

با تعداد پیکسل خروجی ۵۷۳۳۵ وسیع‌ترین پهنه در منطقه است که مساحتی در حدود ۷۲/۸ درصد منطقه را پوشانده است. پهنه با خطر کم با تعداد پیکسل خروجی ۱۳۰۲، تقریباً ۱/۶ درصد منطقه و پهنه بی‌خطر با تعداد پیکسل ۳۸۰ کم وسعت‌ترین پهنه منطقه می‌باشد که در حدود ۰/۴ درصد منطقه را در برمی‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لغزش، خطر، روش سلسله مراتبی، دامنه جنوبی دماوند، مخاطرات ژئومورفولوژیک.

مقدمه

ژئومورفولوژی به‌طور کمی توزیع فضایی فرم‌های زمین و هم‌چنین فرآیندهای طبیعی و انسان‌شناسی مسئول تکامل سیمای سرزمین را توصیف می‌کند، از جمله محرک‌ها و واکنش‌ها مانند آب‌وهوا، نوع سنگ، شیب دامنه تپه یا مدیریت زمین [۶، ۷ و ۵] در برخی موارد، فعالیت‌های توسعه‌یافته با فرآیندهای ژئومورفولوژیکی تداخل منفی پیدا می‌کنند، یعنی از طریق حرکت القایی مواد (به‌عنوان مثال، رانش زمین)، بنابراین شرایطی را برای بی‌ثباتی سیمای سرزمین و تخریب اکوسیستم‌های خشکی و آبی ایجاد می‌کنند [۹]. با تأثیرگذاری بر سیمای سرزمین و اکوسیستم‌های وابسته به آن، تغییرات کاربری زمین به شاخص‌هایی در ارزیابی خطرات ژئومورفولوژیکی تبدیل می‌شود [۱۲]، و این رشته را به نقش اساسی در برنامه‌ریزی کاربری‌های بالقوه زمین [۳۰] و هم‌چنین در نظارت بر سیاست‌ها و طرح‌های آمایش سرزمین و اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن تبدیل می‌کند [۱۰]. کاربری زمین خلاصه‌ای از فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی جمعیتی است که در یک منطقه زندگی می‌کنند یا در حال فعالیت هستند، که یک عامل انسانی برجسته در شکل‌دهی سیمای سرزمین است [۱۵ و ۳۲].

مخاطرات ژئومورفولوژیکی در زمره‌ی فرآیندهای محیطی به شمار می‌روند که در سراسر جهان باعث اختلال جدی در فعالیت‌های انسانی می‌شوند در این رابطه پانیزا^۲ [۱۹] به مفهوم «لندفرم ناپایدار» اشاره کرد که به‌عنوان لندفرمی توصیف می‌شود که با محیط طبیعی در تعادل نیست و بنابراین تمایل دارد با تغییر خود به تعادل دست یابد. چنین تغییراتی ممکن است ایجاد مخاطره کند که می‌تواند افراد و دارایی‌ها را تهدید نماید [۲]. از آنجاکه مخاطرات طبیعی به‌راحتی

پهنه‌بندی مخاطرات و عوامل مؤثر بر حرکات توده‌ای دامنه جنوبی دماوند

مریم ایلانلو^۱

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

DOI: 10.22034/WMJ.2024.2023528.1054

چکیده

مخاطرات زمینی و ژئومرفیک از مخاطرات مهم طبیعی می‌باشند که سالانه خسارات جانی و مالی زیادی در کل کشورهای جهان و به‌ویژه ایران به بار می‌آورند. از این‌رو، مطالعه و تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات امروزه یکی از اولویت‌های هر کشور به شمار می‌آید. در این تحقیق به بررسی و پهنه‌بندی مخاطرات حرکات توده‌ای در دامنه‌های جنوبی دماوند پرداخته شده. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی در ابتدا به شناسایی عوامل مؤثر در بروز حرکات توده‌ای با استفاده از مبانی نظری و پیشینه تحقیق پرداخته شد. بدین ترتیب پارامترهای اقلیمی (بارش، دما، یخبندان) عامل انسانی (راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی)، پارامترهای توپوگرافی (شیب و ارتفاع و جهت شیب)، پارامترهای زمین‌شناسی (نوع سنگ، فاصله از گسل)، پارامترهای هیدرولوژی (فاصله از رودخانه) به‌عنوان متغیرهای اصلی شناسایی شدند. در این محدوده مجموعاً ۴۶ مورد زمین‌لغزش با استفاده از عکس‌های هوایی مشاهده شده که از این میان ۳۶ مورد از پلور تا رینه قرار دارد. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر نسبی حرکات توده‌ای در پژوهش حاضر، از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده خواهد شد. برای وزن‌دهی و مقایسه زوجی متغیرها و زیرمتغیرها با یکدیگر از نظرت ۳۰ خبره و کارشناس استفاده گردید. در نهایت منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش سلسله‌مراتبی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای در پنج پهنه خیلی خطرناک، خطرناک، با خطر متوسط، کم خطر و بی‌خطر تهیه گردید. منطقه خیلی خطرناک با تعداد پیکسل خروجی ۳۷۷۳ تقریباً ۴/۸ درصد منطقه را در برمی‌گیرد. پهنه خطرناک با تعداد پیکسل خروجی ۱۵۷۷۹، ۲۰ درصد منطقه را در بر گرفته است. پهنه با خطر متوسط

2. Panizza
3. unstable landform

۱ - استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
maryamilanloo@yahoo.com

قابل پیش‌بینی نیستند، دولت‌ها و افراد می‌بایست میزان ریسک را ارزیابی نموده و برای کاهش اثرات آن از آمادگی لازم برخوردار باشند و کاهش اثر^۱ به آمادگی در برابر مخاطرات و کاهش خسارات آن اطلاق می‌گردد [۱ و ۲۶].

ارزیابی خطرات ژئومورفولوژیکی بیش‌تر از طریق پهنه‌بندی و نقشه‌برداری انجام می‌شود [۱۴ و ۳۱]. به‌طورکلی، فرآیند پهنه‌بندی با تعیین تقسیمات فرعی در یک منطقه هدف، به‌عنوان مثال زیر حوضه‌های یک حوضه رودخانه گردآوری داده‌های ژئومورفولوژیکی آغاز می‌شود [۲۳]. و تعیین پارامترهای خطر در هر زیر بخش بر اساس تجزیه و تحلیل توپوگرافی و تغییر شکل سنگ همراه با ارزیابی کاربری اراضی و مدیریت خاک انجام می‌پذیرد. بنابراین، تعریف کافی از درز و شکاف‌ها برای درک نحوه رفتار سنگ‌ها و خاک‌ها در مواجهه با تغییرات کاربری زمین کلیدی است، یعنی اگر تغییرات باعث بی‌ثباتی دامنه‌ها شود، پیش‌بینی شیوه‌های مدیریت پایدار را امکان‌پذیر می‌سازد [۳، ۴ و ۱۸]. از سوی دیگر، اجرای آن رویه‌ها در خاک‌ها می‌تواند به‌طور قابل توجهی بی‌ثباتی را کاهش دهد و از وقوع مخاطرات جلوگیری کند. پس از تنظیم درز و شکاف‌ها، تقسیمات فرعی با توجه به پارامترهای ریسک مختلف مقایسه می‌شوند. درنهایت، تخصیص یا ممنوعیت کاربری‌ها به‌منظور به حداقل رساندن خطرات ژئومورفولوژیکی شناسایی شده و نقشه‌برداری انجام می‌شود [۲۸ و ۲۰]. به‌طورکلی، پهنه‌بندی و نقشه‌برداری از خطرات ژئومورفولوژیکی امکان مدیریت بهتر سیمای سرزمین و همچنین توسعه طرح‌های آمایش سرزمین مؤثر را برای دستیابی به جلوگیری از تخریب زمین و ناپایداری ژئومورفولوژیکی ناشی از بهره‌برداری و استفاده از منابع طبیعی فراهم می‌کند [۱۹]. در این زمینه مطالعات زیادی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها در ذیل اشاره می‌گردد:

