

پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیکی با تأکید بر سیلاب (منطقه مورد مطالعه: دامنه جنوبی دماوند)

مریم ایلاتلو*

استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

تاریخ تصویب: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

چکیده

مباحث روش‌شناسی در مخاطرات ژئومورفولوژیکی از جمله ابزارهای علمی و فکری هستند که هیچ دانش پژوه جدی در این رشته نمی‌تواند خود را از آنها معاف کند. سیلاب یکی از مخاطراتی است که هر سال خسارات مالی و جانی فراوانی را در جهان و ایران به دنبال دارد. از این‌رو، مطالعه و تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب امروزه یکی از اولویت‌های هر کشور به شمار می‌آید. در این تحقیق به بررسی و پهنه‌بندی مخاطرات سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند پرداخته شده است. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی در ابتدا به شناسایی عوامل موثر در بروز سیلاب با استفاده از مبانی نظری و پیشینه تحقیق پرداخته شد. در وقوع سیلاب پارامترهای شرایط شکل حوضه، نوع خاک، شیب حوضه، رتبه رودخانه، شدت بارندگی، کاربری اراضی به عنوان متغیرهای اصلی شناسایی شدند. فایل‌های رقومی هر یک از این متغیرها در محیط نرم‌افزار ArcMap تهیه گردید. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر وقوع سیلاب در پژوهش حاضر، از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. برای وزن‌دهی و مقایسه زوجی متغیرها و زیرمتغیرها با یکدیگر از نظرات ۲۵ خبره و کارشناس رشته جغرافیا با مدرک کارشناسی ارشد و دکتری استفاده گردید. با استفاده از روش سلسله مراتبی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع خطر سیلاب منطقه در پنج پهنه خطر تقسیم شد. نتایج نشان داد که منطقه خیلی خطرناک با تعداد ۵۶۷۸ پیکسل برابر با ۱/۹ درصد مساحت منطقه را در بر گرفته است. منطقه خطرناک با تعداد ۷۷۵۸ پیکسل ۱۲/۵ درصد منطقه را در بر گرفته است. پهنه با خطر متوسط با تعداد پیکسل ۴۳۲۷۶ تقریباً ۶۹/۷ درصد مساحت منطقه را در بر گرفته است. پهنه کم خطر و بی‌خطر روپهم ۹ درصد منطقه را در بر گرفته‌اند.

کلید واژه‌ها: مخاطرات ژئومورفولوژیکی، سیلاب، پهنه‌بندی، روش سلسله مراتبی، دامنه جنوبی دماوند

سرآغاز

در طول تاریخ تمدن بشری، انسان همواره در محیط زندگی خود با بلاها و مخاطرات محیطی دست به گریبان بوده است می‌سازد (Gao et al., 2019; Hu et al., 2020; Pallero et al., 2017). در گذشته عکس‌العمل انسان در برابر مخاطرات به صورت گریز و کوچ و سکنی در جای امن‌تر بوده ولی امروزه سعی در شناخت این پدیده‌ها و عوامل به وجود آورنده آن‌ها دارد (Shi & Zeng, 2014, Cardona, 2013; Panizza, 2022). وجود تلاش‌های بسیار در این زمینه هنوز هم عوامل و مخاطرات محیطی از جمله مخاطرات ژئومورفولوژیکی یکی از مسایل مهم جوامع بشری است و خسارات جبران‌ناپذیری در گوشه و کنار جهان به جوامع انسانی تحمیل می‌کند (Guerra, 2018). مخاطرات محیطی ممکن است که منشا انسانی یا طبیعی داشته باشد و یا ناشی از تاثیر متقابل بین انسان و محیط باشند به طوری که بسیاری از مخاطرات از زمانی که تمدن بشری پیشرفت نموده است بسیار پررنگ‌تر از گذشته شده‌اند و برخی از آن‌ها نیز به وسیله انسان ایجاد گردیده‌اند (Ju et al., 2021). در واقع عوامل ژئومورفولوژیکی به خودی خود مخاطره نیستند بلکه زمانی که با ساخت و سازهای بشری (از جمله جاده، مناطق مسکونی و ...) همراه شوند و تولید خسارت کنند تبدیل به بحران و مخاطره می‌شوند (Sugiuo, 2022).

مخاطرات ژئومورفولوژیکی خروجی‌هایی هستند از عدم تعادل سیستم‌های ژئومورفولوژیکی، سیستم‌های ژئومورفولوژیکی در محدوده کوهستان به تعادل نرسیده‌اند. زیرا جوان هستند و هنوز ارتباط بین فرم‌ها و فرایندها را برقرار نکرده‌اند (Li et al., 2023; Tripathi et al., 2003). جاده‌هایی که از مناطق کوهستانی عبور می‌کنند باعث بی‌تعادلی سیستم‌های ژئومورفولوژیکی کوهستان می‌شوند (Ángyán et al., 2003; Dramis et al., 2011). چون جاده بخشی از دامنه را برش می‌زند و باعث می‌شود پروسه‌ها و فرایندهایی که در حال تعادل با دامنه بودند حالت بی‌تعادلی بگیرند و به شکل دیگری عمل کنند که سبب تشدید شیب رفت‌ها می‌گردند (Christofoletti, 2023; Christofoletti, 2024; Gustavsson et al., 2018). به طور کلی حضور جاده در محورهای کوهستانی باعث ناپایداری دامنه‌ها می‌شود. لذا باید جاده‌ها را در سیستم‌های تعادلی را طوری قرار دهند و بسازند که سیستم‌های ژئومورفولوژیکی که جاده از آن عبور کرده از حالت

تعادل خارج نشود. سیستم‌های تعادل بر اساس (بازخور) مثبت و منفی عمل می‌کنند و وقتی این ارتباط بر هم می‌خورد سیستم از حالت تعادل خارج شده و موجب ناپایداری و عدم تعادل خواهد شد. بازخور منفی از بین رفته و بازخور مثبت رخ خواهد داد که آثار آن را به صورت انواع حرکات توده‌ای (لنداسلایدها) نظیر لغزش، ریزش و ... سیلاب، بهمن و غیره خواهیم داشت (Liu et al., 2017; Zhou et al., 2019).

