

شناسایی مناطق سیل‌زده و تحلیل عوامل موثر در وقوع آن (مطالعه موردی: جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان)

مهدی صفری نامیوندی - دکتری ژئومورفولوژی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم انتظامی، تهران.
حمید گنجائیان* - دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران.
مژگان نصرتی - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج.
کلثوم محمدیان - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه پیام‌نور، واحد سنندج.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸ تأیید نهایی: ۱۴۰۳/۰۶/۰۹

چکیده

سیلاب از جمله مخاطراتی است که در طی سال‌های اخیر بارها در استان سیستان و بلوچستان، خصوصاً مناطق جنوب شرقی آن رخ داده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به شناسایی مناطق سیل‌زده جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان و تحلیل عوامل موثر در وقوع آن پرداخته شده است. در این تحقیق از تصاویر راداری سنتینل ۱ و ۲، تصاویر لندست ۹ و مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق، سامانه گوگل ارث انجین و ArcGIS بوده است. همچنین در این تحقیق از مدل منطق فازی جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب استفاده شده است. این پژوهش در چند مرحله انجام شده است که در مرحله اول، مناطق سیل‌زده در طی سیلاب اسفند سال ۱۴۰۲ شناسایی شده است و در مراحل دوم و سوم به ترتیب به تحلیل عوامل موثر در وقوع سیلاب منطقه و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر این مخاطره پرداخته شده است. نتایج حاصله از تصاویر راداری نشان داده است که شهرستان دشتیاری و خصوصاً مناطق جنوب شرقی آن منطبق بر مرز پاکستان، با بیش‌ترین میزان سیل‌زدگی مواجه شده است. بعد از شهرستان دشتیاری، شهرستان چابهار با بیش‌ترین میزان سیل‌زدگی مواجه شده است که در بین عوامل موثر (به جزء عوامل اقلیمی)، وضعیت ارتفاعی و شیب بیش‌ترین اثرگذاری را داشته است. همچنین در این پژوهش، مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب شناسایی شده است. بر اساس نتایج حاصله، مناطق جنوبی محدوده مطالعاتی شامل بخش‌های میانی و جنوبی شهرستان دشتیاری، مناطق شرقی و جنوبی شهرستان چابهار و همچنین مناطق جنوبی شهرستان کنارک، دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند. با توجه به نتایج حاصله، تحت تاثیر وضعیت طبیعی منطقه، بخش زیادی از این منطقه، در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد که باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سیلاب، سیستان و بلوچستان، گوگل ارث انجین.

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که بسیاری از جوامع با آن مواجه هستند، وقوع مخاطرات طبیعی است. مخاطرات طبیعی دارای انواعی هستند و سیلاب از جمله مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که همواره با خسارات جانی و مالی زیادی همراه است. سیلاب یک جریان آب شدید و استثنایی است که از بستر طبیعی رودخانه لبریز شده و اراضی اطراف بستر را اشغال می‌کند. سیلاب می‌تواند نتیجه ریزش باران‌های شدید، ذوب سریع برف و یخ و یا تخریب بستر باشد (گنجائیان، ۱۳۹۹). در واقع، سیلاب هنگامی رخ می‌دهد که دبی رودخانه به حدی افزایش می‌یابد که آب از سواحل رودخانه عبور کرده و مناطق مجاور را غرقاب می‌کند، در نتیجه جوامعی را که در مجاورت رودخانه‌ها ساکن هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر آن، تغییرات آب و هوایی احتمال وقوع سیل و بزرگی آن‌ها را افزایش می‌دهد (ترمه^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

سیلاب‌ها به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین مخاطرات محسوب می‌شوند که هر ساله خسارات جانی و مالی زیادی را به بار می‌آورند (قهرودی، ۱۳۹۱؛ سادات‌حمصی و همکاران، ۱۳۹۸) به‌طوری‌که بر اساس گزارش پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات، سیلاب‌ها در کنار زلزله و خشکسالی بالاترین خسارات جانی و مالی را داشته‌اند (زکودا^۲ و همکاران، ۲۰۲۰) و همچنین بر اساس آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۰، بیش از ۴۰ درصد از بلایای طبیعی در جهان را سیلاب‌ها به خود اختصاص داده‌اند (فنگ و لیو^۳، ۲۰۱۶). در طی سال‌های اخیر، با توجه به روند افزایشی جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی و دخالت‌های نابجای انسان در طبیعت، احتمال وقوع سیلاب افزایش و خطرات ناشی از آن تشدید شده است (پاسکاسیو^۴ و همکاران، ۲۰۱۸؛ کیم و جیم^۵، ۲۰۲۰).

مناطق مختلف با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی، هیدرواقليمی، پوشش‌زمین و غیره، پتانسیل‌های متفاوتی از نظر وقوع مخاطره سیلاب دارند. از جمله مناطقی که پتانسیل بالایی در برابر مخاطره سیلاب دارد، مناطق جنوب شرقی کشور است. این مناطق به دلیل داشتن بارش‌های رگباری، قرار گرفتن در طبقات ارتفاعی و شیب کم و همچنین پوشش گیاهی فقیر، پتانسیل بالایی در برابر مخاطره سیلاب دارند و همین مسئله سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر بارها شاهد وقوع سیلاب در این منطقه باشیم. با توجه به اهمیت موضوع و وقوع سیلاب در اسفند سال ۱۴۰۲ در این منطقه، در این پژوهش به شناسایی مناطق سیل‌زده و همچنین تحلیل عوامل موثر در وقوع آن پرداخته شده است.

در ارتباط با مخاطره سیلاب، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. در بسیاری از تحقیقات، با استفاده از پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی مانند ژئومورفولوژی، اقلیم، هیدرولوژی و وضعیت پوشش‌زمین، مناطق سیل‌خیز شناسایی شده است (بورنان^۶ و همکاران، ۲۰۱۹؛ ساها و آگراوال^۷، ۲۰۲۰؛ گوش^۸ و همکاران، ۲۰۲۲؛ عثمان و داس^۹، ۲۰۲۳). در بسیاری از تحقیقات، به تاثیر فعالیت‌های انسانی از جمله تخریب محیط‌زیست و تغییرات کاربری اراضی بر وقوع سیلاب پرداخته شده

