مطالعات جغرافیایی مناطق خشک
دوره ۱۳، شماره ۵۰، زمستان ۱۴۰۱
دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۱۳ تأیید نهایی: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹
صص ۷۷-۵۸
پژوهشی

تحلیل عوامل مؤثر بر سیل‌گیری در شهرستان جاجرم

لیلا گلی مختاری*: استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
ابوالقاسم امیراحمدی: استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
مرضیه فکور: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

سیل یکی از مخاطرات طبیعی در جهان بشمار می‌آید که تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی ایجاد می‌شود. کشور ایران هرساله شاهد وقوع سیلاب‌های کوچک و بزرگ در فصول مختلف سال است. هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت سیل‌گیری شهرستان جاجرم با استفاده از منطق فازی و تحلیل عوامل مؤثر بر سیل‌گیری در این شهرستان است. بر این اساس در منطقه مورد مطالعه ابتدا عوامل مؤثر بر وقوع سیلاب شناسایی گردید که این عوامل عبارت‌اند از ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، پو شش گیاهی، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، نفوذپذیری، تراکم آبراهه و فاصله از رودخانه. سپس فازی‌سازی معیارها با توجه به توابع موردنیاز صورت گرفت و در مرحله بعد با استفاده از عملگرهای مختلف اقدام به پهنه‌بندی سیل‌گیری در منطقه موردنظر گردید. نتایج تحقیق نشان داد ۱۱۲۷/۱ کیلومترمربع از مساحت شهرستان در خطر کم ۵۷۳/۷ کیلومترمربع در خطر متوسط، ۵۹۳/۵ کیلومترمربع در معرض خطر سیل‌گیری زیاد و ۶۵۴/۲ کیلومترمربع در معرض خطر بسیار زیاد سیل‌گیری قرار دارد. همچنین مشخص گردید تمامی شهرهای این شهرستان در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد قرار دارند و حدود نیمی از روستاها در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد هستند. علاوه بر این، حدود ۷۷ درصد از جاده‌های اصلی شهرستان در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد قرار دارند. این نتایج نشان می‌دهد که بسیاری از مناطق شهرستان جاجرم به‌ویژه مناطق مسکونی بسیار مستعد سیلاب است که در این زمینه به‌کارگیری راهکارهایی از جمله تلاش برای اصلاح کاربری‌های نامناسب، ترمیم پوشش گیاهی طبیعی، پایش علمی و به‌کارگیری سیستم‌های هشداردهنده سیل به‌صورت محلی گام مهمی در کاهش خسارات خواهد بود.

کلید واژگان: سیل‌گیری، شهرستان جاجرم، منطق فازی.

نویسنده مسئول: * Email: L.mokhtari@hsu.ac.ir

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نقش عوارض ژئومورفولوژی در تشدید وکنترل سیلاب‌های شهرستان جاجرم است.
10.22034/JARGS.2023.373944.0

۱ - مقدمه

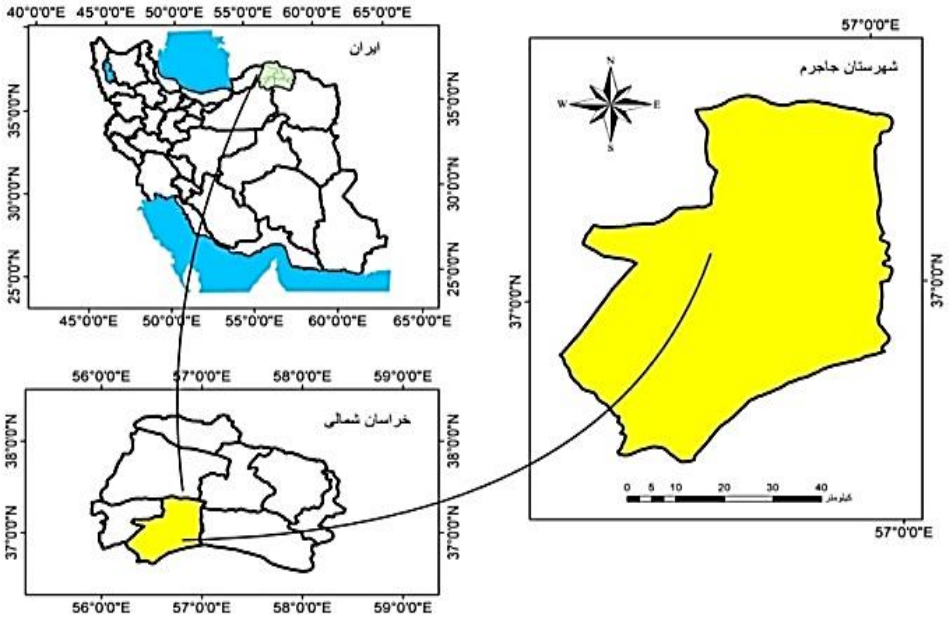
همه‌روزه در سراسر جهان وقایع طبیعی زیادی رخ می‌دهد که برخی از آنها به بلایای طبیعی تبدیل می‌شوند. بلای طبیعی به دو دسته ناگهانی و تدریجی تقسیم می‌شود. پدیده‌های پرخطر طبیعی مانند سیلاب، خشکسالی، رانش زمین، زلزله، طوفان و غیره زمانی تبدیل به یک بلای طبیعی می‌شود که موجب تحمیل تلفات و خساراتی به جوامع و فعالیت‌های انسانی گردد (Mostafazadeh et al., 2017). از بین ۴۳ بلایای طبیعی شناخته شده، سیل از جمله بلایای طبیعی و ناگهانی با منشأ آب و هوایی است که ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه نیز نقش مهمی در ایجاد و تشدید آن دارند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶). سیل عبارت است از جریان آب شدیدی که امکان دارد از بستر طبیعی رودخانه سرریز شود و اراضی اطراف خود را اشغال کند یا ممکن است در نتیجه ذوب برف، یخ، ریزش باران‌های شدید و تخریب سدها ایجاد شود (علیزاده، ۱۳۹۰). سیلاب از مخرب‌ترین پدیده‌های طبیعی است که جبران آثار آن به‌خصوص در مناطقی که مظاهر انسانی در آنجا به چشم می‌خورد؛ مانند شهرها هزینه زیادی را تحمیل می‌کند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲). رخداد سیلاب یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده آب و خاک کشور محسوب می‌شود. عوامل گوناگونی در وقوع سیل‌ها دخالت دارد از جمله: شدت بارندگی، شیب حوضه، نفوذپذیری زمین، شرایط توپوگرافی، ویژگی پوشش گیاهی و درجه اشباع خاک. حداقل یک‌سوم از همه ضرر و زیان‌های ناشی از نیروهای طبیعی را می‌توان به جاری شدن سیل نسبت داد. با رشد سریع شهرسازی، ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها، سیلاب در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر اتفاق می‌افتد (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۴). سهم بارندگی ایران چیزی کمتر از یک‌سوم دنیا است و سرزمین ایران متأثر از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر آن همواره در ردیف مناطقی با درجه خطرپذیری بالا به لحاظ سیل تقسیم‌بندی می‌شود. سیلاب در ایران به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی آن بیشتر اتفاق می‌افتد. هرچند که امروزه اکثر سیل‌های رخ داده در کشور بیش از آن که منشأ طبیعی داشته باشد حاصل دخالت انسانی است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۹). شهرستان جاجرم به دلیل واقع شدن در حاشیه کویر، وجود پوشش گیاهی فقیر و بارش‌های رگباری پتانسیل زیادی از نظر سیلاب دارد و هرساله در فصول مختلفی از سال با این مخاطره طبیعی مواجه است به طوری که در محدوده مورد مطالعه سیل در سال‌های ۹۸ و ۹۹ به ترتیب ۳۵ و ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت به بخش‌های کشاورزی و زراعی، راه‌های ارتباطی، ساختمان‌ها و شبکه آب و برق وارد کرده است. همین امر نشان‌دهنده اهمیت مطالعه و تحلیل سیلاب‌های شهرستان جاجرم است. در ارتباط با سیلاب، پژوهش‌های ارزنده‌ای به خصوص در سال‌های گذشته انجام گرفته است از جمله: امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر نیشابور در راستای توسعه شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار IDRISI پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ۱۵ درصد از شهر در پهنه خطر زیاد و ۴۵ درصد در پهنه خطر نسبتاً زیاد سیلاب قرار دارد. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی اثر عوامل زمین‌شناسی بر سیل‌خیزی حوضه آبخیز جونقان در شهرکرد پرداختند و دریافتند که عامل زمین‌شناسی و نوع سازندها تأثیر زیادی در کاهش سیل خیزی دارد. گلی‌مختاری و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی مخاطره سیلاب در حوضه رودخانه کلات با استفاده از روش شعبان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل هیدرولوژی، زمین‌شناسی، ارتفاع و شیب مهم‌ترین نقش را در ایجاد سیلاب منطقه دارند. زنگنه اسدی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به تحلیل منطقه‌ای سیلاب در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل و یکور، L -THlA و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که پارامترهایی همچون اقلیم، کاربری اراضی، شیب، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، بارش، خاک و واحدهای ژئومورفولوژی تأثیر زیادی در ایجاد سیلاب دارند. اسفندیاری و همکاران (۱۴۰۰) حوضه آبخیز قطورچای را از نظر پتانسیل خطر وقوع سیلاب با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و WLC پهنه‌بندی نمودند. در نتایج حاصل از این تحقیق، مناطقی با لایه Qal زمین‌شناسی، شیب‌های کم‌تر از ۳ درصد، واحد تیپ‌های اراضی خاک ۵، ۶ و ۷ و همچنین مناطقی با فقر پوشش گیاهی به‌عنوان پهنه‌های مستعد سیلاب شناسایی شدند. قیروگا