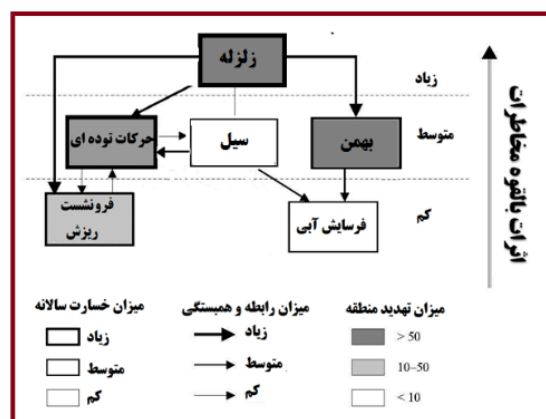
مخاطرات ژئومورفولوژیکی در زمره فرآیندهای محیطی به شمار می‌روند که در سراسر جهان باعث اختلال جدی در فعالیت‌های انسانی می‌شوند. در این رابطه پانیزا^(۱) (۱۹۹۶) به مفهوم «لندفرم ناپایدار»^(۲) اشاره کرد که به عنوان لندفرمی توصیف می‌شود که با محیط طبیعی در تعادل نیست و بنابراین تمایل دارد با تغییر خود به تعادل دست یابد. چنین تغییراتی ممکن است ایجاد مخاطره کند که می‌تواند افراد و دارایی‌ها را تهدید نماید (Abasi, 1400). از آنجا که مخاطره طبیعی به راحتی قابل پیش‌بینی نیستند، دولت‌ها و افراد می‌بایست میزان ریسک را ارزیابی نموده و برای کاهش اثرات آن از آمادگی لازم برخوردار باشند. کاهش اثر به آمادگی در برابر مخاطرات و کاهش خسارات آن اطلاق می‌شود (Abedini et al., 1400).

دامنه‌های جنوب دماوند به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد بروز مخاطرات ژئومورفولوژیکی 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 زمین لغزه 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 اسن نوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی، 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 دست یافت تا بدین طریق بتوان به برنامه

شهرهای آستارا، لوندویل و اسالم در پهنه خطر زیاد و شهرهای هشتمبر، آبی‌بیگلو و حویق در پهنه خطر متوسط قرار گرفته‌اند. عابدینی و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی مخاطرات ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز زونچای پرداختند. نتایج حاصل از شاخص‌های ژئومورفیک بیانگر این است که بخش قابل توجهی از انومالی‌های این شاخص‌ها از اختلافات سنگ‌شناسی حوضه نشأت می‌گیرند. پهنه‌بندی تکتونیک فعال منطقه نیز حاکی از ضعف نسبی فرایندهای نئوتکتونیک و جنبش گسل‌های منطقه و غلبه فرایندهای فرسایشی می‌باشد. در رابطه با خطر وقوع سیلاب نتایج مدل ANP نشان داد که متغیرهای شیب، فاصله از رودخانه و تحدب سطح زمین اهمیت بالاتری در پخش سیلاب برعهده دارند. از نظر خطر وقوع سیلاب، در حدود ۴ درصد از سطح حوضه زونچای در کلاس خطر بسیار زیاد و ۷/۴ درصد در کلاس خطر زیاد واقع شده است. پهنه‌های خطرناک منطبق بر بستر دره‌های دو آبراهه اصلی حوضه می‌باشند و در نتیجه، بخش‌هایی از سکونتگاه‌های موجود در این دره‌ها در معرض سیلاب‌های مخرب قرار دارند. در نهایت، براساس نتایج مدل ANP سه متغیر شیب، لیتولوژی و بارش اهمیت بالاتری در احتمال وقوع زمین لغزش‌های منطقه دارند. در حدود ۱۶ درصد حوضه زونچای در کلاس خطر زیاد و ۷ درصد آن در کلاس خطر بسیار زیاد زمین لغزش واقع شده‌اند. وقوع زمین لغزش در قسمت‌های میانی حوضه به دلیل مجموعه‌ای از شرایط، مانند حضور شیب و سازندهای زمین‌شناسی مستعد، از احتمال بالاتری برخوردار است. پیرا^(۳) و همکاران (۲۰۲۳) به پهنه‌بندی خطر ژئومورفولوژیکی برای پیش‌بینی خطرات سدهای باطله: مطالعه‌ای در منطقه معدنی برومادینیو، میناس گرایس، برزیل پرداختند. به طور کلی، این مطالعه شکنندگی مربوط به جغرافیای سدهای باطله را نشان داد، که به زیرحوضه 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 به عنوان راهنما ضروری است. ژانگ^(۴) و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی حساسیت زمین لغزش با ادغام وزن مدل شواهد

ریزان و مسئولین مربوطه یاری رساند. مخاطرات ژئومورفولوژیکی هر یک طی فرآیند پیچیده‌ای تحت تأثیر عوامل مختلفی رخ می‌دهند، بنابراین بررسی و پژوهش بر روی این این مخاطرات، دلایل وقوع آن‌ها، پهنه‌بندی خطر وقوع آن‌ها جهت کنترل و تثبیت آن‌ها در این محدوده می‌تواند تا حد زیادی از بروز خسارات جانی و مالی و محیط‌زیستی در آینده بکاهد.



شکل (۱): سیستم شماتیک از مخاطرات ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان ۱۴۰۲)

پیشینه تحقیق

ایرانی و همکاران (۱۴۰۱) به مطالعه اثرات ژئومورفولوژیکی و نئوزمین ساخت با تأکید بر توان لرزه‌خیزی گسل‌ها و مخاطرات ناشی از آنها (مطالعه موردی: نمین، آستارا، تالش) پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لرزه، شهرهای نمین، عنبران، لوندویل و اسالم در پهنه خطر بسیار زیاد زمین لرزه قرار دارد. همچنین، شهر آستارا در پهنه خطر زمین لرزه زیاد قرار گرفته است. علاوه بر این، شهر حویق در پهنه خطر متوسط و شهرهای هشتمبر و آبی‌بیگلو در پهنه خطر بسیار کم قرار گرفته است. شهر آستارا در پهنه خطر زیاد حرکات دامنه‌ای و شهرهای هشتمبر، حویق و آبی‌بیگلو در پهنه خطر متوسط حرکات دامنه‌ای قرار گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر فرسایش، شهرهای اسالم، لوندویل، عنبران و نمین در پهنه‌های خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین، شهر آستارا در پهنه خطر زیاد قرار گرفته است. هم‌چنین، شهر آبی بیگلو در پهنه خطر متوسط و شهرهای حویق و هشتمبر در پهنه‌های خطر کم قرار گرفته‌اند. با توجه به نقشه پهنه بندی خطر سیلاب، در محدوده مورد مطالعه شهرهای نمین و عنبران در پهنه خطر بسیار زیاد،

