



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و هفتم، بهار ۱۴۰۰

صص ۸۰-۶۵

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67029.0>

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی مناطق مستعد خطر زمین‌لغزش در محدوده سد شهید عباسپور

اکبر مجد باوی- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
مهدی مومی پور^۱ - استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱/۴

چکیده

زمین‌لغزش، یکی از مهم‌ترین حرکات دامنه‌ای است. از جمله مناطق زمین‌لغزش، محدوده اطراف سد و دریاچه آن است که خسارات زیادی را در سدها ایجاد می‌کند. هدف از این پژوهش شناسایی مناطق مستعد ایجاد زمین‌لغزش در محدوده سد شهید عباسپور است. این پژوهش با استفاده از دو روش حائری-سمیعی و تحلیل سلسله مراتبی انجام گردید. بر این اساس هفت عامل سنگ‌شناسی، زاویه شیب، طول گسل، طول راه و رودخانه، عامل بارندگی، شدت بارندگی و زمین‌لرزه مورد بررسی قرار گرفت. در مدل حائری-سمیعی این هفت عامل بررسی شده و وزن به دست آمده هر یک از آن‌ها در معادله کلی قرار گرفته و در محیط GIS به نقشه پهنه‌بندی تبدیل شده و مناطق مستعد در محدوده شناسایی می‌شود. در روش تحلیل سلسله مراتبی، بر اساس مقایسات زوجی بین هفت عامل ذکر شده، پس از بررسی نظر کارشناسان وزن هریک از عوامل به دست آمده و در نرم‌افزار Expert Choice، مقایسه زوجی انجام شده و وزن نهایی به دست می‌آید. پس از بررسی‌های به عمل آمده در دو روش، بیشترین مناطق حساس به لغزش در آبرفت‌های جوان کواترنری است و عامل سنگ‌شناسی مهم‌ترین عامل در محدوده است. به‌طور کلی مناطق با خطر زیاد در محدوده جنوب غربی سد و بخش کوچکی در شمال است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، سد شهید عباسپور، مدل حائری-سمیعی، مدل تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پهنه‌بندی.

۱- مقدمه

زمین لغزش یکی از مهم‌ترین حرکات دامنه‌ای است. زمین لغزش عبارت است از کشش بخشی از زمین به صورت توده‌ای بر روی شیب، که منجر به جداسازی توده و حرکت بخشی از زمین می‌شود (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). این پدیده شامل حرکت خاک، سنگ و مواد طبیعی زمین تحت تأثیر یک نیرو و عامل خاص به سمت پایین دامنه است که باعث ایجاد شکل خاص در روی زمین می‌گردد (هایلند^۲ و بابروفسکی، ۲۰۰۸). مهم‌ترین عوامل ایجاد زمین لغزش عبارت‌اند از: درجه شیب، جهت شیب، طول شیب، کاربری اراضی، بارندگی، زمین‌شناسی، فاصله از عارضه‌های خطی و غیره (سرکوبی فریدنی، ۱۳۹۵). براساس مطالعات انجام شده به وسیله شبکه زمین‌شناسی اروپا، زمین لغزش‌ها ۱۷٪ از خطرات طبیعی جهان را به خود اختصاص داده است (کوهرست^۳ و همکاران، ۲۰۱۵). از جمله مناطق مستعد زمین لغزش محدوده اطراف سد و دریاچه‌های مصنوعی سدها است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای ژئومورفولوژیک احداث سدها و بوجود آمدن دریاچه‌ها در پشت آن، فعال شدن زمین لغزش‌هاست (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۴). پس از ایجاد زمین لغزش‌ها در محدوده دریاچه‌های سدها، رسوبات حاصل از آن وارد دریاچه سد شده و توان ذخیره‌سازی سد را کاهش می‌دهد. این موضوع و پرشدن مخزن سد از رسوبات تخریبی اهمیت فراوانی دارد (نیاسری و همکاران، ۱۳۸۳). با شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش، برنامه‌ریزی پروژه‌های توسعه آینده امکان‌پذیر خواهد بود. از این رو برای مدیریت خطرات و فاجعه ناشی از زمین لغزش، باید این مکان‌ها شناسایی و برای کاهش آن برنامه‌ریزی مناسب انجام داد (چاولا^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، احتمال وقوع زمین لغزش‌ها را در یک مکان با یک دوره برگشت برآورد می‌کند (وان وستن^۵ و همکاران، ۲۰۰۶). در چندین سال گذشته، مطالعات زیادی در مورد زمین لغزش صورت گرفته است که پژوهشگران زیادی با به کارگیری روش‌های گوناگون به بررسی زمین لغزش اقدام نموده‌اند (پرادهان^۶، ۲۰۱۳). نخستین مطالعات در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، در کشورهای ایتالیا، فرانسه و بعد از آن در اسپانیا، استرالیا، آمریکا و چکسلواکی انجام شد (صمدزاده، ۱۳۹۰). آنبالاگان^۷ (۱۹۹۲) زمین لغزش در منطقه کوهستانی هیمالیا را مورد ارزیابی قرار داد و مدلی را برای بررسی زمین لغزش براساس پنج عامل، فرسایش پذیری، نفوذپذیری، ساختار سنگ‌شناسی، درجه شیب و کاربری اراضی و پوشش گیاهی ارائه داد. ژو^۸ و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از روش فاکتورهای عامل در جزیره لانتوآی