مددی و پیروزی [۱۷] به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه بالادست سد یامچی استان اردبیل، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره MARCOS و CODAS پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد، به ترتیب؛ عوامل شیب، کاربری اراضی و لیتولوژی، به ترتیب با ضریب وزنی ۰/۱۴، ۰/۱۳ و ۰/۱۲، در وقوع زمین‌لغزش حوضه، بیش‌ترین وزن و اهمیت را دارند رضائی مقدم و همکاران [۲۵] به مدل‌سازی حرکات توده‌ای و مدیریت مناطق حساس به‌وقوع این حرکات، با استفاده از الگوریتم‌های آماری و شبکه عصبی (مطالعه موردی: حوضه آبریز اوجان‌چای) پرداختند. نتایج مدل‌ها نشان داد درصد پهنه‌هایی با خطر بسیار بالا در مدل شبکه‌ی عصبی و رگرسیون لجستیک به ترتیب ۱۰/۳۲ و ۵/۰۶ درصد می‌باشد که عمدتاً محدوده‌های را شامل می‌گردد که از لحاظ لیتولوژی این مناطق در محدوده‌هایی با میزان مقاومت پایین قرار گرفته‌اند. رحیمی‌هرآبادی و مجیدی‌راد [۲۴] به مخاطرات ژئومورفولوژیکی؛ با تأکید بر ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات زمین‌لغزش در منطقه

رودبار پرداختند. این نوشتار تلاش دارد به ارزیابی و پهنه‌بندی حساسیت خطر زمین‌لغزش در سکونتگاه‌های منطقه رودبار بپردازد. به همین منظور با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه و تعیین معیارهای پیشنهادی مبتنی بر بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای در وقوع خطر زمین‌لغزش شهری، این معیارها در دو خوشه اصلی مخاطرات طبیعی و زیست‌محیطی طبقه‌بندی گردید. در مرحله بعد با تهیه لایه‌های اطلاعاتی از عناصر مزبور و ارزش‌گذاری آن‌ها، این لایه‌ها در محیط ARCGIS مورد تحلیل قرار گرفت و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده کنترل‌کننده رودبار با درجات خطر کم (۴ درصد)، متوسط (۷۱ درصد) و بالا (۲۵ درصد) تعیین گردید که نشان‌دهنده تسلط فرایندهای مخاطره‌زا در محدوده شهری است. در گام پایانی به‌منظور کاربردی نمودن و فهم عمیق یافته‌ها، نقشه خروجی در سطوح هرم‌نوتیک متن و ذهن فعال مورد تفسیر هرم‌نوتیک قرار گرفت. شاهکویی و همکاران [۲۸] به پهنه‌بندی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زیر حوضه گرگانرود شهرستان گرگان) پرداختند. نتایج به‌دست آمده در نقشه نهایی نشان‌دهنده آن است که طبقه ۵ با ضریب رانش بالا ۱۵ درصد از کل مساحت منطقه، طبقه ۴ با ضریب لغزش زیاد ۱۹ درصد، طبقه ۳ با ضریب متوسط ۳۵ درصد، طبقه ۲ با ضریب کم ۲۲ درصد، طبقه ۱ با ضریب خیلی کم ۸ درصد را به خود اختصاص داده‌اند در نتیجه بالغ‌بر ۳۴ درصد از کل منطقه در معرض لغزش شدید قرار دارد.

پیرا^۲ و همکاران [۲۱] به پهنه‌بندی خطر ژئومورفولوژیکی برای پیش‌بینی خطرات سدهای باطله: مطالعه‌ای در منطقه معدنی برومادینیو، میناس گرایس، برزیل پرداختند. به‌طورکلی، این مطالعه شکنندگی مربوط به جغرافیای سدهای باطله را نشان داد، که به ریز حوضه مورد مطالعه محدود نمی‌شود، زیرا ده‌ها سد باطله فعال در حوضه اصلی (حوضه رودخانه Paraopeba) وجود دارد که می‌توانند از نظر ژئومورفولوژیکی نیز آسیب‌پذیر باشند. خطرات هیدرولوژیکی وابسته مانند فرسایش شدید، برش دره یا سیل ناگهانی. بنابراین توجه به این موضوع برای جلوگیری از تراژدی‌های آینده مربوط به شکستن سدهای باطله، در حوضه رودخانه Paraopeba یا جاهای دیگر، با استفاده از مدل چارچوب پیشنهادی به‌عنوان راهنما ضروری است. ژانگ^۳ و همکاران [۳۳] به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با ادغام وزن مدل شواهد و نتایج InSAR، غرب استان هوبی، چین پرداختند. در این پژوهش یک رویکرد ارزیابی جدید LS با ادغام مدل وزن شواهد [WOE] و نتایج InSAR پیشنهاد شد. ابتدا GDM منطقه مورد مطالعه از طریق فرآیند InSAR به دست آمد. در همین حال، یک نقشه LS اولیه با استفاده از مدل WOE تولید شد. پس از آن، نقشه LS با GDM همراه شد تا یک منطقه‌بندی تصفیه‌شده و شناسایی خطرات زمین‌لغزش ایجاد شود. روش پیشنهادی در انشی،

2. Pereira
3. Zhang

1. Mitigation

آن‌ها، پهنه‌بندی خطر وقوع آن‌ها جهت کنترل و تثبیت آن‌ها در این محدوده می‌تواند تا حد زیادی از بروز خسارات جانی و مالی و زیست‌محیطی در آینده بکاهد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