۱. Termeh

۲. Zekouda

۳. Feng & Lu

۴. Pascacio

۵. Kim & Gim

۶. Bourenane

۷. Saha & Agrawal

۸. Ghosh

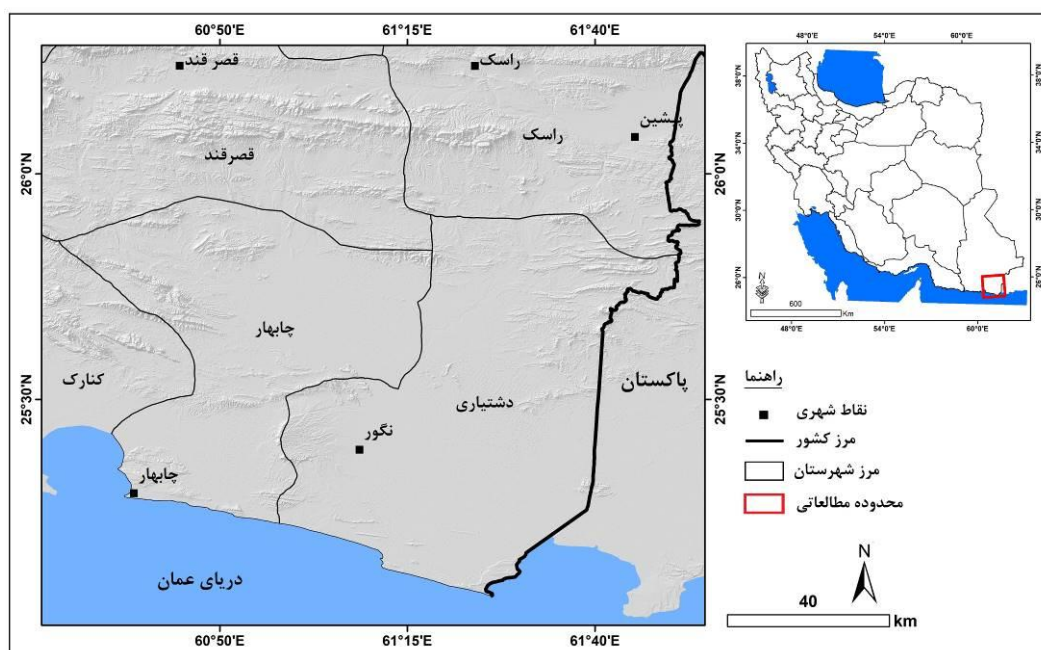
۹. Osman & Das

است (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ چن^۲ و همکاران، ۲۰۱۸؛ هانکپ^۳ و همکاران، ۲۰۱۹؛ احمد^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). در بسیاری از تحقیقات با استفاده از تصاویر راداری قبل و بعد از وقوع سیلاب، مناطق سیل‌زده شناسایی شده است (بوره^۵ و همکاران، ۲۰۱۸؛ و کاریا^۶ و همکاران، ۲۰۲۳؛ ساندارم^۷ و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین در بسیاری از تحقیقاتی که اخیراً انجام شده است، با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین، مناطق سیل‌زده شناسایی شده است (نگیا^۸ و همکاران، ۲۰۲۲؛ سای و همکاران^۹، ۲۰۲۳؛ لی و دمیر^{۱۰}، ۲۰۲۴؛ هالدر و باس^{۱۱}، ۲۰۲۴). در راستای تحقیقات پیشین صورت گرفته، هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق سیل‌زده در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان در طی سیلاب اسفندماه سال ۱۴۰۲ و تحلیل عوامل موثر در وقوع آن است. در این پژوهش بر خلاف تحقیقات پیشین صورت گرفته، علاوه بر شناسایی مناطق سیل‌زده، به تحلیل عوامل موثر در وقوع آن و همچنین شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر این مخاطره نیز پرداخته شده است.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر منطبق بر مناطق جنوب شرقی کشور است. این منطقه از نظر تقسیمات سیاسی، در محدوده استان سیستان و بلوچستان و همچنین شهرستان‌های دشتیاری، چابهار، کنارک، راسک و قصرقند قرار دارد (شکل ۱). از نظر وضعیت ژئومورفولوژی، بخش زیادی از مناطق جنوبی محدوده را واحد دشت و بخش زیادی از مناطق شمالی محدوده را واحد کوهستان و تپه‌ماهور دربر گرفته است. از نظر وضعیت پوشش گیاهی، بخش زیادی از منطقه را اراضی کویری و فاقد پوشش گیاهی دربر گرفته است. همچنین از نظر اقلیمی نیز این محدوده دارای بارش حدود ۱۰۰ میلی‌متر در سال است که رگباری بودن بارش و همچنین وضعیت ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی منطقه، سبب پتانسیل بالای سیل-خیزی منطقه شده است.

-
۱. Liu
 ۲. Chen
 ۳. Hounkpe
 ۴. Ahmad
 ۵. Borah
 ۶. Vekaria
 ۷. Sundaram
 ۸. Nghia
 ۹. Sy
 ۱۰. Li & Demir
 ۱۱. Halder & Bose



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

در این تحقیق از تصاویر راداری سنتینل ۱ و ۲، تصاویر لندست ۹ و مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق، سامانه گوگل ارث انجین (به‌منظور تهیه نقشه مناطق سیل‌زده و نقشه پوشش زمین) و ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های مورد نظر) بوده است. همچنین در این تحقیق از مدل منطق فازی جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب استفاده شده است. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این پژوهش در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

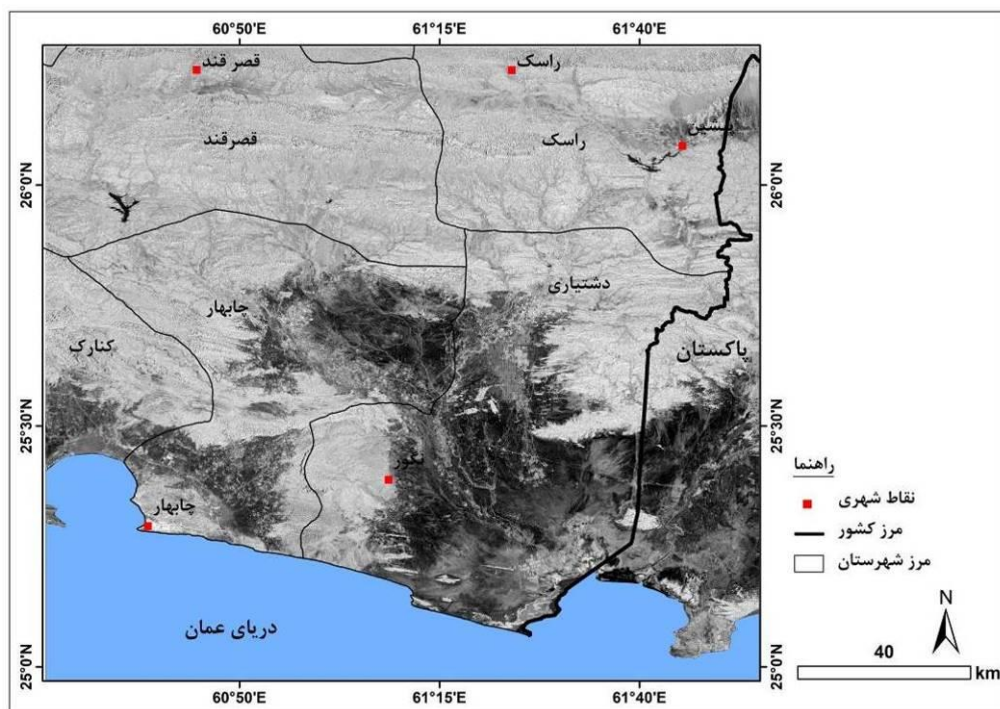
- **مرحله اول (شناسایی مناطق سیل‌زده):** در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق سیل‌زده، از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است و با استفاده از تصاویر راداری قبل از وقوع سیلاب (تصاویر موجود از تاریخ ۲۰۲۴/۰۲/۰۱ تا ۲۰۲۴/۰۲/۲۰) و تصاویر بعد از وقوع سیلاب (تصاویر موجود از تاریخ ۲۰۲۴/۰۳/۰۱ تا ۲۰۲۴/۰۳/۲۵)، نقشه مناطق سیل‌زده تهیه شده است. پس از تهیه نقشه مورد نظر، از نقشه تهیه شده خروجی و در نهایت در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه نهایی مورد نظر تهیه شده است.
- **مرحله دوم (تحلیل عوامل موثر در وقوع سیلاب):** پس از شناسایی مناطق سیل‌زده، در این مرحله به تحلیل نقش عوامل طبیعی (ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، رتبه‌بندی رودخانه و پوشش زمین) در سیلاب رخ داده پرداخته شده است. در این مرحله، وسعت مناطق سیل‌زده در طبقات مختلف ارتفاعی، طبقات شیب، طبقات فاصله از رودخانه، حریم رتبه‌های رودخانه و همچنین در پوشش‌های مختلف محاسبه و تحلیل شده است. با توجه به وضعیت اقلیمی یکسان منطقه، از پارامترهای اقلیمی استفاده نشده است. همچنین لازم به ذکر است که به‌منظور تهیه نقشه پوشش زمین، از سامانه گوگل ارث انجین و تصاویر لندست مربوط به سال ۲۰۲۴ استفاده شده است.
- **مرحله سوم (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب):** در این مرحله بر مبنای نتایج حاصله از مراحل قبل و با توجه به وسعت مناطق سیل‌زده در طبقات مختلف، پارامترهای مختلف ارزش‌گذاری و استانداردسازی شده است و در نهایت با تلفیق پارامترهای مورد نظر بر اساس عملگر گامای فازی، نقشه مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب تهیه شده است.