1 Li

2 Highland and Babrowsky

3 Koehorst

4 Chawla

5 Vanwesten

6 Pradhan

7 Anbalagan

8 Zhou

هنگ‌کنگ به بررسی زمین لغزش پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بیشتر لغزش‌ها در شیب‌های ۴۰-۲۵ درجه و نزدیک گسل روی می‌دهد. کماک^۱ (۲۰۰۶) با استفاده از مدل AHP و روش چند متغیره، زمین لغزش را در کشور اسلونی پهنه‌بندی نمود و عامل اصلی آن را توزیع جاده دانسته است. کلاسنس^۲ و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از مدل LAPSUS-LS زمین لغزش‌های منطقه کوه الگون واقع در کشور اوگاندا را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که شیب کند، جنس خاک، بارندگی‌های شدید و فعالیت‌های انسانی باعث بسیاری از لغزش‌ها در این ناحیه است. یالکین^۳ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از مدل شاخص لغزه، فاکتور وزنی، رگرسیون لجستیک و AHP نقشه خطر زمین لغزش در ترابوزان ترکیه را ترسیم کردند و عامل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و زمین‌شناسی را عوامل مهم لغزش در این ناحیه می‌دانند. اکسی^۴ و همکاران (۲۰۱۲) با بهره‌گیری از منطق فازی به ارزیابی خطر زمین لغزش در غرب دریای سیاه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطق فازی روش مناسبی برای پهنه‌بندی زمین لغزش است. هررا^۵ و همکاران (۲۰۱۷) نیز زمین لغزش را در برخی مناطق اروپا و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی آن را مطالعه و با استفاده از روش ارزیابی چندمتغیره فضایی و نقشه‌های زمین‌شناسی و GIS و RS به تهیه نقشه زمین لغزش در اروپا پرداخته‌اند و این روش را بسیار مناسب، جهت ارزیابی و پهنه‌بندی زمین لغزش در این مناطق معرفی می‌کنند. وانگ^۶ و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی عوامل ایجاد زمین لغزش، تأثیرات و عملکرد آن را بر روی سدها و نواحی کوهستانی و رسوب‌گذاری در سد و ترک‌خوردگی تدریجی سدها در کشور چین با استفاده از روش InSAR پرداختند. بروکس^۷ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل رگرسیون به بررسی زمین لغزش در برخی مناطق آفریقا پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که بارندگی‌های شدید عامل اصلی زمین لغزش در مناطق است. پالوک^۸ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش چند منظوره مخروطی، به بررسی زمین لغزش در برخی از مناطق کشور لبنان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که علت اصلی زمین لغزش در این مناطق، شیب و جهت شیب است. ما^۹ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل MASW زمین لغزش در مناطق از کشور ژاپن را ارزیابی کردند و عامل زمین‌شناسی و شیب زمین را مهم‌ترین عامل زمین لغزش در این منطقه دانسته‌اند. حسنی و همکاران (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی زمین لغزش در مسیر راه‌آهن لرستان با استفاده از روش مورا و وارسون و AHP اقدام کرده و شیب و طول گسل و طول راه و رودخانه را مهم‌ترین عوامل لغزش در این منطقه می‌دانند. عابدینی و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی خطر وقوع

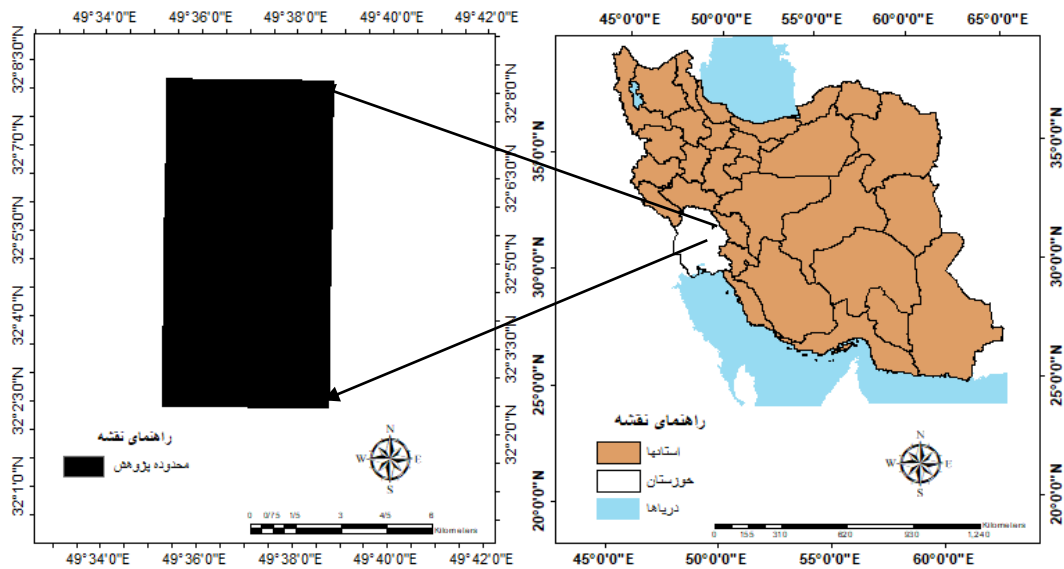
- 1 Komac
- 2 Classens
- 3 Yalcin
- 4 Aksoy
- 5 Herrera
- 6 Wang
- 7 Broeckx
- 8 Pollveck
- 9 Maa

زمین لغزش با روش فازی در استان تهران پرداخته‌اند. بعد از بررسی‌های متعدد مشخص شد که تنها ۱۳/۷۵ درصد از این استان دارای استعداد و خطر زمین لغزش بالا و زیاد است. مکرم و همکاران (۱۳۹۷) خطر زمین لغزش و ارتباط آن با نوع لندفرم‌ها را با استفاده از روش AHP در محیط GIS مطالعه کرده و سپس نقشه پهنه‌بندی در شرق کرمان را ترسیم کردند. ایلانلو و مقیمی (۱۳۹۸) با استفاده از روش فازی به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز سیرا پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که شیب دامنه‌ها، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، میزان بارش سالانه و عامل راه و رودخانه در ایجاد زمین لغزش منطقه، تأثیر زیادی دارد. حسین‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی و ارزیابی خطر زمین لغزش و پهنه‌بندی و تجزیه و تحلیل آن با استفاده از روش منطق فازی در رشته‌کوه باقران در جنوب بیرجند پرداخته‌اند. پس از بررسی پارامترهای مختلف، مشخص گردید که زمین‌لرزه و فاصله از گسل مؤثرترین عوامل در ایجاد زمین لغزش در منطقه است. با توجه به موارد گفته شده، هدف این پژوهش شناسایی مناطق مستعد خطر زمین لغزش، در محدوده سد شهید عباسپور در استان خوزستان است. این پژوهش، نخستین پژوهش در مورد شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد زمین لغزش در محدوده سد شهید عباسپور است. امید است زمینه‌ساز و آغازگر پژوهش‌های بیشتر، در آینده نزدیک گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، اطراف و محیط پیرامون سد شهید عباسپور، در عرض جغرافیایی ۳۲° ۳' شمالی تا ۳۲° ۸' شمالی و طول جغرافیایی ۴۹° ۳۷' شرقی تا ۴۹° ۳۹' شرقی در شمال شرقی استان خوزستان قرار دارد. این محدوده از سمت شمال با الگی و از سمت جنوب به اسلام‌آباد، سمت جنوب شرق به شهرستان ایذه، جنوب غربی به شهرستان مسجدسلیمان و از مشرق به کوه سفید مافارون و از مغرب به شهرستان اندیکا منتهی می‌شود. مساحت محدوده مورد مطالعه در حدود ۶۰ کیلومتر مربع است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