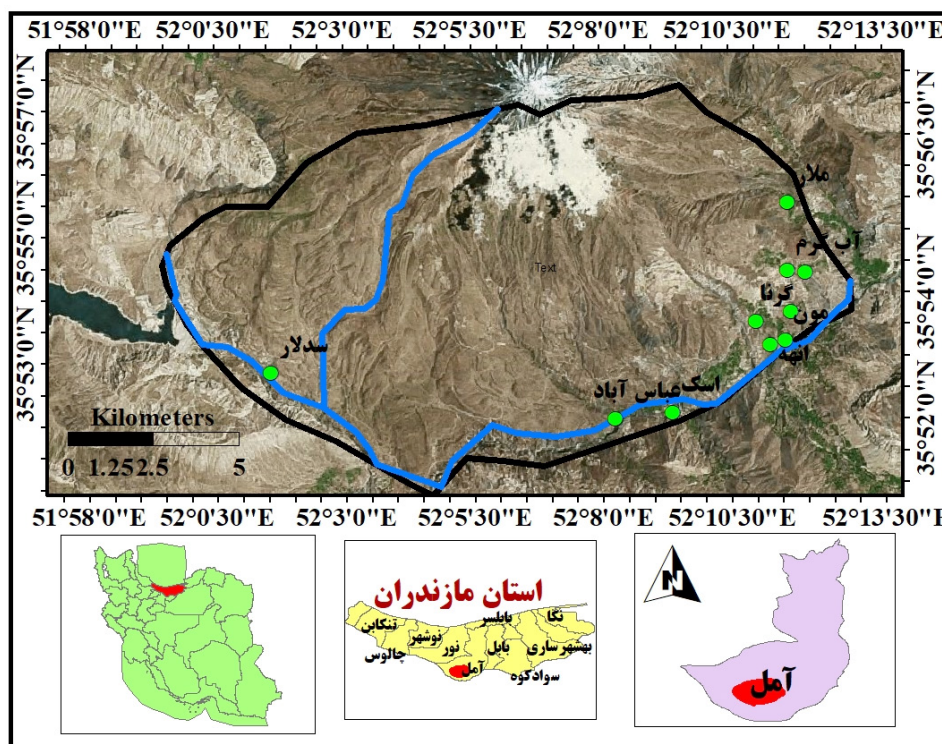
مخروط آتش‌فشان دماوند در شرق تهران و ۶۰ کیلومتری (فاصله هوایی) آن واقع شده است. نزدیک‌ترین شهرها به مخروط آتش‌فشان دماوند به ترتیب عبارت‌اند از: رینه (در دامنه جنوبی)، پلور، دماوند، فیروزکوه (در شرق آن) کوه دماوند در استان مازندران، شهرستان آمل و بخش لاریجان واقع شده (شکل ۱).

گسترش گدازه و مواد آذرآواری دماوند به ۴۰۰ کیلومترمربع می‌رسد، ارتفاع قله آتش‌فشانی دماوند از سطح دریا ۵۶۱۰ متر است. دو مسیر برای صعود به قله وجود دارد، یکی مسیر جنوب‌خاوری که به نسبت مسیر آسانی است و دیگری در جهت شمالی است که صعود از طریق آن بسیار مشکل و خطرناک است. چند پناهگاه برای صعود کوهنوردان در این مسیرها برپا شده است که بالاترین آن‌ها در ارتفاع ۵۰۰۰ متری جای دارد، زمستان‌های منطقه دماوند بسیار سرد، همراه با یخبندان و تابستان‌های آن معتدل است. در بیش‌تر ماه‌های سال، قله آتش‌فشان دماوند پوشیده از برف است. مناسب‌ترین ماه برای صعود به قله، مردادماه است. بخشی از سفیدی قله دماوند که در مردادماه قابل مشاهده است متعلق به گوگردهای متصاعد شده از دهانه مخروط است.

عمده حرکات توده‌ای به وقوع پیوسته در منطقه در امتداد جاده‌ها مخصوصاً جاده هراز می‌باشد. مشهورترین این حرکات، زمین‌لغزش

چین اعمال شد و AUC بالاتر ۰/۸۶۹ به دست آورد. علاوه بر این، دقت سطح حساسیت خطرات زمین‌شناختی یافته شده در بررسی میدانی منطقه مورد مطالعه بهبود یافت، که نشان می‌دهد نقشه LS تولید شده با استفاده از روش پیشنهادی نسبت به خطرات زمین‌لغزش حساس‌تر بوده و نتایج دقیق‌تری تولید می‌کند.

دامنه‌های جنوب دماوند به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد بروز مخاطرات ژئومورفولوژیک به خصوص حرکات توده‌ای و زمین‌لغزش‌هاست. ساختار زمین‌شناسی و شکل‌شناسی البرز، وجود ناهمواری‌های پرشیب، توان بالای لرزه‌خیزی و وجود گسله‌های فعال به همراه بارش قابل توجه در این ناحیه باعث می‌شود که استعداد وقوع حرکات توده‌ای در این منطقه بالا باشد. بررسی‌های مقدماتی جهاد سازندگی استان تهران تاکنون وقوع چندین صد زمین‌لغزه را در این استان گواهی می‌دهد اما با این وجود هنوز برآورد کامل و دقیقی از تعداد و میزان خسارات حرکات توده‌ای صورت نگرفته است. لذا در پژوهش حاضر سعی بر آن است که پس از شناسایی این نوع مخاطرات ژئومورفولوژیک، عوامل مؤثر بر ایجاد آن و وضعیت رخداد آن‌ها از نظر زمانی و دامنه وسعت آن‌ها و محل وقوع آن‌ها در دامنه جنوبی کوه دماوند مورد بررسی قرار گیرد تا شاید بتوان به ارائه راهکارهای اجرایی مناسب جهت کاهش آسیب‌ها و یا حتی خنثی نمودن اثرات آن‌ها دست‌یافت تا بدین طریق بتوان به برنامه‌ریزان و مسئولین مربوطه یاری رساند. مخاطرات ژئومورفولوژیک هر یک طی فرآیند پیچیده‌ای تحت تأثیر عوامل مختلفی رخ می‌دهند، بنابراین بررسی و پژوهش بر روی این مخاطرات، دلایل وقوع



شکل ۱: موقعیت دامنه جنوبی دماوند

آب اسک و امامزاده علی می‌باشد. از آنجایی که این مسیر از مناطق پرتردد کشور است در نتیجه امکان بروز این پدیده در منطقه موردنظر بسیار زیاد می‌باشد (شکل ۲ و ۳) [۲۷].

زمین لغزش امامزاده علی: لغزش امامزاده علی در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه ۵۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه و ۵۲ درجه ۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی می‌باشد و طی این حادثه بیش از ۶۰۰ متر از جاده هراز، یک روستای بیلاقی ۱۵ خانواری خالی از سکنه به نام پشتک، زائرسرا و بقعه ۳ امامزاده، ۴ باب مغازه، یک رستوران و ۱۵ اصله ستون انتقال برق تخریب شد و نیز خساراتی به ۱۰ استخر پرورش ماهی سردابی هراز خسارت وارد آمد. متأسفانه در طی سال‌های اخیر رانش زمین در منطقه بخصوص

در امتداد جاده‌های خاکی منطقه زیاد شده است. چرای بیش از حد، با از میان بردن پوشش گیاهی، موجب فرسایش خاک می‌شود. با توجه به این که عمق مفید خاک در دماوند بسیار ناچیز است و لایه‌های زیرین آن به‌طور عمده از خاکستر و سنگ‌های آتشفشانی تشکیل شده، آسیب‌پذیری آن بسیار زیاد است. در ۱۵-۱۰ سال گذشته بارها دیده شده که بارش باران یا ذوب برف‌ها در بهار موجب روان شدن سیل یا «بهمن‌های» پردامنه از گل‌ولای شده و موجب گل‌آلود شدن رودخانه‌ها و حتی سد شدن مسیر رود هراز شده است. فرسایش خاک اثر تشدیدکننده‌ای بر رانش و زمین‌لغزش در منطقه‌ی پر زمین‌لرزه‌ی دماوند دارد [۲۷].



