**فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۴، پیاپی ۴۲، زمستان ۱۴۰۰**
**صص. ۱۶۲-۱۴۳**
http://doi.org/10.30488/GPS.2020.213834.3157

# ارزیابی و پهنه‌بندی سیل‌خیزی در مقیاس زمانی و مکانی مطالعه موردی: حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود استان گلستان

**سیداسحاق جلالیان** [۱]– استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶**

## چکیده

استفادهٔ دقیق از زمین و آب گامی مؤثر در کنترل فرسایش، تخریب خاک و توسعهٔ کشاورزی است. سیل یکی از پدیده‌های طبیعی است که از گذشتهٔ دور زندگی انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. ایران به دلیل وسعت زیاد، اقلیم متفاوت و تغییر کاربری در بیشتر حوضه‌های آبخیز سیل‌های متعددی را تجربه کرده است. امکان‌سنجی و ارزیابی مناطق حساس به وقوع سیل، گام اساسی در کنترل و مدیریت سیل و بهره‌وری از آن است. حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود در استان گلستان در سال‌های اخیر شاهد چندین سیل بود و به دلیل عدم مدیریت صحیح این پدیده، خسارات جانی و مالی زیادی به ساکنان این منطقه وارد شده است. در این پژوهش بعد از شناسایی عوامل تأثیرگذار بر وقوع سیل در منطقه، (شیب، ارتفاع، نفوذپذیری، گروههای هیدرلوژیک خاک، پتانسیل تولید رواناب، شمارهٔ منحنی، فاصله از جریان، کاربری اراضی و پوشش گیاهی) وزن‌دهی و مقایسهٔ دودویی بر اساس نظر کارشناسان و با استفاده از مدل تحلیل شبکه صورت گرفته است. در نهایت پتانسیل وقوع سیل بررسی شده و حوضهٔ آبخیز به ۵ کلاس خطرپذیری وقوع سیل تقسیم‌بندی شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که کلاس ۱ و ۲ (خطرپذیری بسیار زیاد و زیاد) در شرق، شمال شرق و جنوب شرق منطقه قرار دارد که ۲۰٪ مساحت منطقه را در برمی‌گیرد. نتایج این پژوهش برای شناسایی مناطق با احتمال بالای وقوع سیل در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود آماده شده و نقشه‌های تهیه شده جهت استفاده در سازمان‌های اجرایی (منابع‌طبیعی، جهاد کشاورزی، مدیریت بحران و ...) به منظور برنامه‌ریزی و انجام عملیات برای کنترل سیلاب کاربردی خواهد بود.

**واژگان کلیدی:** امکان‌سنجی، سیل، مدل تحلیل شبکه، حوضهٔ آبخیز گرگان رود، استان گلستان.

۱. نویسنده مسئول
Email: jalaliyan_e@yahoo.com

**مقدمه**

سیل به عنوان پدیده‌ای که سبب مرگ و میر و خسارت‌های اقتصادی می‌شود، اهمیت زیادی دارد و می‌توان گفت که پدیدهٔ سیل یکی از پیچیده‌ترین و مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است که طبق گزارش جهانی برنامهٔ عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، همراه با زلزله وخشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی دارند (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۲؛ قنوانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۲۲). آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیل می افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی و شهری در محدوده‌های سیلابی است، وجود چنین مراکزی در محدودهٔ حوضه‌های سیلابی علاوه بر این‌که موجب افزایش تولید رواناب می‌گردد افزایش خسارت جانی و مالی را نیز به همراه دارد (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱:۱۲۲)؛ بنابراین شناخت عوامل بازدارنده و پتانسیل‌های طبیعی جهت مدیریت محیط و شناخت سایر پدیده‌های هیدروژئومورفولویکی حاکم بر آن لازم و ضروری است (اصغری و عین‌اللهی، ۱۳۸۵: ۱). سیل جریانی است که نسبت به میانگین حجم آب در طول رودخانه بالاتر باشد. به عبارتی سیل حجم عظیمی از آب است که بیش از دبی متعارف رودخانه باشد. در کشور ما وقوع سیل بیش از آن‌که ناشی از بارش‌های شدید باشد در رابطه با برهم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی منطقه است. مجموعه عواملی در طبیعت هستند که باعث می‌شوند جریان رودخانه از آن حالت طبیعی و تعادل خود خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهمترین آنها تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی، درجهٔاشباع شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذ پذیری حوضه می‌باشد(یمانی و عنایتی ۱۳۸۵: ۴۷– ۴۸). ارزیابی وقوع سیل توسط روش‌های مختلفی صورت گرفته است از جملهٔ این روش‌ها می‌توان به روش‌های هیدرولوژیکی از جمله مدل‌های (HEC-HMS، IHACRES، ANUGA، WBNM)؛ روش‌های سنتی مدلسازی بارش رواناب برای آنالیزهای جامع رودخانه‌ها و مناطق تحت مشکل آب-گرفتگی مناسب نیستند. یکی از دلایل اصلی محدودیت مدل‌های بارش رواناب و نیاز مبرم آن‌ها به جمع‌آوری داده‌های مختلف است؛ از این‌رو به دلیل کمبود داده در اکثر حوضه‌ها محققان به استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل مکانی – زمانی سیلاب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای روی آورده‌اند (گلشن و همکاران، ۱۳۹۷: ۲). امروزه استفاده از علوم جدید به ویژه تکنیک سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به برنامه ریزان کمک می‌نماید تا ارزیابی سریعی از پتانسیل خطرات طبیعی از جمله سیل را در حداقل زمان داشته باشند و لذا تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شناسایی مناطق سیل‌خیز، تعیین گستره سیل، پهنه‌بندی مناطق سیل‌گیر و برآورد خسارات وارده در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند (نسرین‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶). پهنه‌بندی سیل از جمله روش‌های کاهش خطرهای سیل است که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت، سیلاب‌ها و آثار آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد، در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌سازد. از جمله پژوهش‌هایی که در زمینه ارزیابی سیل‌خیزی و یا پهنه‌بندی مناطق سیل خیز در ایران و جهان انجام شده است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

موسوی و همکاران (۱۳۹۵)، در حوضهٔ آبخیز شهر باغ‌ملک به ارزیابی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS پرداخته‌اند. در این پژوهش با استفاده از منطق فازی TOPSIS و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف از جمله ارتفاع، بارش، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و فاصله از سازند و آبراههٔ خطر وقوع سیل در منطقهٔ مورد مطالعه بررسی شده است. رضوی‌زاده و شاهدی (۱۳۹۵)، در پژوهشی با عنوان اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز طالقان با استفاده از AHP و TOPSIS به بررسی سیل‌خیزی منطقهٔ مورد مطالعه پرداخته‌اند. در این پژوهش با استفاده از ۱۰ معیار مساحت، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، شیب متوسط زیر حوضه، ارتفاع، نفوذپذیری، شمارهٔ منحنی، شیب آبراههٔ اصلی، طول آبراههٔ اصلی و زمان تمرکز حوضه‌ها میزان پتانسیل زیر حوضه‌ها در