و همکاران[1] (۲۰۱۶) سیلاب‌های سال ۲۰۱۴ دشت سیلابی کشور بولیوی را با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شبیه‌سازی هیدرولوژیکی توسط این مدل عملکرد خوبی در زمینه سیلاب دارد. اسپرتو و همکاران[2] (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی سیلاب ناشی از تغییر اقلیم در شهر ونیز ایتالیا با استفاده از مدل اقلیمی و تحلیل ریسک پرداختند و دریافتند که تغییرات اقلیمی به دلیل شیب و نفوذپذیری کم مناطق شهری عامل عمده سیل در منطقه است. نایوبی و همکاران[3] (۲۰۱۷) شاخص حساسیت‌پذیری سیلاب در حوضه‌های رودخانه اسکودای مالزی را با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل نمودند. نتایج نشانگر این موضوع بود که زیرحوضه‌های پایینی و میانی حساسیت زیادی در برابر سیلاب دارند. فاریش و همکاران[4] (۲۰۱۷) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی خطر سیلاب در چارساتای پاکستان با استفاده از روش SCS پرداختند نشان دادند که بیشتر وسعت منطقه در پهنه خطر زیاد در برابر سیلاب قرار دارد. ته هیونگ و همکاران[5] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی خطر سیل در رودخانه کیم در کره جنوبی با استفاده از روش TOPSIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های خطر سیلاب که به روش TOPSIS تهیه شده‌اند بسیار دقیق است. در مطالعاتی که به عنوان نمونه معرفی شدند، بیشتر هدف تحقیق شناسایی عوامل مؤثر و ارائه نقشه پهنه‌بندی منطقه بوده است. در این پژوهش علاوه بر شناسایی ویژگی‌های طبیعی و ژئومورفیک منطقه، بررسی عوامل مؤثر در سیل‌گیری و پهنه‌بندی منطقه با استفاده از مدل فازی سعی بر این است که تحلیل ژئومورفولوژیکی کاملی در رابطه با سیل‌گیری منطقه مورد مطالعه ارائه شود.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان جاجرم با مساحتی معادل ۳۴۵۶ کیلومترمربع در جنوب‌غربی استان خراسان شمالی واقع شده است و موقعیت جغرافیایی آن بین ۵۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۷ درجه طول شرقی و ۳۶ درجه ۴۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی است. جمعیت شهرستان در سال ۱۳۹۰، ۳۶۸۹۸ نفر برآورد شده است. شهرستان جاجرم از سمت شمال و شمال شرقی به شهرستان مانه سملقان و بجنورد از جنوب به دشت جوین از شرق به اسفراین و از غرب به استان سمنان منتهی است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، آب‌وهوای این محدوده مطالعاتی خشک است. متوسط بارندگی شهرستان در طول ۱۵ سال (۱۳۹۹-۱۳۸۵) ۱۸۵/۲ میلی‌متر است. میانگین حداقل درجه حرارت سالیانه شهرستان جاجرم ۹/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر درجه حرارت سالیانه ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد است. شیب عمومی شهرستان از شمال و شمال غربی به جنوب غربی است. حداکثر ارتفاع شهرستان ۱۹۰۰ متر و کمترین ارتفاع آن ۸۶۲ متر از سطح دریا است. تشکیلات زمین‌شناسی در شهرستان جاجرم مربوط به دوران مختلف زمین‌شناسی است. سازندهای دوره اول زمین‌شناسی که کهن‌ترین سازندهای مربوط به دوره پالئوزوئیک است، آن‌چنان رشدی در منطقه نداشته است فقط در جهت‌های شرقی و شمالی قابل مشاهده است. روند ساختمان‌های زمین‌شناسی ناحیه عموماً شرقی_غربی است و به طورکلی شهرستان شکل کامل خود را در دوره کواترنر به دست آورده است. از لحاظ ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه به سه واحد کوهستان دشت و دشت‌سر تقسیم شده است. دشت منطقه یکی از دشت‌های میان‌کوهی است که مهم‌ترین سکونت گاه شهرستان در آنجا تکامل پیدا کرده است و در جهت جنوب‌غربی قرار گرفته است. کل وسعت این محدوده ۱۷۳۵ کیلومترمربع است که ۹۳۶ کیلومترمربع آن دشت و الباقی را ارتفاعات تشکیل می‌دهند شکل (۱).

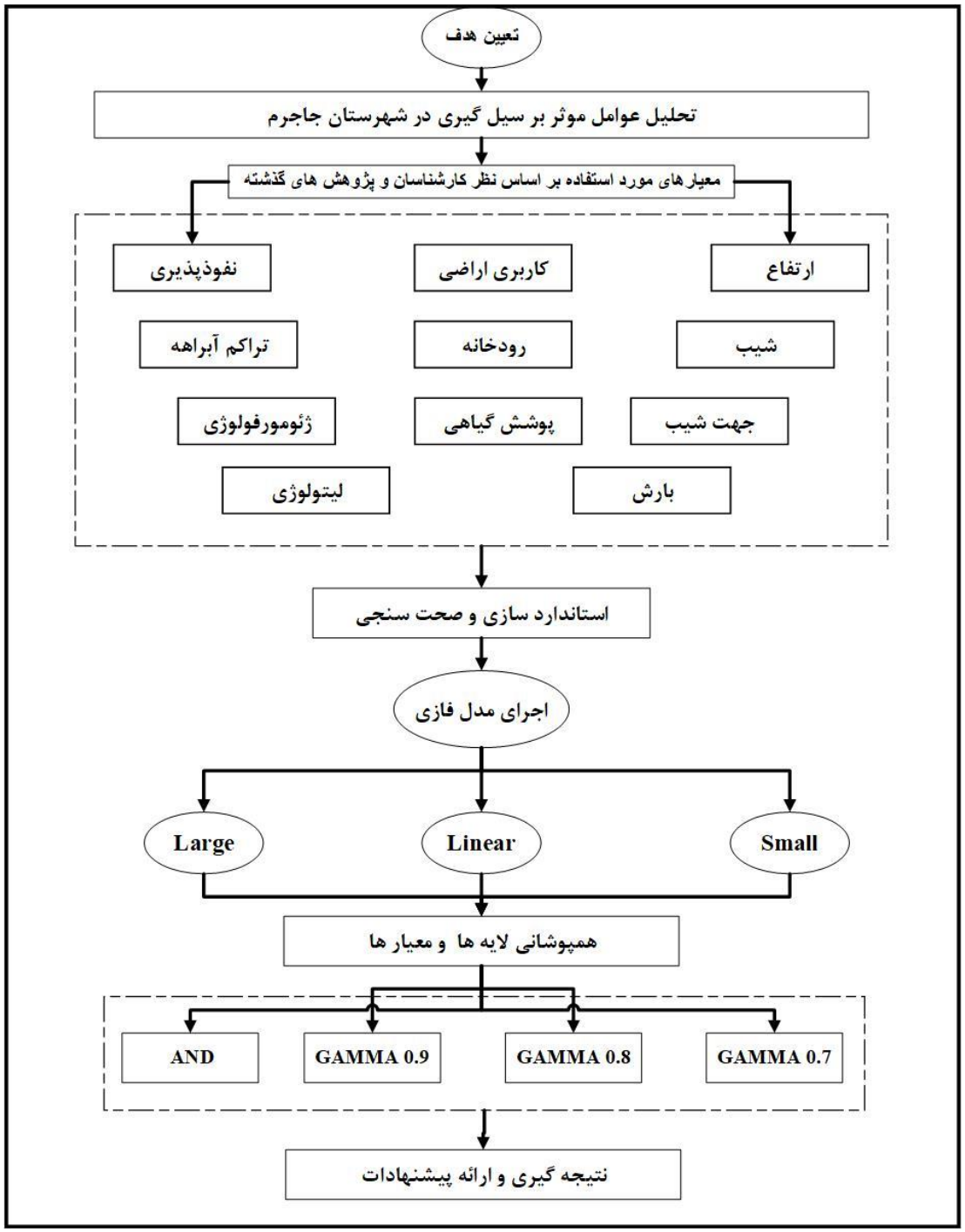
[1] Quirogaa
[2] Sperotto
[3] Naubi
[4] Farish
[5] Tae Hyung kim