شکل ۲: نمای بالایی از لغزش امامزاده علی در دامنه جنوبی دماوند [۲۷]



شکل ۳: ریزش کوه در جاده هراز در دامنه جنوبی دماوند [۲۷]

روش تحقیق

این تحقیق به لحاظ ماهیت توصیفی - تحلیل می‌باشد. و به لحاظ داده کیفی و به لحاظ هدف کاربردی می‌باشد. پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در دامنه جنوبی دماوند از طریق نرم‌افزار Arc Gis انجام شد. در ابتدا بر اساس مبانی نظری و پیشینه تحقیق به شناسایی متغیرها و عوامل مؤثر در بروز مخاطرات پرداخته شده (شکل ۵). بدین ترتیب پارامترهای اقلیمی (بارش، دما، یخبندان)، عامل انسانی (راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی)، پارامترهای توپوگرافی (شیب و ارتفاع و جهت شیب)، پارامترهای زمین‌شناسی (نوع سنگ، فاصله از گسل)، پارامترهای هیدرولوژی (فاصله از رودخانه) به‌عنوان متغیرهای اصلی شناسایی شدند. در این محدوده مجموعاً ۴۶ مورد زمین‌لغزش با استفاده از عکس‌های هوایی مشاهده شده که از این میان ۳۶ مورد از پلور تارینه قرار دارد. فایل‌های رقومی هر یک از این متغیرها در محیط نرم‌افزار Arc/Map 4/10 تهیه گیرد. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر نسبی حرکات توده‌ای در پژوهش حاضر، از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. در این روش برای هر یک از مقادیر و دامنه‌های مختلف، وزن و امتیازی به دست می‌آید که جمع جبری این امتیازها، وزن‌ها، خطر نسبی وقوع حرکت توده‌ای را مشخص خواهد کرد. پس از آن که معادله‌های آماری پیش‌بینی خطر

نسبی وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی برآورد گردید، مجدداً در محیط نرم‌افزاری ایدرسی، این معادلات برای کل حوضه برون‌یابی شده و نقشه‌های خطر نسبی وقوع مخاطرات با دامنه صفر تا ۵ تهیه می‌گردد. این نقشه‌ها نهایتاً می‌تواند به درجات مختلفی از خطر نسبی کم تا زیاد پهنه‌بندی شود. برای وزن‌دهی و مقایسه زوجی متغیرها و زیرمتغیرها با یکدیگر از نظرت ۳۰ خبره و کارشناس رشته جغرافیا با مدرک کارشناسی ارشد و دکتری استفاده گردید.

نتایج و بحث

در گام اول: درخت سلسله‌مراتبی متغیرها بر اساس مدل AHP ترسیم گردیده است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را می‌توان در چهار مرحله ۱- ترسیم و تشریح درخت سلسله‌مراتبی، ۲- مقایسه زوجی عناصر سلسله‌مراتبی، ۳- محاسبه وزن‌های اهمیت نسبی معیارها، ۴- سازگاری سیستم، ترسیم و اجرا کرد.

درخت سلسله‌مراتبی متغیرها در جدول ۱ نشان داده شده است. ۲. در گام بعدی پس از ایجاد درخت سلسله‌مراتبی برای معیارها و زیر معیارها پرسشنامه‌ای تهیه شد و نظرات تعدادی از کارشناسان مرتبط در این زمینه جهت تعیین درجه اهمیت معیارها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر به‌صورت ماتریس‌های مقایسه زوجی هر معیار



شکل ۴: فاکتورهای مرتبط و مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای

جدول ۱: درخت سلسله‌مراتبی حرکات توده‌ای دامنه جنوبی دماوند

فاکتور	معیار	زیر معیار
زمین‌شناسی	سنگ‌شناسی گسل	سنگ‌های آتش‌فشانی گروه اول، گروه دوم، گروه سوم > ۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰، < ۵۰۰
توپوگرافی	شیب ارتفاع	< ۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، ۵۰-۶۰، ۶۰-۷۰ > ۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۳۵۰۰، ۳۵۰۰-۴۰۰۰، ۴۰۰۰-۴۵۰۰، > ۴۵۰۰
هیدرولوژی	جهت دامنه رودخانه	شمال، شرق، جنوب، غرب، شمال غرب، شمال شرق، جنوب غرب، جنوب غرب وز، جنوب غرب وز، > ۷۰۰، ۷۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۱۵۰، ۱۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۵۰، < ۵۰
کاربری اراضی	پوشش گیاهی جاده	جنگل، مرتع مناسب، مرتع، باغ، زمین‌های بایر، مناطق مسکونی > ۷۰۰، ۷۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۱۵۰، ۱۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۵۰، < ۵۰
	مناطق مسکونی	> ۸۰۰، ۸۰۰-۶۰۰، ۶۰۰-۴۰۰، ۴۰۰-۲۰۰، < ۲۰۰
	بارش	بیش‌تر از ۴۵۴ میلی‌متر، ۴۵۴ تا ۳۱۵، کم‌تر از ۳۱۵ میلی‌متر
اقلیم	برف و یخبندان درجه حرارت	بیش‌تر از ۲۵۰۰، ۲۵۰۰ تا ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰، کم‌تر از ۱۰۰۰ بیش‌تر از ۱۴ سانتی‌گراد، ۱۴ تا ۷، ۷ تا ۴، کم‌تر از ۴ سانتی‌گراد

جدول ۲: ماتریس و مقدار عددی مربوط به هریک از عوامل ۵ گانه مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای دامنه جنوبی دماوند [سطح ۱]

عامل	زمین‌شناسی	توپوگرافی	کاربری اراضی	اقلیمی	هیدرولوژی
زمین‌ساختی	۱	۲	۳	۴	۵
توپوگرافیک	۱/۲	۱	۲	۳	۴
کاربری اراضی	۱/۳	۱/۲	۱	۳	۴
اقلیمی	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲
هیدرولوژی	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱
مجموع	۲/۲۸	۴/۰۸	۶/۷۵	۱۱/۵	۱۶

جدول ۳: ماتریس و مقادیر میانگین حسابی محاسبه‌شده ضریب وزن هر یک از عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای در دامنه جنوبی دماوند [سطح ۱]

عامل	زمین‌شناسی	توپوگرافی	کاربری اراضی	اقلیمی	هیدرولوژی	میانگین
زمین‌شناسی	۰/۴۳۸	۰/۴۹۰	۰/۴۴۴	۰/۳۴۷	۰/۳۱۲	۰/۴۰۶
توپوگرافیک	۰/۲۱۹	۰/۲۴۵	۰/۲۹۶	۰/۲۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۴
کاربری اراضی	۰/۱۴۴	۰/۱۲۲	۰/۱۴۸	۰/۲۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۳۴
اقلیمی	۰/۱۰۹	۰/۰۸۰	۰/۰۷۴	۰/۰۸۶	۰/۱۲۵	۰/۱۱۹
هیدرولوژی	۰/۰۸۷	۰/۰۶۱	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۶۲	۰/۰۸۲

این لایه‌ها به صورت رقوم سیستم اطلاعات جغرافیایی شده و هر یک از لایه‌ها بر اساس نحوه تأثیر در وقوع مخاطرات قرار گرفته و آماده‌سازی گردیدند.