۲-۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش با استفاده از اطلاعات و گزارش‌های ثبت شده سازمان‌های مختلف و همچنین مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط با زمین لغزش تهیه گردیده است. علاوه بر آن از نقشه‌های توپوگرافی منطقه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. از نرم‌افزارهای Arc GIS.10.3، Expert Choice، Google Earth، GPS در پژوهش بهره برده شده است. چندین بار از محدوده مورد مطالعه بازدید میدانی به عمل آمده است. در این پژوهش از دو روش حائری-سمیعی و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است.

مدل حائری-سمیعی برای پهنه‌بندی و بررسی خطر زمین لغزش، با امتیازدهی به عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزش (شامل لیتولوژی، زاویه شیب، عامل بارندگی، شدت بارندگی، طول گسل، طول راه و رودخانه و زمین لرزه) منطقه به ۷ طبقه خطر تقسیم می‌شود. معادله محاسبه خطر ناپایداری دامنه در این مدل به صورت زیر است (حائری-سمیعی، ۱۳۷۶):

$$HLS=(LPL)(CIPI)(CFPF)(CRPR)(CHPH)(CPPP+CETE)$$

که در آن: HLS: عدد میزان خطر ناپایداری دامنه، PL: لیتولوژی، PI: زاویه شیب، PF: طول گسل، PR: عامل راه و رودخانه، PH: عامل بارندگی، TP: شدت بارندگی و TE: عامل زمین لرزه است.

در روش حائری-سمیعی جنس سنگ‌ها از لحاظ مقاومت در برابر لغزش به ۱۰ رده طبقه‌بندی شده است. مقاوم‌ترین سنگ‌ها در رده یک و ضعیف‌ترین آن‌ها در رده ده جای می‌گیرد. یکی دیگر از عوامل مؤثر در زمین‌لغزش براساس مدل حائری-سمیعی، زاویه شیب است که با توجه به جدول ۱ امتیاز دهی می‌گردد.

جدول ۱- تأثیر زاویه شیب در افزایش ناپایداری دامنه (حائری-سمیعی، ۱۳۷۶)

اندازه زاویه شیب	<۵	۱۵-۶	۲۵-۱۶	۳۵-۲۶	۴۵-۳۶	>۴۵
تأثیر در ناپایداری دامنه‌ها	بدون تأثیر	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ضریب P _I	۰	۱	۲	۳	۴	۵

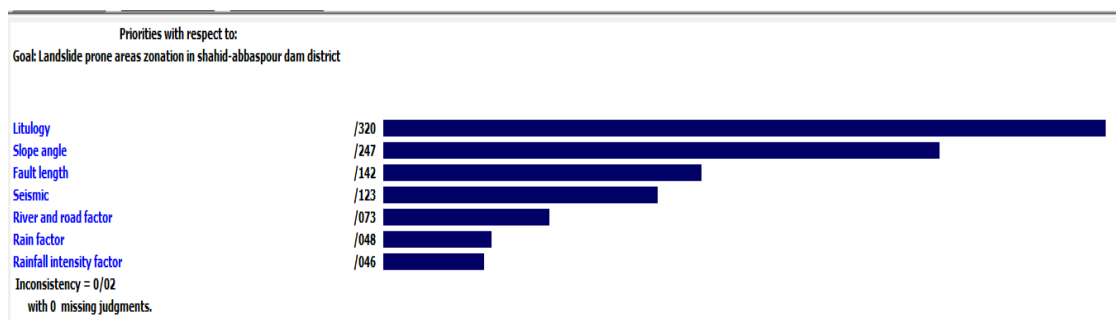
سومین عامل مؤثر در زمین‌لغزش براساس مدل حائری-سمیعی، طول گسل است. در این مدل طول گسل‌های موجود با استفاده از واحدهای شبکه‌ای و سلولی در نظر گرفته شده است. برای سلول بندی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ محدود به صورت سلول‌های ۵۰۰*۵۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از نقشه زمین‌شناسی محدوده، طول گسل در هر واحد شبکه محاسبه و امتیاز دهی می‌شود. عامل مؤثر دیگر طول راه و رودخانه است که مانند طول گسل، محاسبه و امتیاز آن تعیین می‌گردد. پنجمین عامل مؤثر در زمین‌لغزش براساس مدل حائری-سمیعی بارندگی است. در این روش میانگین بارندگی ماهیانه در مدت‌زمانی معین محاسبه و سپس میزان انباشتگی میانگین بارندگی ماهانه مؤثر در زمین‌لغزش به دست می‌آید. ششمین عامل شدت بارندگی است که برای محاسبه امتیاز آن حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت صدساله محاسبه و امتیاز دهی می‌شود. هفتمین عامل مؤثر در ایجاد لغزش براساس مدل حائری-سمیعی زمین‌لرزه است. برای بررسی تأثیر زمین‌لرزه در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، از نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰ (طرح کالبدی ملی ایران) استفاده شده است. با استفاده از این نقشه امتیاز مربوط به این عامل تعیین می‌شود. در نهایت امتیازهای مربوط به عوامل در هر سلول از لایه‌های اطلاعاتی یا نقشه‌های موضوعی فاکتورها استخراج و در فرمول کلی قرار داده می‌شود تا عدد خطر نسبی ناپایداری محاسبه گردد. با استفاده از اعداد به دست آمده و جدول ۲ کلاس خطر نسبی ناپایداری تعیین می‌شود و سپس نقشه پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ تهیه گردید.