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به هدف تحقیق ابتدا با مطالعه و بررسی مبانی نظری موضوع عوامل مؤثر بر وقوع سیلاب شناسایی گردید. سپس از نرم‌افزار ArcGIS10.3 جهت تهیه نقشه‌های هر یک از معیارهای مطرح در پهنه‌بندی سیلاب استفاده شد. با توجه به ویژگی‌های منطقه و مطالعات قبلی صورت گرفته در این زمینه برای ارزیابی مناطق تحت خطر سیلاب در شهرستان جاجرم با استفاده از ویژگی‌های طبیعی و مورفولوژیکی از یازده فاکتور مؤثر بر و وقوع سیلاب شامل: ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، تراکم آبراهه، فاصله از آبراهه، لیتولوژی، ژئومورفولوژی و نفوذپذیری استفاده گردید. لایه بارش از داده‌های اداره هواشناسی بر اساس آمار ۱۵ ساله ایستگاه‌های باران‌سنجی نقاط مجاور شهرستان و ایستگاه سینوپتیک تهیه شد. برای لایه ارتفاع، شیب و جهت شیب از DEM منطقه و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. همچنین لایه لیتولوژی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و لایه کاربری اراضی و پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث تهیه شده‌اند. عوارض ژئومورفولوژی منطقه با استفاده از نقشه توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای شناسایی و ترسیم شدند و لایه نفوذپذیری با استفاده از نقشه خاک شهرستان ایجاد شد. در نهایت جهت پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری در شهرستان جاجرم مدل‌سازی نهایی با استفاده از مدل فازی انجام شد. در شکل ۲ چهارچوب روش پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۲: مراحل انجام پژوهش

۳-۱- مدل فازی

از آنجایی‌که سیل‌گیری و سیل‌خیزی به عنوان دو مفهوم مجزا در هر منطقه قابل بررسی هستند، تحقیق حاضر بر تحلیل عوامل مؤثر بر سیل‌گیری شهرستان جاجرم متمرکز شده است. جهت پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری منطقه از مدل فازی استفاده شده است. فازی نوعی منطق است که روش‌های نتیجه‌گیری را در مغز انسان جایگزین می‌کند. منطق

فازی به عنوان روشی برای پردازش داده‌ها بر مبنای مجاز کردن عضویت گروهی کوچک به جای گروهی بزرگ‌تر است (محسن‌زاده، ۱۳۸۹). در مجموعه فازی مقدار عضویت عوامل مختلف در دامنه بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند. در حالی که تا قبل از آن عضویت در مجموعه به شکل ۱ و عدم عضویت در مجموعه به شکل ۰ نمایش داده می‌شد (ابراهیمی، ۱۳۸۹). در مرکز تئوری فازی مفهوم عضویت فازی قرار دارد که مقدار عضویت را در رابطه با برخی از صفات خاص بیان می‌کند. در تئوری مجموعه‌های فازی عضویت به شکل درجه‌بندی شده است. به این صورت که یک عنصر نه کاملاً بلکه تا درجاتی می‌تواند عضو یک مجموعه باشد. از عملگرهای مختلفی می‌توان در ترکیب مقادیر عضویت استفاده کرد. پنج عملگر مختلف فازی شامل اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و گامای فازی است (وانگ[1]، ۲۰۱۱).

۳-۲- عملگر اشتراک فازی

با توجه به رابطه (۱) این نوع عملگر اشتراک بین مجموعه‌ها را بیان می‌کند و به همین خاطر این اپراتور دقت بسیار بالایی دارد. اما این عملگر فقط یک درجه عضویت از یک لایه اطلاعاتی که از نقشه تهیه شده را منظور می‌کند و اثر همه و احدها و لایه‌ها را نمی‌تواند اعمال کند (اقدر، ۱۳۹۱).

$$\mu\text{combinationcos} = \text{MIN}(\mu\text{A}, \mu\text{B}, \mu\text{C} \ldots .)$$ رابطه ۱

۳-۳- عملگر جمع فازی

با توجه به رابطه (۲) در این عملگر همه اطلاعات در هم ضرب شده و به خاطر ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضاء در مجموعه فازی است در نقشه خروجی اعداد کوچک‌تر می‌شود و به سمت صفر گرایش پیدا می‌کنند.

$$\mu combination = 1 - (\prod_{i=1}^{n}(1 - \mu\text{i})$$ رابطه ۲

۳-۴- عملگر ضرب فازی

با توجه به رابطه (۳) در این عملگر متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه شده و به همین خاطر در نقشه خروجی بر خلاف عملگر ضرب جبری ارزش پیکسل‌ها به سمت یک گرایش پیدا می‌کند در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در طبقه خیلی مناسب قرار می‌گیرد.

$$\mu\ combination = \prod_{i=1}^{n} \mu\text{i}$$ رابطه ۳

۳-۵- عملگر اجتماع فازی

با توجه به رابطه (۴) این عملگر max درجه عضویت اعضاء را مشخص می‌کند و به همین خاطر در نقشه خروجی برعکس عملگر and ارزش پیکسل‌ها به سمت یک گرایش دارد در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در طبقه خیلی مناسب قرار می‌گیرد.

$$\mu\text{combination} = \text{MAX}\ (\mu\text{A}, \mu\text{B}, \mu\text{C} \ldots .)$$ رابطه ۴

[1] wang

۳-۶- عملگر فازی گاما

با توجه به رابطه (۵) این عملگر از تلفیق دو عملگر جمع فازی و ضرب فازی به دست می‌آید. جهت مشخص کردن حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و دقت خیلی کم عملگر جمع فازی این عملگر معرفی شده است (اقدر، ۱۳۹۱).

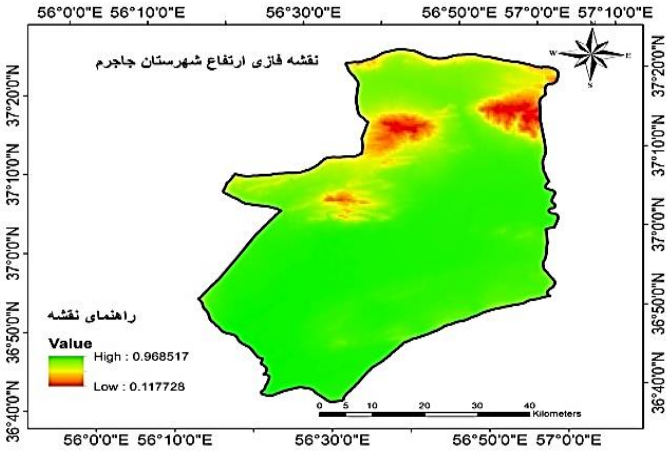
رابطه ۵ $\text{combination}=(\text{sum})y^{*}(\text{product})\ 1\text{-}y\,\mu$

۴- بحث و نتایج

برای پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل فازی عوامل مختلف به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۱- معیار ارتفاع

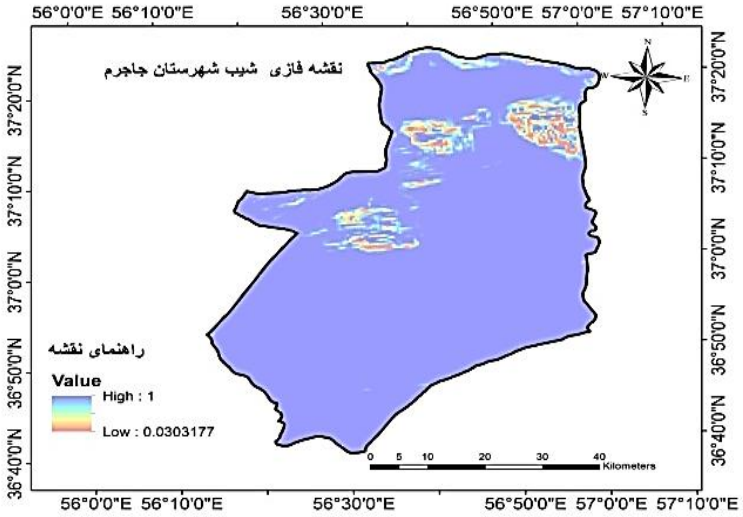
ارتفاع از عوامل مهم در خطر سیلاب است. ارتفاع مانند شیب در گرادیان هیدرولیکی، جهت حرکت آب و محل تشکیل آبخوان، شدت و ضعف سرعت آب نقش مؤثر دارد. به طور کلی مناطقی که در ارتفاعات پایین قرار دارند نسبت به مناطق بالاتر بیشتر در معرض خطر سیل‌گیری قرار دارند. با توجه به شکل (۳) ارتفاع با سیل‌گیری رابطه معکوسی دارد. به‌طوری‌که در نواحی جنوبی منطقه ارتفاع کمتر است و این نواحی بیشتر مستعد سیل‌گیری است تا مناطق شمال و غرب منطقه که ارتفاع بیشتری دارند.