ایجاد سیل بررسی شده است. رستم‌زاده و آقایاری سامیان (۱۳۹۶)، در پژوهشی پتانسیل سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز رودخانهٔ زال خلخال را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی نموده‌اند. در این پژوهش با استفاده از روش SCS و تعیین CN حوضه با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی وضعیت سیل‌خیزی منطقهٔ بررسی شده است. حلبیان و عسگری (۱۳۹۶) پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی را به کمک تحلیل عاملی-خوشه‌ای در حوضهٔ آبریز میشخاص بررسی نموده‌اند. در این پژوهش با کمک عوامل ژئومتری، اقلیمی و محیطی در قالب ۵ عامل شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب وضعیت زهکشی و سیل‌خیزی منطقه بررسی شده است. کزاکیس و همکاران (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای خطر وقوع سیل را در منطقهٔ Rhodope–Evros یونان با استفاده از مدل AHP بررسی نموده‌اند. در این پژوهش با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی همچون شبکهٔ زهکشی، ارتفاع، کاربری اراضی، شدت بارندگی و زمین شناسی وضعیت مناطق مختلف منطقه از لحاظ وقوع سیل بررسی شده است. ورن و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی وضعیت سیل‌خیزی مناطق نیمه‌خشک در منطقهٔ Beni Mellal مالزی پرداخته‌اند. در این پژوهش با استفاده از دانش هیدروژئومورفولوژی و کالیبره کردن مدل-های هیدرولوژی سعی کرده است دقت خروجی‌ها را افزیش داده و در نهایت نقشه ریسک پذیری منطقه از لحاظ وقوع سیل به دست آمده است. داو و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی با بررسی عوامل مؤثر بر وقوع سیل نقشهٔ پتانسیل وقوع سیل را در مناطق شهری گوان‌ژانگ چین بررسی نموده‌اند. در این مقاله با استفاده از مدل MCDM و در نظر گرفتن عامل جمعیتی سطح‌بندی وقوع سیل در این منطقهٔ پُر جمعیت کشور چین بررسی شده است. گگاویچ و همکاران (۲۰۱۷)، پتانسیل وقوع سیل را در شهر Palilula واقع در صربستان را بررسی نموده‌اند. در این پژوهش ۶ لایهٔ اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، فاصله تا شبکهٔ زهکشی، فاصله از سطح آب، ایستایی آب و کاربری اراضی در محیط GIS تهیه شده و با استفاده از مدل AHP ترکیب این لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفته است. ژائو و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از مدل MCDM خطر وقوع سیل را در استان Wuhan چین بررسی نموده‌اند. در این پژوهش با تحلیل فضایی عوامل مؤثر بر وقوع سیل مشخص گردید که مناطق پر جمعیت بیشتر در معرض وقوع سیل قرار دارند. ساماناتا و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از سنجش از دور و GIS وقوع سیل را در ایالت Morobe در گینه نو مدل‌سازی نموده‌اند. در این پژوهش با نمونه‌برداری از منطقه و در نظر گرفتن ده متغیر مستقل، از جمله کاربری اراضی، ارتفاع، شیب، شاخص تنش توپوگرافی، رواناب سطح، شکل زمین، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانهٔ اصلی، بافت و زهکشی خاک پتانسیل وقوع سیل در منطقه بررسی شده و در نهایت در ۵ کلاس طبقه‌بندی شده است. ژانگ یان و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی با استفاده از مدل MCDM پتانسیل وقوع سیل را در استان Hubei چین بررسی نمودند. در این پژوهش با بهبود روش OWA شش عامل ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی مؤثر در وقوع سیل وزندهی و با ترکیب این عوامل پتانسیل وقوع سیل در منطقه تعیین طبقه‌بندی شده است.

در ایران نیز همانند سایر مناطق سیل‌خیز دنیا در دهه‌های اخیر، شدت وقوع سیلاب‌ها و میزان خسارت‌های ناشی از آن به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰)، حوضهٔ آبریز گرگانرود در استان گلستان نیز از مناطق سیل‌خیز کشور است که در دهه‌های اخیز متحمل خسارات جانی و مالی زیادی شده است. بررسی شمار وقوع سیل در سال‌های اخیز نشان می‌دهد که دیگر سیل نه یک مصیبت نادر بلکه پدیده‌ای فزاینده است که در هر بار وقوع خسارات فراوانی اعم از مالی و جانی به بار می‌آورد؛ هر ساله سطح وسیعی از کشور تحت تأثیر طغیان آب رودخانه‌ها و جاری شدن سیلاب قرار گرفته و در اثر آن تأسیسات عمرانی، امکانات ارتباطی، زمین‌های کشاورزی و ... را تخریب می‌کند.این موضوع انسان را بر آن داشته تا تلاش کند با به کارگیری روش‌های مختلف از جمله تمرکز عملیات آبخیزداری در مناطق با ریسک بالای وقوع سیل نه تنها از شدت آن بکاهد بلکه با مدیریت صحیح آن را به یک فرصت تبدیل کند؛ بنابراین اولین گام در انجام این مهم بررسی و تعیین نقشه ریسک‌پذیری منطقه و مشخص نمودن مناطق با

ریسک بالای وقوع سیلاب است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در بررسی‌های مدیریت سیلاب‌دشت کاربرد وسیعی دارد. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در پژوهش‌های طرح‌های عمرانی در دنیا محسوب شده و قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه، بررسی آن در دستور کارسازمان‌های ذیربط قرار می‌گیرد. با پهنه بندی خطر وقوع سیل می‌توان نقشهٔ راهی را برای نهادهای متولی ارائه داد تا با دید بازتری نسبت به ارائهٔ مجوز ساخت و ساز عمل کرده و از افزایش خسارت وقوع سیل جلوگیری کنند. حوضهٔ آبخیز گرگانرود به دلیل وقوع سیلاب‌های متعدد و هدر رفتن منابع آب و خاک به یکی از حوضه‌های آبخیز بحرانی در کشور تبدیل شده است که با مشکل کمبود اطلاعات و داده‌های هیدرومتری مربوط به هر زیر حوضه روبه‌رو است از آنجاکه خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری زیرحوضه-های آبخیز تأثیر بسیار مهمی در سیل‌خیزی و رفتار هیدرولوژیکی دارد، در این پژوهش با در نظر گرفتن این پارامترها نقشهٔ سیل‌خیزی حوضهٔ آبخیز گرگان رود ارائه خواهد شد.

- ❖ می‌توان با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب پرداخت.
- ❖ پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل خطر وقوع سیلاب امکان‌پذیر است.
- ❖ پیش‌بینی می‌شود مناطقی که بیشتر دستخوش تغییرات کاربری اراضی و کاهش سطح پوشش گیاهی هستند همچون حوضه‌های آبخیز گرگانرود بالاترین ریسک را از لحاظ وقوع سیل دارند.

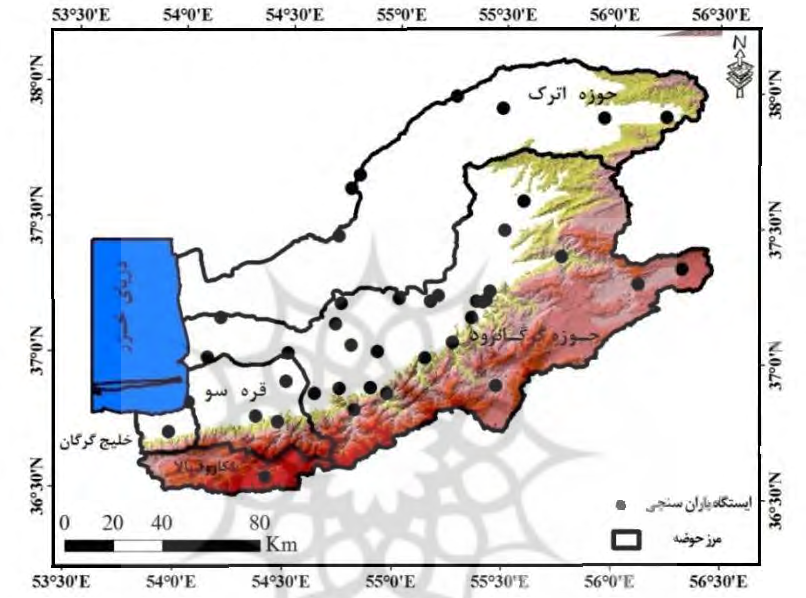
## مبانی نظری

سیل به سرریز کردن جریان آب از مسیر اصلی خود گفته می‌شود که آسیب به اراضی کشاورزی، مناطق شهری و خسارات مالی و تلفات جانی را به‌دنبال دارد (راد و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۱۲). سیل وضعیتی است که طی آن دبی جریان رودخانه و سطح تراز آب به صورت غیرمنتظره افزایش می یابد و خسارات مالی و جانی در پی خواهد داشت (پریسای و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۲۹). حوضه‌های آبریز به قسمتی از خشکی‌ها گفته می‌شود که با توجه به شیب و شکل زمین آب‌ها در آنجا به پست‌ترین مکان موجود در پهنهٔ آن جریان یابد. حوضه آبریز، به عنوان چارچوب و واحد ژئومورفولوژیکی دربرگیرنده مورفوسیستم های رودخانه ای است (زمردیان،۱۳۸۱: ۹۴). منطقهٔ وسیعی شامل زهکش های تقسیم شده در محل تجمع آب و رسوبات، مسیر کانال و دره‌های حوضهٔ زهکش و منطقه که به دلیل نهشته گذاری رسوبات همچون اقیانوس ها تعریف می‌شود (رامشت و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۴). حوضه‌های آبریز به دیگر حوضه‌های آبریز با یک الگوی سلسله مراتبی زهکش می‌شوند، به این ترتیب که زیرحوضه‌های کوچکتر، تشکیل حوضه‌های بزرگتر را می‌دهند. یکی از راهکارهای اساسی برای کنترل و کاهش اثرات مخرب سیل، شناسایی مناطق سیل خیز در حوزه آبخیز است. برای مقابله با مخاطرات و تأمین ایمنی تأسیسات و سازه‌ها، کوشش‌های مختلف شده است.اولین گام در طرح‌های مدیریت سیلاب و دشت سیلابی داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی سیل است.

نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در پژوهش‌های مدیریت سیلابدشت کاربرد وسیعی دارند. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در پژوهش‌های طرح‌های عمرانی در دنیا محسوب می‌شوند (ولیزاده و همکاران،۱۳۹۸: ۶۰). تعیین میزان پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به رقوم سطح زمین و نیز تعیین خصوصیات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف پهنه‌بندی سیلاب است. پهنه بندی به معنی تعیین محدوده‌های وقوع پدیده‌های مخاطره آمیز یا مقایسه‌ی نسبی میزان این خطر در پهنه‌های مختلف می‌باشد. پهنه‌بندی سیل یکی از بهترین روش‌ها برای برنامه‌ریزی و شناسایی مناطق حساس سیل است. در پهنه‌بندی سیل نواحی سیلاب دشت به قسمت‌هایی با خطرپذیری‌های متفاوت تقسیم می-شوند. روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب، مقایسه عکس‌های هوایی منطقه، محاسبه دستی و استفاده از مدل-های ریاضی روشهای موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل است (راد و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۱۴).

## روش پژوهش

در این پژوهش و در راستای سطح‌بندی وقوع سیل در حوضهٔ گرگان‌رود از تصاویر سنجنده‌ی OLI ماهواره‌ی Landsat 8 جهت استخراج پوشش گیاهی منطقه استفاده شده است. این تصاویر با قدرت تفکیک ۳۰ متر در ۹ باند (یک باند ۱۵ متری پانکروماتیک) در سال ۲۰۱۸ برداشت شده‌اند. سایر داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های مدل رقومی ارتفاع برداشت شده توسط سنجنده SRTM با دقت مکانی ۳۰ متر جهت بررسی سطوح ارتفاعی و وضعیت شیب، همچنین نقشهٔ زمین‌شناسی رقومی ۱:۱۰۰۰۰۰و داده‌های بارش و دبی ۴۰ ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری منطقه در بازهٔ زمانی ۱۵ ساله (۱۳۸۰–۱۳۹۵) می‌باشد. پراکنش مکانی ایستگاهها در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل شماره ۱. پراکنش مکانی ایستگاههای هواشناسی موجود در حوضهٔ آبریز گرگانرود**

**منبع: (مصطفی‌یزاده و همکاران و همکاران،۱۳۹۵: ۳۷)**

علاوه بر این از داده‌های GPS مدل گارمین برای برداشت نمونه‌های نقاط کنترل زمینی استفاده شده است. نقاط کنترل زمینی عوارض و پدیده‌هایی هستند که مکان آنها مشخص است. با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینهٔ ارزیابی خطر وقوع سیل و بررسی ویژگی‌های منطقه، زیرمعیارها انتخاب شده‌اند. زیرمعیارها در سه بخش کلی قرار دارند (جدول ۱).

**جدول شماره ۱. لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در پژوهش**

| معیار | زیر معیار |
|---|---|
| هیدرولوژی | ❖ شبکهٔ آبراهه<br>❖ شماره منحنی<br>❖ مقادیر نفوذ<br>❖ گروههای هیدرولوژیک خاک<br>❖ پتاسیل تولید رواناب |
| توپوگرافی | ❖ شیب<br>❖ ارتفاع متن متن |
| محیطی | ❖ پوشش گیاهی<br>❖ کاربری اراضی |

به دنبال محدودیت‌هایی AHP و عدم توانایی این رویکرد در لحاظ کردن وابستگی‌های بین معیارها و عوامل، رویکرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) معرفی گردید و مزیت آن نسبت به AHP این است که وابستگی‌های بین معیارها را در نظر می‌گیرد. سلسله مراتب کنترل ANP، مجموعه معیارهایی هستند که برای مقایسه تعامل‌هایی که ممکن است در شبکه وجود داشته باشد، استفاده می‌شوند. تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به AHP است؛ به عبارتی از طریق مقایسه زوجی می‌توان وزن نسبی معیارها و زیر معیارها را مشخص کرد. مقایسه‌های زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترل، شبیه روش AHP انجام می‌شود. ساعتی برای مقایسهٔ زوجی دو مؤلفه، مقیاس ۱-۹ را پیشنهاد می‌کند. در جدول۲ عدد ۱ نشان‌دهندهٔ اهمیت یکسان دو عنصر نسبت به یکدیگر و عدد ۹ نشان‌دهندهٔ اهمیت بسیار زیاد یک عنصر نسبت به دیگری است (Chang & Davila, 2006).

**جدول شماره۲. سیستم استاندارد نمره دهی برای ۹ اولویت،**

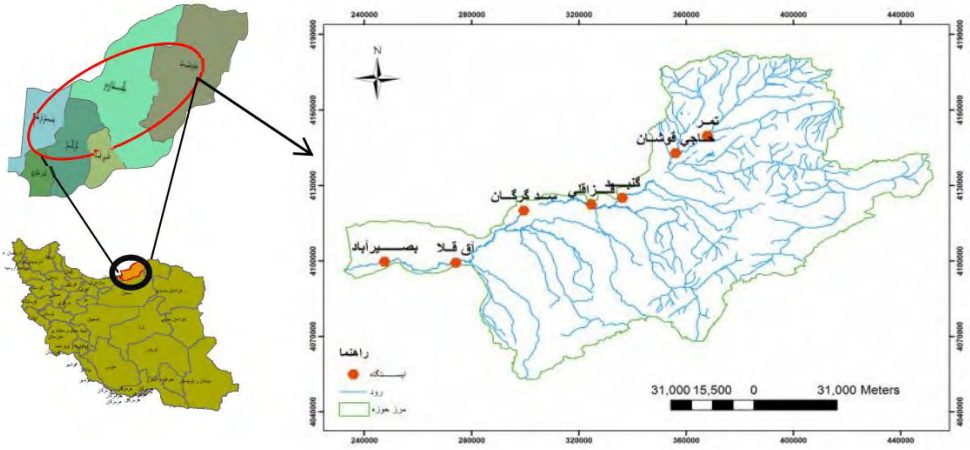
| ترجیحات | اولویت |
|---|---|
| کاملا مطلوب | ۹ |
| اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی | ۷ |
| اهمیت یا مطلوبیت قوی | ۵ |
| کمی مهم‌تر یا مطلوب‌تر | ۳ |
| اهمیت یا مطلوبیت یکسان | ۱ |
| ترجیحات بین فواصل فوق | ۲، ۴، ۶، ۸ |

**منبع: (دلبری و داوودی، ۱۳۹۰؛ ۶۴)**

پس از آماده شدن ضرایب اهمیت هر کدام از معیارها و زیرمعیارها اقدام به تشکیل پایگاه داده و تولید لایه‌ها در تناسب با شاخص‌ها می‌نماییم. برای این منظور با توجه به استانداردهای موجود ضرایب به دست آمده از اجرای مدل بر لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده و با هم‌پوشانی لایه‌ها نقشه‌ی خطرپذیری وقوع سیل در منطقه به دست خواهد آمد.

## محدوده مورد مطالعه

حوضهٔ آبریز گرگانرود در بخش جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد. این حوضهٔ آبریز با مساحت ۱۰۱۹۷ کیلومتر مربع یکی از حوضه‌های شمال شرق کشور بوده که بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع است. حوضهٔ آبریز گرگانرود از جنوب مشرف به سلسله جبال البرز شرقی، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلیداغ، از شمال به حوضهٔ آبریز اترک و از غرب به دریای خزر و حوضهٔ آبریز قره‌سو محدود می‌شود. این حوضه در محدودهٔ مختصات جغرافیایی طول شرقی ۱۰° ۵۴ تا ۲۶° ۵۶ و عرض شمالی ۳۶ °۳۵ تا ۳۸ °۱۵ محصور گردیده است. شکل (۱ (موقعیت حوزهٔ آبریز گرگانرود را در ایران و استان گلستان نشان می‌دهد.