جدول ۲- طبقه‌بندی پتانسیل خطر نسبی زمین‌لغزش مشتق شده از معادله کلی مدل (حائری-سمیعی، ۱۳۷۶)

اعداد به دست آمده از معادله	۰	۱-۳۰	۳۱-۱۲۰	۱۲۱-۴۸۰	۴۸۱-۱۷۵۰	۱۷۵۱-۷۵۰۰	>۷۵۰۰
طبقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
میزان خطر	بدون خطر	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	فوق‌العاده زیاد

۲-۳- مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مدل تحلیل سلسله مراتبی یک روش کمی-کیفی شامل یک ماتریس وزن دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین عوامل مؤثر است. این روش بر مبنای نظریات کارشناسی بنا شده است. برای این منظور ابتدا هفت عامل مؤثر در زمین لغزش براساس مدل حائری-سمیعی تعیین و سپس پرسشنامه‌ای براساس آن‌ها تهیه و برای کارشناسان ارسال می‌گردد. کارشناسان نیز به صورت زوجی عوامل را دو به دو مقایسه و یکی از وزن‌ها را انتخاب می‌کند. برای اطمینان از اینکه وزن‌ها با دقت و با توجه به شرایط منطقه داده شده‌اند، ضریب ناسازگاری محاسبه می‌شود که بیانگر دقت وزن دهی است. برای تلفیق وزن‌های داده شده از سوی کارشناسان، از وزن‌های داده شده مد (بیشترین عدد تکرار) یا میانگین هندسی گرفته می‌شود و وزن نهایی به دست می‌آید. این ماتریس در نهایت به نرم‌افزار Expert Choice وارد و در آنجا وزن نهایی برای هر عامل محاسبه می‌شود. این نرم‌افزار همچنین ضریب ناسازگاری را محاسبه می‌کند که اگر کمتر از ۰/۱ باشد قابل قبول بوده و در غیر این صورت، دوباره مقایسه انجام می‌شود. (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱).



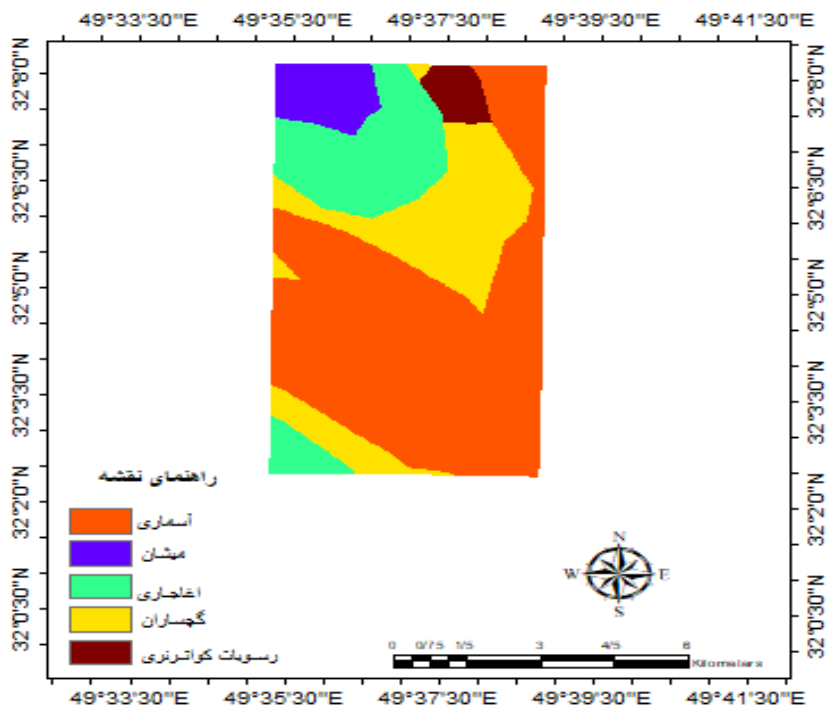
شکل ۲ - وزن نسبی معیارها در نرم‌افزار Expert Choice

۳- نتایج و بحث

با استفاده از روش حائری-سمیعی و مدل AHP، ۷ پارامتر لیتولوژی، زاویه شیب، طول گسل، عامل راه و رودخانه، عامل بارندگی، شدت بارندگی و زمین لرزه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج و خروجی‌های زیر به دست آمد و سپس نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش محدوده تهیه گردید.

۳-۱- لیتولوژی

شکل ۳ سازندها و سنگ‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد.



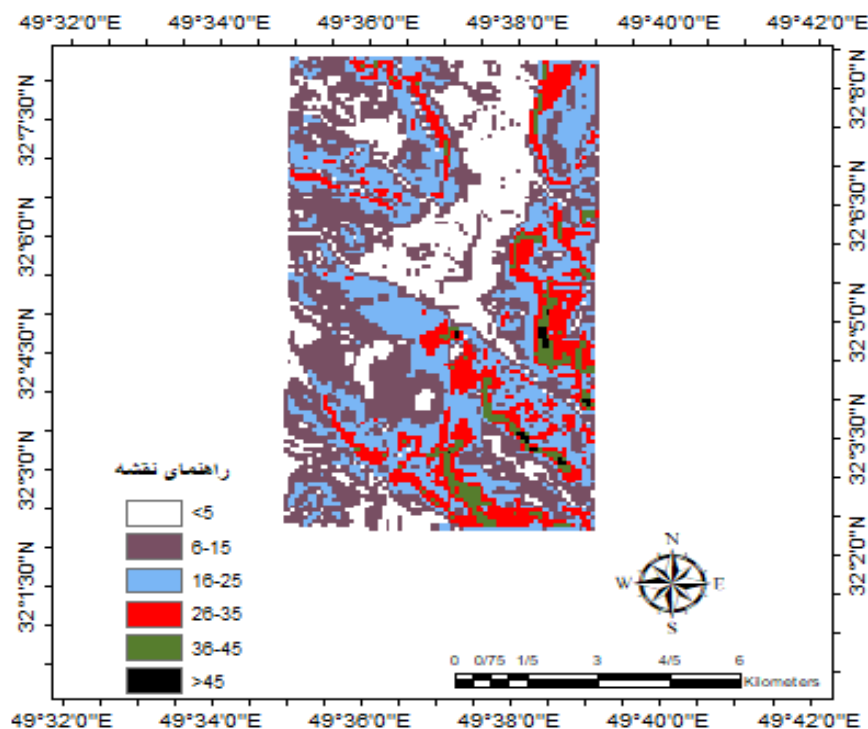
شکل ۳- نقشه لیتولوژی محدوده مورد مطالعه

۳-۲- زاویه شیب

بیشترین شیب منطقه مورد مطالعه، بین زوایای ۵ تا ۲۵ درجه است. شکل ۴ و جدول ۳ زوایای شیب و امتیاز و وزن مربوط در دو روش حائری-سمیعی و AHP را نشان می‌دهد.