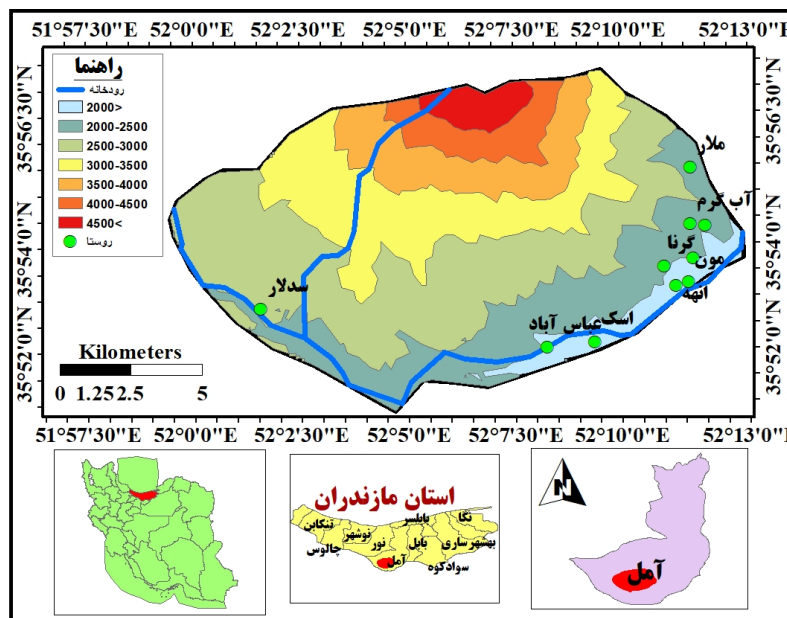
از: رینه (در دامنه جنوبی)، پلور، دماوند، فیروزکوه (در شرق آن). کوه دماوند در استان مازندران، شهرستان آمل و بخش لاریجان واقع شده است.

گسترش گدازه و مواد آذرآواری دماوند به ۴۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد که محدوده‌ای به طول ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۹ دقیقه و عرض ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۸ ثانیه را می‌پوشاند. ارتفاع قله آتشفشانی دماوند از سطح دریا ۵۶۱۰ متر است. دو مسیر برای صعود به قله وجود دارد، یکی مسیر جنوب خاوری 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 بر پا 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، مرداد ماه است. بخشی از سفیدی قله دماوند که در مرداد ماه قابل مشاهده است متعلق به گوگردهای متصاعد شده از دهانه مخروط است.

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 تصفیه شده و شناسایی خطرات زمین لغزش ایجاد شود. روش پیشنهادی در انشی، 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 زمین لغزش حساس‌تر بوده و نتایج دقیق‌تری تولید می‌کند.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

مخروط آتشفشان دماوند در شرق تهران و ۶۰ کیلومتری (فاصله هوایی) آن دارای مختصات ۵۲ درجه و ۶۰ دقیقه و ۲۴ ثانیه طول شرقی ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه و ۰ ثانیه عرض شمالی است. نزدیکترین شهرها به مخروط آتشفشان دماوند به ترتیب عبارتند



شکل (۲): موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

این تحقیق به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی می‌باشد و به لحاظ

عمده حرکات توده‌ای به وقوع پیوسته در منطقه در امتداد جاده‌ها مخصوصاً جاده هراز می‌باشد.

دامنه‌های مختلف، وزن و امتیازی به دست آمد که جمع جبری این امتیازها، وزن، خطر نسبی وقوع سیلاب را مشخص کرد. پس از آن که معادله‌های آماری پیش‌بینی خطر نسبی وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی برآورد گردید، مجدداً در محیط نرم‌افزاری ایدریسی، این معادلات برای کل حوضه برون‌یابی و نقشه‌های خطر نسبی وقوع مخاطرات با دامنه ۱ تا ۹ تهیه شد (جدول ۱). 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 نظرات ۲۵ خبره و کارشناس رشته جغرافیا با مدرک کارشناسی‌ارشد و دکتری استفاده گردید.

داده کیفی و به لحاظ هدف کاربردی است. پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در دامنه جنوبی دماوند از طریق نرم‌افزار Arc Gis انجام شد. در ابتدا براساس مبانی نظری و پیشینه تحقیق به شناسایی متغیرها و عوامل موثر در بروز مخاطرات سیلاب و بهمن پرداخته شده است (شکل ۳). در وقوع سیلاب پارامترهای شرایط شکل حوضه، نوع خاک، شیب حوضه، رتبه رودخانه، شدت بارندگی، کاربری اراضی به عنوان متغیرهای اصلی شناسایی شدند. فایل‌های رقومی هر یک از این متغیرها در محیط نرم‌افزار Arc/Map 4/10 تهیه گردید. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر وقوع سیلاب در پژوهش حاضر، از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. در این روش برای هر یک از مقادیر و

جدول (۱): میزان برتری یا ارجحیت (قضاوت شفاهی) در روش AHP

۹	Extremely preferred	ارجحیت بسیار قوی (کاملاً قوی)
۷	Very strongly preferred	ارجحیت خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ارجحیت قوی
۳	Moderately preferred	ارجحیت متوسط
۲	Equally preferred	ارجحیت یکسان (بدون تفاوت)
۲، ۴، ۶، ۸	-	ترجیحات بین فواصل

منابع آب سطحی استان مازندران رودخانه هراز می‌باشد. رودخانه هراز نقش مهمی در توسعه اقتصادی و اجتماعی استان مازندران دارد. رودخانه هراز در سرچشمه به نام لار نامیده می‌شود که خود از سه شاخه کوچک به نام لار، سفیدآب و دلیچای تشکیل گردیده است. رودخانه دلیچای در دامنه‌های جنوبی البرز جریان دارد. رودخانه هراز از اتصال دو شاخه اصلی و بزرگ نور و لار که هر دو شاخه به موازات هم از غرب به شرق در جریان بوده و سپس در جهت تقریبی جنوب به شمال در مسیر دره‌ای از مجاورت جاده تهران از محل پلور (محل ورود شاخه لار به دره هراز) به طرف شهر آمل وارد جلگه هراز می‌شود (جدول ۳). بر اساس منحنی تغییرات شیب متوسط که از حوضه هراز تهیه گردیده، نشان‌دهنده این است که سطح حوضه به تعادل شیب متناسبی نرسیده است و می‌بایست در طول زمان از شیب‌های تند با پیشرفت عوامل فرسایشی و رسوب‌گذاری کاسته شود (جدول ۴). جهت برآورد ضرایب شکل حوضه مورد مطالعه، با استفاده از فرمول‌ها ضرایب



شکل (۳): فاکتورهای مرتبط و مؤثر در وقوع سیلاب

یافته‌های تحقیق

مهمترین رودخانه منطقه رودخانه دلیچای یکی از زیرشاخه‌های رودخانه هراز می‌باشد (جدول ۲). یکی از مهمترین و پرآب‌ترین

شکل حوضه این ضرایب جهت ارزیابی شکل حوضه رودخانه دلیچای برآورد گردیدند که این ضرایب در جدول های (۲ تا ۵) به شکل جدول زیر محاسبه گردید (جدول ۴، ۵ و ۶).