**شکل شماره ۲. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه**
**منبع: (خزاغی مغانی و همکاران،۱۳۹۲: ۳)**

## بحث و یافته‌ها

هر یک از لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تهیه و تأثیر آن بر وقوع سیل بررسی شد. در ادامه به تفکیک هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی بررسی شده است.

شبکهٔ‌آبراهه:

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؛ بنابراین هر چه فاصله از آبراهه در حوضه کاهش یابد خطر سیلاب نیز افزایش می‌یابد. همان‌طورکه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با توجه به شرایط مورفولوژیکی، شبکهٔ آبراهه با تراکم بالا در منطقه شکل گرفته و از تجمیع آن‌ها رودخانهٔ اصلی حوضه شکل گرفته که با درجه ۵ و رنگ تیره‌تر در شکل زیر مشخص است. فواصلی که برای خطر وقوع سیل در اطراف شبکه‌ی آبراهه در نظر گرفته شده است به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و بیش از ۴۰۰ متر است که در شکل ۴ مشاهده می‌شود.

**شکل شماره ۳. پراکنش شبکهٔ آبراهه در منطقهٔ مورد مطالعه**

**شکل شماره ۴. فاصله از شبکهٔ آبراهه**

**گروه‌های هیدرولوژیک خاک:**

گروههای هیدرولوژیک خاک مشخص کنندهٔ پتانسیل تولید رواناب است. گروههای هیدرولوژیک خاک را می‌توان بـه بـه چهار گروه زیر (جدول۳) تقسیم نمود.

**جدول شماره ۳. گروه‌های هیدرولوژیک خاک**

| گروه هیدرولوژیک | میزان نفوذ | بافت |
|---|---|---|
| A | تولید رواناب کم و نفوذ پذیری زیاد | سبک، شنی و عمیق |
| B | پتانسیل تولید رواناب متوسط | بافت نسبتا ریز |
| C | پتانسیل تولید رواناب نسبتا زیادی | بافت سنگین تا سنگین |
| D | پتانسیل تولید رواناب زیاد | رسی |

در حوضه‌های بزرگ که دارای چندین گروه خاک است باید سطح و موقعیت هر یک از گروه‌ها را در نظر گرفـت و گـروه-هایی که کمتر از ۳٪ مساحت حوضه را در برمی‌گیرند، می‌توان حذف نمود. با این وجود سطوح غیرقابل نفوذ باید همـواره در نظر گرفته شود. همان‌طورکه در شکل ۵-۶ مشاهده می‌شود قسمت شمال شرقی حوضه دارای کمتـرین مقـدار (گـروه هیدرولوژیک D) و مرکز حوضه بیشترین مقدار نفوذ را دارد.

**شکل شماره ۵. گروه‌های هیدرولوژیک خاک**

### شماره منحنی

از پارامترهای مهم دیگر شمارهٔ منحنی[1](CN) است که نشان‌دهندهٔ چگونگی نفوذ بارش یا چگونگی تبدیل به رواناب سطحی است. شمارهٔ منحنی بالا به معنای رواناب بیشتر و نفوذ کمتر است، در حالی‌که شمارهٔ منحنی پایین، به‌معنای رواناب کمتر و نفوذ بیشتر است. مقادیر CN در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود با توجه به گروههای هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی، گروههای هیدرلوژیک و نوع پوشش تعیین شده است که کمترین مقدار آن در حوضهٔ ۵۸ و بیشترین مقدار ۹۶ است (شکل۶).

**شکل شماره ۶. وضعیت شمارهٔ منحنی (CN) در منطقه)**

### رده خاک

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 تخلیهٔ آن را به داخل آبراههٔ اصلی به تأخیر می‌اندازد؛ حوضه‌های با سنگ بستر یا خاک به نسبت غیر قابل نفوذ، حجم بالایی از رواناب سطحی ایجاد می‌کنند. شکل ۷ نقشهٔ ردهٔ خاک در حوضه آبریز گرگان‌رود را نشان‌می‌دهد.

**شکل شماره ۷. نقشهٔ ردهٔ خاک در حوضهٔ آبریز گرگان‌رود**

1 . Number Curve

**پتانسیل نگهداشت آب**

یکی از عوامل مهم در کاهش شدت نفوذ و در نتیجه افزایش رواناب، رطوبت قبلی خاک است و توان خاک جهت نفوذ هنگامی بیشترین مقدار را می‌گیرد که خاک خشک باشد. در روش شماره منحنی، تغییرات S در رابطه با وضعیت رطوبت پیشین خاک بررسی شده و سه حالت مختلف در نظر گرفته شده است. در حالت اول S حداکثر بوده و خاک رطوبت کمی دارد و توان تولید رواناب آن ضعیف است. در حالت دوم خاک رطوبت متوسطی دارد و در حالت سوم خاک تقریبا اشباع بوده و S کمترین مقدار خود را دارد و توان تولید رواناب زیاد است. عامل دیگری که باید در بررسی شدت نفوذ مورد بررسی قرار داد، فعال یا غیرفعال بودن عمل تعرق گیاهی است که می‌تواند رطوبت خاک را تا حدی کاهش دهد، بنابراین فصل رشد یا خواب گیاه نیز بایستی در محاسبات لحاظ گردد. این مسئلهٔ مهم در پژوهش‌های مربوط به سیلاب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. شرایط رطوبت قبلی خاک را می‌توان از جدول ۴ و بر اساس مجموع بارندگی ۵ روز قبل از روز مورد نظر محاسبه نمود.

**جدول شماره ۴. وضعیت رطوبت پیشین خاک**

| گروه‌های رطوبتی خاک | فصل رشد | فصل خواب |
|---|---|---|
| I | کمتر از ۳۶ میلی‌متر | کمتر از ۱۳ میلی‌متر |
| II | ۳۶–۵۳ میلی‌متر | ۱۳–۲۸ میلی‌متر |
| III | بیش از ۵۳ میلی‌متر | بیش از ۲۸ میلی‌متر |

با توجه به این‌که تصاویر و بازهٔ زمانی پژوهش در فصل رشد حوضه انتخاب شده است و بر اساس داده‌های بارش ایستگاههای سینوپتیک در ۵ روز قبل از روز مورد نظر کمتر از ۳۶ میلی‌متر بارش باران صورت گرفته است بنابراین گروه رطوبتی I برای کل منطقه در نظر گرفته شده است. فرمول ۱ نحوهٔ محاسبه S را نشان می‌دهد.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (۱)$$

کمترین مقدار S، ۱۰،۵۸ و بالاترین مقدار ۱۸۳،۹۳ و بالاترین فراوانی S را مقدار ۱۴۲،۸۷ به خود اختصاص داده است (شکل ۸).

**شکل شماره ۸. مقادیر پتانسیل نگهداشت آب در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود**

**پتانسیل تولید رواناب**

یکی از پارامترهای مهم و قابل اتکا در پژوهش‌های مربوط به سیلاب، بررسی پتانسیل تولید رواناب است. در این

پژوهش با توجه به نوع کاربری، مقادیر نفوذپذیری خاک و میزان بارش در سطح منطقه پتانسیل تولید رواناب بررسی شده است. ارتفاع رواناب در روش (SCS) سازمان حفاظت خاک آمریکا از رابطهٔ شمارهٔ ۲ به‌دست می‌آید.

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)^2} \quad (۲)$$

که در آن Q ارتفاع رواناب روی حوضه؛ P: مقدار بارش (cm)؛ S: پتانسیل نگه‌داشت می‌باشد. با توجه به آمار ایستگاههای سینوپتیک موجود در منطقهٔ میانگین بارش در سطح حوضه ۴۸۲ میلیمتر می‌باشد. شکل ۹ پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح حوضه‌ی آبخیز گرگان‌رود را نشان می‌دهد.