جدول ۳- طبقات شیب در محدوده سد و وزن آنها براساس روش‌های استفاده شده (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱)

وزن طبقه در مدل AHP	تأثیر	وزن طبقه در مدل حائری-سمیعی	طبقات شیب
۹۸٪	بدون تأثیر	۰	۵-۰
۱۴۳٪	خیلی کم	۱	۱۵-۵
۱۲۴٪	کم	۲	۲۵-۱۶
۱۵۹٪	متوسط	۳	۳۵-۲۶
۲۴۰٪	زیاد	۴	۴۵-۳۶
۲۳۷٪	خیلی زیاد	۵	>۴۵



شکل ۴- نقشه زاویه شیب محدوده مورد مطالعه

۳-۳- طول گسل

محدوده مورد مطالعه دارای دو گسل است که یک گسل اصلی و گسل دیگر فرعی است. گسل‌ها در جنوب غربی منطقه واقع شده است. شکل ۵ و جدول ۴ و ۵ مشخصات گسل‌ها و امتیازات و وزن‌های آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مشخصات گسل‌های محدوده مورد مطالعه (سازمان زمین‌شناسی کشور)

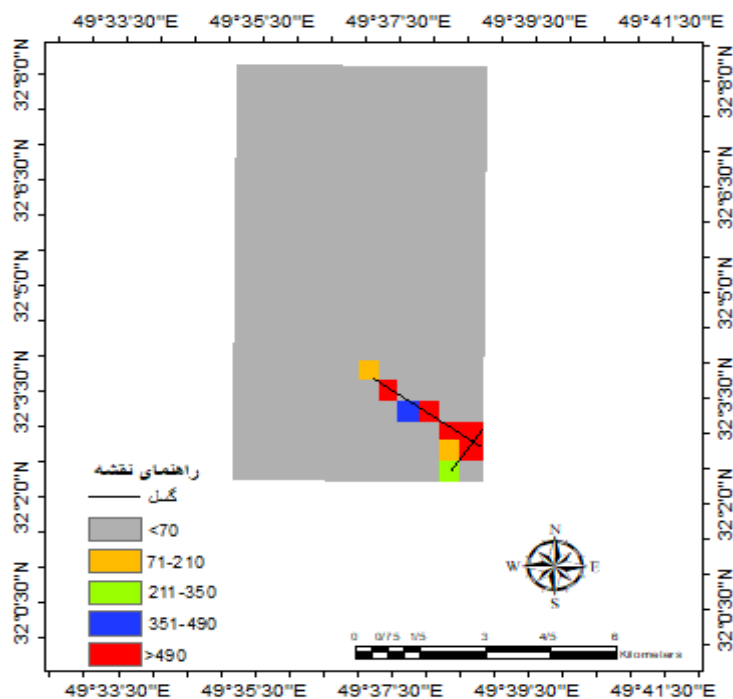
ویژگی‌ها	موقعیت	طول گسل	نوع گسل
فعال، تراستی و رورانده	جنوب غربی محدوده	km ^۳ /۹	اصلی
غیرفعال	جنوب غربی محدوده	km ^۱ /۳۱	فرعی

جدول ۵- تأثیر طول گسل در زمین‌لغزش در واحد شبکه با ابعاد ۰/۵ کیلومتر و وزن آن (مرادی و همکاران،

۱۳۹۱)

وزن براساس مدل AHP	وزن براساس مدل حائری-سمیعی	طول گسل
۰/۱۵۲	۱ کم	<۷۰
۰/۱۹۷	۲ نسبتاً کم	۲۱۰-۷۱

وزن براساس مدل AHP	وزن براساس مدل حائری-سمیعی	طول گسل
۰/۱۹۷	۳ متوسط	۳۵۰-۲۱۱
۰/۲۲۷	۴ نسبتاً زیاد	۴۹۰-۳۵۱
۰/۲۲۷	۵ زیاد	>۴۹۰



شکل ۵ - نقشه طول گسل محدوده مورد مطالعه

۳-۴ - طول راه و رودخانه

جدول ۶ مشخصات و وزن‌های طول راه و رودخانه را نشان می‌دهد.

جدول ۶- تأثیر طول رودخانه و راه در زمین‌لغزش در هر واحد شبکه با ابعاد ۰/۵ کیلومتر (مرادی و همکاران،

۱۳۹۱)

وزن AHP	وزن حائری-سمیعی	میزان تأثیر در زمین‌لغزش	طول رودخانه و راه هر واحد شبکه (متر)
۰/۸۴	۱	کم	<۱۴۰
۰/۱۰۹	۲	نسبتاً کم	۴۲۰-۱۴۱
۰/۱۹۳	۳	متوسط	۷۰۰-۴۲۱
۰/۲۶۹	۴	نسبتاً زیاد	۹۸۰-۷۰۱
۰/۳۴۴	۵	زیاد	>۹۸۰

۳-۵ - عامل بارندگی

براساس داده‌های بارش ماهیانه منطقه مورد مطالعه و با توجه به ضرایب بارندگی جهت تعیین وزن امتیاز عامل بارندگی محاسبه گردید. این عامل با جمع ضرایب مربوط به بارندگی هرماه و به دست آوردن مقدار تجمعی آن‌ها و با توجه به میزان تأثیر بارندگی ماهانه در ایجاد زمین لغزش به دست آمد. به دلیل بارش بسیار اندک در محدوده مورد مطالعه، این عامل، تأثیری در ایجاد لغزش در منطقه مورد پژوهش ندارد.