تهیه نقشه‌های فاکتور

در رابطه با عوامل زمین‌ساختی، به‌طور کلی دو متغیر وارد محاسبات گردید. معیار سنگ‌شناسی یک متغیر کیفی است، که تأثیر بسیار زیادی در وقوع حرکات دامنه‌ای دارد. این معیار به سه زیر معیار تقسیم شده است، که شامل گروه اول، گروه دوم و گروه سوم می‌شود.

زیر معیار در دامنه یک تا نه اخذ گردید. پس از وزن‌دهی باید وزن‌ها را نرمالیزه کرد. به‌منظور نرمالیزه کردن، می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد؛ در این مدل، از تقسیم هر وزن، بر مجموع وزن‌های همان ستون استفاده شده است.

۳- پس از اخذ پرسشنامه‌ها جهت محاسبه درجه اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها ابتدا میانگین هندسی برای هر یک از سلول‌های ماتریس مقایسه زوجی محاسبه و سپس درجه اهمیت (وزن) معیارها با استفاده نرم‌افزار Eepert Choice محاسبه شد.

۴- در مرحله بعد با تأمین لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر معیار،

جدول ۴: ماتریس و مقدار عددی مربوط به هر یک از عوامل ۱۲ گانه مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای در دامنه جنوبی دماوند [سطح ۲]

عامل	سنگ	شیب	جاده	پوشش گیاهی	گسل	بارش	ذوب برف	ارتفاع	جهت دامنه	رودخانه	دما	مناطق مسکونی
سنگ	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۶	۶	۸	۹
شیب	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۷	۹
فاصله از جاده	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۵	۵	۶	۸
پوشش گیاهی	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۸
فاصله از گسل	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۷
بارش	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۶
ذوب برف	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۴	۵
ارتفاع	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۲	۲	۳	۵
جهت دامنه	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۳	۴
فاصله از رودخانه	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۳
دما	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۳
فاصله از مناطق مسکونی	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱
جمع	۳/۸۰۵	۵/۶۰۱	۷/۵۹۵	۱۱/۴۳۵	۱۳/۳	۱۷/۰۷	۲۰/۷۸	۲۶/۵۸	۳۲/۰۸	۳۷/۸۳	۴۷/۳۳	۶۸

جدول ۵: ماتریس و مقادیر میانگین حسابی محاسبه شده ضریب وزن هر یک از عوامل مؤثر در رخداد حرکات توده‌ای در دامنه جنوبی دماوند [سطح ۲]

عامل	سنگ	شیب	جاده	پوشش گیاهی	گسل	بارش	ذوب برف	ارتفاع	جهت دامنه	رودخانه	دما	مناطق مسکونی
سنگ	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۶۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۵۸	۰/۱۶	۰/۱۳۲
شیب	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۲۶۲	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۳۲	۰/۱۴	۰/۱۳۲
فاصله از جاده	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۷۴	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۳۲	۰/۱۲	۰/۱۱۷
پوشش گیاهی	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸۷	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰	۰/۱۱۷
گسل	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴۳	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۰۵	۰/۰۸	۰/۱۰۲
بارش	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷۹	۰/۰۸	۰/۰۸۸
ذوب برف	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷۹	۰/۰۸	۰/۰۷۳
ارتفاع	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶	۰/۰۷۳
جهت دامنه	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵۲	۰/۰۶	۰/۰۵۸
فاصله از رودخانه	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲۶	۰/۰۴	۰/۰۴۸
دما	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰/۰۴۸
مناطق مسکونی	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۳۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴

حرکت توده‌ای یک رابطه مستقیم است، یعنی هرچه ارتفاع بیش‌تر باشد خطر وقوع حرکت توده‌ای نیز بیش‌تر است، بخصوص در رابطه با حرکات جریانی که معمولاً در ارتفاعات بیش‌تر رخ می‌دهند. معیار جهت دامنه نیز به نه زیر معیار شمال، شرق، جنوب، غرب، شمال غرب، شمال شرق، جنوب غرب، جنوب شرق، هموار و پست تقسیم می‌شود. در دامنه‌های رو به غرب و شمال به دلیل اینکه ماندگاری بیش‌تر خطر وقوع حرکات توده‌ای نیز بیش‌تر می‌شود. عامل هیدرولوژی یکی دیگر از عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای می‌باشد. این عامل به معیار فاصله از رودخانه تقسیم شده است. رودخانه‌های سبب زیر شویی دامنه‌های می‌شوند و خطر احتمال وقوع حرکات توده‌ای را افزایش می‌دهند. معیار رودخانه به هفت زیر معیار تقسیم شده است، که شامل 50، $100-50$، 100 -

