هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۷، تابستان ۱۳۹۵، صص ۱۷-۱
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۱۰

پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در حوضه‌ی آبریز کرگانرود با استفاده از Arc GIS

موسی عابدینی[1*]
رقیه فتحی جوکدان[2]

چکیده

امروزه پدیده‌ی سیل یکی از پیچیده‌ترین رخدادهای مخاطره‌آمیز است که بیش از سایر بلایای طبیعی دیگر، همه ساله در نقاط مختلف دنیا منجر به ایجاد خسارت‌های جانی و مالی و تخریب اراضی کشاورزی می‌شود. به دلیل سیل‌خیز بودن حوضه‌ی کرگانرود، بررسی و پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در این حوضه ضروری به نظر می‌رسد. لذا در این تحقیق ابتدا متغیرهای تأثیرگذار در وقوع سیل نظیر: شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، خاک، میزان بارندگی و رتبه‌بندی آبراهه‌ها، مورد بررسی قرار گرفته و به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار جی آی اس شده‌اند. سپس به هر یک از متغیرها براساس درجه‌ی اهمیت آنها طبق نظر کارشناسان مرتبط، امتیازاتی داده شده است. نهایتاً با تلفیق لایه‌های مذکور و تجزیه و تحلیل آنها نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع سیل با چهار پهنه‌ی خطر تهیه شده است که شامل: ۱- احتمال وقوع زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط و کم می‌باشد. با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی وقوع سیل، پهنه‌ی با احتمال وقوع‌زیاد، ۱۸/۸۶ درصد (۱۱۳/۵۳ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع نسبتاً زیاد، ۳۵/۶۸ درصد (۲۱۵/۹۰ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع متوسط، ۲۹/۶۶ درصد (۱۷۹/۲۹ کیلومترمربع) و پهنه‌هایی با احتمال وقوع کم، ۱۵/۸۰ درصد (۹۴/۵۸) از سطح حوضه را شامل می‌شوند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که حوضه‌ی مورد مطالعه به دلیل برخورداری از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۱۰۵۸/۷ میلی‌متر، شیب زیاد، سازندهای نسبتاً نفوذناپذیر و همچنین به دلیل داشتن شکلی دایره‌وار از قابلیت سیل‌خیزی نسبتاً زیادی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: هیدروژئومورفولوژی، سیل‌خیزی، حوضه‌ی آبریزکرگانرود، پهنه‌بندی، سیل.

۱- دانشیار ژئومورفولوژی،گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول). Email:abedini@uma.ac.ir
۲- دانش آموخته ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی.

مقدمه

سیلاب‌ها در طبقه‌بندی جهانی در زمره‌ی مهم‌ترین بلایای طبیعی قرار می‌گیرند که خسارات مالی، جانی و اجتماعی فراوانی را به مناطق تحت تأثیر خود تحمیل می‌کنند، در دهه‌های اخیر، به دلیل دخالت‌های نابجا و مدیریت نادرست انسان در استفاده از سرزمین، شدت و تواتر وقوع این بلایای طبیعی افزایش یافته است (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۸). بروز سیلاب‌های سهمگین در اثر تغییرات آب و هوایی طی دهه‌های اخیر سبب بروز خسارت‌های فراوانی در نواحی مختلف دنیا شده است و در نواحی خشک تأثیر این تغییرات محسوس‌تر است (نگارش و همکاران، ۱۳۹۲ :۱۵). تغییرات کاربری و پوشش اراضی تأثیر مستقیمی بر تغییر رژیم هیدرولوژیکی حوضه دارد (رضایی‌مقدم و همکاران،۱۳۹۳: ۵۷). برابر آمار سیلاب‌ها حدود بیش از ۴۰ درصد از بلایای طبیعی را در جهان به خود اختصاص داده‌اند (فیج و لیو[1]، ۲۰۱۰ : ۳). یکی از راه‌هایی که می‌توان خسارت ناشی از سیلاب را کاهش داد، تعیین مناطق مولد سیلاب و اعمال روش‌های مناسب کنترل آن می‌باشد (موغلی، ۱۳۹۴ :۹۰). لذا بررسی عوامل مؤثر در وقوع سیل و تجزیه و تحلیل دقیق مناطق سیل‌خیز و ممیزی پتانسیل سیل‌خیزی از طریق پهنه‌بندی می‌تواند در کاربری اراضی و در اعمال روش‌های صحیح آمایش حوضه مفیدتر باشد.

سیل به عنوان یک پدیده‌ی مخاطره از دیرباز توجه متخصصین علوم مختلف، از جمله هیدرولوژی، هیدرولیک و آبخیزداری را به خود جلب کرده و باعث شده است که مطالعات زیادی چه در داخل و چه در خارج کشور در این باره به عمل آید.

رضایی‌مقدم و اسماعیلی (۱۳۸۴) درباره‌ی آثار ژئومورفولوژیکی سیلاب، فرجزاده و فلاح (۱۳۸۷) در مورد تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم سیلابی رودخانه، بومری و همکاران (۱۳۹۰) در رابطه با شناسایی پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی به تحقیق پرداخته‌اند و عابدینی و موسوی (۱۳۹۱) به پهنه‌بندی و برآورد سیلاب، خیری‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب، شکرپور (۱۳۹۳) به پهنه‌بندی خطر سیلاب، دستورانی و همکاران در مورد برآورد بی اوج سیلاب (۱۳۹۳) اقدام نمودند. عابدینی و فتحی (۱۳۹۳) نیز در مورد پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه‌ی خلخال چای کارکرده‌اند. بـه علاوه فرسیک[2] (۲۰۰۴)، تیلا گاتاوانی و همکاران[3] (۲۰۱۱) پهنه‌بـندی مناطق در معرض خطر

1- Feng and Lu
2- Friesecke
3- Thilagavathi et al.,

سیل، هاگ و همکاران[1] (۲۰۱۲) در مورد ارزیابی و پهنه‌بندی سیل، فنیکا و همکاران[2] (۲۰۱۳) در مورد واکنش هیدرولوژی حوضه به تحقیق پرداختند. موغلی (۱۳۹۴)، اسکندرزاده و همکاران (۱۳۹۴)، و بسیاری از محققان دیگر در مورد پهنه‌بندی و الویت‌بندی مناطق سیل‌خیز حوضه ها کارکرده‌ند.

از آنـجا که نقش عوامل طبیعی و انسانی در وقوع سیل مؤثر می‌باشد و تفاوت در میزان سیل‌خیزی حوضه‌های همجوار توسط دخالت انسان‌ها و تفاوت‌های ویژگی‌های طبیعی آنها قابل توجیه می‌باشد، لذا برقراری ارتباط بین این متغیرها و نقش آنها در وقوع سیل در حوضه‌ی آبریز کرگانرود هدف این مقاله می‌باشد.