۳-۶ - شدت بارندگی

حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته محدوده را با دوره بازگشت‌های مختلف و میزان تأثیر شدت بارندگی برای مقدارهای مختلف حداکثر بارش ۲۴ ساعته منطقه با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به همراه ضرایب آن‌ها محاسبه و مشخص شد حداکثر بارش ۲۴ ساعته در محدوده سد شهید عباسپور با بازگشت ۱۰۰ ساله، ۱۰۸/۵ است. این عامل به مانند عامل بارندگی، تأثیری در ایجاد لغزش در محدوده مورد مطالعه ندارد.

۳-۷ - زمین لرزه

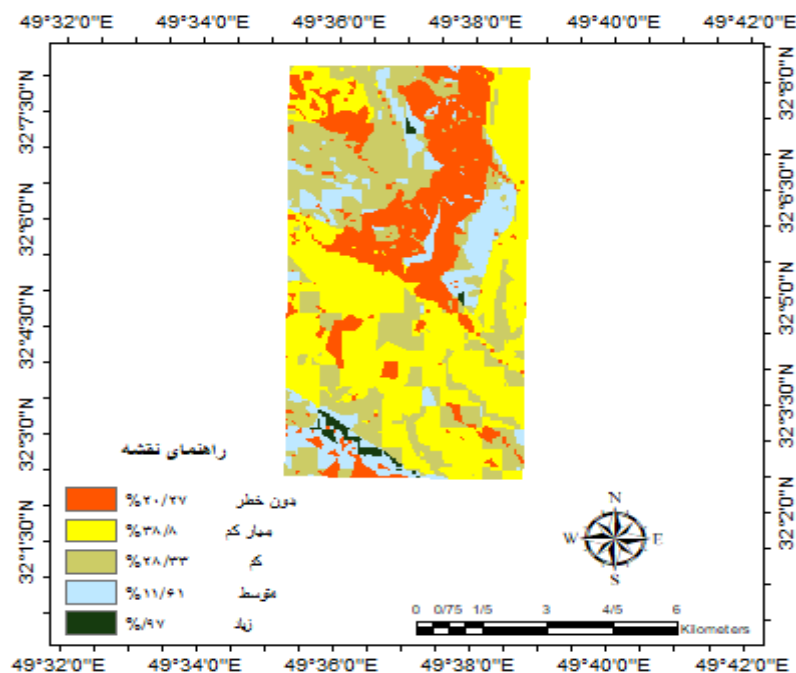
با استفاده از نقشه طرح کالبدی ملی ایران و جدول ۲۴ امتیاز مربوط به این عامل تعیین می‌شود که براساس نقشه کالبدی ملی ایران، محدوده مورد مطالعه دارای خطر نسبی بالا است.

۳-۸ - تهیه نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش حائری-سمیعی

جدول ۷ طبقه‌بندی پتانسیل خطر نسبی زمین لغزش با استفاده از معادله کلی مدل حائری-سمیعی را نشان می‌دهد و شکل ۶ نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، براساس مدل حائری-سمیعی است.

جدول ۷ - طبقه‌بندی پتانسیل خطر نسبی زمین لغزش از معادله کلی مدل حائری-سمیعی

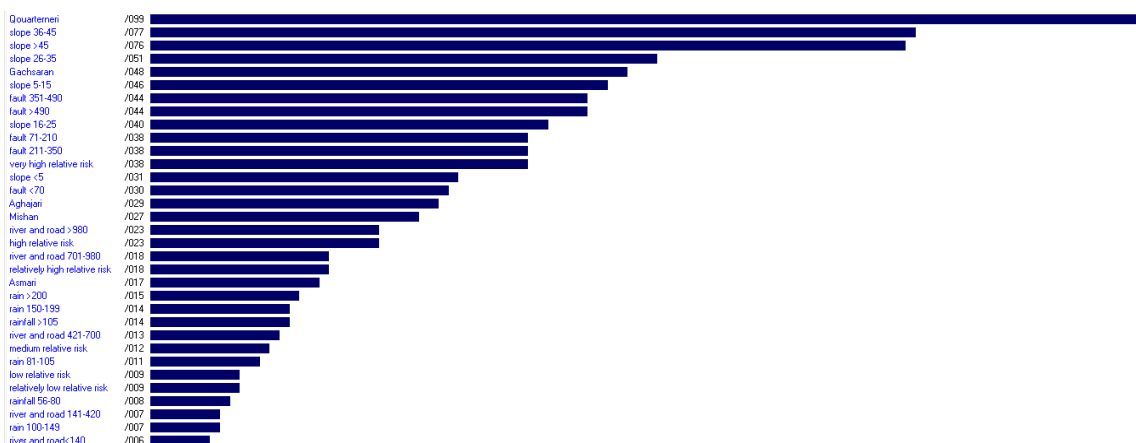
۱۴۰۰-۴۸۱	۴۸۰-۱۲۱	۱۲۰-۳۱	۳۰-۱	۰	اعداد به دست آمده از معادله
۵	۴	۳	۲	۱	طبقه
زیاد	متوسط	کم	بسیار کم	بدون خطر	میزان خطر



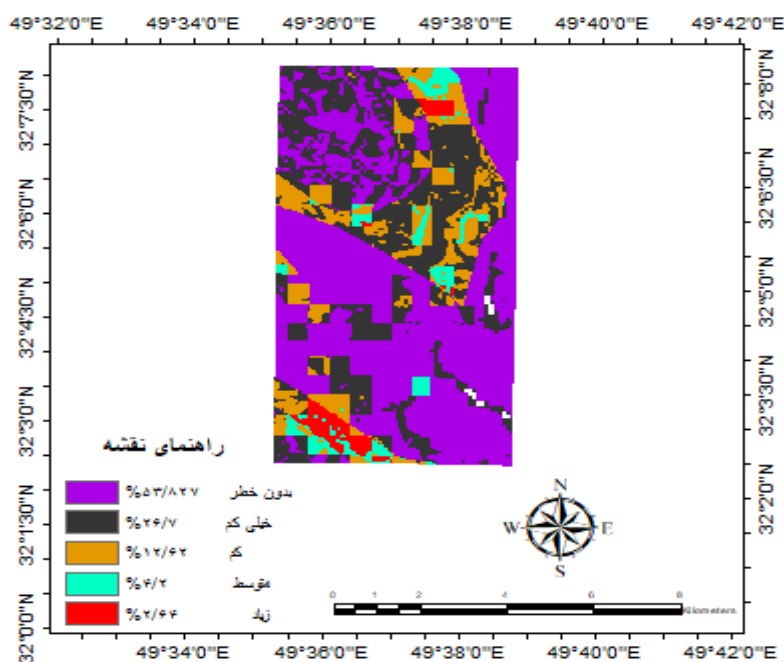
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش براساس مدل حائری-سمیعی

۳-۹- تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از مدل AHP، ابتدا براساس عوامل مؤثر در ایجاد لغزش، پرسشنامه‌ای تهیه و به کارشناسان مجرب که در زمینه زمین‌لغزش، پژوهش‌هایی انجام داده بودند، داده شد. پس از امتیاز دهی کارشناسان، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice وزن نهایی عوامل مؤثر تعیین گردید.



شکل ۷- نمایش گرافیکی وزن نهایی عوامل مؤثر بر خطر زمین‌لغزش با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP

۴- نتیجه‌گیری

پس از بررسی‌های به عمل آمده و انطباق نقشه‌های عوامل مؤثر، در ایجاد لغزش در مدل حائری-سمیعی، مهم‌ترین عامل زمین لغزش سنگ‌شناسی است. آبرفت‌های جوان کواترنری مشتمل بر پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های جوان بیشترین حساسیت در منطقه را برای ایجاد لغزش دارند. همچنین سازند گچساران به دلیل داشتن مارن، منطقه را مستعد ایجاد زمین لغزش کرده است؛ اما بیشتر منطقه به دلیل قرار گرفتن بر روی سازند آسماری و آغاجاری چندان مستعد لغزش نیست. از نظر زاویه شیب ۳۶-۴۵ بیشترین استعداد را برای ایجاد زمین لغزش دارند. منطقه دارای یک گسل اصلی و یک گسل فرعی است که هر دوی آن در قسمت کوچکی در جنوب غربی محدوده قرار دارند؛ بنابراین جنوب غربی را مستعد لغزش در این ناحیه کرده است. از نظر طول راه و رودخانه بیشترین راه‌ها در قسمت غرب واقع شده است و رودخانه از شمال به جنوب کشیده شده است. عوامل بارندگی و شدت بارندگی نیز به علت مقدار بسیار کم آن تأثیر چندانی در ایجاد لغزش در محدوده ندارد. کل محدوده مورد مطالعه از نظر زمین لرزه دارای خطر زیاد است که عامل مؤثر در ایجاد لغزش در منطقه است. از نظر مدل حائری-سمیعی ۲۰/۲۷٪ از مساحت منطقه دارای خطر بسیار کم، ۲۸/۳۳٪ خطر زیاد، ۱۱/۶۱٪ دارای خطر متوسط و ۰/۹۷٪ دارای خطر زیاد است. بخش‌های دارای خطر زیاد در جنوب غربی محدوده و بخش بسیار کوچکی در قسمت شمالی قرار دارند.

در مدل AHP نیز مانند مدل حائری-سمیعی بیشترین تأثیر در ایجاد لغزش در منطقه، عامل سنگ‌شناسی به دست آورده است. آبرفت‌های جوان کواترنری مشتمل بر پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های جوان، بیشترین حساسیت در منطقه را برای ایجاد لغزش دارند. در مناطقی که این آبرفت‌ها قرار دارند خطر لغزش زیاد است. سازند گچساران نیز پس از آبرفت‌های کواترنری، مقاومت بسیار کمی در برابر زمین‌لغزش دارند. از نظر زاویه شیب نیز مناطق واقع در زوایای شیب ۴۵-۳۶ مستعد ایجاد لغزش هستند. طول گسل و طول راه و رودخانه نیز، مانند آنچه که در مدل حائری-سمیعی بیان گردیده، است. عوامل بارندگی و شدت بارندگی به علت مقدار بسیار اندک آن، تأثیر چندانی در لغزش در منطقه ندارند. در مورد زمین‌لرزه نیز نتایج مانند مدل حائری-سمیعی است. به‌طور کلی از نظر مدل AHP ۵۳/۸۲۷٪ از مساحت محدوده بدون خطر است. ۲۶/۷٪ از مساحت منطقه دارای خطر خیلی کم، ۱۲/۶۲٪ خطر کم، ۴/۲٪ خطر متوسط و ۲/۶۴٪ از مساحت منطقه دارای خطر زیاد زمین‌لغزش است. بخش‌های دارای خطر زیاد در جنوب غربی و بخش بسیار کوچکی در شمال منطقه قرار دارد.

کتابنامه

- ایلانو، مریم و مقیمی، ابراهیم و ثروتی، محمدرضا و قهرودی تال، منیژه؛ ۱۳۹۸، پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای با استفاده از روش منطق فازی (مطالعه موردی حوضه آبریز سیرا). *نشریه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی. چشم‌انداز جغرافیا*. دوره ۵. شماره ۱۱. صص ۳۴-۱۹.
- آقاناتی، سیدعلی؛ ۱۳۸۵. *زمین‌شناسی ایران*. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور. تهران
- برزگر، فرح و مالکی، ابراهیم و قرشی، منوچهر و بربریان، مانوکل و معینی فر، علی‌اکبر و نادرزاده، احمد، ۱۳۷۶. *پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه*. مجموعه مطالعات طرح کالبدی ملی ایران. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران
- حائری، سیدمحسن و سمیعی، امیرحسین؛ ۱۳۷۶. روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیبدار در برابر خطر زمین‌لغزش با تکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان مازندران. *نشریه علوم زمین*. شماره ۲۳ و ۲۴.
- حسینی، حسین و قلی‌نژاد، محمدرضا و تهرانی مقدس، سیاوش؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر سقوط سنگ در دامنه‌های مشرف به مسیر خط راه آهن لرستان با استفاده از GIS. *نشریه علمی-پژوهشی امیرکبیر*. دوره ۴۵. شماره ۲. صص ۹۷-۱۰۴.
- حسین‌آبادی، مهدی و موسوی، سید مرتضی و ناظمی، محمد؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و زمین‌لغزش به روش منطق فازی در رشته‌کوه باقران (جنوب بیرجند). *فصلنامه جغرافیا و توسعه*. شماره ۵۵. صص ۴۷-۵۵.
- حسین زاده، سیدرضا و قربانی شورشانی، علی و نورمحمدی، علی محمد و رضاعارفی، محسن؛ ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی سد دولتی). *هیدروژئومورفولوژی*. شماره ۴. صص ۲۱-۳۸.