شکل ۳: نقشه فازی ارتفاع شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۲- معیار شیب

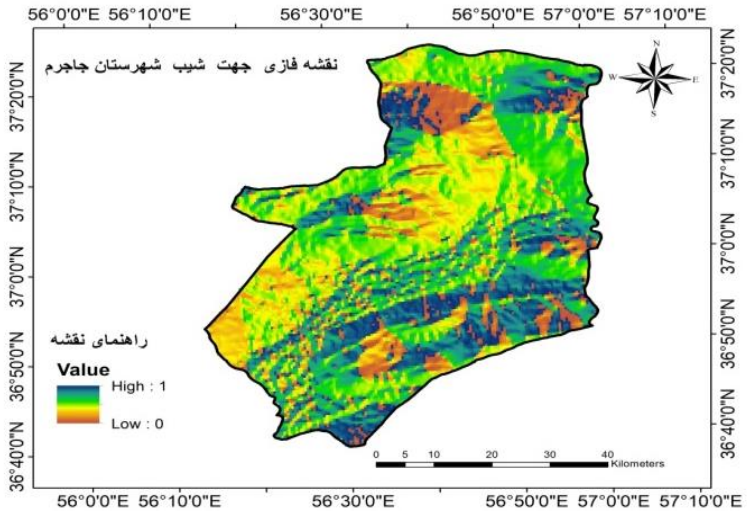
شیب از فاکتورهای مؤثر در وقوع سیلاب و خطرات ناشی از سیلاب است و همچنین نقش مهمی در ضریب رواناب و نفوذپذیری دارد. شیب‌های کمتر هرچند که برای توسعه شهر مناسب است، اما در زمان سیل‌گیری به‌خصوص در مکان‌هایی که در پای مخروط‌افکنه‌ها هستند بیشتر در معرض خطر سیل‌گیری قرار می‌گیرند. با توجه به شکل (۴) در شیب‌های بالاتر با حجم کمتر و جریان‌های سریع‌تر سیلاب مواجه هستیم. عامل شیب با مخاطره سیل‌گیری رابطه معکوسی دارد و با کم شدن شیب مقدار سیل‌گیری بیشتر می‌شود.



شکل ۴: نقشه فازی شیب شهرستان جاجرم (منبع: نگارندگان)

۴-۳- معیار جهت شیب

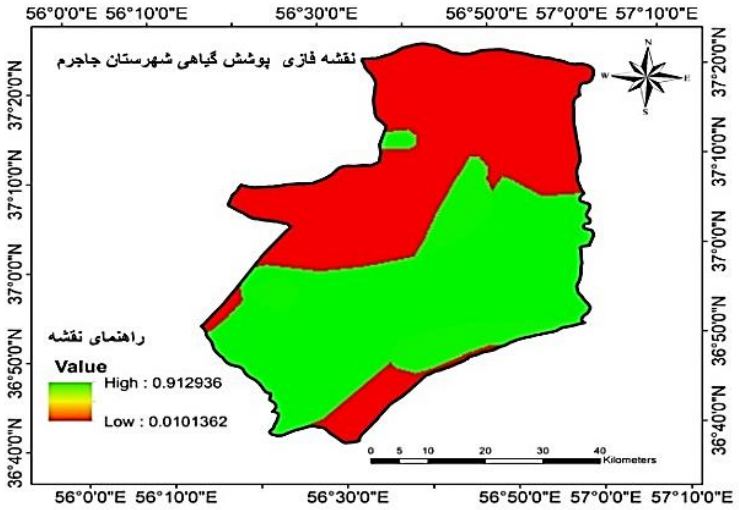
جهت شیب تأثیر زیادی بر سیلاب دارد و اثر آن در اقلیم‌های مختلف باید به‌صورت مجزا بررسی شود. در اقلیم‌های معتدل، جهات شیب پشت به آفتاب باعث سرد بودن و بارش‌های برفی می‌شود؛ ولی جهات رو به آفتاب به دلیل گرم بودن باعث می‌شوند بارش‌ها به‌صورت باران ببارد که تأثیرگذاری بالایی در افزایش سیلاب دارد. در اقلیم‌های گرم و خشک، تراکم و ماندگاری پوشش گیاهی در دامنه‌های شمالی بیشتر است که همین امر می‌تواند بر کاهش رواناب مؤثر باشد؛ ولی باید این نکته را در نظر داشت که نوع بارش دامنه‌های شمالی اقلیم‌های گرم و خشک با اقلیم‌های معتدل و سرد متفاوت است. به همین دلیل اثر جهت شیب باید با توجه به شرایط منطقه تحلیل شود. برای تهیه نقشه جهت شیب از نقشه رقومی ارتفاع استفاده شده است و در سیستم اطلاعات جغرافیایی لایه جهت شیب تهیه و به درجه بیان شده است با توجه به شکل (۵) جهت‌های جنوب و غربی منطقه مورد مطالعه بیشترین تأثیر را در سیل‌گیری منطقه دارند.



شکل ۵: نقشه فازی جهت شیب شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۴- معیار پوشش گیاهی

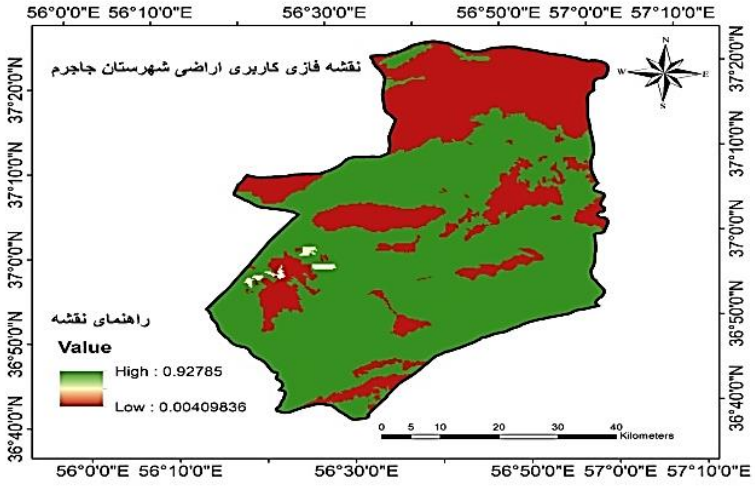
پوشش گیاهی از عوامل تأثیرگذار در نفوذ و تغذیه آب‌های زیرزمینی است و یکی از معیارهای اصلی و مهم در کاهش رواناب و سیلاب است. به‌طورکلی پوشش گیاهی متراکم و زیاد موجب نفوذ آب به زمین و عدم پوشش گیاهی منجر به کاهش نفوذ آب به زمین، رواناب بیشتر و وقوع سیلاب می‌شود. با توجه به شکل (۶) بیشترین وسعت محدوده را پوشش گیاهی متوسط تا فقیر دربرگرفته است. مناطق شرقی و جنوب غربی منطقه که دارای پوشش گیاهی ضعیف است زمینه مناسبی در ایجاد سیل‌گیری منطقه دارند و نواحی غربی و جنوب شرقی که دارای پوشش گیاهی متراکم هستند کمترین تأثیر را در سیل‌گیری منطقه دارا هستند.