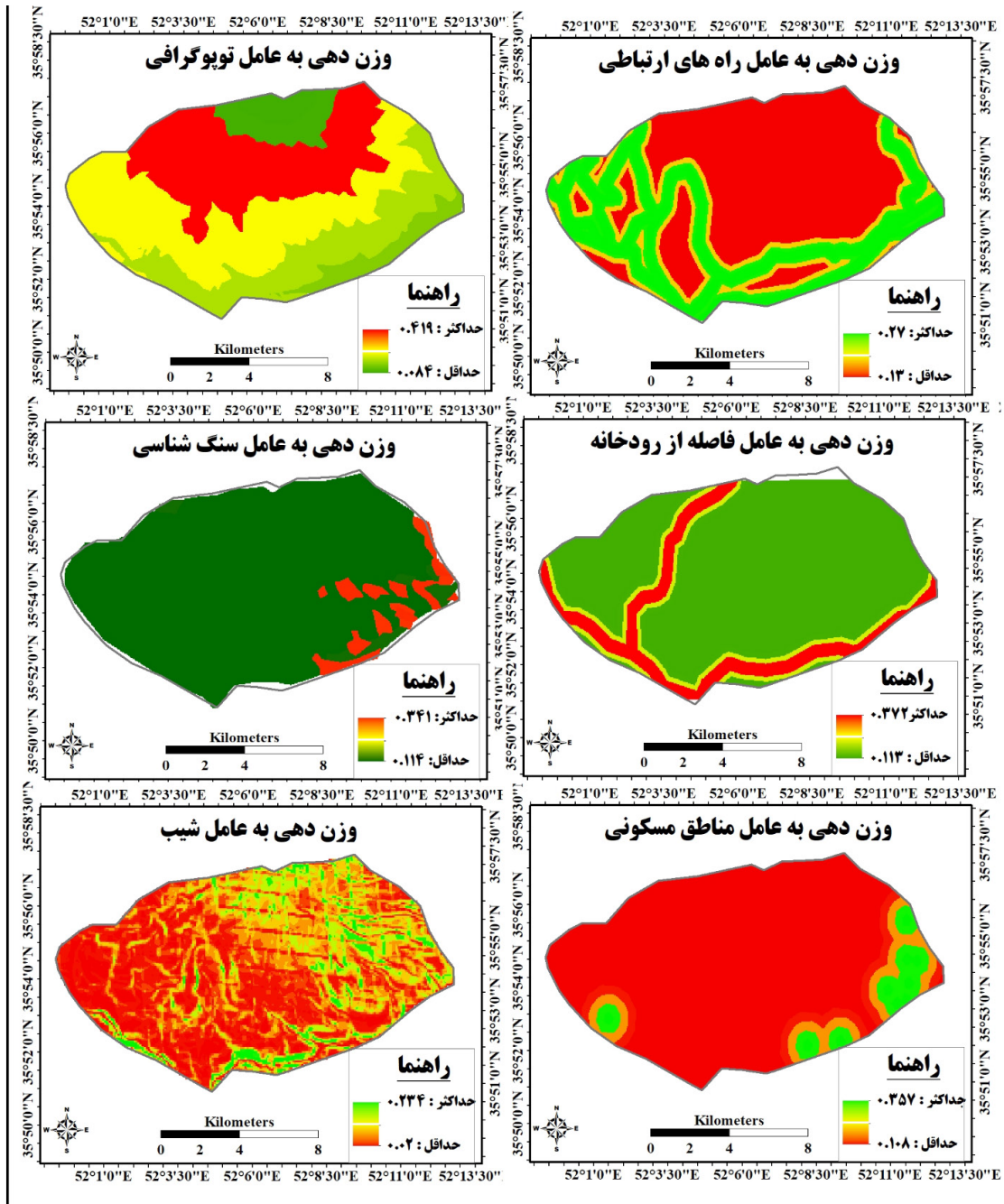
دیگر معیار، عامل زمین‌ساختی، گسل است. رابطه بین گسل و وقوع حرکت دامنه‌ای یک رابطه معکوس است. یعنی هرچه به گسل نزدیک‌تر می‌شود، خطر وقوع حرکات توده‌ای نیز بیش‌تر می‌شود. این معیار به ۵ زیر معیار تقسیم شده. 500، $500-1000$، $1000-1500$، $1500-2000$، $2000-2500$، $2500-3000$، 3000 > در رابطه با عامل توپوگرافیک، ۳ معیار در مدل‌سازی به‌کاررفته است، که شامل ۱- شیب، ۲- ارتفاع، ۳- جهت دامنه می‌شود. معیار شیب به هفت زیر معیار 10، $10-20$، $20-30$، $30-40$، $40-50$، $50-60$، > ۶۰ درجه می‌شود. مناسب‌ترین شیب برای وقوع حرکات دامنه‌ای ۱۵-۴۰ درجه است. معیار ارتفاع نیز به هفت معیار تقسیم شده است که شامل 2000، $2000-2500$، $2500-3000$، $3000-3500$، $3500-4000$، > ۴۰۰۰ می‌شود. رابطه ارتفاع و وقوع

۱۵۰، ۳۰۰-۱۵۰، ۳۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۷۰۰، ۷۰۰-۷۰۰ > می‌شود.

در عامل کاربری اراضی سه معیار، پوشش گیاهی، جاده و مناطق مسکونی به‌کاررفته است. معیار پوشش گیاهی به شش زیر معیار، جنگل، مرتع مناسب، مرتع، باغ، زمین‌های بایر، مناطق مسکونی تقسیم می‌شود. قسمت اعظم منطقه را مراتع نیمه متراکم در برمی‌گیرد. لذا خاک‌ها فاقد استحکام و مقاومت لازم در برابر فرسایش هستند. احداث جاده‌ها و راه‌های ارتباطی در مناطق کوهستانی معمولاً، منطقه را آماده برای وقوع حرکات توده‌ای می‌کند و خطر احتمال وقوع حرکات توده‌ای را افزایش می‌دهد. رابطه وقوع حرکات توده‌ای و فاصله از جاده، یک رابطه معکوس است. معیار جاده به

هفت زیر معیار < 50 ، $50-100$ ، $100-150$ ، $150-300$ ، $300-500$ ، $500-700$ متر تقسیم می‌شود. معیار مناطق مسکونی نیز به پنج زیر معیار < 200 ، $200-400$ ، $400-600$ ، $600-800$ ، 800 متر تقسیم می‌شود. رابطه حرکات توده‌ای و مناطق مسکونی نیز یک رابطه معکوس است. به‌طوری‌که در نزدیکی مناطق مسکونی وقوع حرکات توده‌ای نیز بیش‌تر است.

در عامل اقلیمی سه معیار بارش، دما و اثر ذوب برف و یخبندان به‌کاررفته است. معیار بارش به پنج زیر معیار تقسیم‌شده است. محدوده‌های با بارش سالیانه کم‌تر از 315 میلی‌متر، $315-454$ میلی‌متر، بیش‌تر از 454 میلی‌متر، تقسیم‌شده است. رابطه بارش و



شکل ۵: نقشه وزن دهی متغیرها به روش سلسله‌مراتبی در دامنه جنوبی دماوند

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق شادفر و همکاران [۲۷]، شعبانی و همکاران [۲۹]، سرور و همکاران [۲۶]، پورهاشمی و همکاران [۲۲]، و مرادی و همکاران [۱۶] و Bottalico و همکاران [۳] مطابقت دارد.