بحث و نتایج

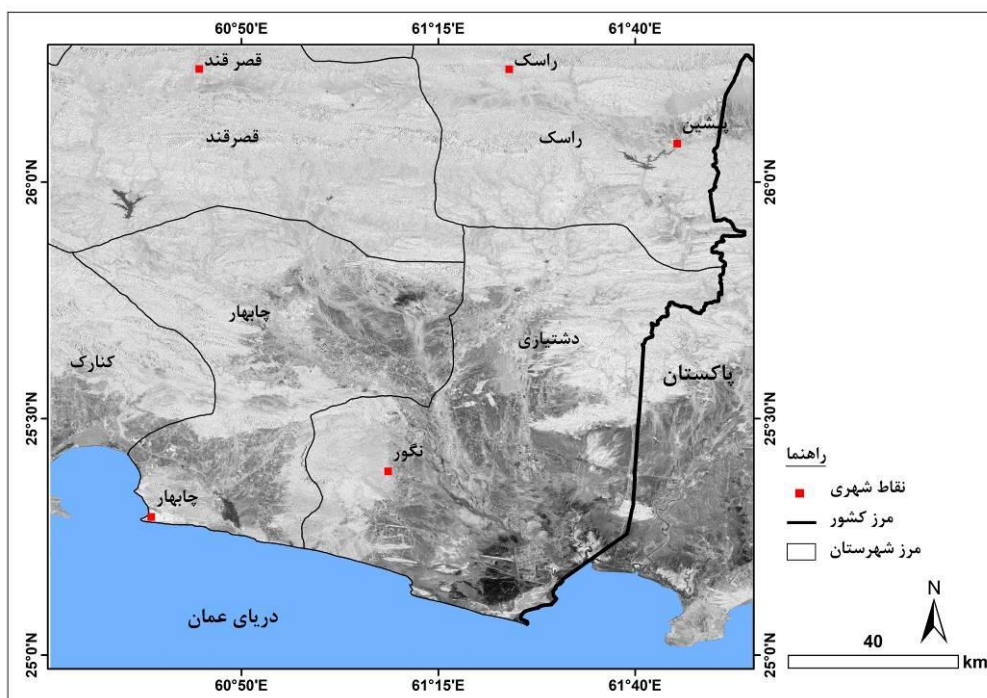
در راستای موضوع و اهداف مورد نظر، در این پژوهش ابتدا با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین، وضعیت مناطق سیل‌زده در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان بررسی شده است و سپس ارتباط آن با وضعیت طبیعی منطقه تحلیل شده است:

شناسایی مناطق سیل‌زده

در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق سیل‌زده در منطقه مورد مطالعه، از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است. به منظور انجام این کار، از تصاویر راداری سنتینل ۱ مربوط به قبل و بعد از وقوع سیلاب استفاده شده است که به ترتیب به شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

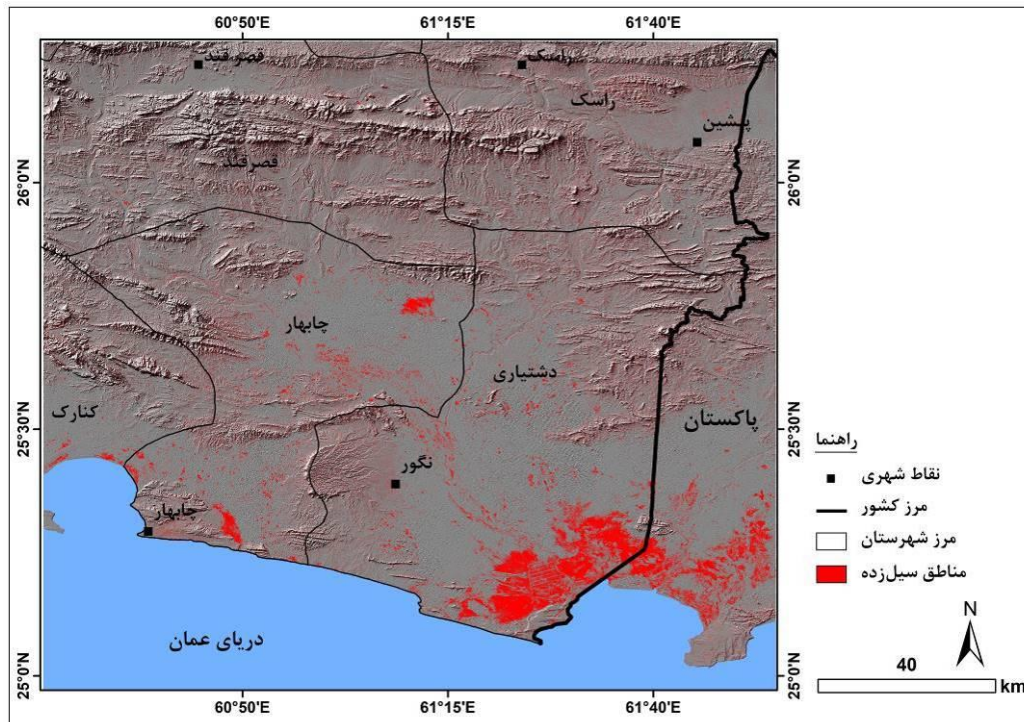


شکل ۲: تصاویر راداری منطقه مورد مطالعه (قبل از وقوع سیلاب)



شکل ۳: تصاویر راداری منطقه مورد مطالعه (بعد از وقوع سیلاب)

پس از تهیه تصاویر مورد نظر و همچنین اعمال فیلترها و مشخص کردن حد آستانه در سامانه گوگل ارث انجین، نقشه مناطق سیل‌زده جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان در اسفند ۱۴۰۲ تهیه شده است (شکل ۴). بر اساس نقشه تهیه شده، بخش زیادی از محدوده شهرستان‌های جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان با سیلاب مواجه شده است اما شهرستان دشتیاری و خصوصاً مناطق جنوب شرقی آن منطبق بر مرز پاکستان، تحت تاثیر عوامل طبیعی از جمله وضعیت ژئومورفولوژی، با بیش‌ترین میزان سیل‌زدگی مواجه شده است. بعد از شهرستان دشتیاری، شهرستان چابهار با بیش‌ترین میزان سیل‌زدگی مواجه شده است.