جدول (۲): برخی از مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه دلیچای (منبع: موسسه منابع آب و خاک)

شماره	ایستگاه هیدرومتری	سطح حوضه	محیط	ضریب گراولبوس	مستطیل معادل	
					طول	عرض
	دلیچای	۱۹۶/۳	۵۷/۵۶	۱/۲۶	۱۷/۶۶	۱۱/۱۲

جدول (۳): مشخصات شیب‌ها، طول رودخانه و ارتفاعات (منبع: موسسه منابع آب و خاک)

رودخانه	شیب‌ها %		طول‌ها رودخانه	ارتفاعات به متر	
	متوسط حوضه	متوسط رودخانه		متوسط	پایین ترین
	دلیچای	۱۸	-	۲۶/۵	۵۶۷۸

جدول (۴): متوسط آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه در طول دوره آماری (منبع: موسسه منابع آب و خاک)

نام رودخانه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مرداد	شهریور	سالانه
رودخانه دلیچای	۱	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۶	۲/۴	۸/۴	۹/۲	۱/۳	۲/۶

جدول (۵): متوسط آبدهی سالانه (ماکزیمم، مینیمم، متوسط)، رواناب، ضریب تغییرات و حجم آبدهی سالانه (منبع: موسسه منابع آب و خاک)

رودخانه	متوسط آبدهی سالانه			مساحت حوزه	دبی ویژه
	ماکزیمم	مینیمم	متوسط		
دلیچای	۴/۹۳	۱/۴۳	۲/۶۴	۱۹۶/۳	۱۲/۷۸

جدول (۶): وقوع سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف در حوزه هراز

دوره‌های تناوب به سال، حداکثر دبی جریان به								ایستگاه
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۲	پلور
۱۵۰۰	۸۶۴	۷۲۰	۴۵۶	۳۶۷	۲۹۰	۲۰۴	۸۴	

زیرمعیارها پرسشنامه‌ای تهیه شد و نظرات تعدادی از کارشناسان مرتبط در این زمینه جهت تعیین درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارها نسبت به یکدیگر به صورت ماتریس‌های مقایسه زوجی هر معیار و زیرمعیار در دامنه ۱ تا ۹، اخذ گردید. پس از وزن‌دهی باید وزن‌ها را نرمالیزه کرد. به منظور نرمالیزه کردن، می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد؛ در این مدل، از تقسیم هر وزن، بر مجموع

در گام اول: درخت سلسله مراتبی متغیرها براساس مدل AHP ترسیم گردیده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی را می‌توان در چهار مرحله ۱. ترسیم و تشریح درخت سلسله مراتبی، ۲. مقایسه زوجی عناصر سلسله مراتبی، ۳. محاسبه وزن‌های اهمیت نسبی معیارها، ۴. سازگاری سیستم، ترسیم و اجرا کرد. در گام بعدی پس از ایجاد درخت سلسله مراتبی برای معیارها و

وزن‌های همان ستون استفاده شده است. پس از اخذ پرسشنامه‌ها جهت محاسبه درجه اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها 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.

در مرحله بعد با تأمین لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر معیار، این لایه‌ها به صورت رقومی سیستم اطلاعات جغرافیایی شده و هر یک از لایه‌ها بر اساس نحوه تأثیر در وقوع مخاطرات قرار گرفته و آماده‌سازی گردیدند.

جدول (۷): ماتریس و مقدار عددی مربوط به هر یک از عوامل ۶ گانه مؤثر در وقوع سیلاب (سطح ۱)

شکل حوضه	شیب حوضه	تراکم زهکشی	شدت بارندگی	کاربری اراضی	خاک
(۱/۰.۰۰۰/۰.۳۳۳/۲۰۰)	(۰/۰.۳۳۳/۰.۱۷۹/۱۱۱)	(۱/۰.۰۰۰/۰.۳۳۳/۲۰۰)	(۱/۰.۰۰۰/۰.۳۳۳/۱۴۳)	(۰/۰.۳۳۳/۰.۱۴۷/۰.۹۱)	(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)
(۵/۱.۰۰۰/۰.۴۴۲/۲۰۰)	(۵/۱.۰۰۰/۰.۲۱۶/۱۴۳)	(۷/۱.۰۰۰/۰.۷۱۱/۲۰۰)	(۷/۱.۰۰۰/۰.۴۴۲/۱۴۳)	(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)	(۱۰/۶.۹۸۹/۳.۸۰۳/۰.۰۳)
(۵/۰.۰۰۰/۰.۶۹۳/۲۰۰)	(۵/۱.۰۰۰/۰.۲۱۶/۱۴۳)	(۵/۱.۰۰۰/۰.۴۴۲/۲۰۰)	(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)	(۶/۰.۹۹۳/۰.۶۹۳/۱۴۳)	(۶/۴.۹۹۳/۱.۲۱۹/۰.۰۰)
(۷/۱.۰۰۰/۰.۷۰۹/۲۰۰)	(۷/۱.۰۰۰/۰.۴۴۲/۱۴۳)	(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)	(۵/۰.۰۰۰/۰.۶۹۳/۲۰۰)	(۵/۰.۰۰۰/۰.۵۸۴/۱۴۳)	(۵/۳.۰۰۰/۱.۰۰۳/۰.۰۰)
(۷/۳.۰۰۰/۱.۵۵۷/۰.۰۰)	(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)	(۶/۰.۹۹۳/۰.۶۹۳/۱۴۳)	(۶/۰.۹۹۳/۰.۸۲۲/۲۰۰)	(۶/۰.۹۹۳/۰.۸۲۲/۲۰۰)	(۹/۵.۰۰۰/۳.۵۸۷/۰.۰۳)
(۱/۱.۰۰۰/۱.۰۰۰/۰.۰۰)	(۱/۰.۰۰۰/۰.۲۸۱/۱۴۳)	(۵/۰.۰۰۰/۰.۵۸۵/۱۴۳)	(۵/۱.۰۰۰/۰.۴۴۳/۲۰۰)	(۵/۰.۰۰۰/۰.۶۹۳/۲۰۰)	(۵/۳.۰۰۰/۱.۰۰۳/۰.۰۰)

رابطه معکوس وجود دارد، طبقه‌های موردنظر با توجه به هدف پژوهش اولویت‌بندی شدند.