شکل ۶: نقشه فازی پوشش گیاهی شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۵- معیار کاربری اراضی

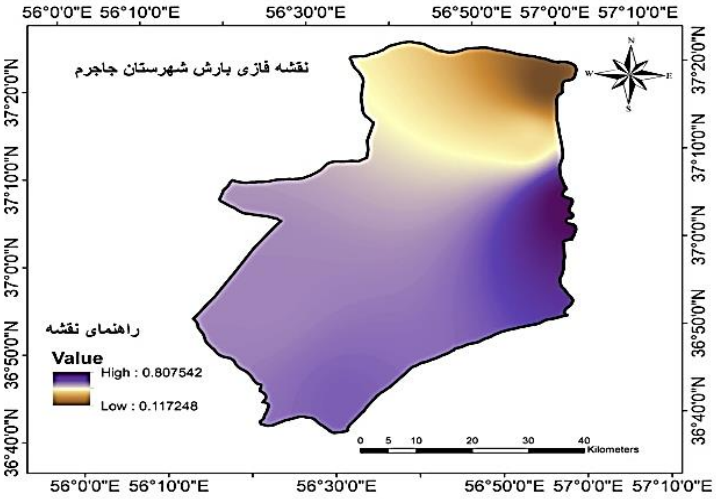
امروزه افزایش جمعیت همراه با ضعف در برنامه‌ریزی در جهت بهره‌برداری از زمین، باعث شده که جنگل‌ها و مراتع دچار تخریب شوند و یا به زمین‌های زراعی تبدیل شوند. در نتیجه آب کمتری در بالادست رودخانه‌ها به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به طرف دشت جریان پیدا می‌کند به همین دلیل سیل‌ها شدیدتر و ناگهانی‌تر شده‌اند؛ بنابراین یکی از پارامترهای مهم در بحث مخاطره سیلاب کاربری اراضی است (موسوی، ۱۳۹۷). با توجه به شکل (۷) بیشترین وسعت منطقه را اراضی فاقد پوشش گیاهی دربرگرفته است. بر این اساس به کاربری‌های مربوط به ساخت‌وسازهای شهری و اراضی فاقد پوشش گیاهی که به علت نفوذپذیری کمتر نقش بیشتری را در تولید رواناب دارند امتیاز بیشتری داده شده و به کاربری‌هایی که پوشش گیاهی بیشتری دارند و به صورت باغات و کشاورزی و اراضی جنگلی هستند، به علت نفوذپذیری بیشتر رواناب کمتری تولید می‌کنند و در سیل‌گیری اهمیت کمتری دارند امتیاز کمتری داده شد.



شکل ۷: نقشه فازی کاربری اراضی شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۶- معیار بارش

یکی از عوامل اصلی در خطر وقوع سیلاب است و همچنین نقش مؤثری در شدت و ضعف سیلاب‌ها دارد. هر چه طول دوره بارش زیاد باشد و یا بارندگی‌ها از شدت زیادی برخوردار باشند سیل‌گیری افزایش می‌یابد. در بررسی میزان بارش شهرستان از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی و همچنین ایستگاه سینوپتیک استفاده شده است. با توجه به شکل (۸) بخش‌های شرق و جنوب شرق دارای بیشترین میزان بارش هستند و در نتیجه بالاترین میزان خطر را در سیل‌گیری دارند.

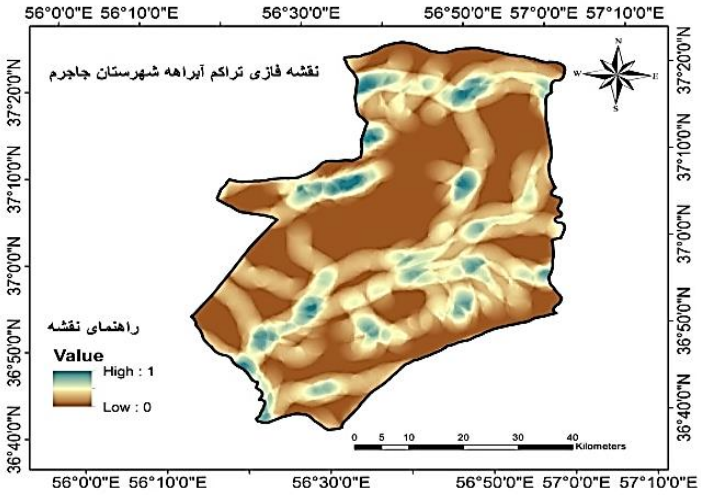


شکل ۸: نقشه فازی بارش شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۷- معیار تراکم آبراهه

تراکم آبراهه از جمله پارامترهایی است که نشان‌دهنده مقدار توسعه‌یافتگی شبکه زهکشی در یک حوضه است هرچه در سطح حوضه تراکم بیشتر باشد نشان‌دهنده آن است که رواناب‌های ناشی از بارش در سطح حوضه تراکم بالاتری دارد

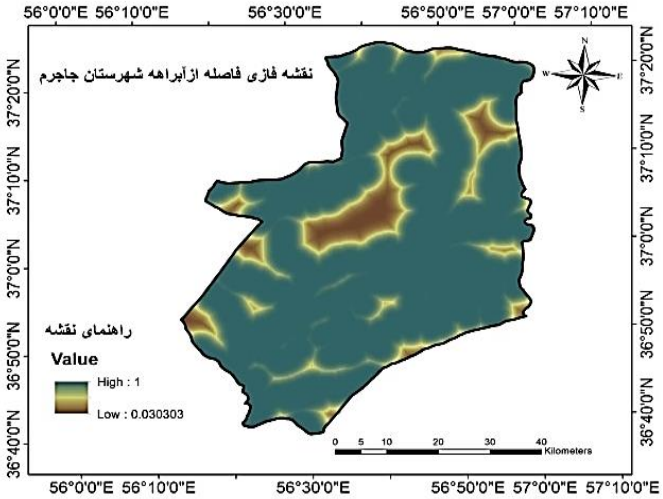
(کاظمی، ۱۳۹۵). با توجه به شکل (۹) بیشترین میزان تراکم آبراهه‌ها را در شرق منطقه داریم که یکی از عوامل مؤثر در ایجاد سیل‌گیری شهرستان است و با فاصله از مسیرهای تراکم از خطر سیلاب نیز کاسته می‌شود؛ زیرا آبراهه‌ها محل اصلی تجمع آب هستند.



شکل ۹: نقشه فازی تراکم آبراهه شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۸- معیار فاصله از آبراهه

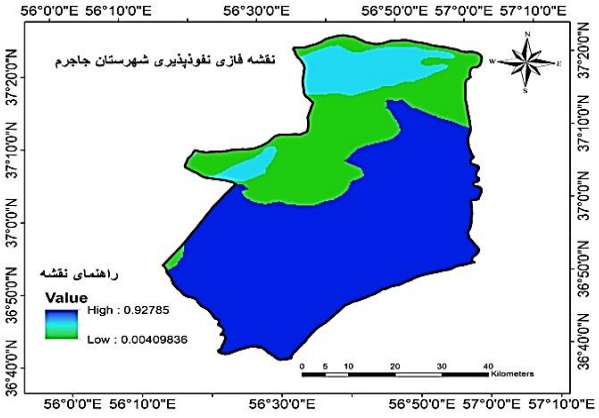
به طور کلی سیل در داخل رودخانه‌ها و سواحل آن به وجود می‌آید؛ یعنی آب بیشتری در رودخانه اصلی حوضه آبریز جمع می‌شود و در قسمت پایین‌دست رودخانه حداکثر دبی را ایجاد می‌کند. طوری که در آبراهه‌های اصلی بیشترین خطر سیل‌گیری وجود دارد. با توجه به شکل (۱۰) هرچه فاصله از آبراهه کمتر باشد خطر سیلاب بیشتر و هر چه فاصله از آبراهه بیشتر باشد خطر سیل‌گیری کمتر است.



شکل ۱۰ نقشه فازی فاصله از آبراهه شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۹- معیار نفوذپذیری

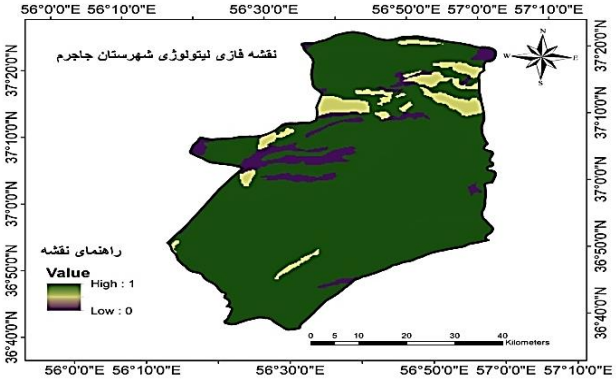
به طور کلی در ایجاد رواناب نوع خاک و خصوصیات آن یکی از عوامل مهم و اساسی است. بسیاری از خصوصیات خاک در ایجاد رواناب مؤثر است که مهم‌ترین آنها عبارت از عمق خاک، مقدار رس در کل پروفیل خاک، نفوذپذیری سطحی و نفوذپذیری عمقی خاک است (موسوی، ۱۳۹۷). با توجه به شکل (۱۱) قسمت اعظم منطقه دارای نفوذپذیری کم تا نسبتاً کم است و بیشترین خطر را در ایجاد سیلاب دارد. همچنین جنس خاک در سیل‌گیری بسیار مؤثر است به‌طوری‌که در زمین‌های سخت میزان نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد و رواناب زیادی ایجاد می‌شود؛ بنابراین قسمت‌های شرقی و مرکزی شهرستان که به خاطر وجود خاک‌هایی همچون اریدی‌سول‌ها نفوذپذیری کمی دارند بیشتر مستعد سیل‌گیری هستند.



