در کاهش خطر ناشی از رویدادهای زمین شناسی، عباس کشاورز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۹، ۵۰، ۲۲۴-۲۱۲.
- ۵- گرمی، فریبا، ۱۳۸۴، مخاطرات محیطی و بلایای طبیعی، مجله رشد آموزش جغرافیا، سال نوزدهم، شماره ۲۴-۳۱ ص.
- ۶- گرس، پاول، داگلاس، شرمن و کارل نورستروم، ۱۳۸۲، ژئومورفولوژی و مخاطرات طبیعی، محمدرضا ثروتی، ابوالفضل عشقی و محمود دهقان، فضای جغرافیایی اهر، شماره ۹، ۴۴-۱ ص.
- ۷- لیساندوکی فر، ۱۳۸۱، اصول و مبانی سنچس از دور، ترجمه حمید سالمیریان، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۳۲۰ ص.
- ۸- یارمند، مجید، ۱۳۸۲، طرح جامع امداد و نجات در بلایای طبیعی، فرهنگ و پژوهش، شماره پیاپی ۱۳۴، ۲۹-۲۸.
- 9 - Alcantara-Ayala, L.2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries, *Geomorphology*, Vol:47:107-124.
- 10 - Fu, B., Ninomiya, Y. and et al. 2004. Mapping active fault associated with the 2003NW 6.6 Bam (SE Iran) earthquake with ASTER 3D images. *Remote sensing of environment*. Vol:92:153-157
- 11 - Hervas, J., Barredo, J.I and et al. 2003. Monitoring landslides from optical remotely sensed imagery: the case history of Tessina landslide, Italy, *geomorphology*. Vol:54,63-77.
- 12 - Kniventon, D.R., Graff, P.J and Hardy, R.J. 2000. The development of a remote sensing based technique to predict debris flow triggering conditions in the French Alps. *Int. J. Remote Sensing*, Vol : 21.No:3.419-434.
- 13 - Philip, G. 1996. Landsat thematic mapper data analysis for quaternary tectonic in part of the Doon valley, India. *Int. J. Remote Sensing*, Vol:17.No:1.143-153.
- 14 - Prost, G. L. 2001. Remote sensing for geologists. Taylor & Francis. pp:374.
- 15 - Singh, S. 1992. Geomorphology and remote sensing in environmental management. pp:281
- 16 - Smith, K., 1994. Environmental hazards. Routledge. pp:389.
- 17 - Van Westen, C.J. and Getahun, F.I. 2003. Analyzing the evolution of