عوامل مؤثر بر وقوع یا تشدید خطر سیل عامل شیب حوضه

با افزایش شیب عمومی سطح حوضه، فرصت لازم برای نفوذ، کاهش یافته و می‌توان گفت که با افزایش شیب حوضه، زمان تمرکز کاهش می‌یابد. شیب‌های زیاد، باعث ایجاد اوج‌های بالا در آب نمود می‌شوند. نقشه شیب حوضه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر منطقه DEM و بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. در رابطه با سیل‌خیزی، عامل شیب با توجه به کنترلی که روی بسیاری از فرایندهای هیدرولوژیکی و در نتیجه واکنش حوضه‌های آبریز نسبت به انواع بارش‌ها دارد، دارای اولویت و ارزش بالاتری است.

عامل تراکم زهکشی

میزان تراکم زهکشی، یک شاخص مهم در تعیین شدت سیلاب‌ها، میزان بار رسوبی، بیلان آب در کل حوضه و به طور کلی در چگونگی فعالیت فرایندهای رواناب‌های سطحی است. برای دخالت دادن نقش تراکم زهکشی زیرحوضه‌ها در خطر وقوع سیلاب، تراکم زهکشی برای هر یک از زیرحوضه محاسبه شد.

عامل ارتفاع رواناب

در رابطه با خطر وقوع سیلاب در سطح حوضه‌های آبریز، به دست آوردن ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی با مقدار مشخص، از اهمیت فراوانی برخوردار است. در روش SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) ارتفاع رواناب برای شرایط کلی از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$Q_d = \frac{(P-2/0S)^2}{(p+8/0S)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن Q_d : ارتفاع رواناب روی حوضه، P : مقدار بارش، S : حداکثر یا پتانسیل نکه داشت بارش روی زمین داشته است.

عامل شکل حوضه

شکل حوضه، ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه (برای مثال شکل هیدروگراف) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یک حوضه باریک طویل با داشتن نسبت انشعاب بالا، پیکی پایین اما ثابت را به وجود می‌آورد، در حالی که حوضه‌های گرد با نسبت انشعاب پایین، یک هیدروگراف تیز را به وجود خواهند آورد. برای تعیین شکل حوضه، ضریب فشردگی یا ضریب گراویلوس مورد استفاده قرار گرفت. روی این اصل که بین مقدار ضریب فشردگی و میزان سیل‌خیزی

سنگ شناسی

نوع سنگ و پوشش خاک، ظرفیت نفوذ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاک یا سنگ قابل نفوذ، شرایط نفوذ آب به داخل زمین را فراهم می‌کند و تخلیه آن را به داخل آبراهه اصلی به تأخیر می‌اندازد؛ از این رو رواناب سطحی کاهش می‌یابد. حوضه‌های با سنگ بستر یا خاک به نسبت غیرقابل نفوذ، حجم بالایی از رواناب سطحی ایجاد می‌کنند. بنابراین در بحث سنگ‌شناسی با توجه به هدف مطالعه، میزان نفوذپذیری سازندها مدنظر است. بیشتر سازندهای منطقه، در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی و فرسایش پس از آن بوده است. در کل، سازندهای حوضه مورد مطالعه از نفوذپذیری کمی برخوردارند که این امر در رابطه با سیل‌خیزی حوضه، از اهمیت فراوانی برخوردار است؛ چرا که میزان نفوذ را به شدت کاهش داده و در مقابل آبدوی را افزایش می‌دهد.

در جدول (۸)، ماتریس مقایسه زوجی و مقادیر میانگین حسابی ضریب وزن عوامل مؤثر در پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در سطح دوم مدل سلسله‌مراتبی ارایه شده است. این عوامل شامل شیب حوضه، شکل حوضه، تراکم زهکشی، شدت بارندگی، نوع خاک (سنگ‌شناسی)، و کاربری اراضی هستند. در این جدول، هر عامل نسبت به سایر عوامل ارزیابی شده و وزن نهایی آن با استفاده از میانگین مقادیر هر سطر محاسبه گردیده است.

براساس نتایج به‌دست آمده، عامل شیب حوضه با میانگین وزنی ۰/۲۳۴ بیشترین تأثیر را در وقوع سیلاب دارد. شیب نقش اساسی در افزایش سرعت رواناب، کاهش زمان تمرکز و افزایش پیک سیلاب دارد و بنابراین به‌عنوان مهم‌ترین عامل در نظر گرفته شده

است. پس از آن، شکل حوضه با وزن ۰/۱۰۷ در رتبه دوم قرار دارد. شکل حوضه تعیین‌کننده الگوی تمرکز آب در خروجی حوضه است و می‌تواند در نوع و شدت سیلاب تأثیرگذار باشد. عامل تراکم زهکشی با وزن ۰/۱۳۴ نیز اهمیت بالایی دارد؛ زیرا هر چه شبکه زهکشی متراکم‌تر باشد، قابلیت انتقال سریع‌تر رواناب بیشتر خواهد بود که این امر منجر به افزایش خطر سیلاب می‌شود.

عامل شدت بارندگی با وزن ۰/۱۱۴، اگرچه نقش مهمی در تولید رواناب دارد، اما نسبت به عوامل فیزیوگرافی حوضه از اهمیت کمتری برخوردار بوده است. این موضوع احتمالاً به دلیل توزیع نسبتاً یکنواخت بارندگی در محدوده مطالعاتی یا تأثیر کوتاه‌مدت آن نسبت به عوامل پایدارتر مانند شیب و شکل حوضه می‌باشد. سنگ‌شناسی یا نوع خاک نیز با وزن ۰/۱۲۸ در میانه طیف قرار گرفته و نشان می‌دهد که نفوذپذیری و تخلخل خاک می‌تواند در میزان نفوذ یا رواناب سطحی مؤثر باشد. در نهایت، عامل کاربری اراضی با وزن ۰/۰۹۸ کمترین تأثیر را در بین عوامل بررسی شده داشته است که نشان می‌دهد پوشش گیاهی یا نوع استفاده از زمین در مقیاس این مطالعه تأثیر کمتری بر خطر سیلاب داشته یا نسبت به دیگر عوامل دارای تنوع کمتری بوده است.