شکل ۱۱: نقشه فازی نفوذپذیری شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۱۰- معیار لیتولوژی

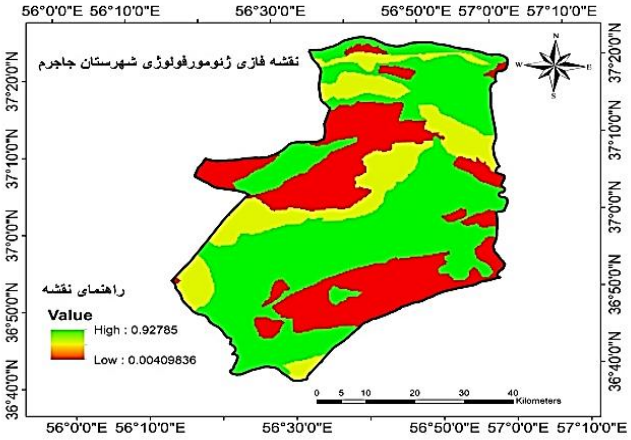
لیتولوژی یا خصوصیات سنگ‌شناسی یکی از عوامل مؤثر در سیل‌گیری یک ناحیه است با فرض ثابت بودن سایر شرایط، در سازندهای نفوذپذیر باران بیشتر نفوذ می‌کند و در نتیجه رواناب کمتری ایجاد می‌شود. اما در سنگ‌های نفوذناپذیر بیشتر باران به رواناب سطحی تبدیل شده و سیل‌گیری بیشتری ایجاد می‌کند. بر این اساس لیتولوژی و نوع سنگ در یک حوضه می‌تواند بر سیل‌گیری آن مؤثر باشد با توجه به شکل (۱۲) قسمت‌های شرقی، مرکزی و جنوبی منطقه به دلیل وجود سازندهای نفوذناپذیری همچون مارن و کنگلومرا بیشتر مستعد خطر سیل‌گیری است.



شکل ۱۲: نقشه فازی لیتولوژی شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۱۱- معیار ژئومورفولوژی

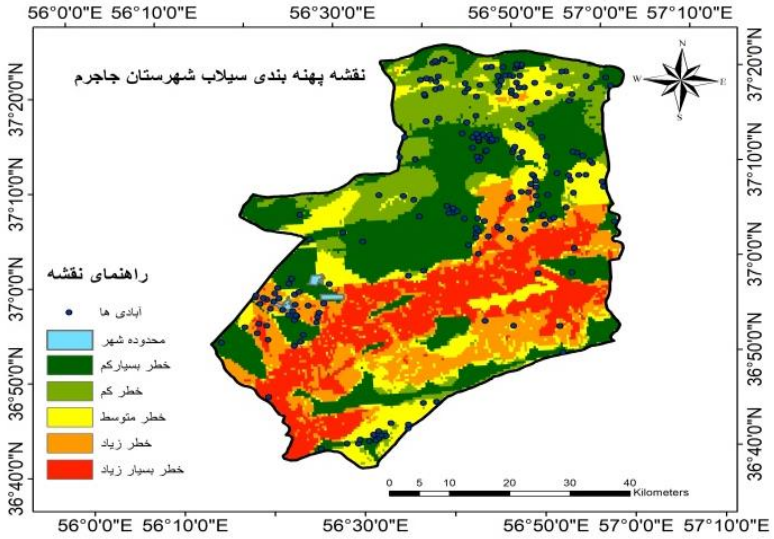
ژئومورفولوژی از عوامل تأثیرگذار در نفوذ و تغذیه آب‌های زیرزمینی است و یکی از معیارهای مهم در کاهش رواناب و سیلاب است. با توجه به شکل (۱۳) بیشتر نواحی سیل‌گیر در محدوده دشت قرار دارند که دارای شیب و ارتفاع کمتری نسبت به بقیه مناطق است. بخش‌هایی از مناطق شمالی و غربی حوضه که بیشتر کوهستانی است امکان سیل‌گیری در آن کمتر است. همچنین در دشت و دشت‌سرها به دلیل سیل‌گیری بیشتر نسبت به کوهستان احتمال وقوع سیل بیشتر می‌شود.



شکل ۱۳: نقشه فازی ژئومورفولوژی شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

۴-۱۲- تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل‌گیری شهرستان جاجرم

پس از تعریف نوع ارتباط هر یک از پارامترها با پدیده سیلاب برای هرکدام از لایه‌های وابسته به این پارامترها توابع عضویت تعیین و بر روی لایه اجرا شد. پس از اعمال توابع موردنظر بر روی لایه‌ها تمام لایه‌ها فازی‌سازی شدند. برای مشخص کردن تأثیر نقشه‌های فازی نیاز به عملگرهایی مانند اجتماع، اشتراک، ضرب جبری، جمع جبری و گاما داریم. بر این اساس برای تهیه نقشه نهایی از گامای ۰/۹ استفاده شده است این عملگر بر اساس حاصل‌ضرب جبری فازی و حاصل‌جمع جبری فازی است و در آن گاما بین صفر و یک متغیر است. در این پژوهش بر اساس تجربه و همچنین مقدار همبستگی میان پارامترها با نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب از گامای ۰/۹ برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی فازی شده استفاده گردید. بر اساس یافته‌های پژوهش و مشاهدات میدانی نقشه نهایی پهنه‌بندی به پنج طبقه: خطر کم، نسبتاً کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد طبقه‌بندی شد. شکل (۱۴) نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده مطالعاتی و جدول (۱) مساحت و درصد طبقات را به روش فازی نشان می‌دهد.



شکل ۱۴: نقشه پهنه‌بندی سیلاب شهرستان جاجرم (منبع نگارندگان)

جدول ۱: مساحت و درصد پهنه‌های در معرض خطر سیلاب در محدوده مطالعاتی (منبع: یافته‌های تحقیق)

طبقات خطر سیل‌گیری	مساحت به کیلومترمربع	درصد
خطر کم	۱۱۲۷/۱۵۱	۳۲/۶۹۸۸۱
خطر نسبتاً کم	۵۳۴/۴۵	۱۵/۵۰۴۴۷
خطر متوسط	۵۷۳/۷۳۲۲	۱۵/۵۹۹۶۹
خطر زیاد	۵۹۳/۵۴۲۴	۱۷/۲۱۸۷۵
خطر بسیار زیاد	۶۵۴/۱۹۵	۱۸/۹۷۸۲۹

از کل مساحت محدوده مطالعاتی ۳۲/۷ درصد در طبقه خطر کم،۱۵/۵ درصد در طبقه خطر نسبتاً کم، ۱۵/۶ درصد در طبقه خطر متوسط، ۱۷/۲ درصد در طبقه خطر زیاد و ۱۹ درصد در طبقه خطر بسیار زیاد قرار گرفته است. به طوری که بیش از نیمی از محدوده مطالعاتی؛ پتانسیل سیل‌گیری متوسط تا بسیار زیاد دارد. طبقه دارای خطر کم و خطر نسبتاً کم برای وقوع سیلاب ۴۷ درصد از منطقه را شامل می‌شود که عمدتاً شامل مناطق شمالی و غربی محدوده مورد مطالعه است. از این رو، بخش زیادی از مساحت شهرستان جاجرم به دلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و محیطی بسیار مستعد سیلاب است.

۴-۱۳- تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب‌های شهرستان جاجرم

ارزیابی نتایج نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب (جدول ۱) بیانگر این است که بیش از نیمی از محدوده مطالعاتی؛ پتانسیل سیل‌گیری متوسط تا بسیار زیاد دارد. طبقه دارای خطر کم و خطر نسبتاً کم برای وقوع سیلاب ۴۷ درصد از منطقه را شامل می‌شود که عمدتاً شامل مناطق شمالی و غربی محدوده مورد مطالعه است.