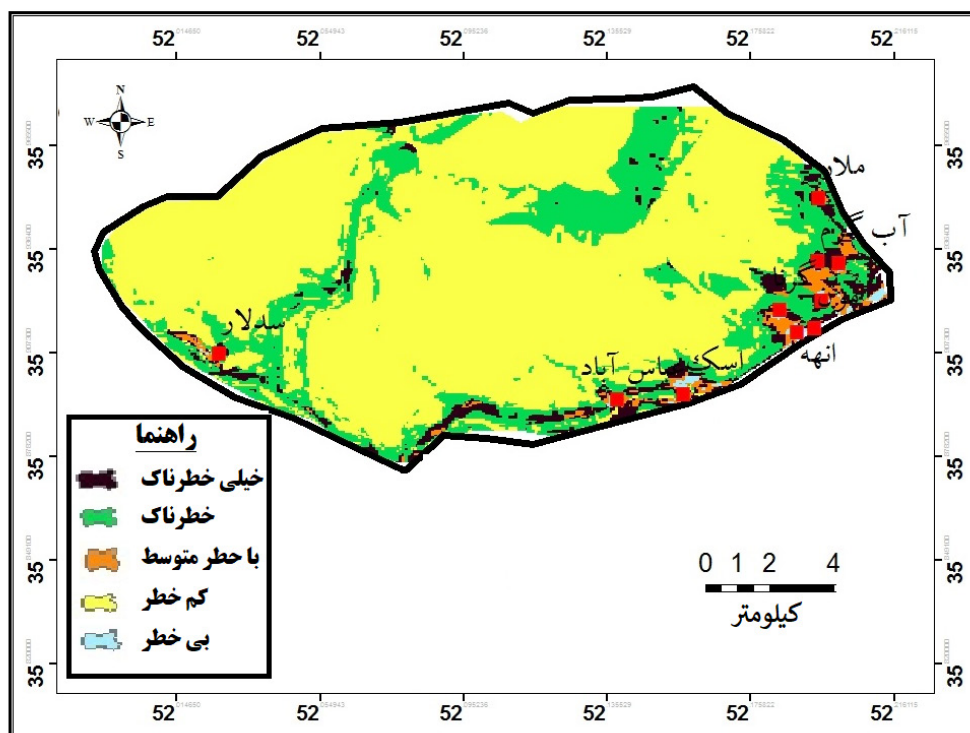
نتیجه گیری

در این پژوهش به پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک با تأکید بر حرکات دامنه‌ای در دامنه‌های جنوبی دماوند پرداخته شده است. در ابتدا متغیرها تحقیق بر اساس مبانی نظری شناخته شدند و با استفاده از روش سلسله‌مراتبی منطقه به پنج پهنه خطر وقوع حرکات توده‌ای تقسیم شده است. منطقه خیلی خطرناک با تعداد پیکسل خروجی ۳۷۷۳ تقریباً ۴/۸ درصد منطقه را در برمی‌گیرد. این مناطق پرخطر عمدتاً در مناطق پرشیب، در مجاورت جاده و گسل‌ها واقع شده‌اند. پهنه خطرناک با تعداد پیکسل خروجی ۱۵۷۷۹ است که ۲۰ درصد منطقه را در بر گرفته است. این پهنه نیز در مجاورت پهنه خیلی خطرناک قرار گرفته است. و عمدتاً در مجاورت جاده‌های واقع شده است که با پهنه با خطر متوسط با تعداد پیکسل خروجی ۵۷۳۳۵ وسیع‌ترین پهنه در منطقه است که مساحتی در حدود ۷۲/۸ درصد منطقه را پوشانده است. این پهنه به‌دوراز جاده واقع شده است. پهنه با خطر کم عمدتاً در مناطق کم شیب با پوشش گیاهی باغات و مرتع مناسب واقع شده است. با تعداد پیکسل خروجی ۱۳۰۲، تقریباً ۱/۶ درصد منطقه را در بر گرفته است. پهنه بی‌خطر با تعداد پیکسل ۳۸۰ کم‌وسعت‌ترین پهنه منطقه می‌باشد که در حدود ۰/۴ درصد منطقه را در برمی‌گیرد و عمدتاً درو از جاده واقع شده است.

حرکات توده‌ای یک رابطه مستقیم است، هرچه بارش بیش‌تر باشد، خطر وقوع حرکات توده‌ای نیز افزایش می‌یابد. معیار برف به سه زیر معیار محدوده کم‌تر از ۷۰۰ متر، و محدوده بین ۷۰۰ تا ۲۸۰ متر و محدوده بیش از ۲۸۰۰ متر تقسیم شده است. در ارتفاعات بالا بارش معمولاً به‌صورت برف است و برف ماندگاری بیش‌تری دارد. ذوب برف‌ها در اوایل بهار عامل مؤثری در وقوع حرکات توده‌ای می‌باشد، پس رابطه وقوع حرکات توده‌ای و برف، یک رابطه مستقیم است. شکل ۷ پهنه‌بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای در دامنه جنوبی دماوند را نشان می‌دهد. بدین ترتیب منطقه مورد مطالعه به لحاظ خطر وقوع حرکات توده‌ای به پنج پهنه خیلی خطرناک، خطرناک، با خطر متوسط، کم‌خطر و بی‌خطر تقسیم شده است.

جدول ۶: مساحت پهنه‌های خطر وقوع حرکات توده‌ای در دامنه جنوبی دماوند بر اساس مدل سلسله‌مراتبی

منطقه خطر	تعداد پیکسل‌های خروجی	درصد
خیلی خطرناک	۳۷۷۳	۸.۴
خطرناک	۱۵۷۷۹	۲۰
با خطر متوسط	۵۷۳۳۵	۷۲/۸
کم خطر	۱۳۰۲	۱/۶
بی خطر	۳۸۰	۱/۴
مجموع	۷۸۵۶۹	۱۰۰



شکل ۷: پهنه‌بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای به روش سلسله‌مراتبی در دامنه جنوبی دماوند

British Geographers, England, UK, 241-242.

11. Hu, X., Gao, L., Ma, C., and Hu, X. 2020. Land use zoning of Weifang North Plain based on ecological function and geo-environmental suitability. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 12 (7): 2697–2719.

12. Ju, H., Niu, C., Zhang, S., Jiang, W., Zhang, Z., Zhang, X., Yang, Z., and Cui, Y. 2021. Spatiotemporal patterns and modifiable areal unit problems of the landscape ecological risk in coastal areas: a case study of the Shandong Peninsula, China. *Journal of Cleaner Production*. 12(310):127522.

13. Li, W., and Wang, C. 2011. GPS in the tailings dam deformation monitoring. *Procedia Eng.* 13(26): 1648–1657.

14. Li, X., Meng, X., Ji, X., Zhou, J., Pan, C., and Gao, N. 2023. Zoning technology for the management of ecological and clean small-watersheds via k-means clustering and entropy-weighted TOPSIS: a case study in Beijing. *J. Clean. Prod.* 23(397):136449.

15. Liu, J., Jin, X., Xu, W., Fan, Y., Ren, J., Zhang, X., and Zhou, Y. 2019. Spatial coupling differentiation and development zoning trade-off of land space utilization efficiency in eastern China. *Land Use Policy*, 13(85):310–327.

16. Moradi, H., Mohammadi, M., and Pourqasmi, H. 2010. Landslide hazard zoning using the combination of AHP and surface density models. *Proceedings of the 6th National Conference on Watershed Science and Engineering and the 4th National Conference on Erosion and Sedimentation*. 1-11. (In Persian)

17. Maddi, A., and Pirouzi, E. 2023. Landslide risk zoning in the upstream basin of Yamchi Dam in Ardabil province. *Journal of Quantitative Geomorphology Research*, 12 (1): 73-94. (In Persian)

18. Pallero, C., Scherer, M., and Barragan, J.M. 2017. Methodology of delimitation and zoning of transitional systems: application to the Mampituba river estuary (Brazil). *Ocean & Coastal Management*, 17(145): 62–71.

19. Panizza, M. 2022. *Environmental Geomorphology*. Elsevier, Oxford. Pena ~ Monn' e, J.L. (2023) *Cartografia geomorfológica básica e aplicada*. Geoforma.