در مجموع، نتایج این ماتریس نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی و ژئومورفولوژیک حوضه مانند شیب، شکل و تراکم زهکشی بیشترین سهم را در تعیین خطر وقوع سیلاب دارند. این موضوع بر اهمیت برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر مدیریت شیب، اصلاح کاربری اراضی در نواحی شیب‌دار، و طراحی مناسب شبکه‌های زهکشی برای کاهش آسیب‌های ناشی از سیلاب تأکید می‌کند.

جدول (۸): ماتریس و مقادیر میانگین حسابی محاسبه شده ضریب وزن هر یک از عوامل مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب (سطح ۲)

عوامل	خاک	کاربری اراضی	شدت بارندگی	تراکم زهکشی	شیب حوضه	شکل حوضه	میانگین
شکل حوضه	۰/۰۸۶	۰/۰۵۸	۰/۰۶۵	۰/۰۸۷	۰/۱۵۰	۰/۱۱۷	۰/۱۰۷
شیب حوضه	۰/۲۶۲	۰/۳۵۷	۰/۲۶۳	۰/۲۶۲	۰/۲۲۵	۰/۲۳۴	۰/۲۳۴
تراکم زهکشی	۰/۱۳۱	۰/۱۷۸	۰/۲۶۳	۰/۲۶۲	۰/۲۲۵	۰/۱۷۵	۰/۱۳۴
شدت بارندگی	۰/۰۶۵	۰/۰۵۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۷	۰/۰۵۸	۰/۱۱۴
کاربری اراضی	۰/۰۸۶	۰/۰۵۸	۰/۰۶۵	۰/۰۴۳	۰/۰۷۵	۰/۱۱۷	۰/۰۹۸
سنگ شناسی	۰/۱۳۱	۰/۰۸۹	۰/۱۳۱	۰/۱۷۴	۰/۱۵۰	۰/۱۷۵	۰/۱۲۸
جمع	۰/۰۲۹	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۶۲

رسوب، پیک‌های سیلاب و زمان وقوع آن‌ها، و سرعت انتقال پیک جریان، به شدت توسط ماهیت و گسترش پوشش گیاهی تحت

شاخص پوشش گیاهی

مطالعات پژوهشگران مختلف، نشان داده است که مقدار آب و بار

اهمیت زیادی دارد تا از تبدیل این نواحی به پهنه‌های پرخطر در آینده جلوگیری شود.

جدول (۹): مساحت پهنه‌های خطر وقوع سیلاب در دامنه جنوبی دماوند بر اساس مدل سلسله مراتبی

منطقه خطر	تعداد پیکسل‌های خروجی	درصد
خیلی خطرناک	۵۶۷۸	۹/۱
خطرناک	۷۷۵۸	۱۲/۵
با خطر متوسط	۴۳۲۷۶	۶۹/۷
کم خطر	۳۸۹۷	۶/۲
بی خطر	۱۴۵۳	۲/۳
مجموع	۶۲۰۶۲	۱۰۰

شکل (۴)، نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند است که بر اساس طیف‌های مختلف خطر، منطقه را طبقه‌بندی کرده است. این نقشه از رنگ‌ها و نمادهای مختلفی برای نمایش میزان خطر استفاده می‌کند و با توجه به راهنمای رنگی در پایین نقشه، نواحی به پنج دسته تقسیم شده‌اند:

بی‌خطر (رنگ آبی خیلی روشن): این مناطق از نظر وقوع سیلاب ایمن تلقی می‌شوند و احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها بسیار پایین است. این پهنه‌ها عمدتاً در نواحی مرکزی و برخی نقاط شمال شرقی دیده می‌شوند.

کم‌خطر (رنگ زرد): این نواحی دارای احتمال کمی برای وقوع سیلاب هستند. بخش قابل توجهی از مناطق شمالی و شرقی نقشه در این گروه قرار دارند.

با خطر متوسط (رنگ سبز روشن): این پهنه‌ها در نواحی وسیعی از منطقه مشاهده می‌شوند و نشان‌دهنده مناطقی هستند که در صورت وقوع بارش شدید یا شرایط خاص جوی، احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها متوسط است.

خطرناک (رنگ آبی متوسط): این نواحی در اطراف مسیرهای زهکشی و بستر رودخانه‌ها واقع شده‌اند و احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها بالا است. به طور خاص در بخش‌های مرکزی و جنوب غربی نقشه دیده می‌شوند.

خیلی خطرناک (رنگ آبی تیره): این پهنه‌ها در امتداد رودخانه‌ها و نواحی پایین دست دیده می‌شوند که احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها بسیار زیاد است. این نواحی بیشترین تمرکز خطر را دارند و در

تأثیر قرار می‌گیرد کل، منطقه از پوشش گیاهی ضعیفی برخوردار است به طوری که بیشتر منطقه را مرتع پوشانده است.

جدول (۹) به بررسی مساحت پهنه‌های خطر وقوع سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند بر اساس مدل سلسله‌مراتبی (AHP) پرداخته است. در این جدول، مناطق مختلف از نظر میزان خطر وقوع سیلاب به پنج طبقه شامل «خیلی خطرناک»، «خطرناک»، «با خطر متوسط»، «کم‌خطر» و «بی‌خطر» تقسیم‌بندی شده‌اند و برای هر طبقه، تعداد پیکسل‌های خروجی (که نمایانگر مساحت هستند) و درصد نسبی آن‌ها از کل منطقه ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول، بیشترین مساحت منطقه (حدود ۷۰ درصد) در طبقه با خطر متوسط قرار دارد که معادل ۴۳/۲۷۶ پیکسل خروجی است. این امر نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از دامنه‌های جنوبی دماوند در شرایط نسبتاً ناپایدار و دارای احتمال وقوع سیلاب متوسط قرار دارند. این محدوده‌ها ممکن است تحت شرایط خاصی مانند بارندگی شدید یا تغییرات کاربری اراضی، به مناطق پرخطر تبدیل شوند.