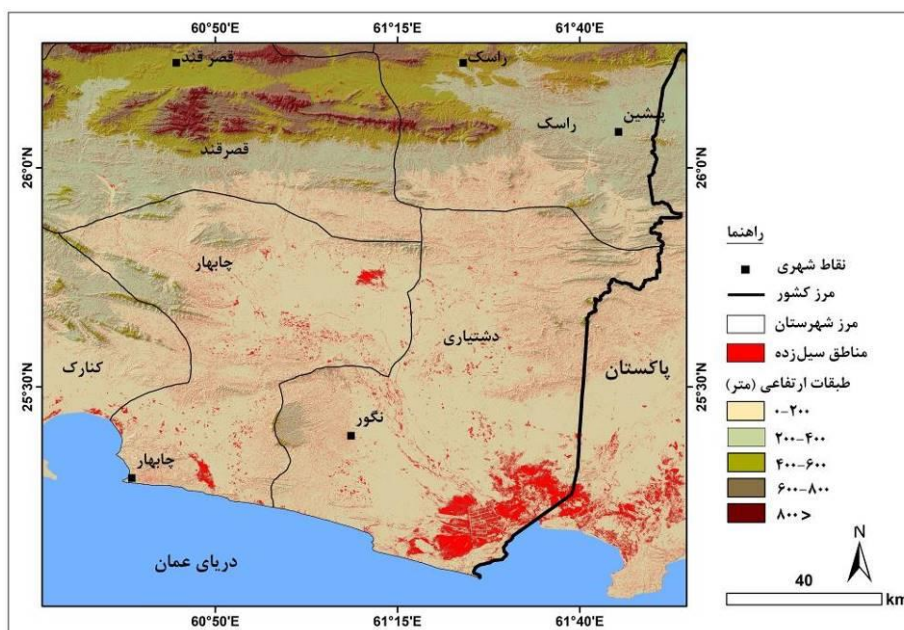


شکل ۴: نقشه مناطق سیل‌زده در منطقه مورد مطالعه

شناسایی عوامل موثر در وقوع سیلاب

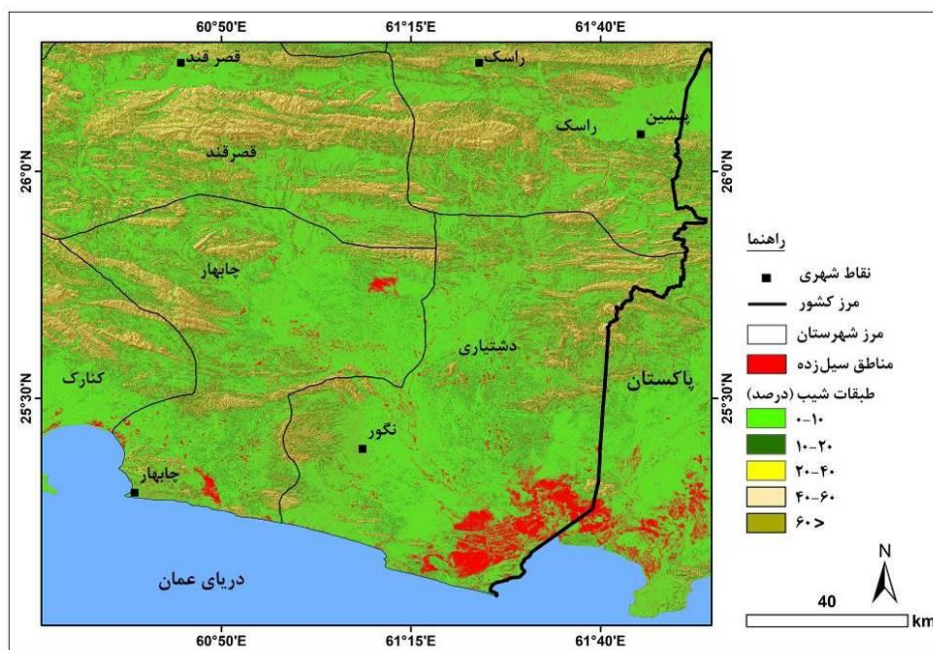
مخاطره سیلاب متأثر از عوامل مختلفی است. در واقع، علاوه بر عوامل اقلیمی، وضعیت ژئومورفولوژی و نوع پوشش زمین نیز نقش مهمی در تشدید مخاطره سیلاب دارد. در این بخش به منظور تحلیل عوامل موثر در وقوع سیلاب منطقه، به بررسی وضعیت مناطق سیل‌زده در ارتباط با وضعیت ارتفاعی، شیب، فاصله از رودخانه، رتبه‌بندی آبراهه و همچنین نوع پوشش زمین پرداخته شده است.

ارزیابی تاثیر ارتفاع بر سیلاب منطقه: بررسی وضعیت سیلاب رخ داده در منطقه مورد مطالعه نشان داده است که بخش زیادی از مناطق سیل‌زده، در طبقات ارتفاعی پایین قرار دارند (شکل ۵). بر اساس نتایج حاصله، حدود ۹۳ درصد از مناطق سیل‌زده در طبقه ارتفاعی کمتر از ۲۰۰ متر قرار دارند و تنها ۰/۸ درصد از مناطق سیل‌زده در طبقات ارتفاعی بیش از ۸۰۰ متر قرار دارند. با توجه به مواد مذکور می‌توان گفت که ارتفاع یکی از عوامل موثر در تشدید مخاطره سیلاب در منطقه مورد مطالعه بوده است.