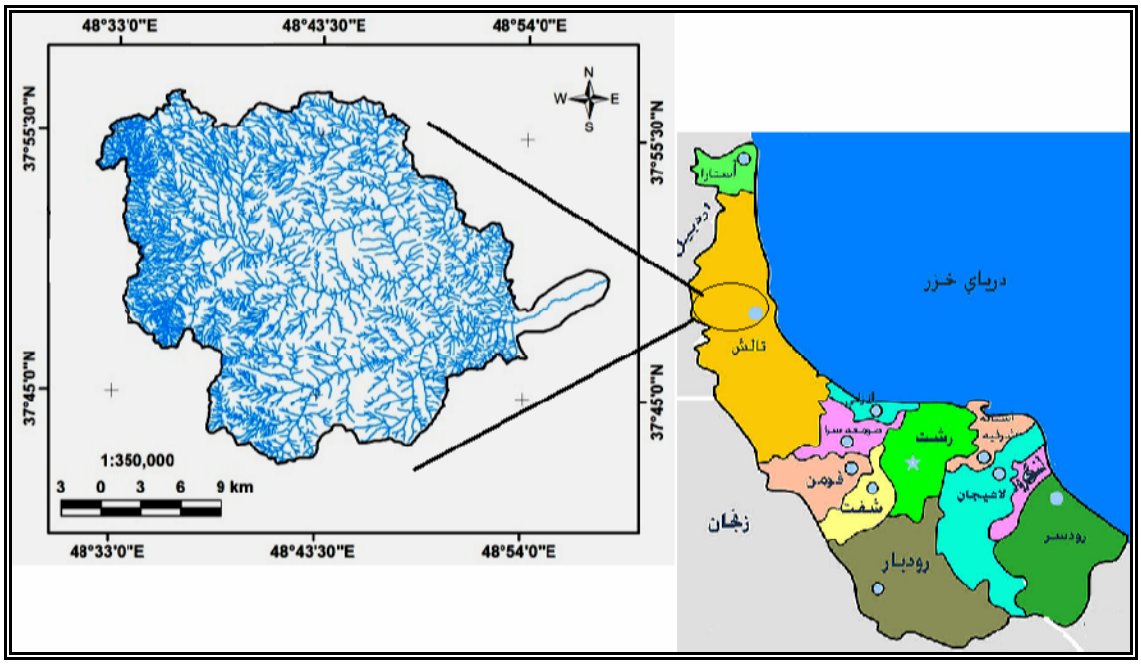
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز کرگانرود با وسعتی معادل ۶۰۸/۳۹ کیلومتر مربع در شمال‌غرب استان گیلان در موقعیت جغرافیایی "۲۴'۴۱ °۳۷ تا '۵۸ °۳۷ عرض شمالی و "۴۸ '۳۱ °۴۸ تا "۴۸ '۵۸ °۴۸ طول شرقی واقع شده است (شکل۱). این حوضه از سمت شمال با حوضه‌ی آبریز لیسار و از سمت جنوب با حوضه‌ی آبریز ناورود اسالم و از غرب با حوضه‌ی آبخیز آرپاچای و از مشرق با دریای خزر هم مرز می‌باشد. حداکثر و حداقل ارتفاع در سطح حوضه به ترتیب ۳۲۰۰ متر در خط الرأس شمال غربی و ۲۰- متر در خروجی حوضه و ارتفاع متوسط آن ۱۳۸۲/۴۹ متر می‌باشد. طول آبراهه‌ی اصلی آن ۵۵ کیلومتر و تراکم زهکشی آن ۳/۴۳ کیلومتر در هر کیلومترمربع و زمان تمرکز آن بر اساس روش کرپیچ ۴/۳۵ ساعت می‌باشد.

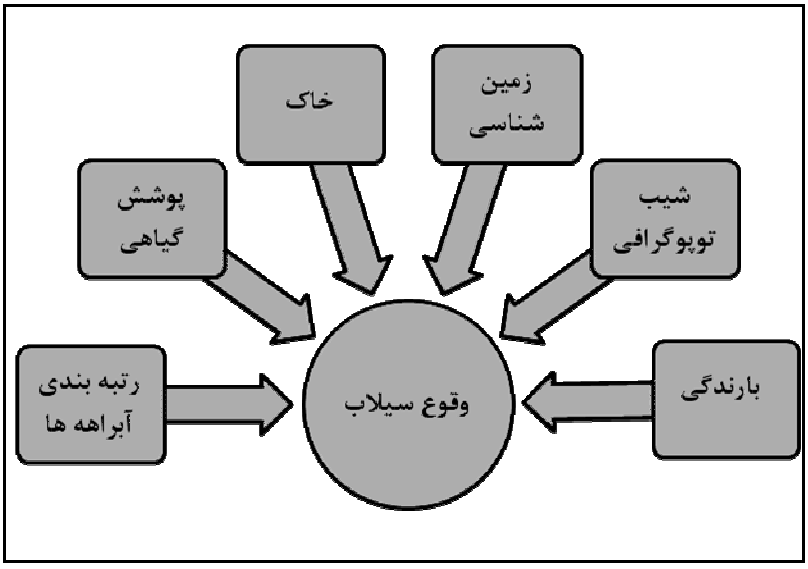
از آن جایی که هدف اصلی تحقیق پهنه‌بندی خطر وقوع سیل حوضه‌ی آبریز سیل‌خیز کرگانرود در محیط ارک جی‌آی‌اس مبتنی بر عوامل طبیعی موثر می‌باشد، لذا جهت نیل به هدف تحقیق، اقدام به بررسی میدانی، اسنادی، تهیه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی شد. از روی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی لایه‌های مورد نیاز جهت پهنه‌بندی سیل حوضه در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. در نهایت با روش تلفیق وزنی و همپوشانی، نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب برای حوضه‌ی مورد تحقیق تهیه شد.

1- Haq et al
2- Fenicia



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز کرگانرود

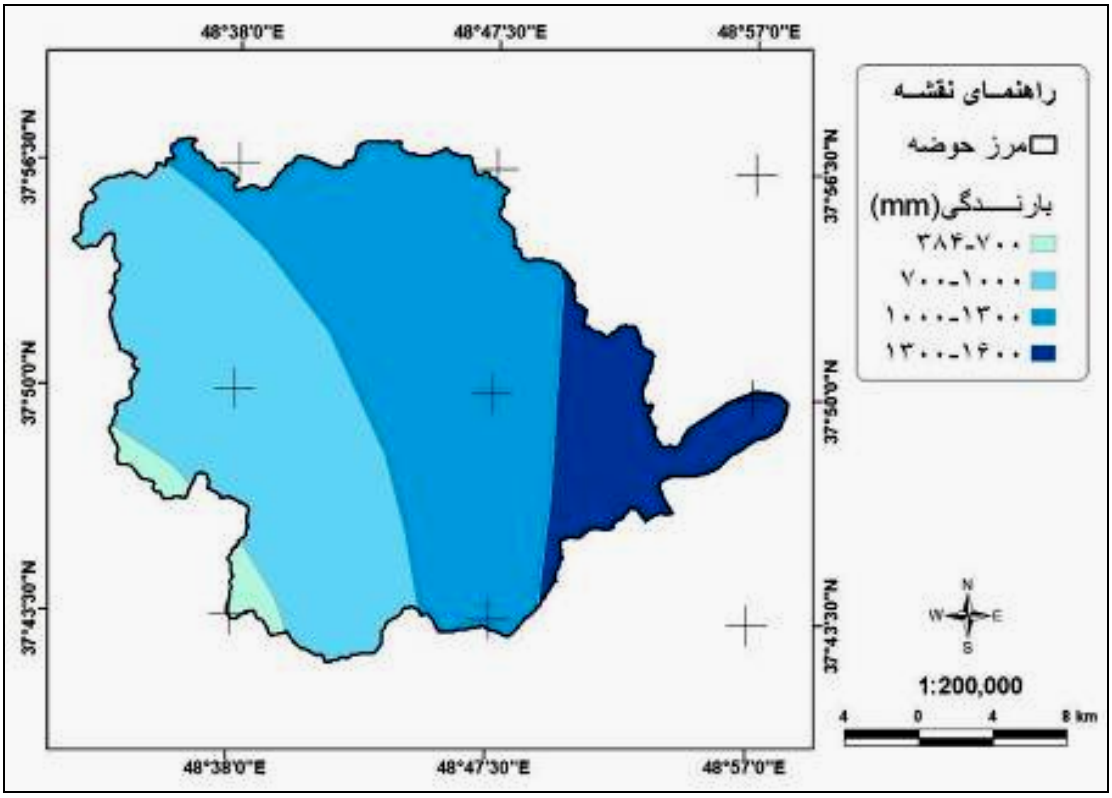
متغیرهای مؤثر بر سیل بسیار متنوع می‌باشند اما میزان تأثیرگذاری آنها یکسان نمی‌باشد. در این تحقیق از میان متغیرهای مؤثر شش متغیر به دلیل اهمیت و تأثیر بیشتر بر سیل‌خیزی و همچنین انطباق با تکنیک تحقیق انتخاب شده است. این عوامل عبارتند از: میزان بارندگی، شیب حوضه، زمین‌شناسی، خاک، پوشش گیاهی و همچنین رتبه‌بندی آبراهه‌ها (شکل۲) اشکال ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰و نیز اشکال ۱۱ تا ۱۶ نقشه‌ها و نمودارهای مربوط به هر یک از متغیرها می‌باشند.