طبقه خطرناک با ۷/۷۵۸ پیکسل و سهم ۱۲/۵ درصد، دومین پهنه گسترده از نظر وسعت را شامل می‌شود. این مناطق، بیشتر در امتداد مسیرهای زهکشی یا دامنه‌های با شیب تند واقع شده‌اند و احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها بالاست. همچنین پهنه خیلی خطرناک نیز با ۵/۶۷۸ پیکسل (۹/۱ درصد) سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده و نشان می‌دهد که نزدیک به یک‌دهم کل منطقه در شرایط بسیار بحرانی قرار دارد که نیازمند مدیریت فوری و اقدامات پیشگیرانه است.

در مقابل، مناطق کم‌خطر با ۳/۸۹۷ پیکسل (۶/۲ درصد) و بی‌خطر با ۱/۴۵۳ پیکسل (۲/۳ درصد)، کمترین سهم از کل مساحت را دارند. این محدوده‌ها اغلب در نقاط با شیب ملایم، زهکشی مناسب، یا در مناطقی با پوشش گیاهی پایدار واقع شده‌اند که احتمال وقوع سیلاب در آن‌ها پایین است.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که حدود ۲۱/۶ درصد از منطقه (شامل خطرناک و خیلی خطرناک) در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارد و نیازمند برنامه‌ریزی‌های مدیریتی، تثبیت خاک، اصلاح شیب‌ها، و افزایش تاب‌آوری زیرساخت‌هاست. همچنین با توجه به این که تقریباً ۷۰ درصد منطقه در طبقه خطر متوسط قرار گرفته، توجه به اقدامات پیشگیرانه و پایش مستمر در این بخش‌ها نیز

مهمی در کنترل رواناب و کاهش خطر سیلاب در این نواحی ایفا می‌کند. در مقابل، حاشیه‌ها و مناطق نزدیک به آبراهه‌ها و دره‌های اصلی، به ویژه در جنوب و جنوب‌غربی دامنه، در پهنه‌های خطرناک و خیلی خطرناک قرار گرفته‌اند. این مناطق به دلیل شیب تند، نزدیکی به مسیرهای جریان آب و احتمال بالای تمرکز رواناب، بیشترین پتانسیل وقوع سیلاب را دارند. همچنین، در این پهنه‌ها معمولاً پوشش گیاهی ضعیف‌تر و خاک کم‌عمق‌تر است که موجب تشدید سرعت و حجم رواناب می‌شود. نکته مهم این است که بخش‌های خیلی خطرناک عمدتاً در امتداد رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی مشاهده می‌شود. این پهنه‌ها باید به‌عنوان مناطق بحرانی در مدیریت بحران و برنامه‌ریزی توسعه‌ای مدنظر قرار گیرند و از ساخت‌وساز و توسعه سکونتگاه‌های انسانی در آن‌ها پرهیز شود. همچنین اجرای طرح‌های آبخیزداری، تثبیت پوشش گیاهی و احداث سازه‌های کنترل سیلاب در این مناطق توصیه می‌شود. در مجموع، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند ابزاری کلیدی برای شناسایی مناطق پرخطر و اولویت‌بندی اقدامات پیشگیرانه و مدیریتی است. این نقشه نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از حاشیه‌ها و مناطق پایین‌دست دامنه، به‌ویژه در مجاورت آبراهه‌ها، در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارند و نیازمند توجه ویژه در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای هستند

رایج‌ترین استراتژی‌های کنترل سیلاب عبارت‌اند از:

- اقدامات فوری و هشداردهنده سیل
- عملیات آبخیزداری (دست‌کاری و تغییر در حوضه آبرگیر)
- تثبیت توسعه و اصلاح کانال‌ها
- انحراف و ذخیره سازی سیلاب‌ها در روی زمین (احداث سد و بند و سیل‌گیر) و زیر زمین
- مدیریت زمین برای حافظت آب و خاک
- کنترل آمایش سرزمین در دشت‌های سیلابی و مناطق سیل‌خیز (منطقه‌بندی مناطق سیل‌گیر)

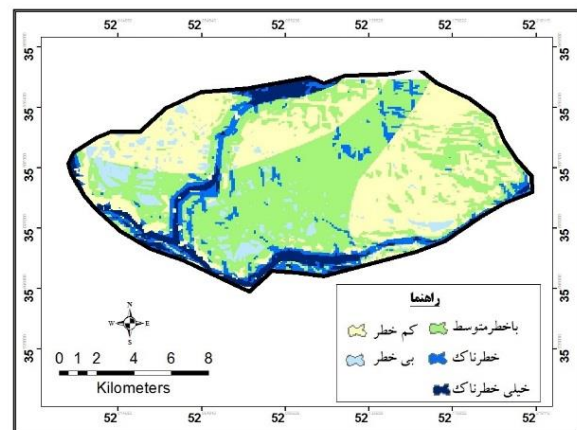
یادداشت‌ها

1. Panizza
2. Unstable landform
3. Pereira
4. Zhang

غرب، جنوب‌غرب، و بخش‌هایی از جنوب نقشه به وضوح قابل مشاهده‌اند.

جهت‌یابی نقشه با نماد قطب‌نما در پایین سمت چپ ارائه شده و مقیاس نقشه نیز نشان‌دهنده مسافت تا ۸ کیلومتر است. خطوط مختصات جغرافیایی نیز برای مکان‌یابی دقیق‌تر در حاشیه نقشه قرار دارند.

در مجموع، این نقشه ابزاری بسیار مفید برای مدیریت بحران، برنامه‌ریزی شهری، و کاهش خسارات ناشی از سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند محسوب می‌شود و می‌تواند برای تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی و عمرانی کاربرد فراوانی داشته باشد.



شکل (۴): نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک با تأکید بر سیلاب در دامنه‌های جنوبی دماوند پرداخته شده است. در ابتدا متغیرها تحقیق براساس مبانی نظری شناخته شدند و با استفاده از روش سلسله مراتبی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع خطر سیلاب منطقه در پنج پهنه خطر تقسیم شده است. در این نقشه، بخش‌های مرکزی و برخی مناطق مرتفع‌تر دامنه جنوبی دماوند عمدتاً در پهنه کم‌خطر تا با خطر متوسط قرار دارند. این مناطق معمولاً دارای شیب ملایم‌تر، فاصله بیشتر از آبراهه‌ها و پوشش گیاهی مناسب‌تر هستند که موجب کاهش پتانسیل وقوع سیلاب می‌شود. به عبارت دیگر، نفوذپذیری خاک و پوشش گیاهی نقش

منابع

عابدینی، م.؛ فتحعلی‌زاد، ب.؛ و رجبی، م. (۱۴۰۰)، ارزیابی مخاطرات ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز زونزچای، نشریه علمی جغرافیا و

برنامه‌ریزی، سال ۲۵(۷۷): ۱۴۸-۱۳۱.