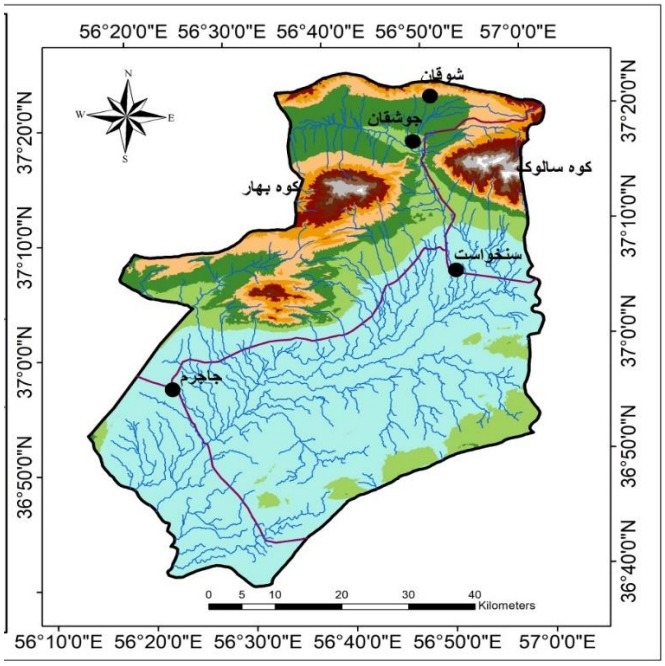
بخش زیادی از مساحت شهرستان جاجرم به دلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی بسیار مستعد سیلاب است. به عنوان نمونه در آخرین مورد، در بهار ۱۴۰۰ بیشتر قسمت‌های شهرستان از سیل خسارت دید و ورود سیلاب به جاده‌های روستایی و زمین‌های کشاورزی باعث شد ۱۰۰ رأس دام، ۹ کیلومتر راه بین مزارع، ۳۶۰ هکتار باغات و همچنین ۱۰ رشته قنوات دچار خسارت شود.

از میان ۴ شهری که در شهرستان جاجرم قرار دارند دو مورد آن یعنی شهرهای جاجرم و سنخواست در محدوده خطر بسیار زیاد هستند شهر جوشقان در محدوده خطر زیاد و شهر شوقان در محدوده خطر متوسط قرار دارد؛ بنابراین تمامی شهرها در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد قرار دارند.

شهر سنخواست بر روی مخروط افکنه رودخانه فصلی دربند قرار دارد و همان‌طور که در شکل ۱۵ دیده می‌شود کانال رودخانه‌ای منتهی به مخروط افکنه در مواقع بارندگی شدید حجم زیادی از سیلاب را انتقال می‌دهد؛ بنابراین این شهر مستعد سیلاب است. در نقشه پهنه‌بندی هم در منطقه پرخطر قرار گرفته است. تعداد زیادی از روستاها نیز در محدوده پرخطر قرار دارند. اکثر روستاهایی که در دشت قرار دارند از نظر سیل‌گیری بسیار مستعد هستند. همچنین تعداد زیادی از روستاهای شهرستان نیز در محدوده مخروط افکنه‌ها قرار دارند که در هنگام وقوع بارندگی‌های شدید امکان خسارت بالا وجود دارد. حدود نیمی از روستاها در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد قرار دارند.

محور جاجرم - سنخواست با وقوع بارندگی بسته می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌شود تقریباً تمام مسیر جاجرم – سنخواست از میان مخروط‌افکنه‌ها عبور می‌کند که به دلیل قرار گرفتن در پای ارتفاعات بسیار مستعد سیل هستند. بسیاری دیگر از مسیرهای شهری و روستایی نیز در شهرستان در معرض مخاطره سیلاب قرار دارند. شکل ۱۷ تصاویری از خسارات سیل در شهرستان را نشان می‌دهد.

همچنین همانطور که درشکل ۱۵ مشاهده می‌شود مسیر سنخواست – جوشقان که از دره دربند می‌گذرد بسیار نزدیک به کانال رودخانه دربند است و همین امر می‌تواند در زمان وقوع سیلاب مخاطره آمیز باشد. حدود ۷۷ درصد از جاده‌های اصلی شهرستان در محدوده خطر متوسط تا بسیار زیاد قرار دارند.



شکل ۱۵: موقعیت شهرهای شهرستان جاجرم و جاده‌های اصلی نسبت به ناهمواری‌های منطقه

شکل ۱۶: تصویر ماهواره‌ای موقعیت جاده جاجرم – سنخواست

شکل ۱۷: تصاویری از سیل در مسیر جاجرم - سنخواست (منبع: ایرنا، ۱۴۰۰)

۵ - نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین خطراتی که همواره خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را به همراه خود دارد سیلاب‌ها هستند. شهرستان جاجرم به دلیل واقع شدن در حاشیه کویر، وجود پوشش گیاهی فقیر و بارش‌های رگباری پتانسیل زیادی از نظر سیلاب دارد. در این پژوهش جهت ارزیابی مخاطره سیلاب در شهرستان جاجرم با استفاده از ویژگی‌های طبیعی و مورفولوژیکی از ۱۱ فاکتور مؤثر در سیل‌گیری شامل: ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، نفوذپذیری، تراکم آبراهه، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی، لیتولوژی، کاربری اراضی و ژئومورفولوژی استفاده گردیده است. نتایج نشانگر آن است که بخش وسیعی از منطقه از نظر زمین‌شناسی شامل مارن، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، شیل و شیل آهکی است که این نوع سازندها نفوذپذیری فوق‌العاده کم و برعکس توانایی بالایی در ایجاد رواناب دارند. بیشترین وسعت منطقه از نظر رده‌بندی خاک‌ها از نوع انتی‌سول‌ها و اریدی‌سول‌ها هستند که در این نوع خاک‌ها نشانه‌ای از تکامل وجود ندارد یا بسیار کم وجود دارد. از نظر

کاربری اراضی بخش متوسطی از ارتفاعات را جنگل‌های نسبتاً انبوه دربرگرفته است که دارای خاک نسبتاً ضخیم با بارش مناسب و رطوبت کافی هستند. در پایین‌دست، اراضی کشاورزی و باغات قرار دارند که در شیب و ارتفاع کم قرار گرفته‌اند. در این مناطق فعالیت‌های نامناسب کشاورزی سبب فرسایش خاک شده و نقش مؤثری در ایجاد سیلاب دارد. همچنین بخش اعظم منطقه را اراضی فاقد پوشش گیاهی و شور دربرگرفته که به دلیل فقیر بودن پو شش گیاهی در زمان بارندگی آب کمتری به درون زمین نفوذ می‌کند و بیشتر به رواناب سطحی تبدیل می‌شود. از نظر تراکم و فاصله از رودخانه، اکثر رودخانه‌های شهرستان در قسمت‌های شرقی و مرکزی آن گسترش پیدا کرده‌اند دقیقاً همان جایی که سازندهای نفوذناپذیر قرار دارند. همچنین خاک‌های پایین‌دست رودخانه اصلی به خاطر لایه‌های ضخیم رسی نفوذ کمتری دارند و ضریب رواناب نسبتاً بالایی را ایجاد می‌کنند به همین خاطر در همین قسمت بیشترین تراکم آبراهه‌ها را شاهد هستیم که خود عاملی در جهت تشدید سیلاب‌ها در منطقه است. همچنین بر اساس نتایج نهایی حاصل از پهنه‌بندی خطر سیلاب به روش فازی از مجموع کل مساحت شهرستان ۱۱۲۷ کیلومترمربع آن در خطر سیل‌گیری کم قرار دارد و بعد از آن به ترتیب اولویت خطر سیل‌گیری بسیار کم ۵۳۴ کیلومترمربع و خطر سیل‌گیری متوسط ۵۷۳ کیلومترمربع و خطر سیل‌گیری زیاد ۵۹۳ کیلومترمربع و خطر سیل‌گیری بسیار زیاد ۶۵۴ کیلومترمربع از مساحت منطقه را شامل می‌شود که بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته پهنه‌های با خطر سیل‌گیری بالا بیشتر در نواحی شرقی، مرکزی و جنوب غربی منطبق است که در این قسمت‌ها میزان بارش بیشتر است و ارتفاع و شیب‌ها هم کمتر شده و مقدار نفوذپذیری و پوشش گیاهی نسبت به بقیه مناطق کاهش یافته است.

با توجه به این موضوع که ویژگی‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی شهرستان به همراه سایر ویژگی‌های طبیعی و انسانی منطقه سبب شده که هر ساله و در فصول مختلفی از سال با سیلاب‌هایی در منطقه مورد مطالعه مواجهه شویم به نظر می‌رسد مشخص کردن بستر و حریم رودخانه‌ها و محاسبه دوره‌های مختلف بازگشت سیلاب به منظور پیش‌بینی وقوع سیلاب‌های منطقه در جهت مدیریت سیلاب منطقه می‌تواند تا حدی از میزان خسارت‌های سیلاب جلوگیری نماید. مکان‌یابی مناسب سازه‌های مقابله با سیل با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه در کنار درخت‌کاری و ایجاد پوشش گیاهی مناسب در مناطقی که به‌واسطه فعالیت‌های انسانی پوشش گیاهی آنها آسیب دیده است نیز می‌تواند راهکار دیگری در جهت کم کردن میزان خطر باشد. همچنین با توجه به اینکه بسیاری از شهرها و روستاهای منطقه در معرض خطر بالای سیل قرار دارند و همچنین پرمخاطره بودن مسیر جاده‌ها در این محدوده، تلاش برای اصلاح کاربری‌های نامناسب، پایش علمی و به‌کارگیری سیستم‌های هشداردهنده سیل به‌صورت محلی نیز گام مهمی در کاهش خسارات خواهد بود.