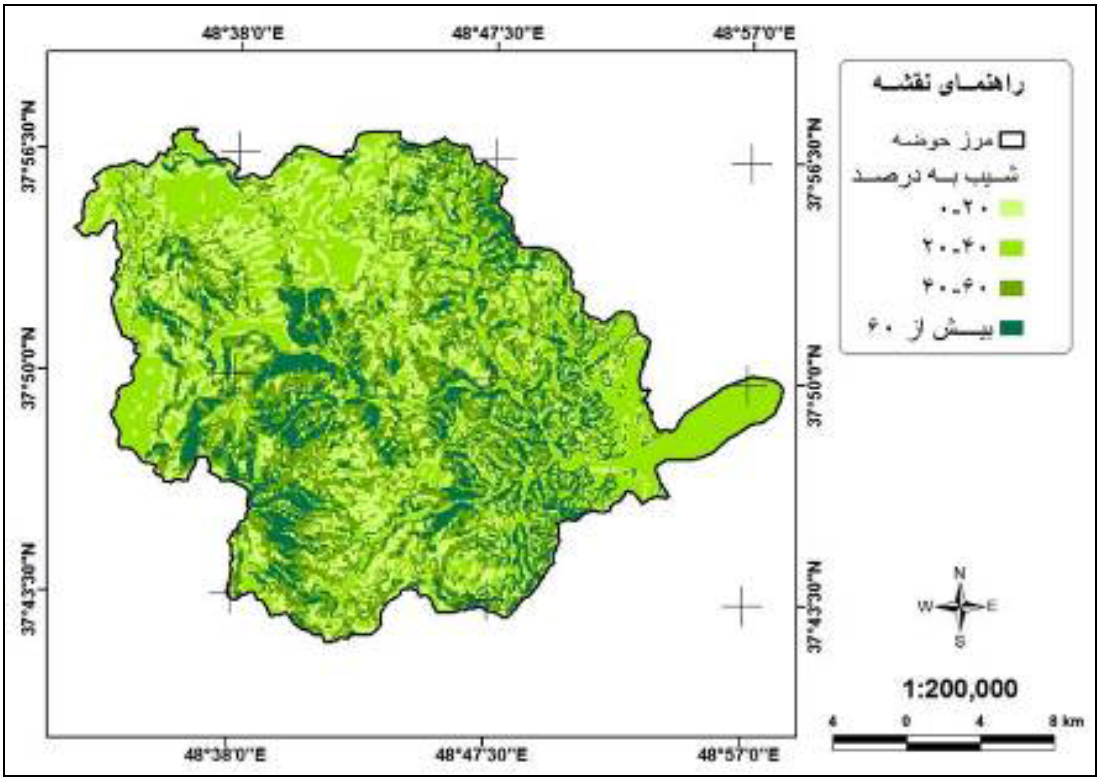
شکل(۲) عوامل و متغیرهای مؤثر در وقوع سیلاب

حوضه‌ی مورد مطالعه به دلیل وجود جریانات جوی تقریباً در تمام فصول، مجاورت با دریای خزر، وجود دامنه‌های جنگلی و مرتعی با شیب نسبتاً زیاد و دره‌های عمیق، تقریباً در تمام طول سال دارای بارندگی بوده و میانگین بارندگی سالانه‌ی آن حدود ۱۰۵۸/۷ میلی‌متر می‌باشد. از آنجا که این حوضه یک حوضه‌ی کوهستانی می‌باشد، الگوی بارش علاوه بر شرایط جوی از ویژگی‌های محلی و محیطی تبعیت کرده و به مراتب سنگین‌تر و شدیدتر از سایر مناطق می‌باشد. لذا بارندگی می‌تواند عاملی مؤثر در وقوع سیل حوضه‌ی مورد مطالعه باشد. شکل (۴) نقشه‌ی پهنه‌بندی بارندگی حوضه‌ی آبریز کرگانرود را نشان می‌دهد. شیب حوضه به دلیل ارتباط نزدیک با سرعت جریان‌های سطحی و مقدار نفوذ آب به داخل خاک یکی از عوامل مهم در شناخت وضعیت هیدرولوژیکی حوضه می‌باشد. از آن جایی که ۷۴ درصد از سطح حوضه دارای شیب بالای ۲۰ درصد است و متوسط شیب حوضه ۴۷ درصد می‌باشد، لذا شیب عامل مهمی در سیل‌خیزی حوضه‌ی مورد مطالعه محسوب می‌شود. در شکل (۵) وضعیت شیب نقاط مختلف حوضه‌ی آبریز کرگانرود قابل مشاهده است. در زمان بارش‌های شدید حوضه‌ی گرگانرود به ویژه در اردیبهشت ماه سیلابی می‌شود. شکل (۳) تصویری از سیل‌های حوضه‌ی رودخانه کرگانرود را نشان می‌دهد.