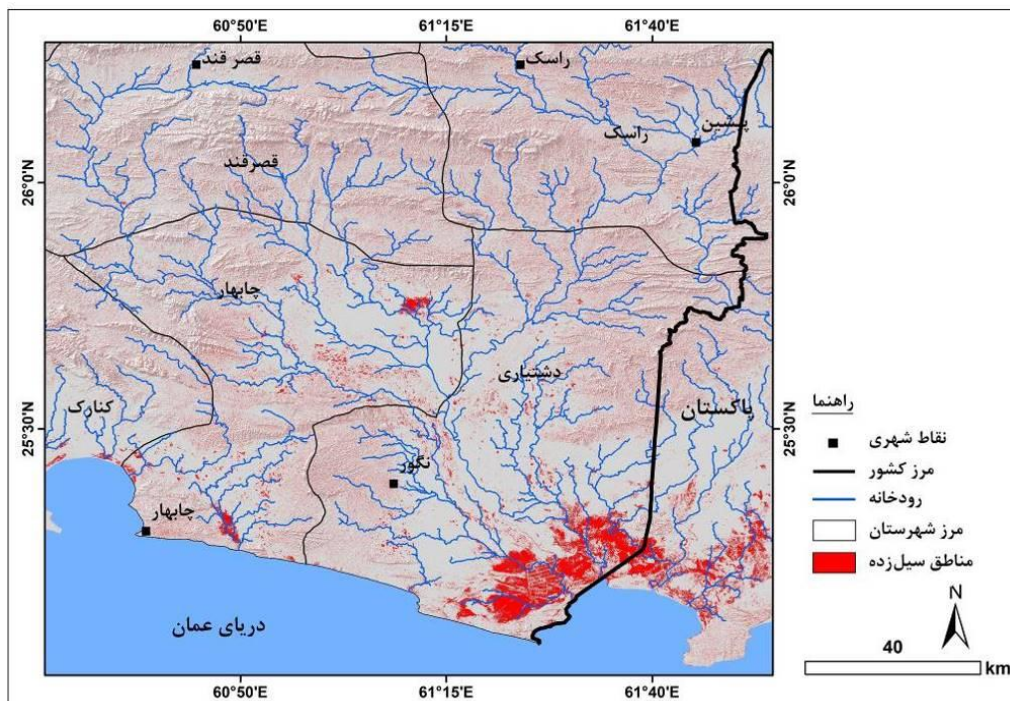
شکل ۵: نقشه مناطق سیل‌زده و طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تاثیر شیب بر سیلاب منطقه: میزان شیب نیز با توجه به تاثیری که در سرعت رواناب و نفوذ دارد، نقش مهمی در تشدید مخاطره سیلاب دارد. نتایج بررسی سیلاب رخ داده در طبقات شیب منطقه نشان داده است که بخش زیادی از سیلاب رخ داده در طبقه شیب کم‌تر از ۱۰ درصد بوده است (شکل ۶). به طوری که ۹۱/۴ درصد از مناطق سیل‌زده در طبقه شیب کم‌تر از ۱۰ درصد و فقط ۰/۵ درصد از مناطق سیل‌زده در طبقه با شیب بیش از ۴۰ درصد قرار داشته است. بر این اساس می‌توان گفت که شیب زمین یکی از عوامل موثر در تشدید مخاطره سیلاب در منطقه مورد مطالعه بوده است.



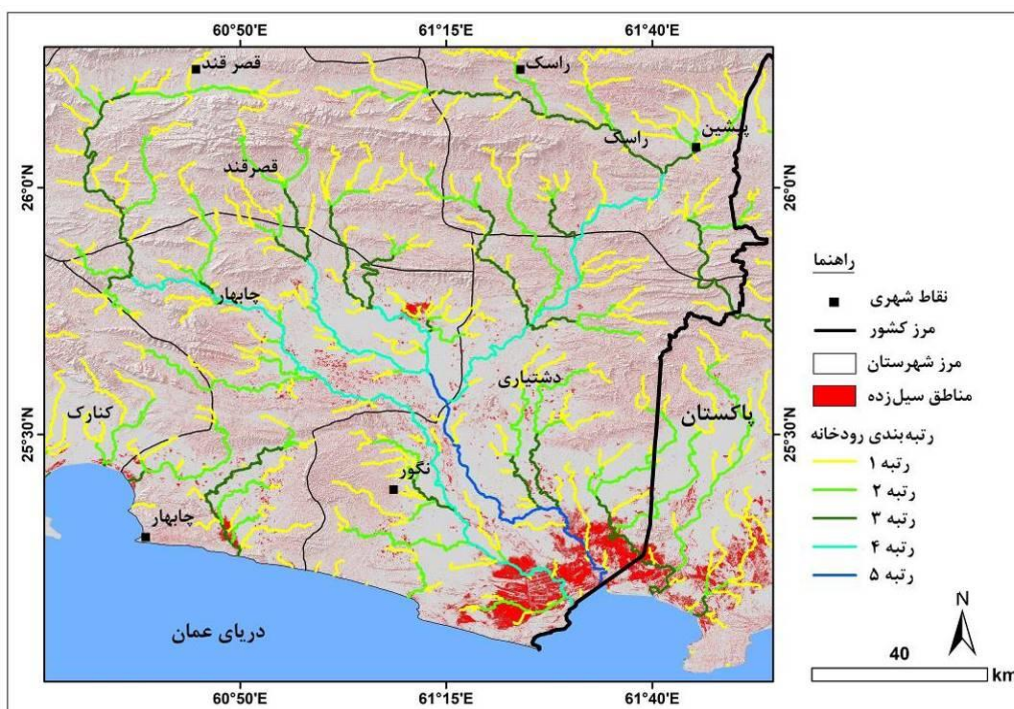
شکل ۶: نقشه مناطق سیل‌زده و طبقات شیب منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تاثیر فاصله از رودخانه بر سیلاب منطقه: رودخانه‌ها عامل اصلی در وقوع سیلاب هستند. به‌طور معمول، مناطق نزدیک به رودخانه، بیش‌ترین آسیب‌پذیری را در برابر مخاطره سیلاب دارند. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در منطقه خشک قرار دارد و دارای بارش‌های رگباری است و همچنین با توجه به اینکه بخش زیادی از منطقه دارای ارتفاع و شیب کمی است، بنابراین در این منطقه، برخلاف مناطق کوهستانی، مناطق دور از رودخانه نیز با مخاطره سیلاب مواجه شده‌اند (شکل ۷). در واقع، می‌توان گفت که مناطق خارج از حریم رودخانه نیز با مخاطره سیلاب مواجه شده است (جدول ۱) که دلیل آن وضعیت مورفولوژی رودخانه‌های منطقه، ارتفاع کم، شیب کم و همچنین نوع بارش‌های منطقه است. با توجه به موارد مذکور، پارامتر فاصله از رودخانه نسبت با پارامترهای توپوگرافی، تاثیر کم‌تری در تعیین سیل‌خیزی منطقه داشته است.



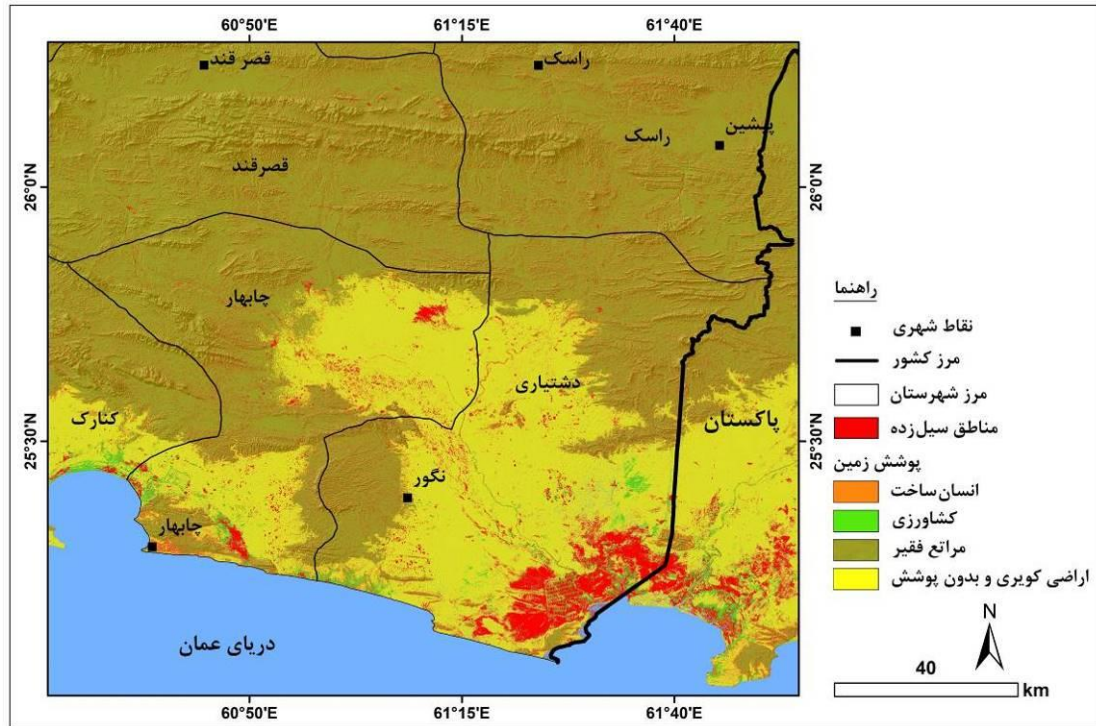
شکل ۷: نقشه مناطق سیل‌زده و رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تاثیر رتبه رودخانه بر سیلاب منطقه: رودخانه‌هایی که دارای رتبه بالاتری هستند، به دلیل اینکه تجمعی جریان بیش‌تری دارند، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی هستند. در واقع، هر چه از سرشاخه‌ها به مناطق پایین‌دست حوضه‌های آبریز نزدیک می‌شویم، پتانسیل سیل‌خیزی افزایش می‌یابد. بررسی نقشه وضعیت مناطق سیل‌زده در ارتباط با رتبه‌های رودخانه در منطقه مورد مطالعه (شکل ۸) بیانگر این است که بخش زیادی از مناطق سیل‌زده مربوط به مناطق مجاور رودخانه‌های با رتبه ۴ و ۵ بوده است ولی در بعضی از مناطق نیز به دلیل وضعیت مورفولوژی رودخانه‌های منطقه، ارتفاع کم، شیب کم، مناطق مجاورت رودخانه‌های رتبه ۱ و ۲ نیز با سیلاب مواجه شده‌اند (جدول ۱). با توجه به موارد مذکور، پارامتر رتبه رودخانه نسبت با پارامترهای توپوگرافی، تاثیر کم‌تری در تعیین سیل‌خیزی منطقه داشته است.



شکل ۸: نقشه مناطق سیل‌زده و رتبه‌های رودخانه در منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تاثیر پوشش زمین بر سیلاب منطقه: با توجه به تاثیری که پوشش زمین در سرعت جریان و نفوذپذیری دارد، نوع پوشش زمین از عوامل تاثیرگذار در وضعیت سیل‌خیزی مناطق محسوب می‌شود. بررسی وضعیت مناطق سیل‌زده در ارتباط با نوع پوشش زمین بیانگر این است که بخش زیادی از مناطق سیل‌زده دارای پوشش اراضی کویری و بایر بوده است (شکل ۹). بر اساس نتایج حاصله، ۸۲/۴ درصد از مناطق سیل‌زده دارای پوشش اراضی کویری و بایر، ۹/۴ درصد دارای پوشش مراتع فقیر، ۵/۲ درصد دارای پوشش انسان‌ساخت (سکونتگاهی، صنعتی و غیره) و همچنین ۳ درصد دارای پوشش کشاورزی بوده است.



شکل ۹: نقشه مناطق سیل‌زده و نوع پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه

مجموع ارزیابی‌های صورت گرفته در این بخش نشان داده است که در بین عوامل محیطی (به جزء عوامل اقلیمی) تاثیرگذار بر وضعیت سیل‌خیزی منطقه، وضعیت ارتفاعی، شیب و نوع پوشش زمین دارای بالاترین تاثیرگذاری بوده است زیرا که در یک روند کلی، با کاهش ارتفاع، کاهش شیب و همچنین کاهش تراکم پوشش گیاهی، وسعت مناطق سیل‌زده افزایش یافته است (جدول ۱).

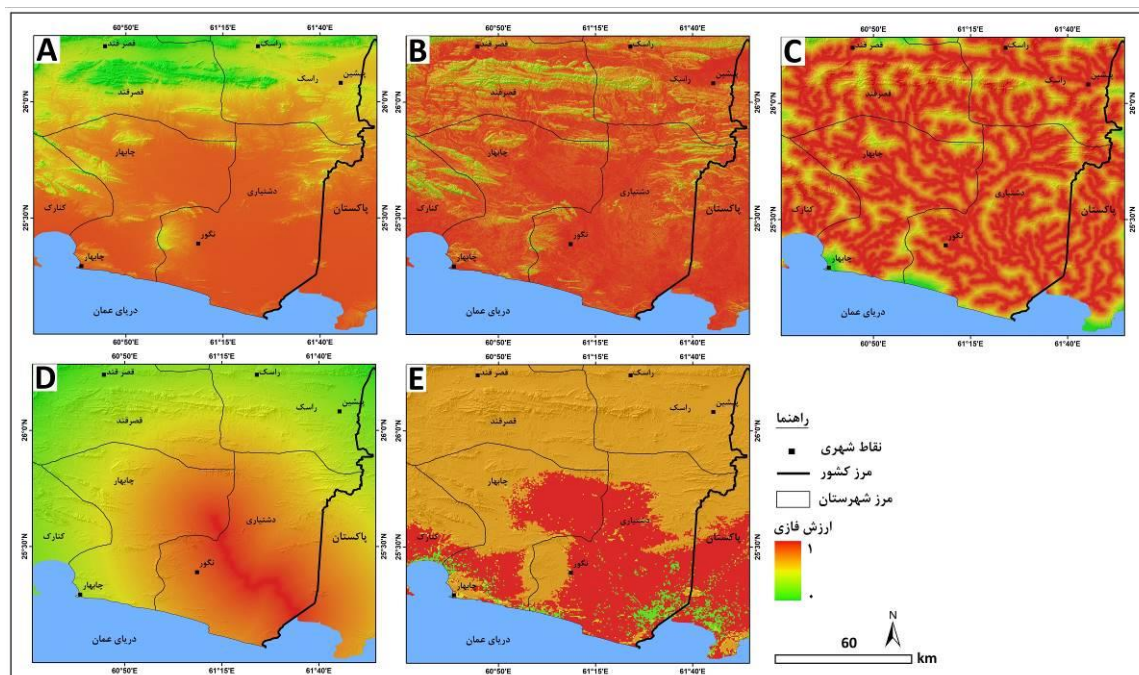
جدول ۱: مساحت و درصد مساحت مناطق سیل‌زده در طبقات مختلف

پارامتر	طبقات	مساحت	درصد مساحت
ارتفاع (متر)	۲۰۰-۰	۱۲۷۳	۹۳/۱
	۴۰۰-۲۰۰	۵۸	۴/۲
	۶۰۰-۴۰۰	۲۱	۱/۵
	۸۰۰-۶۰۰	۱۱	۰/۸
	بیش از ۸۰۰	۴	۰/۳
شیب (درصد)	۱۰-۰	۱۲۴۹	۹۱/۴
	۲۰-۱۰	۸۴	۶/۱
	۴۰-۲۰	۲۸	۲
	۶۰-۴۰	۵	۰/۴
	بیش از ۶۰	۱	۰/۱
فاصله از رودخانه (متر)	۲۰۰-۰	۳۸۹	۲۸/۵
	۴۰۰-۲۰۰	۳۳۶	۲۴/۶
	۶۰۰-۴۰۰	۲۱۷	۱۵/۹
	۸۰۰-۶۰۰	۱۷۸	۱۳

۱۸/۱	۲۴۷	بیش از ۸۰۰	حریم رتبه‌های رودخانه
۲۳/۷	۳۲۴	رتبه ۱	
۱۵/۹	۲۱۷	رتبه ۲	
۱۸/۹	۲۵۹	رتبه ۳	
۲۴/۹	۳۴۱	رتبه ۴	
۱۶/۵	۲۲۶	رتبه ۵	نوع پوشش زمین
۵/۲	۷۱	انسان‌ساخت	
۳	۴۱	کشاورزی	
۹/۴	۱۲۸	اراضی کویری و بایر	
۸۲/۴	۱۱۲۷	مراتع فقیر	

شناسایی مناطق آسیب‌پذیری در برابر سیلاب

در این بخش بر مبنای نتایج بدست آمده از مراحل قبل و همچنین با استفاده از پارامترهای مورد نظر (ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، رتبه‌بندی رودخانه و نوع پوشش زمین)، مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب شناسایی شده است. به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی استانداردسازی شده است. به‌منظور استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، به مناطق کم ارتفاع، کم شیب، نزدیک به رودخانه، نزدیک به حریم رودخانه‌های با رتبه ۵ و همچنین مناطق با پوشش اراضی کویری و بایر، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با ارتفاع و شیب زیاد، دور از رودخانه، مناطق مجاور رودخانه‌های با رتبه ۱ و همچنین مناطق دارای پوشش اراضی کشاورزی، ارزش نزدیک به صفر داده شده است (شکل ۱۰).



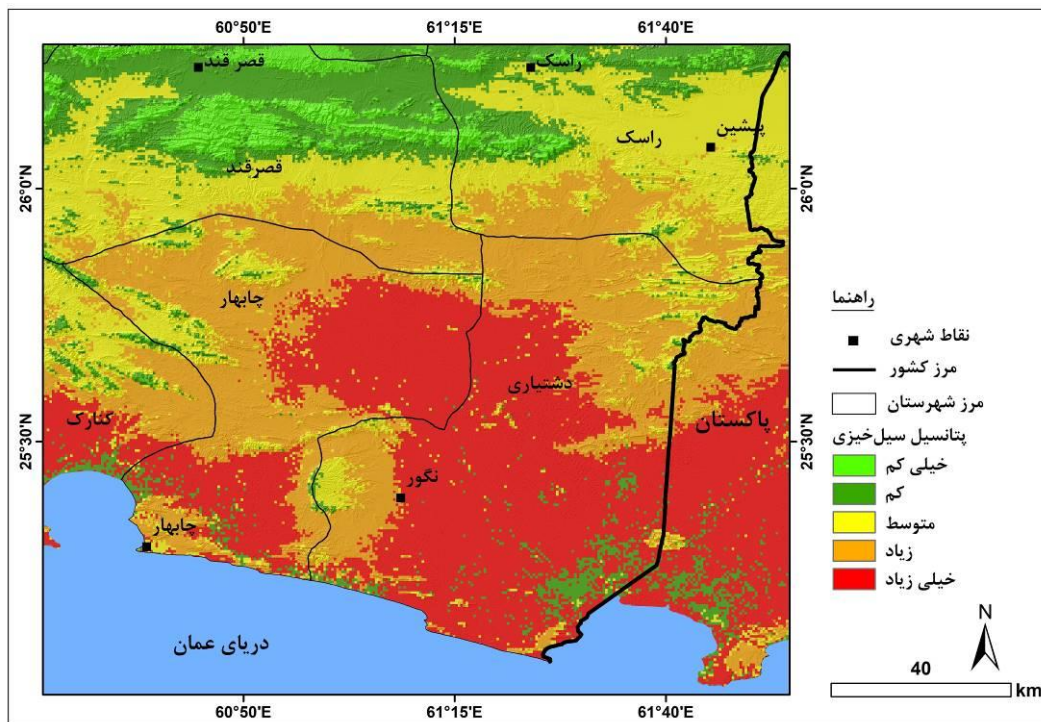
شکل ۱۰: نقشه استانداردسازی شده لایه‌های اطلاعاتی (A ارتفاع، B شیب، C فاصله از رودخانه، D رتبه‌بندی رودخانه و E پوشش زمین)

پس از استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، بر مبنای همبستگی بین مناطق سیل‌زده و پارامترها، پارامترها وزن‌دهی شده است. با توجه به اینکه بین پارامترهای ارتفاع و شیب با مناطق سیل‌زده، همبستگی معناداری وجود داشته است، به این پارامترها بالاترین ارزش داده شده است (جدول ۲).

جدول ۲: وزن پارامترهای مورد استفاده

پارامتر	ارتفاع	شیب	فاصله از رودخانه	رتبه‌بندی رودخانه	پوشش زمین
وزن	۰/۳۲۳	۰/۲۴۵	۰/۱۴۱	۰/۱۰۷	۰/۱۸۵

پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن بدست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب در ۵ کلاس تهیه شده است (شکل ۱۱). بر اساس نقشه تهیه شده، مناطق جنوبی محدوده مطالعاتی شامل بخش‌های میانی و جنوبی شهرستان دشتیاری، مناطق شرقی و جنوبی شهرستان چابهار و همچنین مناطق جنوبی شهرستان کنارک، دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند. با توجه به نتایج حاصله، تحت تاثیر وضعیت طبیعی منطقه، بخش زیادی از این منطقه، در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد.



شکل ۱۱: نقشه مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از شناسایی مناطق سیل‌زده با استفاده از تصاویر راداری نشان داده است که در اسفند سال ۱۴۰۲، بخش زیادی از منطقه، خصوصاً مناطق جنوب‌شرقی شهرستان دشتیاری با مخاطره سیلاب مواجه شده است. نتایج تحلیل عوامل

موثر در سیلاب رخ داده نشان داده است که علاوه بر عوامل اقلیمی که زمینه را برای وقوع بارش‌های رگباری در منطقه فراهم آورده است، عوامل طبیعی از جمله وضعیت ژئومورفولوژی منطقه، زمینه را برای تشدید مخاطره سیلاب فراهم کرده است. در واقع، بخش زیادی از وسعت مناطق سیل‌زده مربوط به مناطق کم ارتفاع و کم شیب بوده است که این مسئله بیانگر نقش مستقیم ارتفاع و شیب در سیلاب‌های منطقه است. همچنین مناطقی که از نظر پوشش زمین در طبقه اراضی کویری و بایر قرار داشتند نیز دارای بالاترین درصد سیل‌زدگی بودند، بنابراین نوع پوشش زمین نیز از جمله عوامل موثر بوده است. اما نکته جالب توجه این است که بین پارامترهای فاصله از رودخانه و رتبه‌بندی رودخانه با سیلاب‌های رخ داده، ارتباط قوی وجود نداشته است. یعنی بعضی از مناطقی که دور از رودخانه‌های اصلی بوده‌اند نیز با سیلاب مواجه شده‌اند که دلیل اصلی آن وضعیت مورفولوژی رودخانه‌های منطقه بوده است. با توجه به موارد مذکور، در بین عوامل موثر، ارتفاع و شیب بالاترین تاثیرگذاری و فاصله از رودخانه، کم‌ترین تاثیرگذاری (در بین پارامترهای مورد مطالعه) را داشته است. همچنین در این پژوهش بر مبنای وضعیت مناطق سیل‌زده و تاثیرگذاری پارامترها، مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب شناسایی شده است. بر اساس نتایج حاصله، مناطق جنوبی محدوده مطالعاتی شامل بخش‌های میانی و جنوبی شهرستان دشتیاری، مناطق شرقی و جنوبی شهرستان چابهار و همچنین مناطق جنوبی شهرستان کنارک، دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند. با توجه به نتایج حاصله، تحت تاثیر وضعیت طبیعی منطقه، بخش زیادی از این منطقه، در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد که باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

منابع

- سادات‌حمصی، م.، یاراحمدی، د.، اوتق، م.، شمسی‌پور، ع.، ۱۳۹۸. کاهش پهنه خطر سیل در حوضه دشت کاشان از طریق اجرای سناریوی آمایش خطر مدار، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۳، ۲۸۵-۲۷۱. <https://www.sid.ir/paper/377148/fa>
- قهرودی‌تالی، م.، ۱۳۹۱. آسیب‌پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱، شماره ۲، ۱۸-۱. <https://doi.org/10.22067/geo.v1i2.13099>
- گنجائیان، حمید، ۱۳۹۹. مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن. نشر انتخاب، ۱۴۴ صفحه. <https://www.ketabium.com/product/1205840>
- Ahmad, T., Pandey, A.C., Kumar, A., 2020. Impact of 2014 Kashmir flood on land use/land cover transformation in Dal Lake and its surroundings, Kashmir valley. *SN Applied Sciences*, 2 (681). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2434-8>
- Borah, S.B., Sivasankar, T., Ramya, M.N.S., Raju, P.L.N. 2018. Flood inundation mapping and monitoring in Kaziranga National Park, Assam using Sentinel-1 SAR data; *Environ, Monit. Assess*, 190(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6893-y>
- Bourenane, H., Bouhadad, Y., Guettouche, M.S. 2019. Flood hazard mapping in urban area using the hydrogeomorphological approach: case study of the Boumerzoug and [11] Rhmel alluvial plains (Constantine city, NE Algeria), *Journal of African Earth Sciences*, 160 (1). <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103602>
- Chen, F., Zheng, J., Li, S., Long, A., 2018. Effects of the Land Use and Check Dams on Flood in Upper Catchment of Fuping Hydrological Station by Hydrological Modeling. *Water Resources*, 45: 508-522. <https://doi.org/10.1134/S0097807818040103#Bib1>
- Feng, L.H., Lu, J., 2010. The practical research on flood forecasting based on artificial neural networks, *Expert Syst Appl*, 37, 2974-2977. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.037>
- Ghosh, A., Dey, P., Ghosh, T., 2022. Integration of RS-GIS with Frequency Ratio, Fuzzy Logic, Logistic Regression and Decision Tree Models for Flood Susceptibility Prediction in Lower Gangetic Plain: A Study on Malda District of West Bengal, India. *Journal of the*

- Indian Society of Remote Sensing*, 50: 1725-1745. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01560-5>
- Halder, S., Bose, S., 2024. Sustainable flood hazard mapping with GLOF: A Google Earth Engine approach. *Natural Hazards Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2024.01.002>
 - Hounkpè, J., Diekkrüger, B., Afouda, A. A., Sintondji, L.O.C., 2019. Land use change increases flood hazard: a multi-modelling approach to assess change in flood characteristics driven by socio-economic land use change scenarios. *Natural Hazards*, 98: 1021–1050. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3557-8>
 - Kim, J., Gim, T.H.T., 2020. Assessment of social vulnerability to floods on Java, Indonesia, *Natural Hazards*, 102: 101–114. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03912>
 - Li, Z., Demir, I., 2024. MultiRS flood mapper: a google earth engine application for water extent mapping with multimodal remote sensing and quantile-based postprocessing. *Environmental Modelling & Software*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106022>
 - Liu, J., Wang, s., Li, D., 2014. The Analysis of the Impact of Land-Use Changes on Flood Exposure of Wuhan in Yangtze River Basin, China. *Water Resources Management*, 28: 2507–2522. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0623-1>
 - Nghia, B.P.Q., Pal, I., Chollacoop, N., Mukhopadhyay, A., 2022. Applying Google earth engine for flood mapping and monitoring in the downstream provinces of Mekong river. *Progress in Disaster Science*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100235>
 - Osman, S.A., Das, j., 2023. GIS-based flood risk assessment using multi-criteria decision analysis of Shebelle River Basin in southern Somalia. *SN Applied Sciences*, 5 (134). <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05360-5>
 - Pascacio, E.D., Argueta, A.O., Mercedes, M., Uzcanga, C., Marcial, N.R., 2018. Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. *Botanical Sciences* 96 (2), 180-199. <https://doi.org/10.17129/botsci.1858>
 - Saha, A.K., Agrawal, S., 2020. Mapping and assessment of flood risk in Prayagraj district, India: a GIS and remote sensing study. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 5 (11). <https://doi.org/10.1007/s41204-020-00073-1>
 - Sundaram, S., Devaraj, S., Yarrakula, K., Mapping and assessing spatial extent of floods from multitemporal synthetic aperture radar images: a case study over Adyar watershed, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 30: 63006–63021. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26467-7>
 - Sy, H.M., Luu, C., Bui, Q.D., Ha, H., Nguyen, D.Q., 2023. Urban flood risk assessment using Sentinel-1 on the google earth engine: A case study in Thai Nguyen city, Vietnam. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100987>
 - Termeh, S.V.R., Kornejady, A., Pourghasemi, H.R., Keesstra, S., 2018. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. *Science of the Total Environment*, 615, 438-451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.262>
 - Vekaria, D., Chander, S., Singh, R.P., Dixit, S., 2023. A change detection approach to flood inundation mapping using multi-temporal Sentinel-1 SAR images, the Brahmaputra River, Assam (India): 2015–2020. *Journal of Earth System Science*, 132 (3). <https://doi.org/10.1007/s12040-022-02020-x>
 - Zekouda, N., Meddi, M., LaVanchy, G.T., Remaoun, M., 2020. The Impact of Human Activities on Flood Trends in the Semi-Arid Climate of Cheliff Basin, Algeria. *Water Resources*, 47, 409-420. <https://doi.org/10.1134/S0097807820030136>