۶ - منابع

۱. ابراهیمی، علی‌محمد (۱۳۸۹). بررسی انتقادی منطق فازی به مثابه یک روش علمی در علوم اجتماعی، شماره‌ی ۵، صص ۵-۲۷

۲. اسدی، معصومه، امامی، کامیار (۱۴۰۰). پهنه‌بندی سیلاب شهر بندرعباس و ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاه هی به سمت مناطق سیل‌خیز (مطالعه موردی: شهر بندرعباس)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره‌ی ۳، صص ۹۶-۱۱۲.

۳. اسفندیاری درآباد، فریبا، لایقی، صدیقه، مصطفی‌زاده، رئوف، حاجی، خدیجه (۱۴۰۰). پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز قطورچای با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و .WLC تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۸، صص ۱۵۰-۱۳۵.

۴. اقدر، حسین (۱۳۹۱). مسیریابی خطوط انتقال نفت با استفاده از GIS و منطق فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده جغرافیا، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵. امیراحمدی، ابوالقاسم، بهنیافر، ابوالفضل، ابراهیمی، مجید (۱۳۹۰). ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار شهر (مطالعه موردی: شهر نیشابور)، فصل نامه آمایش محیط، شماره‌ی ۱۶، صص ۱۱۰- ۱۸.

۶. زنگنه اسدی، محمدعلی، امیراحمدی، ابوالقاسم، ناعمی تبار، مهناز (۱۳۹۹). ارزیابی مدل وکیور، L-THIA شبکه عصبی مصنوعی در استان خراسان رضوی، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۸، شماره‌ی ۱، صص ۱۰۸- ۸۹.

۷. سلیمانی، کریم، شریفی‌پور، مهدی، عبدلی بوژانی، سپیده (۱۳۹۹). الگوریتم آشکارسازی پهنه‌بندی خسارات سیل با استفاده از تصاویر سنتینل ۲، مجله اکوهیدرولوژی، شماره‌ی ۲، صص ۳۱۲- ۳۰۳.

۸. صالحی، اسماعیل، رفیعی، یوسف، فرزاد بهتاش، محمدرضا، آقابابایی، محمدتقی (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر تهران)، مجله محیط‌شناسی، شماره‌ی ۳، صص ۱۸۸- ۱۷۹.

۹. علیزاده، محمدامین (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰. فیض نیا، سادات، موسویان، مریم، عبداللهیان دهکردی، زهره، ابراهیمی درچه، خدیجه (۱۳۹۴). بررسی اثر زمین‌شناسی بر سیل‌خیزی آبخیز جونقان در شهرکرد، مجله منابع طبیعی ایران، شماره‌ی ۴، صص ۱۰۲۹-۱۰۱۷.

۱۱. قهرودی تالی، منیژه، درفشی، خه بات (۱۳۹۴). بررسی آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در تهران، نشریه تحلیل فضایی و مخاطرات محیطی، دوره‌ی ۲، شماره‌ی ۲، صص ۱۶-۱.

۱۲. کاظمی، سکینه (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر سیلاب با تلفیق رویکرد سلسله مراتبی و GIS مطالعه موردی رودخانه خیاوچای مشکین‌شهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد.

۱۳. گلی مختاری، لیلا، محمد نژاد، محمد، بهنیافر، ابوالفضل (۱۳۹۸). پهنه‌بندی مخاطره سیلاب در حوضه رودخانه کلات (زیرحوضه منتهی به شهر کلات)، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره‌ی ۸، شماره‌ی ۳، صص ۲۲۱- ۲۰۳.

۱۴. موسوی، سیده لیلا (۱۳۹۷). ارزیابی هیدرژئومورفولوژیکی و پهنه‌بندی سیلاب در حوضه آبریز هررود لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه یزد.

۱۵. محسن‌زاده، مبین (۱۳۸۹). هوش مصنوعی - منطق فازی و شبکه عصبی، صص ۳۲-۲۵.

۱۶. مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). نتایج سرشماری عمومی و نفوس مسکن، شهرستان جاجرم.

۱۷. یوسفی، حسین، گلشن، محمد، پیرنیا، عبدالله (۱۳۹۷). ارزیابی هیدرولوژیکی HEC-HMS در تخمین هیدروگراف سیل مناطق خشک و مرطوب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کارده)، نشریه اکوهیدرولوژی، شماره‌ی ۱۰، ص ۴۸.

18. Abushandi, E, Merkel, B (2013). Modeling rainfall runoff relations using HEC-HMS and IHACRES for a single rain event in an arid region of Jordan, Journal of Water Resource Management, VoIume 27,PP 2391-2409.

19. Farish , S, Munawar, S, Siddiqua, A, Alam, N, Alam, M (2017). Flood Risk Zonation Using GIS Techniques District Charsadda (2010) Floods Pakistan, Environ Risk Assess Remediat Volume 1, PP 2935.

20. https://irna.ir/xjDKsX

21. Lawal, D, U, Matori, A, N, Yusuf, K,W, Hashim, A,M, Balogun, A,L (2014). Analysis of the flood extent extraction model and natural flood influencing factors A GIS-based and remot sensing analysis th Internatinal symposium of the Digital Earth (ISDE). Earth and Envirnoment Science 18.

22. Miller, D,W, Starr, M,K (2012). Executive Decisions and Operations Research. Englewood Cliffs, NJ, U.S.A, PrenticeHall. Inc.

23. Mostafazadeh, R, Sadoddin, A, Bahremand, A, Berdi Sheikh V, Zare Garizi, A, (2017). Scenario analysis of flood control structures using a multi-criteria decision-making technique in Northeast Iran, Natural Hazards, 87, pp 1827–1846.

24. Naubi, I, Zardari, N, H, Shirazi, S, M, Roslan, N, A, Yusop, Z, & Haniffah, M. R. B. M, (2017). Ranking of Skudai river sub -watersheds from sustainability indices application of PROMETHEE method. International ,Journal of GEOMAT,12 (29),pp 124-131.

25. Quirogaa, V. M, Kurea, S, Udoa, K., & Manoa, A (2016). Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014Bolivian Amazonia flood Application of the new HEC-RAS version 5, Ribagua,3(1),pp 3-25.

26. Sperotto, A, Torresan, S, Gallina, V, Coppola, E, Critto, A, & Marcomini, A (2016). A multi-disciplinary approach to evaluate pluvial floods risk under changing climate The case study of the municipality of Venice (Italy), Science of The Total Environment,562,pp 1031-1043.

27. Tae Hyung kim ,T.kim, B.Han, k (2019). Applicationof fazzy Topsis to flood Hazard Mapping for Levee failure water, pp 11-59.

28. Wang, Y, Li, Z,Tang, Z, and Zeng, G (2011). A GIS -based spatial multi-criteria approach for flood risk assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China. Water resources management, 25(13),pp 3465- 3484.

29. Yen an Wu, Ping-an Zhong, Yu Zhang, Biao Ma, Kun Yan (2015). Integrated flood risk assessment and zonation method: a case study in Huaihe River basin, China, Natural Hazards, 1, pp 635-651.

Analysis of factors affecting flooding in Jajarm County

Leila Goli mokhtari[1]**,** Assistant Professor of Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
abolqasem amirahmadi, Professor of Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
marzieh fakoor, Master's degree in Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abstract

Flood is one of the natural hazards in the world that is caused by natural and human factors. Every year, the country of Iran is the place of small and extensive floods in different seasons of the year. The purpose of this research is to investigate the flooding situation of Jajarom county by using fuzzy logic and analyzing the factors affecting flooding in this county. Therefore, in the study area, the factors affecting the occurrence of floods were first identified, which include elevation, slope, slope aspect, rainfall, vegetation cover, lithology, geomorphology, land use, permeability, density of waterways and distance from the river. Then the fuzzification of the criteria was done according to the required functions, and in the next step, flood zoning was done in the desired area using different operators. The results of the research showed that 1,127.1 square kilometers of the area is at low risk, 573.7 square kilometers are at moderate risk, 593.5 square kilometers are at high risk of flooding, and 654.2 square kilometers are at very high risk of flooding. It was also found that all the cities of this area are in the range of medium to very high risk and about half of the villages are in the range of medium to very high risk. In addition, about 77% of the main roads of the county are in the range of medium to very high risk. These results show that many areas of Jajarm County, especially the residential areas, are very prone to flooding. In this regard, using solutions such as trying to correct inappropriate land-uses, restoring natural vegetation, scientific monitoring and using flood warning systems locally will be an important step in reducing damages.

Keywords: flooding, Jajarom county, Fuzzy Logic

* Email: L.mokhtari@hsu.ac.ir