20. Pereira, P., Fernandes, L. F. S., do Valle Junior, R. F., de Melo, M. M. A. P., Pacheco, F. A. L., de Melo, M. C., Alberto Valera, C., and Pissarra, T. C. T. 2024. Geomorphologic risk zoning to anticipate tailings dams' hazards: A study in the

1. Abedini, M., Fath Alizad, B., and Rajabi, M. 2021. Geomorphological risk assessment of the Zanouzchai watershed. *Scientific Journal of Geography and Planning*, 25(7):131-148. (In Persian)

2. Abbasi, H., Sharfi, S., and Merianji, Z. 2016. Spatial analysis of geomorphic hazards threatening urban biological complexes in Lorestan province. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 4(2):107-125. (In Persian)

3. Bottalico, F., Pesola, L., Vizzarri, M., Antonello, L., Barbati, A., Chirici, G., Corona, P., Cullotta, S., Garfi, V., Giannico, V., Laforteza, R., Lombardi, F., Marchetti, M., Nocentini, S., Riccioli, F., Travaglini, D., and Sallustio, L. 2016. Modeling the influence of alternative forest management scenarios on wood production and carbon storage: a case study in the Mediterranean region. *Environmental research*, 3(144): 72–87.

4. Cardona, O.D. 2013. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: *Mapping Vulnerability*. Routledge, 37-51.

5. Christofolletti, A. 2023. *Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento*. in: CUNHA, S.B. et al. (org) *Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos*. Bertrand do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 415-440.

6. Christofolletti, A. 2024. *Geomorfologia Fluvial - O Canal Fluvial*. Edgard Blücher, São Paulo, SP.

7. Christofolletti, A. 2018. *Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento*. in: CUNHA, S.B. et al. (org) *Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos*. Bertrand do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 415-440.

8. Gao, L., Ma, C., Wang, Q., and Zhou, A. 2019. Sustainable use zoning of land resources considering ecological and geological problems in Pearl River Delta Economic Zone, China. *Scientific Report*, 39(1): 1–14.

9. Guerra, A.J.T. 2018. Geomorfologia e planejamento ambiental: Conceitos e aplicações. *Rev. Geogr.* 35(269): 23-36.

10. Haigh, M.J. 2020. Review: Geomorphology in Environmental Planning. *Transactions of the Institute of*

27. Shahkoui, I., Sarli, R., Darvishi, Y., and Amanpour Qaraei, S. 2018. Zoning vulnerable areas against natural hazards with an emphasis on landslides (case study: Gorganrood sub-basin, Gorgan city). *Researches Quantitative Geomorphology*, 8(2): 52-70. (In Persian)
28. Shabani, E., Javadi, M., and Zare Khos Iqbal, M. 2013. Landslide risk zoning using information value methods and hierarchical analysis (case study: Shalmanroud watershed). *Fifth year watershed management research paper*. 15(10): 169-157. (In Persian)
29. Suguio, K. 2022. An import^ ancia da geomorfologia em geoci^ encias e areas ' afins. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 1.
30. Tripathi, M.P., Panda, R.K., and Raghuwanshi, N.S. 2003. Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. *Biosystems Engineering*, 15(85): 365-379.
31. Zhou, D., Xu, J., and Lin, Z. 2017. Conflict or coordination? Assessing land use multifunctionalization using production-living-ecology analysis. *Science of the total environment*, 76(577): 136-147.
32. Zhang, T.D., Moya, L., and Lin, J. 2023. Landslide susceptibility evaluation integrating weight of evidence model and InSAR results west of Hubei Province, China. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 26 (1):95-106.
- Brumadinho's mining area, Minas Gerais, Brazil. *Science of the Total Environment*, 912, 169136.
21. Pour Hashemi, S., Abolqasem, A., and Akbari, E. 2013. Choosing the right model among bivariate statistical methods for landslide risk zoning in GIS environment (case study: Baqi watershed). *Geographical studies of dry areas in the fourth year. Fifteenth. Spring*. 71-89. (In Persian)
22. Qinye, Y., and Du, Z. 2021. On altitudinal land use zonation of the Hengduan Mountain region in southwestern China. *GeoJournal*. 65(27): 369-374.
23. Rahimiharabadi, S., and Majidirad, N. 2019. Hermeneutics and geomorphological hazards; with an emphasis on the assessment and zoning of landslide hazards in Rudbar region. *Scientific Journal of Geography and Environmental Hazards*, 9(1): 215-238. (In Persian)
24. Rezai Moghadam, M., Mokhtari, D., Mokhtari, S., and Nasreen, S. 2023. Movement modeling and management of areas sensitive to the occurrence of these movements using statistical algorithms and neural network (case study: Ojanchai watershed). *Journal Geography and Development*, 19 (63):147-174. (In Persian)
25. Sarwar, J., Ramezani, B., and Adhami, M. 2011. Landslide zonation by examining the LNRF model case study: Nair Beh Sarab region. *Journal of Natural Geography*. 40(61): 11-24. (In Persian)
26. Shadfar, S., Qudousi, J., Khalkhali, S., and Kalrostaghi, A. 2007. Investigation and evaluation of bivariate statistical methods and LNRF in landslide risk zoning case study: Jennet Rudbar watershed. *Journal of Research and Construction*. 13(78): 56-64. (In Persian)



Abstract

Risk Zoning and Effective Factors on Mass Movements in the Southern Slope of Damavand

M. Ilanlou¹

Received: 2024/01/22 Accepted: 2024/03/19

Land and geomorphic hazards are important natural hazards that cause many human and financial losses in all countries of the world and especially in Iran. Therefore, studying and preparing a risk zoning map is one of the priorities of every country today. In this research, the investigation and zoning of the risks of mass movements in the southern slopes of Damavand have been discussed. To prepare the zoning map, at first, the effective factors in the occurrence of mass movements were identified using theoretical foundations and research background. In this way, climatic parameters (rainfall, temperature, frost), human factor (communication routes, land use), topographic parameters (slope and height and slope direction), geological parameters (rock type, distance from the fault), hydrological parameters (distance from the river) as variables. The main ones were identified. In this area, a total of 46 cases of landslides have been observed using aerial photos, of which 36 cases are located from Pleur to Reine. AHP hierarchical analysis model will be used to model and predict the relative risk of mass movements in this research. For weighting and pairwise comparison of variables and sub-variables, the opinions of 30 experts were used. Finally, the studied area was prepared using the hierarchical method of zoning the risk of mass movements in five zones: very dangerous, dangerous, medium-risk, low-risk and safe. The very dangerous area with the output pixel number of 3773 covers approximately 4.8% of the area. The dangerous area covers 20% of the area with the number of 15.779 output pixels. The medium risk area with the output pixel number of 57335 is the widest area in the region, which covers an area of 72.8% of the area. The area with low risk with the number of output pixels of 1302 is approximately 1.6% of the area and the safe area with the number of pixels is 380 is the smallest area of the area, which covers about 0.4% of the area.

Keywords: Geomorphological hazards, Hierarchical Method, Landslide, Southern slope of Damavand, Risk.

1. Assistant Professor of Geography Department, Mahshahr Branch, Islamic Azad University, Mahshahr, Iran. maryamilanloo@yahoo.com