- سرکوبی فریدنی، نازیلا؛ ۱۳۹۵. پهنه‌بندی حساسیت خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه هراز (از امامزاده هاشم تا امامزاده علی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران و مرکزی. دانشکده ادبیات و علوم تاریخی. گروه جغرافیا
- صمدزاده، رسول؛ ۱۳۹۴. ارزیابی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در جاده اردبیل-سرچم. پژوهش‌های دانش زمین. سال ششم. شماره ۳۳. صص ۱۹-۳۳.
- عابدینی، موسی و یعقوب نژاد اصل، نازیلا؛ ۱۳۹۶. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در استان تهران با استفاده از مدل فازی. دوره ۶. شماره ۱۱. نشریه مدیریت بحران. صص ۱۴۵-۱۵۵
- غلامیان، حسین و فناطی رشیدی، رؤیا و سجادی، سیده‌ادی؛ ۱۳۹۴. مطالعه خاردارن میوسن (سازندمیشان) در برش گهره. شمال بندرعباس استان هرمزگان. نشریه علوم زمین. شماره ۹۸. صص ۷۳-۸۲.
- مکرم، مرضیه و شایگان، مهران؛ ۱۳۹۷. ارزیابی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با نوع لندفرم در محیط GIS. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال ششم. شماره ۴. صص ۱۷-۳۱.
- نیاسری، مهرداد و قبادی، محمد؛ ۱۳۸۳. نقش تکنیک در زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌های سنگی حوضه آبخیز شمال خوزستان. هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. شاهرود.

- Aksoy, B. Ercanoglu, M., 2012. Landslide identification and classification object based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Ckastamonu, Turkey), computers and Geosciences, 38. 92-97
- Anbalagan, R. Sharma, L. Tyagi, s., 1994. Landslide Road research laboratory report 1039. Transport and hazard zonation (LHZ) Mapping of a part of Doon valley, Garhwal Himalaya, India. In: proceedings Aspects Wollongong Australia pp 253-260
- Broeckx, J. Vanmaercke, M. Duchateau, R. poesen, j., 2018. A data-based Landslide map of Africa, Journal Earth Science Reviews DOI: 10-1016. Reference: Earth 2623 PII: S0012-3252(17)-30540-4
- Chawla, A- Chawla, s- pasupuleti, S-Rao, A- Sarkar, Dwivedi, R., 2018. Landslide susceptibility mapping in Darjeeling Himalayas, India, Hindawi, Article ID 6416492, 17 p.
- Classens, L. A. Knapen, M, G. Kitutu, J. poesen and Deckers, J, A., 2007. Modelling Landslide Hazard soil redistribution and sediment yield of Landslide on the Uganda footlopes of Mount Elgon. Geomorphology 4: 23-35
- Herrera, g. Mateos, R, M. Garcia, J, C. Grandjean. G. Poyiadji, E. Maflic, R. Filipcius, T, C. Auflic, M, J. Laszlopodolszki, J. Trigila, C. Raetzo, H. and Kocius, A., 2017. Landslide databases in the geological surveys of Europe, Springer 15: 359-379
- Highland, L, M. and Bobrowsky, P., 2008. The Landslide handbook: a guide to understanding Landslide, US Geological survey. 129 p.
- Komac, M., 2006. A Landslide suscepibility model using the Analytical Hierarchy process method and multi variate statistic in peralping Slovenia Geomorphology vol. 24 pp 17-28
- Li, Y. Ping, M., 2019. A unified Landslide classification system for Loess slopes: a critical review. Geomorphology, vol 340, pp. 67-83.
- Maa, J. Yingtao, Ch. He, Q. Shahabi, H. Shirzad, A. Shaojunlid, C. Wei, Ch. Wanga, H. Bian, H., 2019. Landslide spatial modelling using novel bivariate statistical based Noive Baves

- Rbf clasifer, and Rbf network machine learning algorithms, science of the total Environment. pp 1-15.
- Polleck, W. grant, A. Wartman, J. Abou Jaoude, G., 2019. Multimodal method for Landslide risk analysis. Journal methods x. 827-836.
- Pradhan, B., 2013. A comparative study on the predictive ability of decision tree, support vector machine and neuro-Fuzzy models in Landslide susceptibility mapping using GIS computer and Geosciences: 51:350-365
- Van westen, C, J. Rengers, N. and Soeters, R., 1993. Geographic Information system Applied to Landslide Hazard zonation mapping awareness and GIS in Europe, vol7 No5
- Wang, H. Jianmei, L. Bo, ZH. Zhou, Y. Yoan, Q. Chen, P., 2017. Application of a hybrid model of neural networks and genetic algoritms to evaluate Landslide susceptibility, geoenvironmental Disasters, 4: 15, Doi: 1786/s 40677-017-00765-y
- Yalcin, A. Reis, A, C. Aydinogla, X and Yomraliglu, T., 2011. A GIS-based comparative study of frequency vatio, analytical hirarchy process, bivariate statistics and Logistics regression methods for Landslide susceptibility mapping in trabazon NE Turkey catena 85: 274-287pp
- Zhou, CH. Lee, C, F. Li, J. and Xhou, Z,W., 2002. On the spatial relationship between Landslide and causative factors on lantua Island, Hongkong. Geomorphology, 43: 127-207