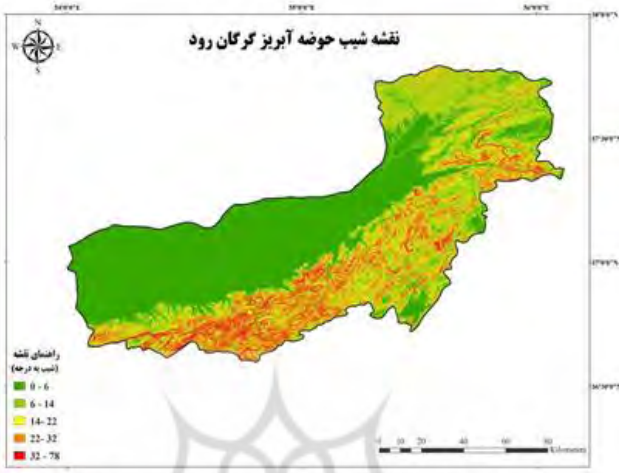
**شکل شماره ۹. پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود**

با توجه به محاسبات صورت گرفته بر اساس معادله ۲، بالاترین مقدار ارتفاع رواناب در حوضه‌ی آبخیز گرگان‌رود ۶۶/۰۲ و کمترین مقدار ۰/۲۴ میلیمتر می‌باشد. شکل ۱۰، مقدار و پراکنش پتانسیل تولید رواناب را در حوضهٔ آبریز گرگان‌رود نشان می‌دهد.

**شکل شماره ۱۰. وضعیت پتانسیل تولید رواناب در حوضهٔ آبریز گرگان‌رود**

**شیب**

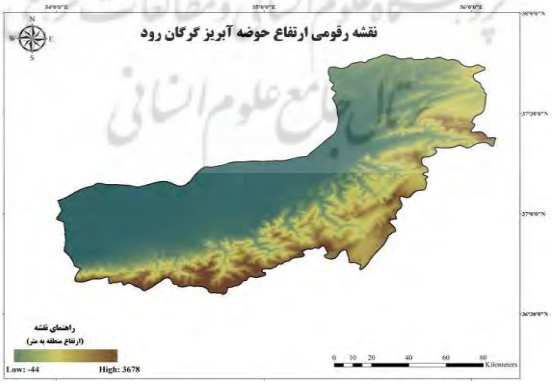
با افزایش شیب عمومی سطح حوضه، فرصت لازم برای نفوذ، کاهش یافته و می‌توان گفت که با افزایش شیب حوضه، زمان تمرکز کاهش می‌یابد. شیب‌های زیاد، باعث ایجاد اوج‌های بالا در آبنمود می‌شوند. عموم منطقه به‌خصوص در شمال حوضه دارای شیب کمتر از ۶ درجه بوده و بالاترین شیب (۷۸ درجه) منطقه در ارتفاعات و منطقهٔ جنگلی قرار دارد (شکل ۱۱).




**شکل شماره ۱۱. نقشهٔ شیب منطقهٔ مورد مطالعه**

**ارتفاع**

ارتفاع نیز از عوامل بسیار مهم در پدیده‌های هیدرولوژیکی است، اهمیت این عامل به دلیل تأثیری است که بر روی تغییرات دما و بارش دارد با توجه به قرارگیری خروجی حوضه در اطراف دریای خزر و قرار داشتن این دریا در پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد، پست‌ترین منطقه ۴۴- متر و بلندترین منطقه دارای ارتفاع ۳۶۷۸ متر است که بیشترین ارتفاع در قسمت شرقی و جنوبی حوضه قرار دارد (شکل ۱۲).




**شکل شماره ۱۲. نقشهٔ رقومی ارتفاع حوضهٔ آبریز گرگان‌رود**

**پوشش گیاهی**

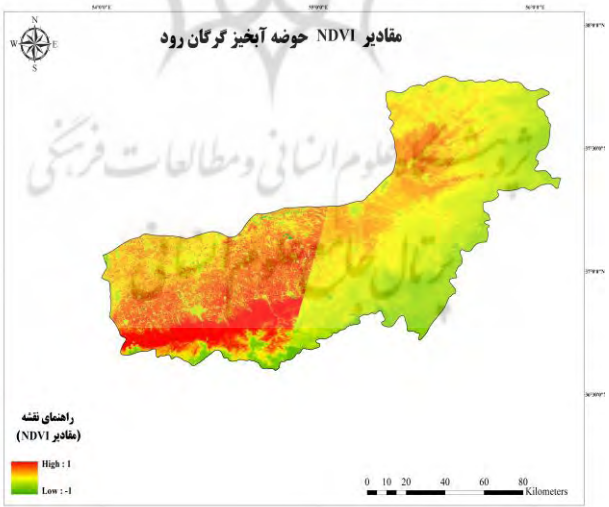
بررسی پژوهشگران مختلف، نشان داده است که مقدار آب و بار رسوب، پیک‌های سیلاب و زمان وقوع آنها و سرعت انتقال پیک جریان، به شدت توسط ماهیت و گسترش پوشش گیاهی تحت تأثیر قرار می گیرد. همان‌طورکه در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، تیپ‌های مختلف گیاهی (جنگل متراکم، مرتع و ...) در منطقه وجود دارد و بالاترین تراکم پوشش گیاهی در نوار جنوبی و مرکزی منطقه قرار دارد.

**شکل شماره ۱۳. وضعیت پوشش گیاهی در سطح حوضهٔ آبریز**

جهت کمی کردن مقادیر پوشش گیاهی از شاخص NDVI[1] استفاده شده است (فرمول ۳)

$$NDVI = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)} \quad (۳)$$

برای محاسبهٔ NDVI لازم است تصحیحات اتمسفری از جمله تبدیل DN بـه Reflectance انجـام شـود. شـکل ۱۴ مقادیر NDVI در حوضهٔ آبخیز را نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر NDVI مربوط به نواحی جنگلـی و کمتـرین مقـدار مربوط به پهنه‌های آبی است. لازم به ذکر است که از تصاویر گذرهای ۳۴-۱۶۲ و ۳۴-۱۶۳ مـاهواره لندسـت ۸ در تـاریخ ماه می ۲۰۱۸ استفاده شده است.




**شکل شماره ۱۴ مقادیر NDVI در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود**

### کاربری اراضی

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی اشاره شد، وضعیت هیدرولوژیک بیانگر توان ایجاد رواناب در یک منطقه بوده و چنانچه این توان کم باشد، شرایط هیدرولوژیک خوب است. کاربری اراضـی و وضـعیت بهـره‌وری از زمـین تـأثیر مسـتقیمی بـر

1 . Normalized Difference Vegetation Index

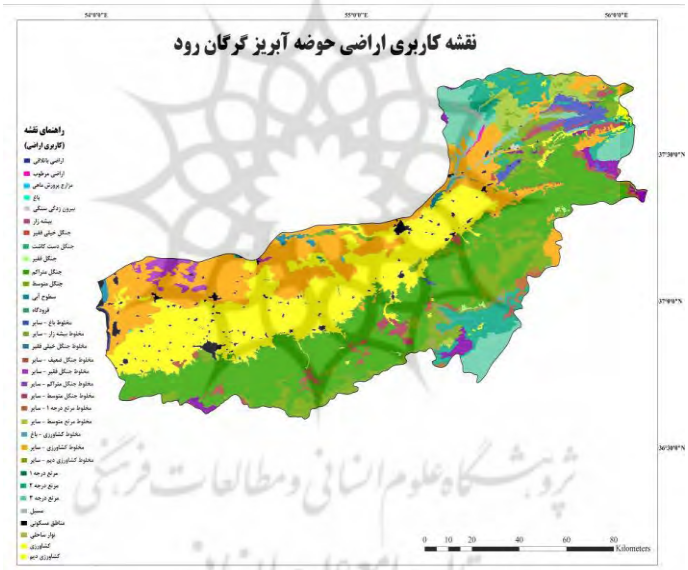
وضعیت هیدرولوژیک منطقه دارد و یکی از پارامترهای مهم در تعیین شمارهٔ منحنی است. در ادامه به تفکیک هر کدام از کاربری‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد.