شکل(۳) نقشه‌ی پهنه‌بندی بارندگی حوضه‌ی آبریز کرگانرود

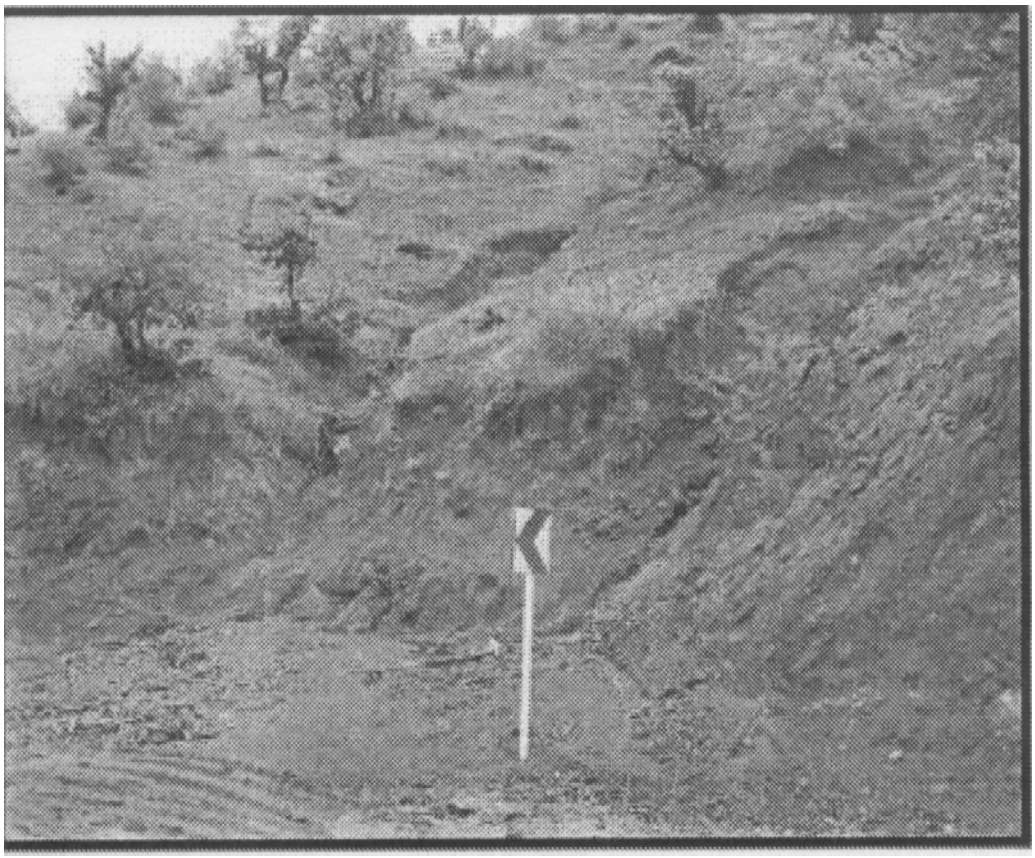


شکل (۴) نقشه‌ی پهنه‌بندی بارندگی حوضه‌ی آبریز کرگانرود



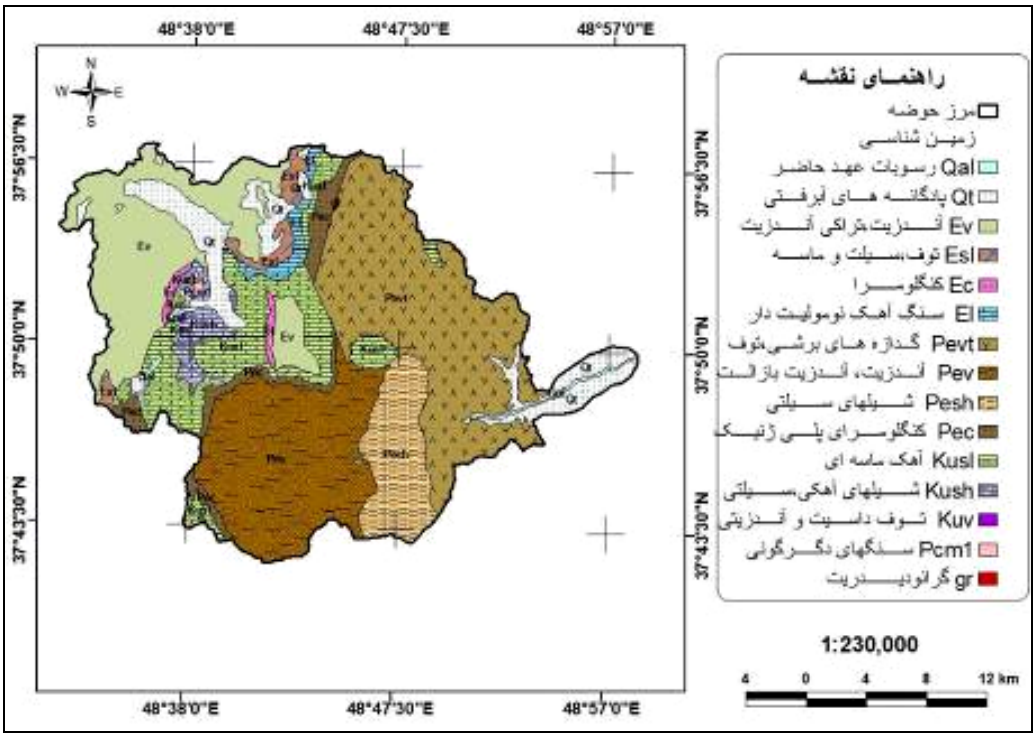
شکل (۵) نقشه‌ی شیب حوضه‌ی آبریز کرگانرود

وضعیت زمین‌شناسی علاوه بر ویژگی‌های ساختار زمین‌شناسی، بیانگر نوع لیتولوژی حوضه نیز می‌باشد. لیتولوژی و خاک حاصل از آن تعیین‌کننده‌ی شدت و ظرفیت نفوذپذیری خاک بوده و رواناب سطحی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکل‌های ۸ و ۹ به ترتیب نقشه‌ی زمین‌شناسی و خاک حوضه می‌باشند. هرچه خاک سطحی‌تر و نفوذپذیری سنگ ضعیف‌تر باشد، رواناب سطحی و به تبع آن خطر وقوع سیل نیز افزایش می‌یابد. از آنجایی که بخش اعظم حوضه شامل سازندهای بسیارمقاوم و مقاوم به فرسایش بوده و اکثر سطح حوضه نیز پوشیده از خاک‌های اسیدی کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین می‌باشد، لذا یکی از عوامل مؤثر در سیل‌خیزی حوضه‌ی مورد مطالعه وضعیت بافت خاک‌های آن می‌باشد. خاک‌های سطحی و کم‌عمق حوضه اغلب در شیب‌های تند گسترش دارند و به دلیل نفوذپذیری ضعیف در زمان بارش‌های شدید فرسایش‌پذیر هستند. در شیب‌های نسبتاً ملایم و ملایم حوضه‌ی مورد تحقیق، به دلیل بارش زیاد و برتری هوازدگی شیمیایی خاک‌های ریزدانه سست رسی و سیلتی به ضخامت زیاد شکل گرفته‌اند. این خاک‌ها به واسطه دخالت انسان‌ها و با از بین رفتن پوشش محافظ درختی و علفی حساسیت بالائی به فرسایش خطی (شیاری و خندقی) در منطقه نشان می‌دهند (شکل‌های ۷ و۸).

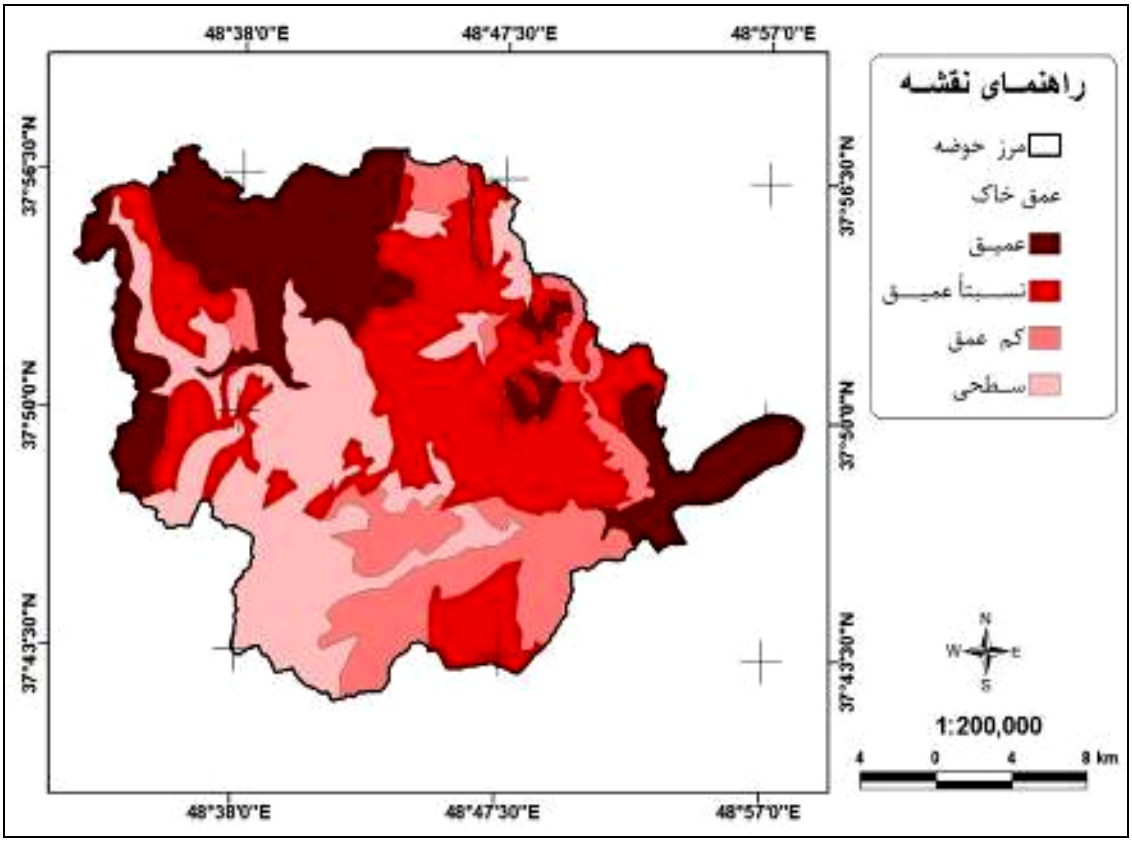


شکل (۶) دخالت انسان‌ها و وقوع فرسایش خطی (شیاری و خندقی)

شکل (۷) نمونه‌ای از فرسایش خطی شدید (منبع نگارندگان)

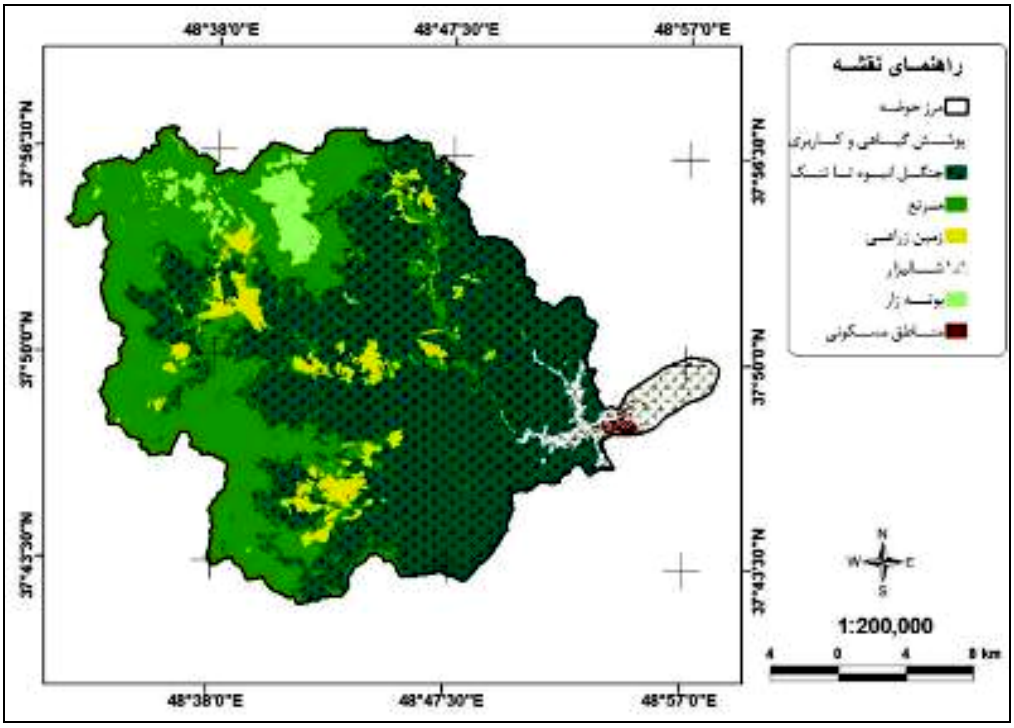


شکل (۸) نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز کرگانرود (نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خلخال - رضوانشهر)



شکل (۹) نقشه‌ی خاک حوضه‌ی آبریز کرگانرود

وجود پوشش گیاهی در سطح حوضه به دلیل اثراتی که بر اجزاء سیکل هیدرولوژی حوضه دارد از عوامل کاهش دهنده‌ی سیل‌خیزی یک حوضه است. با توجه به اینکه ۵۴ درصد از سطح حوضه دارای پوشش جنگلی می‌باشد لذا این عامل یکی از مؤثرترین عوامل در کنترل سیل‌خیزی حوضه می‌باشد زیرا میزان رواناب تولید شده در اراضی جنگلی به دلیل تأثیر پوشش گیاهی، بسیار کمتر از سایر کاربری‌هاست. وجود پوشش گیاهی در هر منطقه سرعت جریان‌های سطحی را کاهش داده و سبب نفوذ بیشتر آب به داخل خاک می‌گردد، در نتیجه تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش سیل‌های مخرب خواهد. شکل (۱۰) نقشه‌ی پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز کرگانرود را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰) نقشه‌ی پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز کرگانرود

شبکه‌ی رودخانه‌ها به مجموع آبراهه‌هایی گفته می‌شود که در سطح حوضه عمل تخلیه‌ی جریان‌های سطحی را انجام می‌دهند (علیزاده، ۱۳۸۶: ۴۵۲) و سنجش درجه‌ی تکامل آنها با نمایه‌های تراکم، رده و انشعاب صورت می‌گیرد. تراکم زهکشی به طور مؤثری به لیتولوژی، شیب توپوگرافی و شرایط اقلیمی مربوط می‌شود (بهرامی و همکاران ۱۳۸۷: ۶۲ به نقل از سامرفیلد[1]) و نقش اساسی در زمان تمرکز و اوج سیلاب دارد. در این راستا حوضه‌ی مورد مطالعه دارای تراکم زهکشی ۳/۴۳ کیلومتر در کیلومترمربع بوده که بیانگر مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی حوضه در مقابل فرایندهای فرسایشی و همچنین نسبت انشعاب ۲/۴۲ که نشان‌دهنده‌ی این است که منحنی تغییرات دبی سیل نسبت به زمان دارای نقطه‌ی اوج نسبتاً تیز می‌باشد.

پس از مشخص نمودن متغیرهای مؤثر بر سیلاب و تهیه‌ی نقشه‌های مربوط به هریک از متغیرها در محیط نرم‌افزاری Arc Map، متغیرها به چهار پارامتر مشخص تقسیم گردیده و سپس به هر یک از متغیرها بر اساس درجه‌ی اهمیت آنها در وقوع سیل، امتیازی داده شده است. در این خصوص به متغیری که نقش بیشتری در وقوع سیل داشته امتیاز بیشتری تعلق گرفته است و بالعکس. سپس اقدام به تلفیق لایه‌های شیب، پوشش گیاهی، خاک، زمین‌شناسی و بارندگی در محیط نرم‌افزاری Arc Map گردیده و حوضه به چهار پهنه با احتمال وقوع زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط و کم تقسیم شده است. در نهایت با دخالت رتبه‌بندی آبراهه‌ها، با توجه

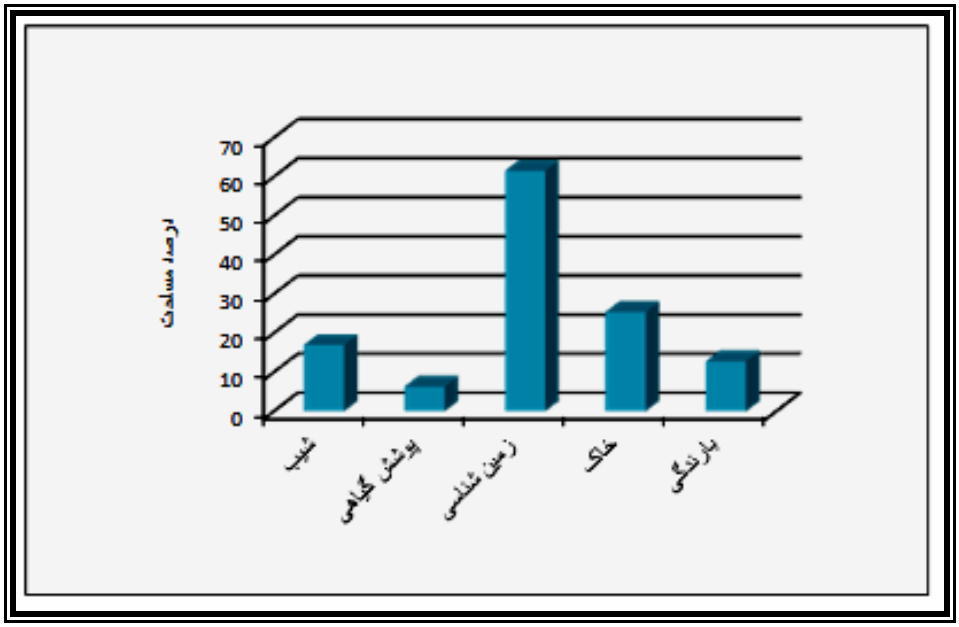
1- Samerfild

به اینکه میزان و رویکرد سیل در طول آبراهه‌ی اصلی از دامنه و فراوانی بیشتری برخوردار است (عنایتی و یمانی، ۱۳۸۴: ۵۰)، نقشه‌ی پهنه‌بندی سیل حوضه تهیه شده است.

بحث و نتایج

حوضه‌ی مورد مطالعه بر اساس پارامترهای مذکور (شیب، زمین‌شناسی، خاک، پوشش گیاهی و میزان بارندگی) به پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط و کم تقسیم گردیده که دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:

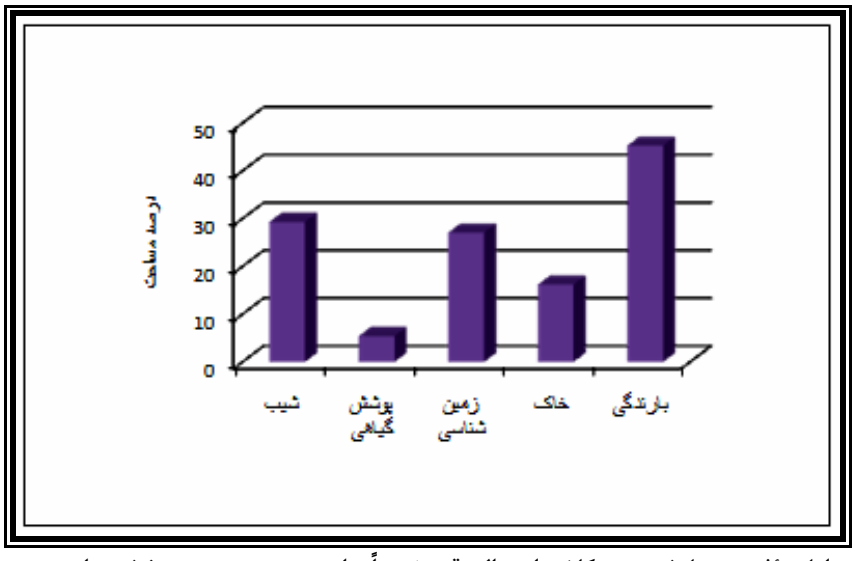
پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، عموماً شیب‌های بالای ۶۰ درصد را در حوضه شامل می‌شوند و پوشیده از سنگ‌هایی با نفوذپذیری ضعیف تا بسیارضعیف و مراتع غـیرمشجر و عاری از پـوشش گیاهی و سطوحی با پوشش سطحی خاک بوده و از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۱۶۰۰-۱۳۰۰ میلی‌متر برخوردار می باشند. شکل شماره‌ی(۱۱) درصد پهنه‌های سیل‌خیز با احتمال وقوع زیاد در سطح حوضه‌ی آبریز کرگانرود را نشان می‌دهد که ۶۱/۵۲ درصد از سطح حوضه را سنگ‌هایی با نفوذپذیری ضعیف تا بسیار ضعیف تشکیل می‌دهد. همچنین ۲۵/۳۹ درصد از سطح حوضه را سطوحی با پوشش سطحی خاک تشکیل داده است.



شکل (۱۱) سهم عوامل موثر در سیل‌خیزی در کلاس احتمال وقوع زیاد، به صورت پهنه‌ی مشخص با درصد مساحت در حوضه

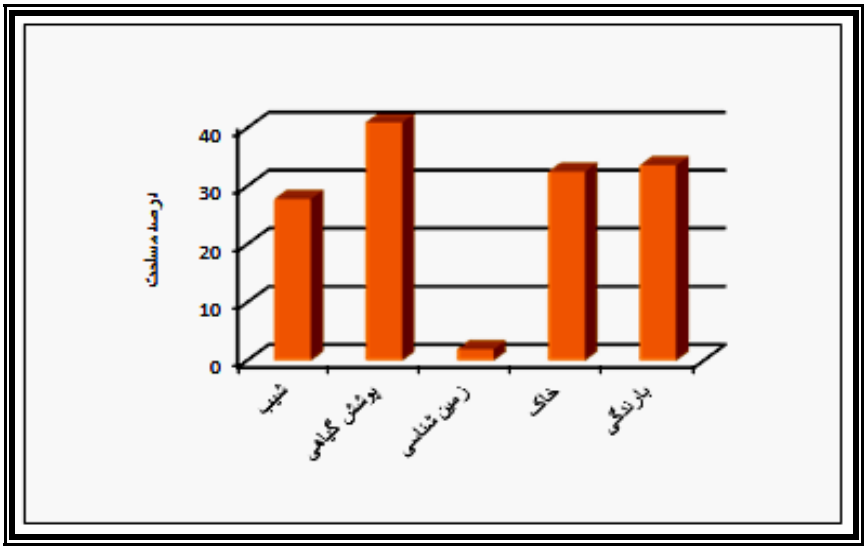
پهنه‌هایی با احتمال وقوع نسبتاً زیاد، عموماً دارای شیب‌های ۴۰ تا ۶۰ درصد و سطوحی پوشیده از سنگ‌هایی با نفوذپذیری متوسط و خاکی کم عمق بوده و جنگل‌هایی با تراکم ۱ تا ۱۰ درصد و بوته‌زارها را شامل می‌شوند، همچنین از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۱۳۰۰-۱۰۰۰ میلی‌متر برخوردار می‌باشند. شکل (۱۲)

درصد پهنه‌های سیل‌خیز با احتمال وقوع نسبتاً زیاد در سطح حوضه را نشان می‌دهد که ۴۵/۳۱ درصد از سطح حوضه از میانگین بارندگی سالانه‌ی ۱۳۰۰-۱۰۰۰ میلی‌متر برخوردار می‌باشد. همچنین ۲۹/۳۳ درصد از سطح حوضه را شیب‌های ۴۰ تا ۶۰ درصد تشکیل داده است.



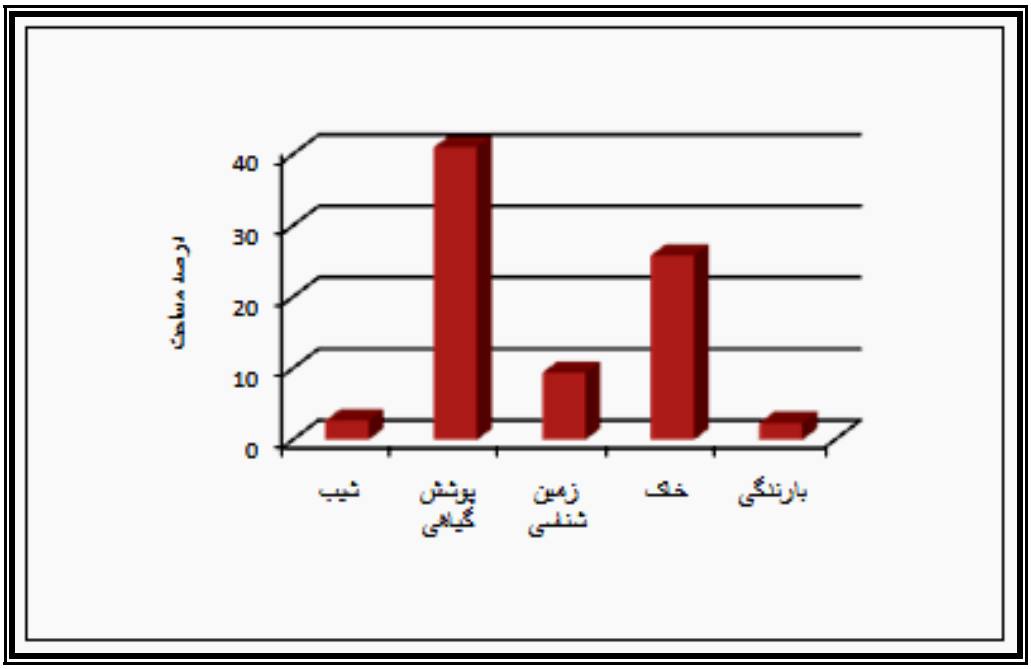
شکل (۱۲) سهم عوامل مؤثر در سیل‌خیزی در کلاس احتمال وقوع نسبتاً زیاد، به صورت پهنه‌ی مشخص با درصد مساحت در حوضه

پهنه‌هایی با احتمال وقوع متوسط، عموماً پوشیده از سنگ‌هایی با نفوذپذیری خوب و خاکی نسبتاً عمیق و شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد بوده و جنگل‌هایی با تراکم ۱۰ تا ۵۰ درصد و زمین‌های زراعی و شالیزارها و مراتع مشجر حوضه را شامل می‌شوند و از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۱۰۰۰-۷۰۰ میلی‌متر برخوردار می‌باشند. شکل (۱۳) درصد پهنه‌های سیل‌خیز با احتمال وقوع متوسط را در سطح حوضه نشان می‌دهد که از وسعت زیادی برخوردارند.



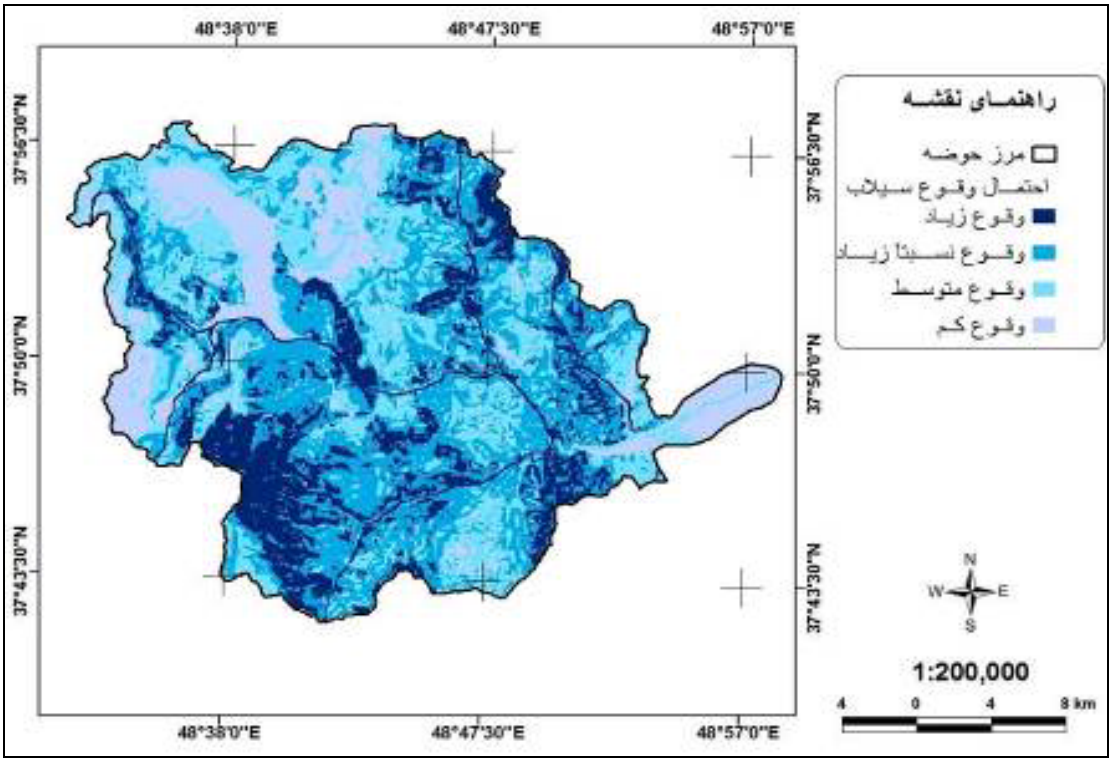
شکل (۱۳) سهم عوامل موثر در سیل‌خیزی در کلاس احتمال وقوع متوسط، به صورت پهنه‌ی مشخص با درصد مساحت در حوضه

پهنه‌هایی با احتمال وقوع کم، پوشیده از سنگ‌هایی با نفوذپذیری زیاد و جنگل‌هایی با تراکم ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بوده و سطوحی پوشیده از خاک‌های عمیق را شامل می‌شوند و از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۷۰۰-۳۸۴ میلی‌متر برخوردار می‌باشند. شکل (۱۴) درصد پهنه‌های سیل‌خیز با احتمال وقوع کم را در سطح حوضه نشان می‌دهد که ۴۷/۰۸ درصد از سطح حوضه از جنگل‌هایی با تراکم ۵۰ تا ۱۰۰ درصد پوشیده شده است. همچنین ۲۵/۸۲ درصد از سطح حوضه را خاک‌های عمیق تشکیل داده‌است.

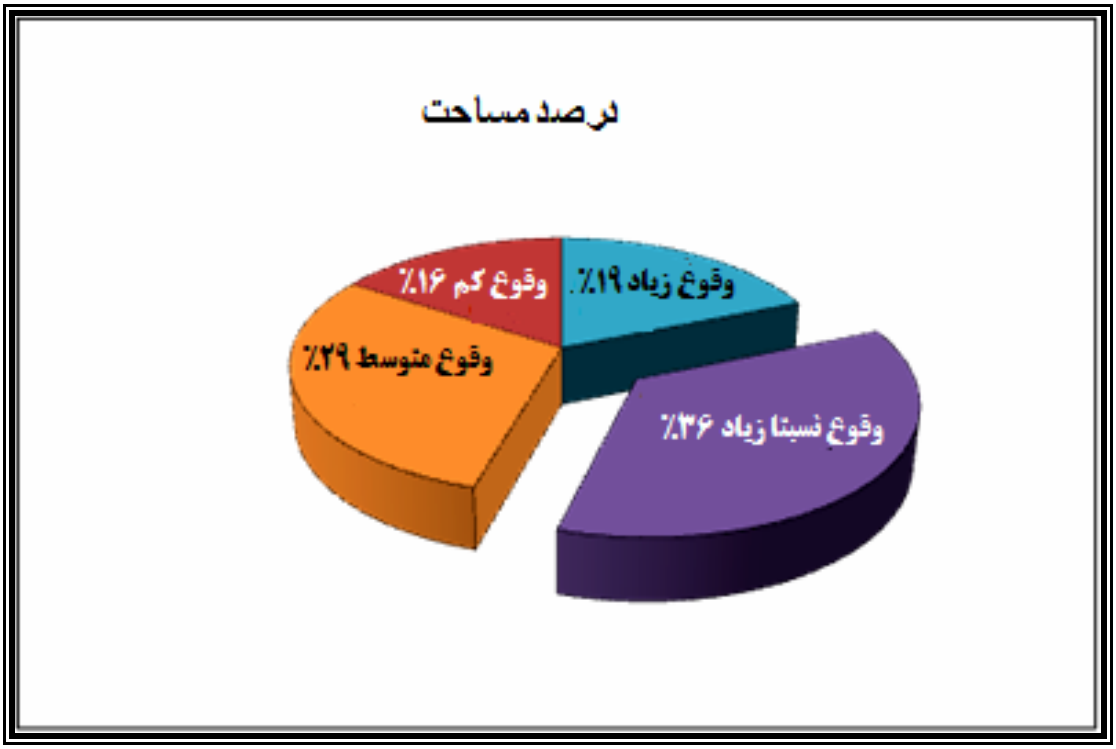


شکل(۱۴) سهم عوامل موثر در سیل‌خیزی در کلاس احتمال وقوع کم در حوضه

از آنجائی که وقوع سیل در طول آبراهه‌ی اصلی از دامنه و فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی وقوع سیل حوضه‌ی کرگانرود با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مؤثر به دست آمده است (شکل۱۵). پهنه‌های تفکیک شده شامل چهار پهنه‌ی خطر وقوع سیل یعنی پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط و کم می‌باشد. با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی وقوع سیل، پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، ۱۸/۸۶ درصد (۱۱۳/۵۳ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع نسبتاً زیاد، ۳۵/۶۸ درصد (۲۱۵/۹۰ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع متوسط، ۲۹/۶۶ درصد (۱۷۹/۲۹ کیلومترمربع) و پهنه‌هایی با احتمال وقوع کم، ۱۵/۸۰ درصد (۹۴/۵۸) از سطح حوضه را شامل می‌شوند (شکل۱۶).



شکل (۱۵) پهنه‌بندی وقوع سیل حوضه‌ی آبریز کرگانرود



شکل (۱۶) درصد پهنه‌های وقوع سیل در سطح حوضه

بحث و نتیجه‌گیری

نتـایج حاصل از تلفیق شش لایه‌ی شیب، خاک، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، میزان بارنـدگی و همچنین رتبه‌بندی آبراهه نشان می‌دهدکه سیل در طول آبراهه‌ی اصلی از دامنه و فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد، نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی وقوع سیل حوضه‌ی کرگانرود به حاکی از این سات که می‌توان منطقه را از نظر سیل به چهار پهنه‌ی خطر وقوع سیل یعنی پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط و کم تفکیک نمود. با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی وقوع سیل، می‌توان گفت که پهنه‌هایی با احتمال وقوع زیاد، ۱۸/۸۶ درصد (۱۱۳/۵۳ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع نسبتاً زیاد، ۳۵/۶۸ درصد(۲۱۵/۹۰ کیلومترمربع)، پهنه‌هایی با احتمال وقوع متوسط، ۲۹/۶۶ درصد (۱۷۹/۲۹ کیلومترمربع) و پهنه‌هایی با احتمال وقوع کم، ۱۵/۸۰ درصد (۹۴/۵۸) از سطح حوضه را شامل می‌شوند.. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که حوضه‌ی مورد مطالعه به دلیل برخورداری از متوسط بارندگی سالانه‌ی ۱۰۵۸/۷ میلی‌متر، شیب زیاد و سازندهای نسبتاً نفوذناپـذیر و همچنین به دلیل داشتن شکلی نسبتاً کشیده از قابـلیت سیل‌خیزی نسبتاً زیادی بـرخوردار می‌باشد. تنها در ۱۸/۸۶ درصد از سطح حوضه احتمال وقوع سیل، زیاد می‌باشد که با شناسایی آن نقاط و اعمال روش‌های صحیح مدیریتی می‌توان شرایطی مناسب را جهت برقراری توازن و تعادل اکولوژیکی حوضه فراهم نمود و از مخاطرات محیطی ناشی از آن جلوگیری کرد.

منابع

- اسکندری‌نژاد، فاطمه؛ مرتضی اف، اکتم و آرتوبلسکی موسی اف (۱۳۹۴)، «**بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی نمرود و تأثیر آن بر ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی منطقه و ارائه‌ی راهکارهایی جهت مدیریت آن**»، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۱، صص۸۹-۷۵.

- بومری، محمد؛ رادفر، شهباز؛ مهدوی، قاسم؛ و عبدالباسط نهتانی‌فر (۱۳۹۰)، «**شناسایی پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی و کمی حوضه‌ی آبریز دامن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور**»، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه، شماره‌ی۲۲، صص۱۴۶- ۱۲۹.

- بهرامی، شهرام؛ علوی‌پناه، کاظم و مجتبی یمانی (۱۳۸۷)، «**تحلیل مورفومتری و مورفولوژی شبکه‌ی زهکشی در مخروط آتشفشانی تفتان**»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۶۵، صص۷۲-۶۱.

- خیری‌زاده، منصور؛ ملکی، جبرئیل و حمید عمونیا (۱۳۹۲)، «**پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه‌ی آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP**»، فصلنامه‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال اول، شماره‌ی ۳، صص ۵۶-۳۹.

- دستورانی، محمدتقی؛ حیاتزاده، مهدی؛ فتح‌زاده، علی و محمدعلی حکیم‌زاده (۱۳۹۳)، «**بررسی کارایی روابط تجربی در برآورد دبی اوج سیلاب در مناطق بیابانی ایران مرکزی**»، جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۳۶، صص ۱۴۵-۱۶۰.

- رضایی‌مقدم، محمدحسین و رضا اسماعیلی (۱۳۸۴)، «**بررسی آثار ژئومورقولوژیکی سیلاب در حوضه‌ی رئیس‌کلا (البرز شمالی)**»، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، شماره‌ی ۴، صص ۱۸-۱.

- رضایی مقدم، محمدحسین؛ اندریانی، صغری؛ الماس‌پور، فرهاد؛ ولیزاده، کامران و ابولفضل مختاری (۱۳۹۴)، «**بررسی اثرات تغییر کاربری و پوشش اراضی بر روی سیل‌خیزی و دبی رواناب (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز سد علویان)**»، مجله‌ی هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱، صص۵۷-۴۹.

- عباس‌زاده تهرانی، نادیا؛ مخدوم، مجید و محمد مهدوی (۱۳۸۹)، «**بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان دبی سیلاب‌ها با کاربرد فناوری سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) منطقه‌ی مورد مطالعه: حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی مادرسو**»، نشریه‌ی پژوهش‌های محیط زیست، سال اول، شماره‌ی ۲، ص۷۸.

- علیزاده، امین (۱۳۸۶)، «**اصول هیدرولوژی کاربردی**»، مشهد، چاپ بیست و سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۸۰۸.

- عابدینی، موسی؛ اسمعلی‌عوری، اباذر؛ موسوی، معصومه و سوسن طولابی (۱۳۹۱)، «**برآورد دبی سیلابی با استفاده از مدل‌های تجربی فولر جاستین، در محیط Arc GIS (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی شهری ایذه خوزستان**»، همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ۹ اسفند، تهران، خانه‌ی اندیشمندان علوم انسانی، صص ۳-۱.

- عابدینی، موسی و معصومه موسوی (۱۳۹۱)، «**کاربرد (GIS) در تحلیل و بررسی عناصر فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز شهری، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه‌ی پایدار در بخش‌های کشاورزی منابع طبیعی و محیط زیست**» تهران - پژوهشکده‌ی سوانح طبیعی، ایران، صص ۸-۱.

- عابدینی، موسی و محمدحسین فتحی (۱۳۹۴)، «**پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از فرایند تحلیل شبکه، (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز خیاو چای)**» مجله‌ی هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۳، صص ۱۲۰-۹۹.

- عابدینی، موسی (۱۳۹۴)، «**پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب و ارزیابی خسارت آن در حوضه‌ی آبخیز لیقوان چای با مدل ANP و Arc GIS**»، طرح پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیای طبیعی، صص ۱۶.

- عنایتی، مریم و مجتبی یمانی (۱۳۸۴)، «**ارتباط ویژگی‌های ژئومورفولوژیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه و تحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه‌ی ژئومورفولوژیک حوضه‌ی فشند و بهجت‌آباد)**»، فصلنامه‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۵۴، صص۵۷-۴۷.

- ملکیان، آرش؛ افتادگان خوزانی و غدیر عشورنژاد (۱۳۹۱)، «**پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوضه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی**»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۴، صص۱۵۲-۱۳۱.

- موغلی، مرضیه (۱۳۹۴)، «**الویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای آب‌شناسی حوضه‌ی آبریز دالکی با استفاده از شبیه‌سازی HEC-HMS**»، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم شماره‌ی ۴، صص ۱۱۳-۹۰.

- نگارش، حسین؛ اژدری مقدم، مهدی و محسن آرمش (۱۳۹۲)، «**کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی و پیش‌بینی سیلاب در حوضه‌ی آبریز سرباز**»، مجله‌ی جغرافیا و توسعه، شماره ۳۱، تابستان، صص ۲۸-۱۵.

-Feng L.H, Lu. J., (2010), "**The Practical Research on Flood Forecasting Based on Artificial Neural Networks**", Expert Syst Appl37: PP. 2974–2977

-Fenicia, F., Kavetski, D., Savenije, H.H., Clark, M.P., Schoups, G., Pfister, L., Freer, J., (2013), "**Catchment Properties, Function, and Conceptual Model Representation: Is, There a Correspondence Hydro. Process**", http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9726.

-Friesecke, F.L., (2004), "**Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany-Strategies and Instruments of Spatial Planning. 3rd FIG Regional Conference**", Jakarta, Indonesia, P. 17.

-Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., Rahmatullah, J., (2012), "**Techniques of RemoteS and GIS for Flood Monitoring and Damage Assessment: A Case Study of Sindh Province**", Pakistan. Egypt. J. Rem. Sens. Space Sci. 15, PP. 135–141.

-Kleeberg, H.b., (1996), "**Extreme Floods-Causes and Influences**", Zeitschrift Tur Kulturtechnic und Ianxentqic, 87, PP. 103-107.

-Lettenmaier, D.P., Potter, K.W. (1985), "**Testing Flood Frequency Estimation Methods Using a Regional Flood Generation Model**", Water Resources Research, 21, PP. 1903-1914.

-Thilagavathi. C. et al., (2011), "**Application of GIS in Flood Hazard Zonation Studies in Papanasam, Taluk**", Thanjavur District, Tamilnadu, Dept of Earth Sciences, Tamil University, Thanjavur, TN, India.