- عباسی، ح.؛ شرفی، س.؛ و مریانجی، ز. (۱۳۹۶)، تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفیک تهدیدکننده مجتمع‌های زیستی شهری در استان لرستان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴(۲): ۱۲۵-۱۰۷.
- 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., & Sallustio, L. (2016). Modeling the influence of alternative forest management scenarios on wood production and carbon storage: a case study in the Mediterranean region. *Environ. Res.* 144(45): 72–87.
- 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, pp. 37–51.
- Christofoletti, 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, pp. 415–440.
- Christofoletti, A. (2024). *Geomorfologia Fluvial - O Canal Fluvial*. Edgard Blücher, São Paulo, SP.
- Christofoletti, 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, pp. 415–440.
- Gao, L., Ma, C., Wang, Q., & Zhou, A. (2019). Sustainable use zoning of land resources considering ecological and geological problems in Pearl River Delta Economic Zone, China. *Scientific Rep.* 9 (1): 1–14.
- Guerra, A.J.T. (2018). Geomorfologia e planejamento ambiental: Conceitos e aplicações. *Rev. Geogr.* 35: 269.
- Haigh, M.J. (2020), Review: Geomorphology in Environmental Planning. *Transactions of the Institute of British Geographers, England, UK*, pp. 241–242.
- Hu, X., Gao, L., Ma, C., & Hu, X. (2020). Land use zoning of Weifang North Plain based on ecological function and geo-environmental suitability. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 79(17): 2697–2719.
- Ju, H., Niu, C., Zhang, S., Jiang, W., Zhang, Z., Zhang, X., Yang, Z., & 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. *J. Clean. Prod.* 310(2): 127522
- Li, W., & Wang, C. (2011). GPS in the tailings dam deformation monitoring. *Procedia Eng.* 26(24):1648–1657.
- Li, X., Meng, X., Ji, X., Zhou, J., Pan, C., & 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.* 397(34):136449
- Liu, J., Jin, X., Xu, W., Fan, Y., Ren, J., Zhang, X., & Zhou, Y. (2019). Spatial coupling differentiation and development zoning trade-off of land space utilization efficiency in eastern China. *Land Use Policy* 85(34): 310–327.
- Pallero, C., Scherer, M., & Barragan, J.M. (2017). Methodology of delimitation and zoning of transitional systems: application to the Mampituba river estuary (Brazil). *Ocean Coast. Manag.* 145(78): 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.05/2017.010>.
- Panizza, M. (2022). *Environmental Geomorphology*. Elsevier, Oxford.
- Pena Monné, J.L., (2023). Cartografia geomorfológica básica e aplicada. *Geoforma*. pp 89
- Pereira, P., Luís, F., Sanches, F., Renato, Fariasm, do Vallem, Junior, Maytê Mariam, Abreu Pires. de Melo Silva, Fernando, Antonio., Leal Pacheco, Marília Carvalho, de Melo, Carlos, A., Valera, T., Cristina., P, & Shi, Z. (2014), Geomorphologic risk zoning to anticipate tailings dams' hazards: A study in the Brumadinho's mining area, Minas Gerais, Brazil, *Science of the Total Environment*. 912(79): 169136. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.169136/2023>
- Qinye, Y., & Du, Z. (2021). On altitudinal land use zonation of the Hengduan Mountain region in southwestern China. *GeoJournal* 20(98): 369–374. <http://www.jstor.org/stable/41144795>.

- Suguio, K. (2022). An importância da geomorfologia em geociências e áreas afins. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. pp 1. <https://doi.org/20502/10/rbg.v1i72/1>.
- Tripathi, M.P., Panda, R.K., & Raghuwanshi, N.S. (2003). Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. *Biosyst. Eng.* 85(14): 365–379. [https://doi.org/1016/10/S1537-5110\(03\)00066-7](https://doi.org/1016/10/S1537-5110(03)00066-7).
- Zhou, D., Xu, J., & Lin, Z. (2017). Conflict or coordination? Assessing land use multifunctionalization using production-living-ecology analysis. *Sci. Total Environ.* 577(76): 136–147. <https://doi.org/1016/10/J.SCITOTENV.10/2016.143>.
- Zhang, T.D., Moya, L., & 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* the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science Volume 26(1): pp 95-106, <https://doi-org.access.semantak.com/1016/10/j.ejrs.12/2022.010>

Zoning of Geomorphological Hazards With an Emphasis on Floods (Study Area: Southern Slope of Damavand)

Maryam Ilanloo*

Department of Geography, Mahs.C. Islamic Azad University, Mahshahr, Iran

(Received: 2024/04/20)

Accepted: 2025/06/02)

Abstract

Methodological considerations in the study of geomorphological hazards are essential scientific tools that no serious researcher in this field can overlook. Flooding is one of the most significant natural hazards, causing substantial financial and human losses worldwide, including in Iran. As such, the study and preparation of flood hazard zoning maps have become a priority in many countries. This research focuses on the assessment and zoning of flood hazards on the southern slopes of Mount Damavand. To develop the zoning map, key factors contributing to flood occurrence were first identified based on theoretical foundations and existing research. These factors include basin shape, soil type, slope gradient, river characteristics, rainfall intensity, and land use. Digital layers for each variable were prepared using ArcGIS 10.4 software. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to model and predict flood risk. For the weighting and pairwise comparison of variables and sub-variables, input was collected from 25 experts in geography holding master's and doctoral degrees. Using the hierarchical method, the flood hazard map categorized the study area into five risk zones. The results indicated that the "very high risk" zone covers 5,678 pixels, accounting for 9.1% of the area. The "high risk" zone comprises 7,758 pixels (12.5%), while the "moderate risk" zone includes 43,276 pixels (approximately 69.7%). The remaining area falls into "low-risk" and "safe" zones, together covering around 9% of the total area.

Keywords: Geomorphological hazards, Flood, Zoning, AHP, Southern slope of Damavand