**مرتع:** مراتع با پوشش کمتر از ۵۰٪ دارای وضعیت هیدرولوژیک فقیر ۵۰- تا ۷۵٪ متوسط و ۷۵٪ به بالا دارای وضعیت خوب هستند.

**مراتع مشجر، بیشه‌زار و مناطق جنگلی:** چرای مفرط همراه با آتش‌سوزی و تخریب لاشبرگ دارای وضعیت فقیر، چرای دام وجود دارد، آتش‌سوزی کم و لاشبرگ در سطح زمین وجود دارد وضعیت متوسط و اگر بدون چرا بوده و منطقه دارای بوته و لاشبرگ باشد، وضعیت هیدرولوژیک خوب است

**کشاورزی:** در مورد اراضی کشاورزی بسته به نحوهٔ کشت و عملیات اصلاحی دو وضعیت خوب و ضعیف در نظر گرفته می‌شود.

**کاربری شهری، جاده و ...:** در مورد اراضی انسان‌ساز[1] با توجه به استفاده از مصالح ساختمانی، بتن، آسفالت و ... نفوذپذیری به شدت کاهش یافته و وضعیت هیدرولوژیک آنها فقیر در نظر گرفته می‌شود. شکل ۱۵ کاربری‌های مختلف در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود را نشان می‌دهد.




**شکل شماره ۱۵. نقشهٔ کاربری اراضی سطح حوضهٔ آبریز گرگان‌رود)**

همانطور که در شکل ۱۵ مشاهده می‌شود ۳۳ کلاس کاربری در حوضه مشخص شده است و کلاس‌هایی که بیشترین پتانسیل رواناب را دارند (بیرون‌زدگی سنگی، مرتع درجه ۳ و ...) عموما در شرق و شمال شرقی منطقه قرار دارند. پس از آماده‌سازی لایه‌های مورد نیاز برای پژوهش پتانسیل سیل‌خیزی در حوضهٔ آبریز گرگان‌رود، نوبت به اجرای مدل می‌رسد که در بخش بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی منابع و استفاده از نظر کارشناسان صاحب‌نظر در حوضهٔ هیدرولوژی، معیارها و شاخص‌ها در قالب سه خوشهٔ هیدروژئولوژی، توپوگرافی و محیطی و ۹ زیر معیار (شبکه‌ی آبراهه، شماره منحنی، مقادیر نفوذ، گروههای هیدرولوژیک خاک، پتانسیل تولید رواناب، شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، کاربری اراضی) قرار گرفته‌اند. عناصر هر خوشه ضمن آن‌که در داخل خود به هم مربوط می‌شوند، برخی از آن‌ها ممکن است با عناصر سایر خوشه‌ها نیز وابسته باشند. این موضوع روابط بین خوشه‌ها و عناصر خوشه‌های مختلف را مشخص می‌کند.

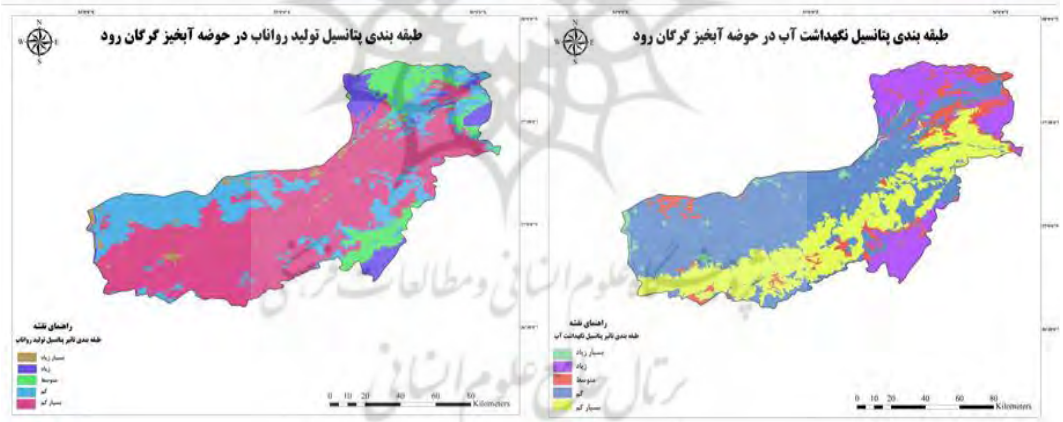
1 . Manmade

ماتریس حد که وزن‌های اهمیت زیرمعیارها نسبت به هدف را نشان می‌دهند به دست آمده است. در گام بعدی به منظور تکمیل شبکه ماتریس حد را در W21 ضرب کرده و نتیجه این مرحله به عنوان وزن نهایی لایه‌ها به کار خواهد رفت.

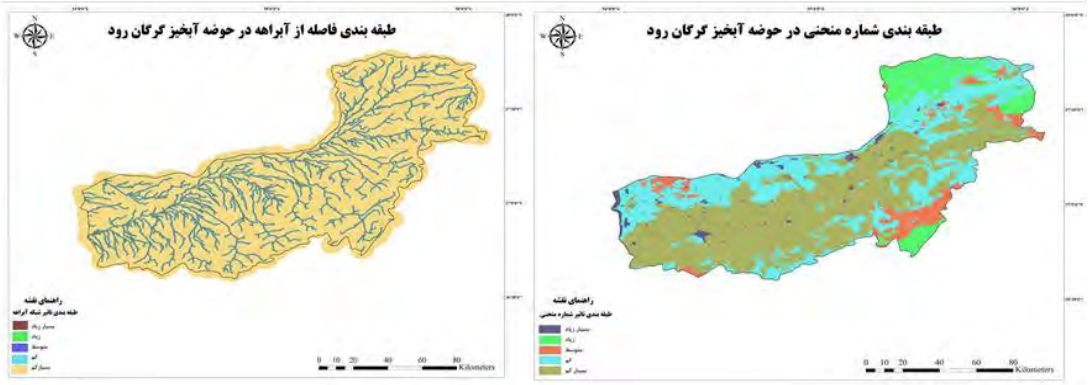
**جدول شماره ۵. وزن نهایی لایه‌های اطلاعاتی**

| وزن نهایی | وزن زیرمعیارها (ماتریس حد) | زیرمعیار | وزن معیارها (W21) |
|---|---|---|---|
| ۰/۰۵۷ | ۰/۱۰۷ | آبراهه | ۰/۵۳۹ |
| ۰/۰۶ | ۰/۱۱۲ | شماره منحنی | |
| ۰/۰۹۶ | ۰/۱۷۹ | نفوذ | |
| ۰/۱۰۲ | ۰/۱۹۰ | هیدرولوژی خاک | |
| ۰/۰۵۶ | ۰/۱۰۵ | رواناب | |
| ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱۳ | شیب | ۰/۱۶۳ |
| ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰ | ارتفاع | |
| ۰/۰۳۸ | ۰/۱۲۹ | پوشش | ۰/۲۹۶ |
| ۰/۰۴۴ | ۰/۱۵۱ | کاربری | |

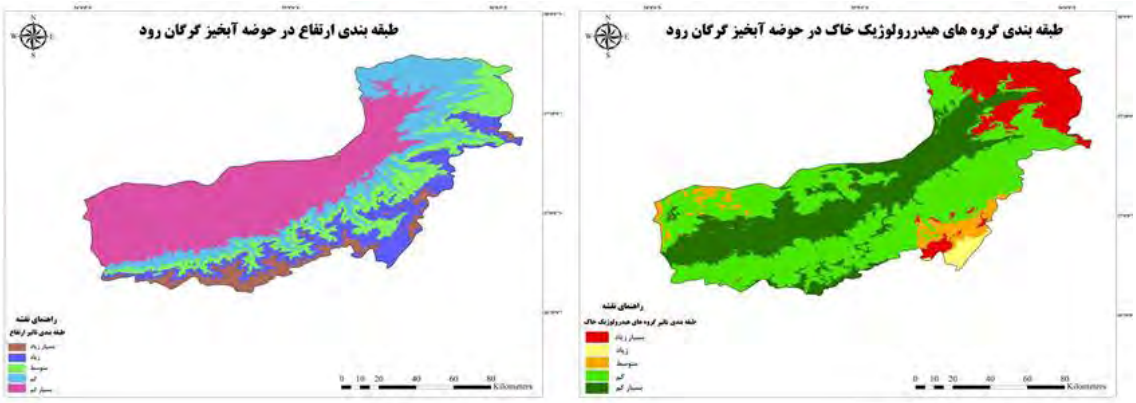
همان‌طورکه در جدول ۵ مشاهده می‌شود به ترتیب گروه‌های هیدرولوژیک، مقادیر نفوذ، شماره منحنی، شبکهٔ آبراهه، پتانسیل تولید رواناب، کاربری اراضی، پوشش، شیب و ارتفاع بالاترین درجه اهمیت را در سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز گرگان-رود دارا هستند. شکل ۱۶ الی ۲۴ نه لایهٔ مورد استفاده و استاندارد شده را نشان می‌دهد.



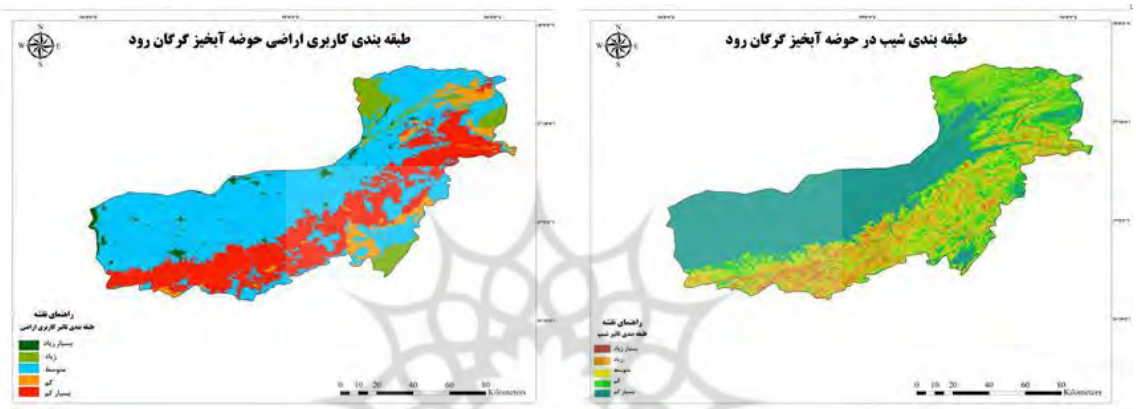

شکل شماره ۱۶. طبقه‌بندی پتانسیل نگهداشت آب در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود؛ شکل شماره ۱۷، طبقه‌بندی پتانسیل تولید رواناب در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود




شکل شماره ۱۸. طبقه‌بندی شمارهٔ منحنی در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود ؛ شکل شماره ۱۹. طبقه‌بندی فاصله از آبراهه در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود




شکل شماره ۲۰ طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوضه‌ی آبخیز گرگان‌رود؛ شکل شماره ۲۱. طبقه‌بندی ارتفاع در حوضه‌ی آبخیز گرگان‌رود

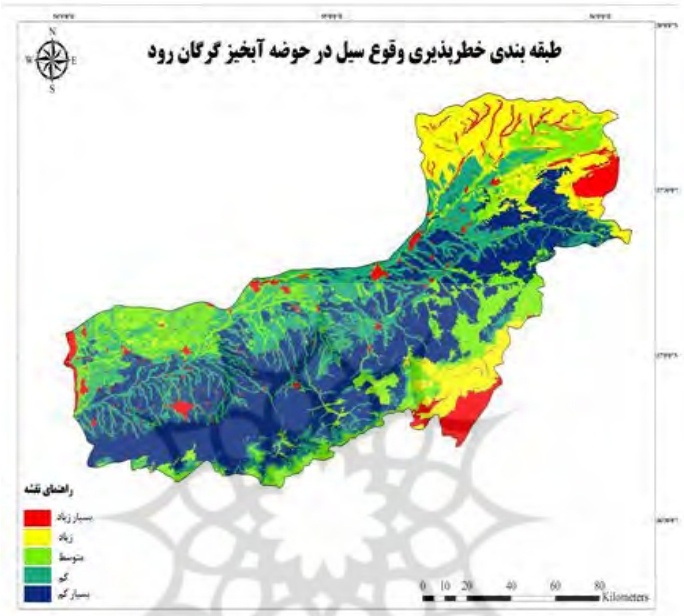



شکل شماره ۲۲. طبقه‌بندی شیب در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود؛ شکل شماره ۲۳. طبقه‌بندی کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود

شکل شماره ۲۴. طبقه‌بندی پوشش گیاهی در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود

پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از عملگر OR و بر اساس فرمول (۴) لایه‌های استاندارد شده با ضرایب به دست آمده از اجرای مدل تحلیل شبکهٔ تلفیق شده و خروجی نهایی که سطح‌بندی خطر وقوع سیل در حوضهٔ آبریز گرگان را نشان می‌دهد به دست می‌آید.

(۰,۱۰۲ * گروه هیدرولوژیک خاک) + (۰,۰۹۶ * نفوذ) + (۰,۰۶ * شماره منحنی) + (فاصله از آبراهه * ۰,۰۵۷) + (پتانسیل تولید رواناب * ۰,۰۵۶) + (شیب * ۰,۰۱۳) + (ارتفاع * ۰,۰۱) + (پوشش گیاهی * ۰,۰۳۸) + (کاربری اراضی * ۰,۰۴۴)




شکل شماره ۲۵. سطح‌بندی خطر وقوع سیل در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود

با توجه به شکل ۲۵، ۶,۱۲٪ مساحت منطقه دارای خطرپذیری بسیار زیاد و۱۳,۸۰٪ دارای ریسک زیاد خطر وقوع سیل می‌باشد که بیشتر این مناطق در قسمت شمال، شمال شرق و جنوب شرقی حوضه قرار دارند همچنین ۱۹,۱۵٪ دارای خطرپذیری متوسط، ۲۵,۳۰٪ دارای ریسک کم و ۳۵,۵۲٪ دارای ریسک بسیار کم می‌باشند. جدول ۶ درصد و خطرپذیری وقوع سیل در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود در سطوح مختلف را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶. درصد و مساحت خطرپذیری وقوع سیل در حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود

| کلاس | درصد مساحت | مساحت (کیلومتر) |
|---|---|---|
| ۱ (خطرپذیری خیلی زیاد) | ۶,۱۲ | ۷۰۹,۲۴۶ |
| ۲ (خطرپذیری زیاد) | ۱۳,۸۰ | ۱۶۰۶,۷۴۵ |
| ۳ (خطرپذیری متوسط) | ۱۹,۱۵ | ۲۲۱۹,۳۲۴ |
| ۴ (خطرپذیری کم) | ۲۵,۳۰ | ۲۹۳۳,۹۱۸ |
| ۵ (خطرپذیری بسیار کم) | ۳۵,۵۲ | ۴۱۱۵,۸۲۰ |

## نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که سیلاب هر ساله خسارات قابل توجهی را به تاسیسات و اراضی واقع در مناطق سیل‌گیر وارد می‌نمایند، در این پژوهش تحلیل زیست‌محیطی سیلاب‌های استان گلستان در مقیاس زمان و مکان با استفاده از سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. با توجه به نظر کارشناسان صاحب‌نظر در زمینهٔ هیدرولوژی و آشنا به

منطقهٔ ۳ معیار هیدروژئولوژی، توپوگرافی و محیطی با ۹ زیرمعیار شبکهٔ آبراهه، شماره منحنی، مقادیر نفوذ، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، پتانسیل تولید رواناب، شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان عوامل تأثیرگذار بر وقوع سیل انتخاب شده‌اند. با استفاده از مدل تحلیل شبکه وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای مختلف انجام شده و ضریب اهمیت هر کدام از این عوامل به دست آمده است که به ترتیب گروههای هیدرولوژیک، مقادیر نفوذ، شماره منحنی، شبکهٔ آبراهه، پتانسیل تولید رواناب، کاربری اراضی، پوشش، شیب و ارتفاع بالاترین درجه اهمیت را در سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز گرگان‌رود به خود اختصاص داده‌اند. در این پژوهش سعی شده است که با در نظر گرفتن وضعیت رطوبت خاک و بارندگی قبلی منطقه میزان نفوذپذیری بررسی شود که در افزایش صحت نتایج تاثیرگذار بوده و در پژوهش‌های صورت گرفته در منطقه به این عامل توجه نشده است همچنین در پژوهش‌های قبلی عموما از پارامترهای محدودتری جهت بررسی پدیدهٔ سیلاب استفاده گردیده اما در این پژوهش سعی شده است تمامی عوامل مؤثر در وقوع این پدیده در سطح منطقهٔ مورد مطالعه بررسی شود.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ۶,۱۲٪ از سطح منطقه دارای خطرپذیری بسیار بالا، ۱۳,۸۰٪ خطر پذیری بالا، ۱۹,۱۵٪ خطرپذیری متوسط، ۲۵,۳۰٪ خطرپذیری کم و ۳۵,۲۵٪ خطر بسیار کم هستند که بالاترین خطر وقوع سیل در قسمت شرقی، شمال‌شرقی و جنوب شرقی حوضه احساس می‌شود، لازم به ذکر است که بر اساس آمارهای موجود در این منطقه بیشترین کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری رخ داده است. نتایج این تحقیق برای سازمان‌های اجرایی (نظیر سازمان جهادکشاورزی، اداره کل منابع طبیعی، سازمان آب منطقه‌ای و ...) به منظور برنامه-ریزی و مدیریت منابع آب و خاک قابل استفاده است.

## تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

## منابع


۱) احتشامی مجید و اکرامی عطیه (۱۳۹۱). به کارگیری ابزار مدیریتی ارزیابی راهبردی محیط زیست در مسیر توسعه پایدار، فصلنامه راهبرد، سال ۲۱، شماره۶۲، صص. ۱۸-۱۲.

۲) اصغری، حسین و عین‌الهی، گیتا. (۱۳۸۶) پژوهشی در مورفودینامیک حوضهٔ آبریز لوندویل چای به منظور مدیریت محیط، همایش منطقه‌ای راهکارهای توسعه از دیدگاه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آستارا.

۳) بهشتی‌راد، مسعود؛ فیض‌نیا، سادات؛ سلاجقه، علی؛ احمدی، حسن (۱۳۸۸). بررسی کارایی پهنه‌بندی زمین لغزش فاکتور اطمینان، مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز معلم کلایه. فصلنامهٔ جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۲، شماره ۵، صص.۲۸-۱۹.

۴) پریسای، زهرا؛ بردی شیخ، واحد؛ اونق، مجید؛بهره مند؛ عبدالرضا (۱۳۹۳) پهنه‌بندی خطر سیل با دو مدل مادکلارک و RAS-HECدر آبخیز سد بوستان استان گلستان،آب و خاک، دوره۲۸، شماره۴، صص. ۷۴۱-۷۲۹.

۵) حلبیان، امیر حسین و عسگری، شمس الله (۱۳۹۶). پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبریز میشخاص به کمک تحلیل عاملی-خوشه‌ای. مجله هیدروژئومورفولوژی، دوره۳، شماره ۱۲، صص. ۱۷۷-۱۵۳.

۶) خزایی موغانی، سولماز؛ نجفی‌نژاد، علی؛ عظیم محسنی، مجید؛ بردی شیخ، واحد (۱۳۹۲) تغییرات مکانی و فصلی رسوب معلق در ایستگاه‌های واقع در طول رودخانه گرگانرود، استان گلستان، پژوهشنامهٔ مدیریت حوزهٔ آبخیز، دوره ۴، شماره ۷، صص ۱۵-۱.

۷) دلبری، علی؛ داودی، علیرضا(۱۳۹۱) کاربرد تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی جاذبه‌های توریستی، مجلهٔ تحقیق و عملیات و کاربردهای آن، دورهٔ ۹، شماره ۲، صص ۷۹-۵۷.

۸) راد، مژگان؛ وفاخواه، مهدی؛ غلامعلی فرد، مهدی (۱۳۹۷) پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HSC-RAS در پایین‌دست حوزهٔ آبخیز خرم‌آباد، مجلهٔ مخاطرات طبیعی، دورهٔ ۷، شماره ۱۶، صص ۲۲۶-۲۱۱.

۹) رامشت، محمدحسین؛ احمدی، عبدالمجید؛آرا، هایده(۱۳۸۹)حوضه‌های آبریز از دیدگاه سیستمی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره۱، شماره۱، صص۱۴۵-۱۲۷.
۱۰) رستم‌زاده، هاشم؛ رضا آقایاری سامیان (۱۳۹۶) بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز رودخانه زال خلخال با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، اولین همایش اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیایی، زنجان، ایران.
۱۱) رضوی‌زاده، سمانه و شاهدی، کاکا (۱۳۹۵). اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه‌های آبخیز طالقان با استفاده از AHP و TOPSIS. مجلهٔ اکوسیستم طبیعی ایران، دوره۷، شماره ۴، صص.۴۶-۳۳.
۱۲) زمردیان، محمدجعفر.(۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران، دانشگاه مشهد، جلد دوم، چاپ اول، تهران.
۱۳) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها. (۱۳۸۰). راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش های سازه ای)، نشریه شماره ۲۴۲.
۱۴) قنواتی، عزت‌الله؛ کرم، امیر؛ آقاعلیخانی، مرضیه (۱۳۹۱) ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضهٔ فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دورهٔ ۲۳، شماره ۴، صص. ۱۳۸-۱۲۱.
۱۵) گلشن، محمد؛ اباذر، اسمعلی عوری؛ خسروی، خه بات (۱۳۹۷). ارزیابی حساسیت به سیل حوضه آبخیز تالار با استفاده از مدل نسبت فراوانی احتمالاتی. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره۷، شماره ۱۵، صص. ۱۵-۱.
۱۶) مصطفی‌زاده، رئوف؛ ذبیحی، محسن؛ ادهمی، مریم (۱۳۹۵) تحلیل زمانی و مکانی تغییرات بارش ماهانه در استان گلستان به کمک بُعد فرکتالی، نشریه علمی‌پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره۹، شماره۱، صص ۴۵-۳۴.
۱۷) موسوی، سیده معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی‌مقدم، حیدی؛ حسین‌زاده، سید محمد (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز شهر باغملک). مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، دورهٔ ۵، شماره ۱۰. صص.۹۸-۷۹.
۱۸) نسرین نژاد، نعمت اله؛ رنگزن ،کاظم؛ کلانتری، نصراله؛ صابری، عظیم (۱۳۹۳). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزهٔ آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). سنجش از دور و سامانهٔاطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره۵، شماره ۴، صص.۳۴-۱۵.
۱۹) ولیزاده،خلیل؛ دلیرحسن نیا، رضا؛ آذری آمقانی، خدیجه (۱۳۹۸) پهنه‌بندی سیلاب و تأثیرات آن بر کاربری اراضی محیط پیرامونی با استفاده از تصاویر پهپاد و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۳، صص ۷۵-۵۹.
۲۰) یمانی، مجتبی؛ عنایتی، مریم (۱۳۸۶) ارتباط ویژگی‌های ژئومورفولوژیک حوضه‌ها و قابلیت سیل خیزی حوضه فشند و بهجت آباد، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۳، ، صص. ۴۷-۵۷.
21) Kazakis, Nerantzis., Kougias, Ioannis., & Patsialis, Thomas. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. Science of the Total Environment, Vol.538, pp. 555-563.
22) Werren, Gabriela., Reynard, Emmanuel., Lane, Stuart. N., & Balin, Daniela. (2016). Flood hazard assessment and mapping in semi-arid piedmont areas: a case study in Beni Mellal, Morocco. Nat Hazards, Vol.81, pp. 481–511.
23) Dou, Xinyi., Song, Jinxi., Wang, Liping., Tang, Bin., Xu, Shaofeng., Kong, Feihe., & Jiang, Xiaohui. (2017). Flood risk assessment and mapping based on a modified multiparameter flood hazard index model in the Guanzhong Urban Area, China. Stoch Environ Res Risk Assess, Vol. 32, No. 4, pp.1131–1146.
24) Gigovi´c, Ljubomir., Pamu˘car, Dragan., Baji, Zoran´c., Drobnjak, Siniša. (2017). Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. Water, Vol.9, No.6, pp. 1-26.
25) Xiao, Yangfan., Yi, Shanzhen., Tang, Zhongqian. (2018). A Spatially Explicit Multi-Criteria Analysis Method on Solving Spatial Heterogeneity Problems for Flood Hazard Assessment. Water Resources Management, Vol. 32, No10, pp. 3317–3335.
26) Samanta, Sailesh., Kumar, Dilip., & Babita, Pal Palsamanta. (2018). Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. Applied Water Science, Vol. 8, No.66, pp. 1-14.

27) Zhongqian, Tang., Hua, Zhang., Shanzhen, Yi., Yangfan, Xiao. (2018). Assessment of flood susceptible areas using spatially explicit, probabilistic multi-criteria decision analysis. Journal of Hydrology,Vol.558, pp. 144-158.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی