نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

صفحات ۷۷ – ۹۶

تحلیل و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی و ارتباط آن با پوشش گیاهی در شهرستان قیروکارزین

سیده فاطمه حسینی؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

محمد همتی[1]؛ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهرری، ایران.

مهتاب جعفری؛ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران.

علیرضا استعلاجی؛ استاد گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهرری، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۰۵/۰۵ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۳/۳۰

چکیده

سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات آب و هوایی در سراسر جهان است. وقوع مکرر سیلاب‌های شهری بر امنیت عمومی شهری تأثیر گذاشته و توسعه پایدار اقتصاد اجتماعی را محدود کرده است. پژوهش حاضر با هدف تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی و تحلیل ارتباط آن با پوشش گیاهی در شهرستان قیروکارزین در استان فارس انجام گرفته است. بدین منظور در ابتدا پس از مرور منابع مختلف، با معرفی پنج معیار موثر در وقوع سیلاب که تکرار آنها در سایر تحقیقات در این زمینه فراوانی بیشتری داشت، عوامل ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، شاخص توپوگرافیک و ارتفاع رواناب به عنوان عوامل موثر انتخاب شده و با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای در نرم افزار سوپردسیژن وزن‌دهی و سپس با روش مجموع ساده وزنی نقشه نهایی بدست آمده است. درهمین راستا تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر لندست در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ و شاخص NDVI بدست آمده است. نتایج نشان داد اثرگذارترین معیار شاخص توپوگرافیک بوده است و شهرستان قیروکارزین در پنج پهنه خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد از نظر خطر وقوع سیلاب قرار داشته است، در این میان ۱۸۴۹/۸ کیلومتر مربع (۵۴/۸ درصد) از شهرستان قیروکارزین در پهنه با خطر سیلاب زیاد و خیلی‌زیاد قرار دارد. هم‌چنین تحلیل تغییرات پوشش گیاهی نشان داد با وجود توسعه کشاورزی و باغی و منتج از آن بهبود نسبی مقادیر متوسط شاخص NDVI، در محدوده‌های اراضی بالادست حوضه‌های آبخیز این شهرستان، پوشش گیاهی اراضی جنگلی و مرتعی کاهش چشم‌گیری داشته است و در نهایت اثرات این مساله منجر شده است تا مناطق سکونتگاهی و اراضی کشاورزی و باغی در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۰، با درصد فراوانی بیشتری در پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی بالا واقع شوند، این مساله می‌تواند موید این امر باشد که حفاظت کاربری اراضی حوزه بالادست متناسب با سیاست حفظ پوشش موجود و توسعه پوشش‌های گیاهی با استفاده از گیاهانی که ارزش حفاظت خاک بالایی را دارند، می‌تواند تا چه حد در تخفیف و فرونشانی سیلاب اراضی پایین‌دست نقش‌آفرین باشد.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، سیلخیزی، قیروکارزین، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، سوپردسیژن، مجموع ساده وزنی

۱ . نویسنده مسئول: Email: Hemmati۲۰۵۱@gmail.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

مقدمه

سیل به خودی خود پدیده‌ای طبیعی است که معمولا با پیامدهای مثبت مرتبط است. اما هنگامی که سیل در محیط شهری اتفاق بیفتد، پیامدهای ویران‌کننده‌ای برای ساکنان از نظر تخریب املاک در پی دارد و هم‌چنین تهدیدی برای سلامت انسان است (Becher, ۲۰۱۴:۲۱۰). افزایش جمعیت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از زمین، تخریب جنگل‌ها و مراتع و نیز توسعه سطوح غیر قابل نفوذ سبب شده تا در حوضه‌های آبخیز، آب کم‌تری به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به طرف پایین‌دست جریان پیدا کند، در نتیجه سیل‌ها فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر شده و افراد بیش‌تری از این سیل‌ها آسیب دیده‌اند (اکبرپور و زینی ،۱۳۹۴). هدف از تحلیل فضایی تحلیل پراکندگی‌ها است. با استفاده از این توان تحلیل فضایی می‌توان رابطه‌ی منطقی بین پراکندگی جمعیت انسانی و منابع محیط برقرار کرد. تنها راه تعدیل مخاطرات محیطی و اصلاح زمین بیمار به کارگیری درست برنامه‌ریزی فضایی است(علیجانی، ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی در زمینهٔ بررسی حساسیت خطر وقوع سیلاب در خارج و داخل کشور انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تجزیه و تحلیل سیلاب‌ها در کشور آمریکا از دیدگاه ژئومورفولوژیک، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با مدل تحلیل سلسله مراتبی[۱] نشان داد که عوامل ژئومرفولوژیک نقش بسزایی در پیدایش سیلاب‌ها در منطقه مورد نظر دارند (Telford, ۲۰۱۲). سطوح غیر قابل نفوذ در مناطق شهری به عنوان ابزار زیرساختی توسعه‌یافته سبب افزایش رواناب ناشی از بارندگی شدید و سیلاب می‌شود. در نتیجه تغییرکاربری اراضی به دلیل شهرنشینی حساسیت سیلاب را افزایش می‌دهد (Kaspersen, et.al., ۲۰۱۵). تأثیرات شهرنشینی بر سیلاب یک دوره چهارساله یک شبکه نظارت با وضوح بالا در هشت حوضه جنوب انگلستان در مناطق روستایی و شهری نشان داد، تفاوت‌هایی در پاسخ هیدرولوژیکی بین حوضه‌های شهری و روستایی وجود دارد. به طوریکه حجم رواناب و زمان پاسخ به سیلاب از اختلافات (تغییرات) روستایی ــ شهری تبعیت نمی‌کند. هم‌چنین رطوبت موجود در خاک تغییری را در رواناب تحت پوشش مناطق شهری ایجاد نمی‌کند و اندازه‌گیری‌های مکانی (فضایی) شهرنشینی به تنهایی برای مشخص کردن سیلاب در حوضه‌های شهری کافی نیست (Miller and Hess, ۲۰۱۷). ترکیبی از تغییرات بارندگی و کاربری اراضی سبب می‌شود آسیب‌پذیری مناطق شهری در مقابل بارندگی شدید و سیلاب افزایش یابد (Miller and Hutchins, ۲۰۱۷). هم‌چنین مهم‌ترین عوامل مخاطره سیلاب در ایالت اگبارو[۲] در ایالت آنامبرا[۳] توپوگرافی و دخالت انسان در بسترهای رودخانه شناخته شده است (Onyeizugbe and Onyejiaka, ۲۰۱۹). ارزیابی خطر سیل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (فازی) در بنگ راکام تایلند با استفاده از هشت معیار ارزیابی خطر سیل (فاصله از شبکه زهکشی، تراکم زهکشی، ارتفاع، انباشت جریان، کاربری زمین، شیب، نفوذ آب در خاک و متوسط بارندگی سالانه) نشان داد که مناطق بسیار پرخطر سیل در نزدیکی شبکه زهکشی با رتبه‌های بالاتر دیده شده است و مهم‌ترین عوامل افزایش‌دهنده خطر سیل به ترتیب تجمع جریان، ارتفاع و نفوذ آب در خاک، فاصله از شبکه زهکشی، متوسط تراکم زهکشی حوضه

[۱] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[۲] Ogbaru
[۳] Anambra

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

بالادست، کاربری زمین و شیب زمین شناسایی شده‌اند(Yodying, et.al., ۲۰۱۹)، هم‌چنین آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در آنامبرا کشور نیجریه با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای[۱] نشان داد که این ایالت در برابر سیل بسیار آسیب‌پذیر است به طوری که ۷۳ درصد از مساحت کل ایالت در آسیب‌پذیری متوسط و بسیار بالا قرار دارد (Chukwuma, et.al.,۲۰۲۱). مطالعه انجام شده در بنگلادش به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی به منظور ارزیابی خسارات ناشی از سیلاب با استفاده از تصاویر سنتینل ۱ و ۲ نشان داد حدود ۲۳/۹۸ درصد از اراضی کشاورزی در بنگلادش تحت تاثیر سیلاب‌های اخیر قرار گرفته‌اند (Billah, et.al., ۲۰۲۳).

پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردق‌چای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان داد عامل شیب و ارتفاع رواناب به ترتیب با وزن‌های ۰/۳ و ۰/۲۸ بیشترین اهمیت و عامل سنگ‌شناسی کمترین اهمیت را دارد. خطر وقوع سیلاب در این حوضه تا حدی به شرایط فیزیکی حوضه بستگی دارد (خیری‌زاده آروق و همکاران، ۱۳۹۱). پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبریز اسلام آباد غرب و زیرحوضه‌های آن با ۱۲ فاکتور موثر با استفاده مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان داد حدود ۴۶ درصد از حوضه آبریز در پهنه بسیار نامناسب قرار دارد. حوضه آبریز اسلام آباد غرب از توان سیل‌خیزی بالایی برخوردار است (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۲). نقشه آسیب‌پذیری سیلاب با استفاده از روش ترکیبی نوین تئوری بیزین- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه آبخیز نکا شهرستان ساری با استفاده از ۱۱ عامل موثر شامل شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از آبراهه، تراکم زهکشی، شاخص پوشش گیاهی تفاضل شده، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، شاخص رطوبت توپوگرافیک، توان آبراهه، بارندگی سالانه و انحنای سطح تهیه شد و نتایج نشان داد در حوضه آبخیز نکا مناطق حساس به سیل‌گیری بیشتر در بخش‌های شمال و شمال‌غرب حوضه که سکونتگاه‌های انسانی بیشتر و تراکم پوشش گیاهی کمتر دارند، دیده شده است (عرب عامری و همکاران،۱۳۹۶). پهنه‌بندی سیلاب در شهر ساری، با استفاده از تحلیل فازی نشان داد خطر سیل در مرکز و جنوب شهر از بیشترین مقدار برخوردار بوده است، به طوریکه ۱۲/۲۴ درصد از محدوده نقشه در پهنه‌بندی خطر خیلی‌زیاد و ۵/۳۷ درصد در پهنه‌بندی خطر خیلی‌کم قرار گرفته‌اند. جهت کاهش خطرسیلاب پیشنهاد به مقاوم‌سازی ساختمان های اطراف رودخانه برای کاهش خسارات ناشی از سیل ارائه شده است (محمودزاده و باکویی، ۱۳۹۷). در تحقیقی دیگر، ده فاکتور موثر بر پدیده سیلاب در حوضه آبریز گمناب‌چای واقع در استان آذربایجان با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای شناسایی شد و نتیجتا مشخص شده است که فاکتورهای بارش، لیتولوژی، کاربری اراضی و شیب از مهم‌ترین عوامل شکل‌گیری سیلاب بوده‌اند (مختاری و همکاران، ۱۳۹۹). مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در سیلاب زیرحوضه آبخیز قاسملو در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای انجام شد و مشخص گردید که عوامل بارش، فاصله از رودخانه و تراکم پوشش گیاهی از مهم‌ترین عوامل موثر هستند، در این پژوهش، هم‌چنین مشخص شد که ۲۲/۸۲ درصد از محدوده مطالعاتی در پهنه‌های با استعداد سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد قرار دارند (خدمت زاده و نجف‌زاده،۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز قطورچای با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای و مدل ترکیب خطی وزنی[۲] نشان داد، بخشی از حوضه تحت تأثیر خطر وقوع سیلاب با پتانسیل

[۱] Analytic Network Process (ANP)

[۲] Weighted Linear Combination (WLC)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

بسیار بالا قرار دارد، که به طور عمده در پایین دست حوضه واقع شده است. بدین سبب شبکه آبراهه‌های با رتبه ۳ و ۴ به‌عنوان پهنه‌های سیل‌خیز و نواحی هدایت کننده سیلاب به نواحی پایین دست می‌باشند (اسفندیاری درآباد و همکاران،۱۴۰۰). همبستگی فضایی تغییرات پوشش گیاهی و ارتفاع رواناب در حوضه‌آبریز گرگانرود نشان داد شهرهای آق قلا، سیمین‌شهر و گمیش تپه و رودخانه گرگانرود در ارتفاع رواناب زیاد قرار دارند. هم‌چنین ۷۸ درصد همبستگی فضایی منفی بین ارتفاع رواناب با تراکم پوشش گیاهی وجود دارد، به‌طوری‌که تراکم پوشش جنگلی و مرتعی از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ کاهش یافته است (قنواتی و همکاران، ۱۴۰۱). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه قره سو در استان گلستان با استفاده از روش ANP نشان داد توپوگرافی، نوع سطح و پوشش گیاهی مهم‌ترین عوامل در سیلاب این منطقه هستند (Taherizadeh, et.al., ۲۰۲۳).

با توجه به مطالعات انجام شده شهرستان قیروکارزین در دوره‌های تاریخی سیلاب‌های متعددی را تجربه کرده است، از جمله سیلاب سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ از سیلاب‌هایی بوده‌اند که سبب تلفات انسانی و خسارت به اراضی کشاورزی و باغی، جاده‌های مواصلاتی، معابر و تاسیسات شهری و بین شهری و تخریب ساختمان‌ها در شهرستان شده‌اند. بر اساس آخرین آمار موجود در سیلاب سال ۱۳۹۸ شهرستان قیروکارزین، رقمی معادل دویست و هفتاد وسه میلیارد، شش صدو هفت میلیون ریال خسارت مالی به بار آمده است (خبرگزاری کشاورزی ایران (ایانا)، ۱۳۹۹/۰۳/۱۱، به نقل از مدیر جهاد کشاورزی شهرستان قیروکارزین). بنابراین در پژوهش حاضر تلاش شده است با هدف شناسایی مهم‌ترین معیارهای وقوع سیلاب در شهرستان قیروکارزین اقدام به ارتباط پراکندگی پهنه‌های سیلابی با تغییرات پوشش‌گیاهی شود.

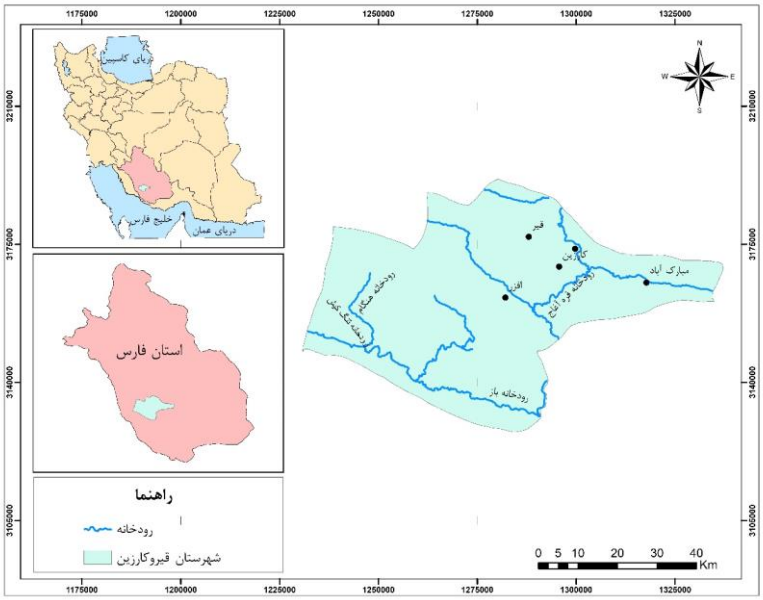
داده‌ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر، شهرستان قیروکارزین یکی از شهرستان‌های استان فارس با مرکزیت شهر قیر است. این شهرستان از شمال با شهرستان‌های فیروزآباد، از شرق با جهرم، از جنوب با خنج و لارستان و از غرب به فراشبند محدود می‌شود. از نظر جغرافیایی بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۶ دقیقه تا طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و بین عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و۵۴ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). مساحت شهرستان قیروکارزین ۳۳۹۵۴۷ هکتار، ارتفاع آن از سطح دریا ۷۵۰ متر و متوسط بارش سالانه ۳۱۹/۶ میلیمتر در یازده سال برآورد شده است. بیشترین باران در بهمن ماه و کمترین بارش در خرداد به ترتیب ۸۶/۶ و ۰ میلیمتر، میانگین بالاترین و پایین‌ترین دما در ماه‌های تیر و دی به ترتیب ۳۴/۱ و ۱۲/۴ درجه سانتیگرادگزارش شده است. براین اساس طبق طبقه‌بندی دومارتن محدوده مطالعاتی جزو مناطق خشک به شمار می‌آید. حداکثر ارتفاع محدوده مطالعاتی ۲۱۸۷ متر در شمال شهرستان و حداقل ارتفاع نیز در جنوب و مرکز شهرستان برابر ۳۱۴ متر از سطح دریا است. مهم‌ترین رودخانه شهرستان قیروکارزین رودخانه قره‌آقاج بوده که از شمال به جنوب وارد دشت قیروکارزین می‌شود، هم‌چنین، مسیل اصلی مبارک‌آباد که از شرق و مسیل دوتولغز که از جنوب‌غرب قیر وارد قسمت شرقی دشت می‌شوند در مواقع سیلابی دشت را تغذیه می‌نمایند(گزارش مطالعات دشت قیروکارزین، ۱۳۸۰). سد مخزنی قیر در شمال‌شرقی شهر قیر بر روی رودخانه قره‌آقاج احداث گردیده است. از نظر خاک‌شناسی، نوع خاک بیشتر محدوده مطالعاتی از نوع انتیسول است. به لحاظ تنوع کاربری اراضی، مساحت مراتع درجه دو ۱۵۳۷۰ هکتار،

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

مراتع درجه سه حدود ۲۱۶۵۵۳ هکتار و اراضی کشاورزی ۴۴۸۶۱ هکتار برآورد شده است. هم‌چنین ۵۹۵۰۵ هکتار از مساحت شهرستان قیروکارزین از جنگل پوشیده شده است و مابقی کاربری‌ها، شامل اراضی کاملا صخره‌سنگی و فاقد پوشش گیاهی، کاربری‌هایی نظیر محدوده اراضی شهرها و روستاها، راه‌های مواصلاتی و پهنه‌های آبی و کاربری‌های متفرقه می‌باشد. برطبق سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت شهرستان قیروکارزین بالغ بر ۷۱۲۰۳ نفر بوده است.



شکل(۱). موقعیت شهرستان قیروکارزین در استان فارس

- **داده و روش کار**

به‌منظور پهنه‌بندی سیلاب شهرستان قیروکارزین ابتدا براساس مطالعات کتابخانه‌ای و بازدید میدانی عوامل موثر بر سیلاب در محدوده مطالعاتی شناسایی شدند. سپس در مدل تصمیم‌گیری چند معیاره، از داده‌های پایه و ثانویه مشتمل بر، مدل رقومی ارتفاعی [۱] ۱۰ متر مستخرج از داده‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، شیب، نقشه پایه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، میانگین بارش ۳۰ ساله و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک استفاده شد. هم‌چنین به منظور بررسی وضعیت پوشش‌گیاهی و برآورد میزان تغییرات آن در یک دوره ۲۱ ساله از شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده[۲]، در شهرستان قیروکارزین با استفاده از تصاویر لندست [۳] ۸ و ۷ در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ استفاده گردید.

- **شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده**

یکی از شاخص‌هایی که در زمینه پایش تغییرات پوشش‌گیاهی کاربرد فراوانی دارد شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده است (Rouse, et. al.,۱۹۷۳). شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده با استفاده از رابطه ۱ بدست می‌آید.

[۱] Digital Elevation Model
[۲] Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
[۳] Landsat

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

رابطه (۱) $NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$

که در این رابطه، NIR و RED به ترتیب بازتابش طیفی باند مادون‌قرمز نزدیک و باند قرمز است. دامنه این شاخص از ۱- تا ۱+ متغیر است. دامنه شاخص تفاضل گیاهی نرمال‌شده برای پوشش‌گیاهی سبز از حدود ۰/۱ تا ۰/۸ (سبزینگی و تراکم گیاهی بالا) است. بنابراین این شاخص می‌تواند میزان رشد و توزیع گیاه را نشان دهد. پس از تهیه تصویر لندست در دسترس برای محدوده مطالعه، میزان و تراکم پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزاری آرک جی‌آی‌اس[۱] استخراج گردید.

- **مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای**

مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای یکی از مدل‌های معروف و کاربردی تصمیم‌گیری می‌باشد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای که به وابستگی بین معیارها تاکید دارد، انتخاب می‌شود. مدل فرآیند تحلیل شبکه روشی است که در ابتدا در سال ۲۰۰۱ توسط ساعتی مطرح شد، این مدل چارچوبی را برای تصمیم‌گیری و ارزیابی مسائل و مشکلات ایجاد می‌کند. مدل شبکه‌ای از ارتباطات بین عناصر خوشه‌های مختلف وابستگی (وابستگی خارجی) و نیز ارتباطات بین عناصر داخل یک خوشه (ارتباطات داخلی) است. در حقیقت مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای روابط متقابل بین مولفه‌ها را نیز نشان می‌دهد (Saaty, ۲۰۰۶:۱۶۰). مزایای فرآیند تحلیل شبکه‌ای نه فقط برای نمونه‌های کیفی و کمی مناسبت دارند بلکه می‌توان با این مدل بر مسائل وابسته در زمینه‌های مرتبط نیز غلبه کرد (Chang and Li, ۲۰۰۷). بنابراین در کنترل و مبارزه با سیلاب، شناخت عوامل مؤثر بر آن اهمیت بسیار زیادی دارد. به گفته‌ی دیگر، پیش از هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل سیل، باید رفتار فرایندهای آن را شناخت (قنواتی به نقل از اسمیت، ۱۳۸۲). فرایند انجام مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای به شرح زیر است:

۱- ساخت مدل تحلیل: در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی موثرند مشخص می‌گردند و به یکدیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند. تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تاثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. پس از آنکه مقایسه‌ی زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن W محاسبه می‌شود که ساعتی رابطه (۲) را پیشنهاد کرده است:

رابطه(۲) $Aw=\lambda_{max} w$

که در آن λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه‌ی ماتریس A است. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

رابطه(۳) $CI = \frac{\lambda max - n}{n-1}$

در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد تائید می‌شود.

۲- تشکیل سوپر ماتریس اولیه

[۱] Arc GIS

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

۳- تشکیل سوپر ماتریس وزنی: از زمان ورود مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای نرم افزار سوپردسیژن[۱] برای محاسبه وابستگی و ابرماتریس استفاده می‌شود.

٤- محاسبه‌ی بردار وزنی عمومی سوپرماتریس حد: سوپر ماتریس وزنی به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند (احمدآبادی و قاسمی، ۱۳۹۵).

در این پژوهش نیز، نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی برای هر عنصر در نرم افزار آرک جی‌آی‌اس و اعمال ضریب نهایی به دست آمده از فرآیند تحلیل شبکه به هر یک از لایه‌ها انجام و در گام بعدی نیز نقشه نهایی با استفاده از روش مجموع ساده وزنی[۲] (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۴) تهیه گردید.

- **شاخص توپوگرافیک[۳]**

شاخص رطوبت توپوگرافیک، مقدار انباشتگی جریان در هر نقطه از حوضه آبریز و تمایل آب به پایاب را به وسیله قدرت گرانش نشان می‌دهد (Moori, et.al.,۱۹۹۱). در رابطه ۴ (As)، مساحت ویژه بالا دست یک پیکسل (متر مربع بر متر) و (β)، شیب پیکسل به درجه می‌باشد.

رابطه(۴)

$$TWI = \mathrm{Ln}(\frac{\mathbf{As}}{\tan\beta})$$

توپوگرافی یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده الگوی مکانی مناطق اشباع و عامل اولیه کنترل‌کننده تغییرات مکانی شرایط هیدرولوژیکی است که توزیع مکانی رطوبت خاک را متأثر می‌سازد و حتی جریان آب زیرزمینی نیز بیشتر از توپوگرافی سطح پیروی می‌کند. در بین خصوصیات توپوگرافی، شاخص رطوبت توپوگرافی ابزاری مفید و رایج برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوضه می‌باشد (Grabs, et.al., ۲۰۰۹). این معیار متاثر از جهت جریان و جریان تجمعی می‌شود. جهت جریان مشخص می‌کند که چگونه یک جریان از یک سلول به سلول دیگر انتقال می‌یابد.

ارزش شاخص رطوبت توپوگرافیک در چشم‌اندازها متفاوت است یعنی هرچه ارزش رقمی اعداد کاهش یابد، سلول‌ها خشک و هرچه اعداد افزایش پیدا کنند سلول‌ها مرطوب می‌باشند. مقادیر آستانه از طریق طبقه‌بندی، دانش محلی، ویژگی‌های حوضه و مشاهدات پاسخ محلی زمین به بارش سنگین و جریان سطحی به رستر خروجی اعمال می‌شود.

معیار انباشتگی جریان، رویکردی در مدل‌سازی جریان آب در سطح زمین می‌باشد. رواناب‌های ناشی از بارش باران و برف براساس شیب و شکل زمین از نقاط ارتفاعی مختلف به وسیله آبراهه‌ها به پست‌ترین نقاط موجود در آنها هدایت و تجمیع می‌شوند. در نتیجه وجود آبراهه‌های بیشتر در حوضه آبریز، میزان بالای انباشتگی را منجر می‌شود.

[۱] super decision
[۲] Simple Additive Weighted (SAW)
[۳] Topographic Wetness Index (TWI)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

- **مدل بارش-رواناب**[1]

از جمله روش‌های معمول در هیدرولوژی روش سازمان حفاظت خاک آمریکا مدل بارش-رواناب است که به دنبال مطالعات شرمن در سال ۱۹۴۹ در مورد ارائه‌ی هیدروگراف واحد از رابطه‌ی بارندگی و رواناب، توسط سازمان مذکور ارائه‌شده است (محمدی و پناهی، ۱۳۸۵).

به منظور به‌دست آوردن مقدار بارندگی که تبدیل به رواناب گشته است، به‌دست آوردن ارتفاع بارندگی محدوده مطالعاتی لازم است. ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی یکی از معیارهایی است که در پهنه‌بندی سیلاب اهمیت بسزایی دارد. ارتفاع رواناب با سیلاب رابطه مستقیم دارد. با افزایش ارتفاع رواناب احتمال وقوع سیلاب افزایش یافته و با کاهش ارتفاع رواناب احتمال وقوع سیلاب کاهش می‌یابد.

با استفاده از رابطه (۵) حداکثر پتانسیل نگه‌داشت بارش زمین بر حسب سانتی متر بدست آمد.

$$S = \frac{۲۵۰۰}{CN - ۲۵۴}$$ رابطه(۵)

محاسبه CN بر اساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، بهره‌وری از زمین، وضعیت هیدرولوژیکی اراضی و وضعیت رطوبت پیشین خاک منطقه صورت می‌پذیرد (مهدوی، ۱۵۸:۱۳۸۶). مقدار CN بین صفر تا صد متغیر است در مقادیر صفر هیچ روانابی تولید نشده است و با افزایش مقدار CN رواناب بیشتری تولید می‌شود. به طوریکه در مقدار ۱۰۰ همه بارندگی به رواناب تبدیل شده است.

در نهایت با توجه به لایه‌های حداکثر پتانسیل نگه‌داشت بارش زمین و میانگین بارش سی ساله شهرستان قیروکارزین با استفاده از رابطه (۶) ارتفاع رواناب در محدوده مطالعاتی بدست آمد.

$$Q = \frac{(P - ۰.۲S)^۲}{P + ۰.۸S}$$ رابطه(۶)

Q= ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر

P= میانگین بارش سالانه بر حسب میلی‌متر

S= حداکثر پتانسیل نگه‌داشت بارش زمین

شرح و تفسیر نتایج

به منظور تحلیل توزیع مکانی سیل‌خیزی و تغییرات پوشش گیاهی در شهرستان قیروکارزین، نقشه معیارهای ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، شاخص رطوبت توپوگرافی و ارتفاع رواناب بدست آمد. نتایج نقشه معیارها در زیر ارائه شده است.

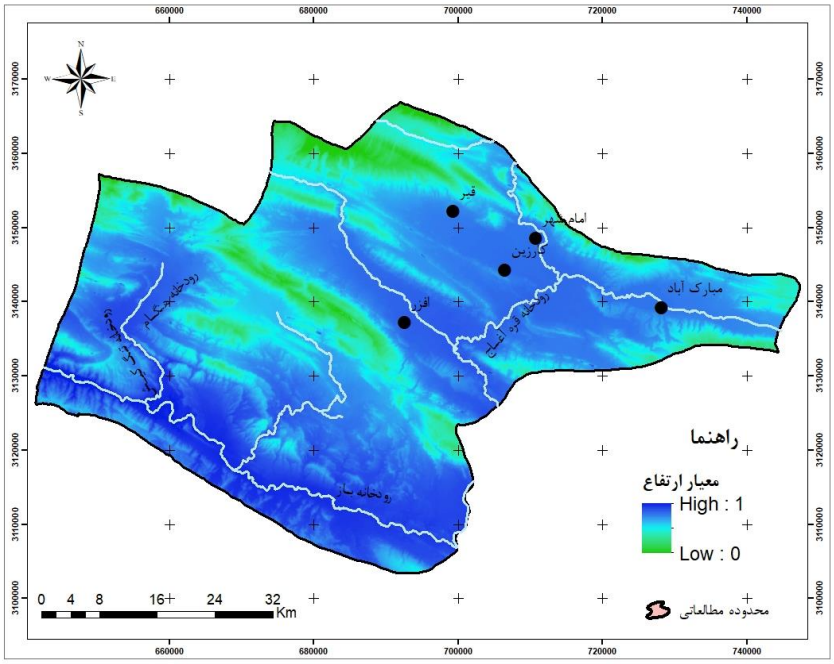
- **ارتفاع**

ارتفاع تاثیر مستقیم در میزان و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق، درجه حرارت، هیدرولوژی، ضریب رواناب، وضعیت خاک، پوشش گیاهی و غیره دارد. ارتفاع از جمله معیارهایی است که با سیلاب رابطه معکوس دارد. نقشه معیار ارتفاع نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع احتمال وقوع سیلاب کاهش یافته و با کاهش ارتفاع احتمال وقوع سیلاب افزایش

[1] Soil Conservation Service (SCS)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

می‌یابد (شکل ۲). هم‌چنین شهرهای قیر، امام‌شهر، مبارک‌آباد و افزر در ارتفاعات پایین با خطر وقوع سیلاب زیاد قرار گرفته‌اند. رودخانه‌های اصلی موجود در محدوده مطالعاتی از جمله رودخانه باز، هنگام، تنگ‌کیش و قره‌آغاج با توجه به این‌که در کمترین ارتفاع در محدوده قرار گرفته‌اند، بیشترین احتمال وقوع سیلاب را دارند.

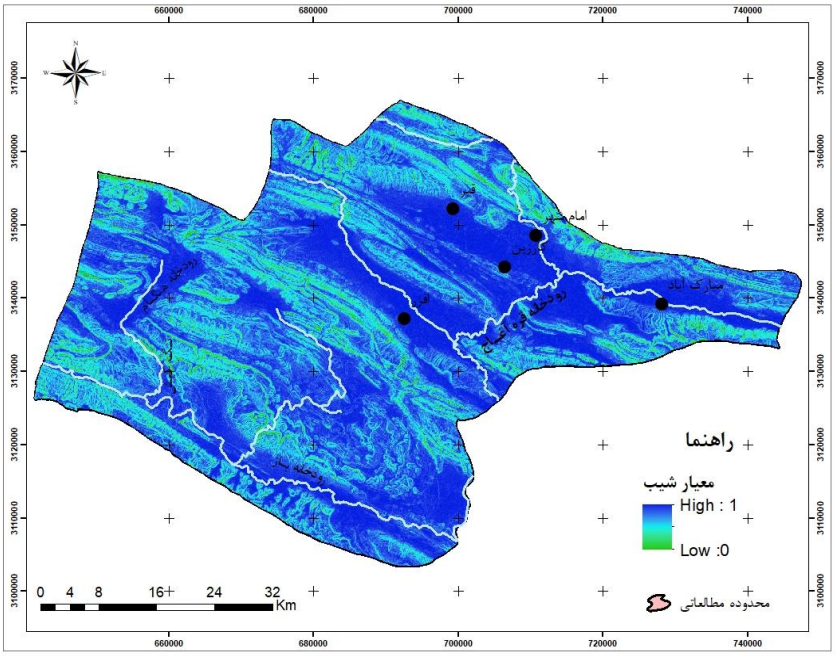


شکل (۲). نقشه معیار ارتفاع در شهرستان قیروکارزین

- **شیب**

معیار شیب با احتمال وقوع سیلاب رابطه معکوس دارد بدین صورت که در مناطقی با شیب زیاد احتمال وقوع سیل کاهش یافته و با کاهش شیب احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. بر این اساس نقشه معیار شیب در محدوده مطالعاتی تهیه شد (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد شهرهای قیر، امام‌شهر، مبارک‌آباد و افزر در پهنه‌های با شیب کم و خطر سیل‌خیزی زیاد قرار گرفته‌اند. از آنجایی که رودخانه‌های باز، هنگام، تنگ‌کیش و قره‌آغاج در کمترین شیب در محدوده مطالعاتی قرار دارند، بنابراین در پهنه‌هایی با حداکثر احتمال سیلاب قرار گرفته‌اند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

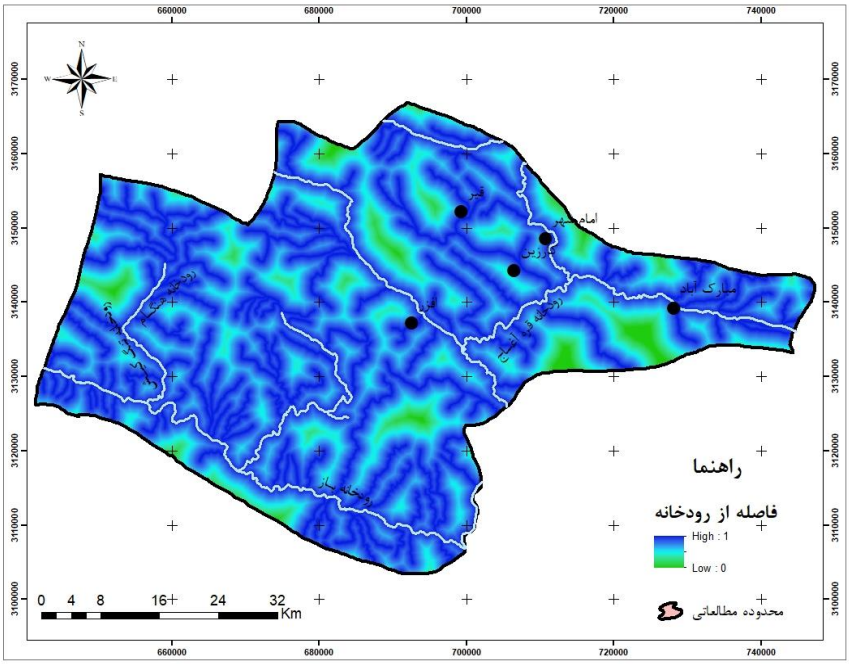


شکل (۳). نقشه معیارشیب در شهرستان قیروکارزین

- **فاصله از رودخانه**

هنگامی که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب کنند و در نتیجه آن کانال طبیعی رودخانه توان عبور رواناب را نداشته باشد سیلاب رخ می‌دهد. مقادیر بیشتر نقشه معیار فاصله از رودخانه نشان می‌دهد در بستر رودخانه احتمال وقوع سیلاب بیشتر و با فاصله از بستر رودخانه احتمال وقوع سیلاب کاهش می‌یابد. در نتیجه می‌توان بیان کرد معیار فاصله از رودخانه با احتمال وقوع سیلاب رابطه مستقیم دارد. نتایج نشان می‌دهد شهرهای قیر، امام‌شهر، مبارک‌آباد و افزر با توجه به فاصله آنها از بستر رودخانه اصلی در خطر وقوع سیل قرار دارند (شکل ۴). هم‌چنین در بستر رودخانه‌های اصلی باز، هنگام، تنگ‌کیش و قره‌آغاج بیشترین احتمال وقوع سیلاب مشاهده می‌شود.

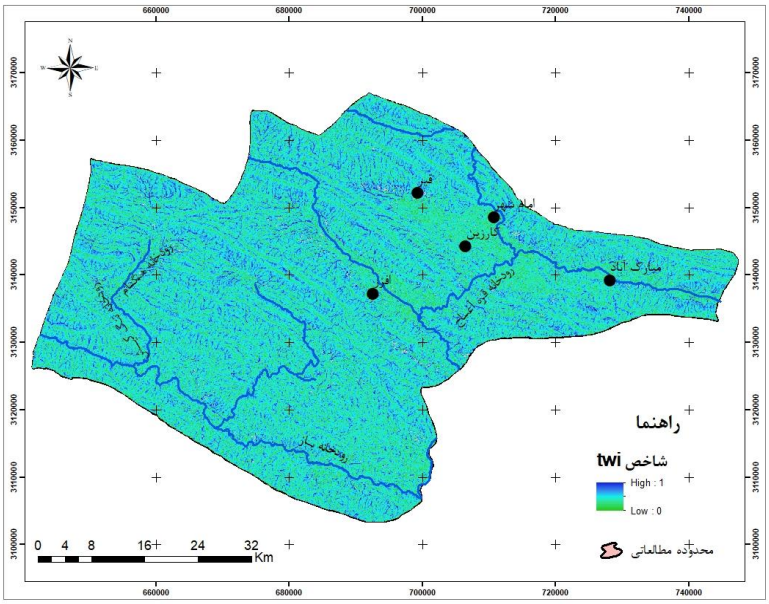
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]



شکل (۴). نقشه معیار فاصله از رودخانه در شهرستان قیروکارزین

- **شاخص رطوبت توپوگرافیک**

شاخص رطوبت توپوگرافیک با سیلاب رابطه مستقیم دارد. نتایج شاخص رطوبت توپوگرافیک در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد بیشترین مقدار این شاخص برای دره‌ها و خط القعرها برابر یک، که نشان‌دهنده جریان بیشتر و رطوبت خاک زیاد است و برای مناطقی با خط‌الراس‌ها که میزان انباشتگی جریان کم و خاک خشک است کمترین مقدار برابر صفر را نشان می‌دهد (شکل۵).



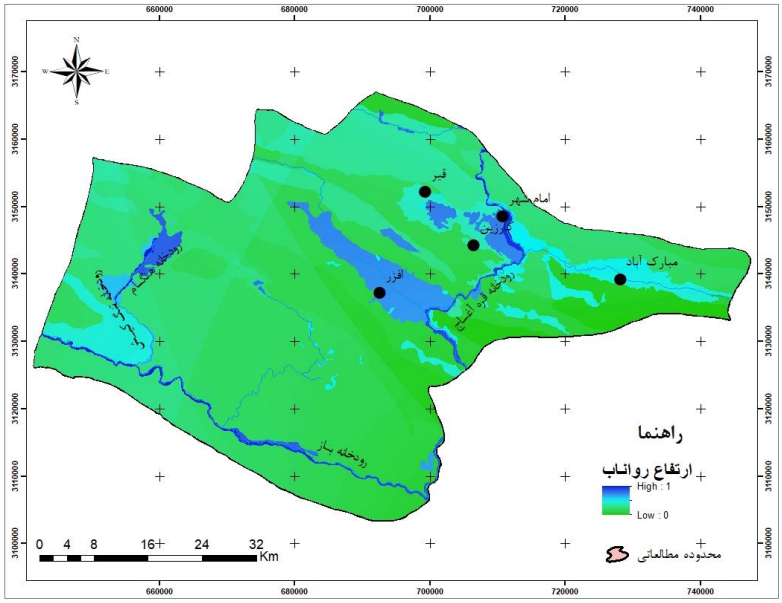
شکل (۵). نقشه معیار شاخص رطوبت توپوگرافیک در شهرستان قیروکارزین

- **ارتفاع رواناب**

حداکثر ارتفاع رواناب در سرشاخه رودخانه‌ها مشاهده می‌شود که مقدار یک به خود اختصاص داده است و امام‌شهر در

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

این پهنه قرار گرفته است (شکل۶). بعد از امام‌شهر به ترتیب شهرهای افزر، مبارک‌آباد، قیروکارزین ارتفاع رواناب کاهش یافته و بیشتر بارندگی در خاک نفوذ کرده است. در پهنه‌های سبز رنگ همه بارندگی در خاک نفوذ کرده و روانابی تولید نشده است. هم‌چنین ارتفاع رواناب در بستر رودخانه‌های اصلی محدوده مطالعاتی شامل رودخانه باز، هنگام و قره‌آغاج بیشترین مقدار محاسبه شده و احتمال وقوع سیلاب در این رودخانه بیشترین مقدار مشاهداتی می‌شود. با فاصله از رودخانه‌های اصلی احتمال وقوع سیلاب کاهش یافته است. در رودخانه تنگ‌کیش ارتفاع رواناب نسبت به سایر رودخانه‌های اصلی کمتر مشاهده می‌شود.



شکل (۶). نقشه معیار ارتفاع رواناب در شهرستان قیروکارزین

- **وزن‌دهی معیارها**

نتایج نشان می‌دهد معیار شاخص رطوبت توپوگرافیک با ارزش ۰/۲۷ دارای بیشترین وزن و معیار ارتفاع با ارزش ۰/۱۲۲ دارای کمترین وزن در شهرستان قیروکارزین می‌باشند. وزن سایر معیارها به ترتیب اهمیت شامل فاصله از رودخانه، شیب و ارتفاع رواناب در محدوده مطالعاتی ۰/۱۸۳، ۰/۱۹۶ و ۰/۲۲۹ بدست آمد.

جدول (۱). وزن هر یک از معیارهای موثر بر وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی

ردیف	معیار	وزن نهایی
۱	ارتفاع	۰/۱۲۲
۲	شیب	۰/۱۹۶
۳	فاصله از رودخانه	۰/۱۸۳
۴	شاخص رطوبت توپوگرافی	۰/۲۷
۵	ارتفاع رواناب	۰/۲۲۹

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

- **تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی**

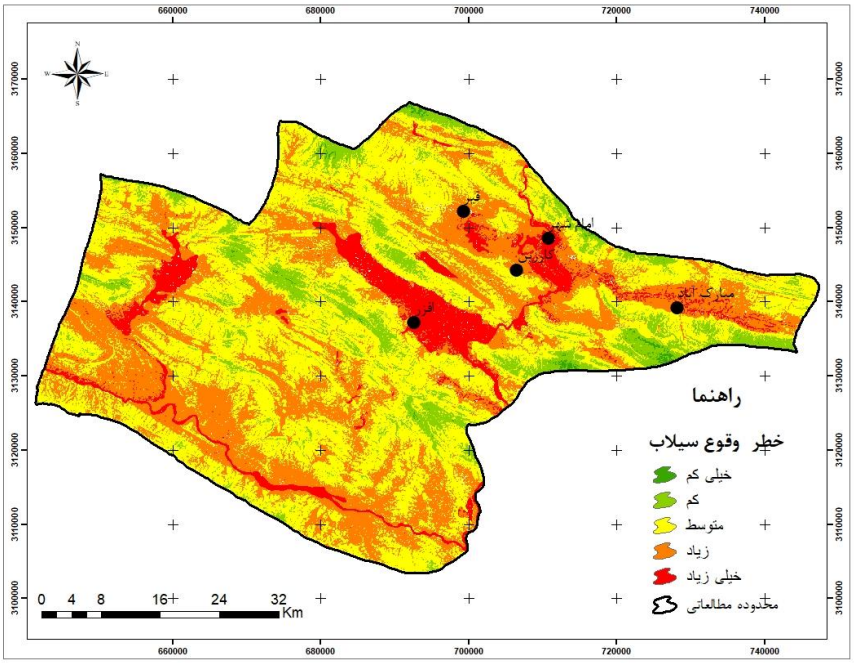
نتایج نشان می‌دهد خطر وقوع سیلاب در منطقه مطالعاتی طبقات پنج‌گانه شامل خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را شامل می‌گردد (شکل ۷). هم‌چنین جدول ۲ مساحت و درصد هر یک از طبقات وقوع سیلاب را نشان می‌دهد. بطور کلی پنج پهنه اصلی و تعدادی پهنه‌های فرعی بصورت ناپیوسته دارای خطر سیلاب خیلی‌زیاد هستند که پهنه‌های اصلی در مرکز، جنوب، شمال‌شرق و شمال‌غرب منطقه قرار دارند. شهرهای امام‌شهر و افزر در خطر سیلاب خیلی‌زیاد قرار دارند. بیشتر رودخانه‌های اصلی در خطر وقوع سیلاب خیلی‌زیاد قرار دارند. رودخانه‌های اصلی شهرستان قیروکارزین از جمله باز، هنگام و قره‌آغاج و هم‌چنین بخشی از بستر رودخانه تنگ‌کیش در خطر وقوع سیل خیلی‌زیاد قرار گرفته است. طبقه خیلی زیاد ۲۷۲۳۰/۷ هکتار (۸/۱ درصد) از مساحت محدوده مطالعاتی را شامل می‌شود. پراکندگی طبقه با احتمال وقوع سیلاب زیاد نشان می‌دهد که این پهنه در سراسر منطقه مطالعاتی پراکنده است. شهرهای قیر، کارزین و مبارک‌آباد در پهنه با خطر سیلاب زیاد قرار گرفته‌اند. هم‌چنین بخشی از بستر رودخانه تنگ‌کیش در خطر وقوع سیل زیاد قرار گرفته است. این طبقه با بیشترین مساحت برابر ۱۵۷۷۳۰/۱ هکتار (۴۶/۷ درصد) از محدوده مطالعاتی را در برگرفته است. سد مخزنی قیر که در پهنه با خطر سیل‌خیزی زیاد قرار دارد در مهار و کنترل سیلاب این پهنه نقش مهمی را داشته است. طبقه متوسط با مساحت ۱۰۸۹۴۶/۱ هکتار (۳۲/۳ درصد) از محدوده مطالعاتی را در برگرفته است. که می‌تواند ناشی از کاهش ارتفاع و افزایش ارتفاع رواناب و افزایش احتمال سیلاب در این پهنه‌ها باشد. طبقه کم از شرق محدوده مطالعاتی به سمت غرب به صورت پهنه‌های ناپیوسته پراکنده شده است. این طبقه با مساحت ۴۱۷۴۶/۷ هکتار (۱۲/۴درصد) از محدوده مطالعاتی را شامل می‌شود. طبقه خیلی‌کم به صورت پهنه‌های خیلی کوچک در شرق و شمال محدوده مطالعاتی دیده می‌شود. به دلیل افزایش ارتفاع و افزایش شیب در این پهنه‌ها احتمال وقوع سیل را کاهش می‌دهد. طبقه خیلی‌کم با کمترین مساحت ۱۹۳۳/۶ (۰/۵ درصد) در محدوده مطالعاتی پراکنده شده است.

نتایج توزیع مکانی نشان می‌دهد پهنه‌های با خطر وقوع سیلاب زیاد و خیلی‌زیاد در سه قسمت از محدوده مطالعاتی با ارتفاع و شیب کم پراکنده هستند. ارتفاعات مجاور این پهنه‌ها در هنگام بارندگی شدید نقش اساسی در تولید رواناب و حداکثر دبی را دارند. هم‌چنین با توجه به زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی که مربوط به اواخر دوران سوم و چهارم زمین‌شناسی است میزان نفوذ بسیار کم است و اغلب تشکیل سیلاب‌های خطرناکی را می‌دهد. به همین ترتیب وجود ریگ، قلوه سنگ و سنگ در سیلاب‌ها، قدرت آب را افزایش می‌دهد و با نیروی زیادتری باعث کنده‌شدن بستر رودخانه‌ها و کناره‌های مسیل می‌گردد و حتی خانه‌های مجاور رودخانه‌ها و مسیل‌ها را نیز ویران کرده و از این راه خسارات زیادی وارد می‌سازد.

جدول (۲). مساحت و درصد خطر وقوع سیلاب در شهرستان قیروکارزین

خطر سیلاب	مساحت (هکتار)	درصد
خیلی کم	۱۹۳۳/۶	۰/۵
کم	۴۱۷۴۶/۷	۱۲/۴
متوسط	۱۰۸۹۴۶/۱	۳۲/۳
زیاد	۱۵۷۷۳۰/۱	۴۶/۷
خیلی زیاد	۲۷۲۳۰/۷	۸/۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

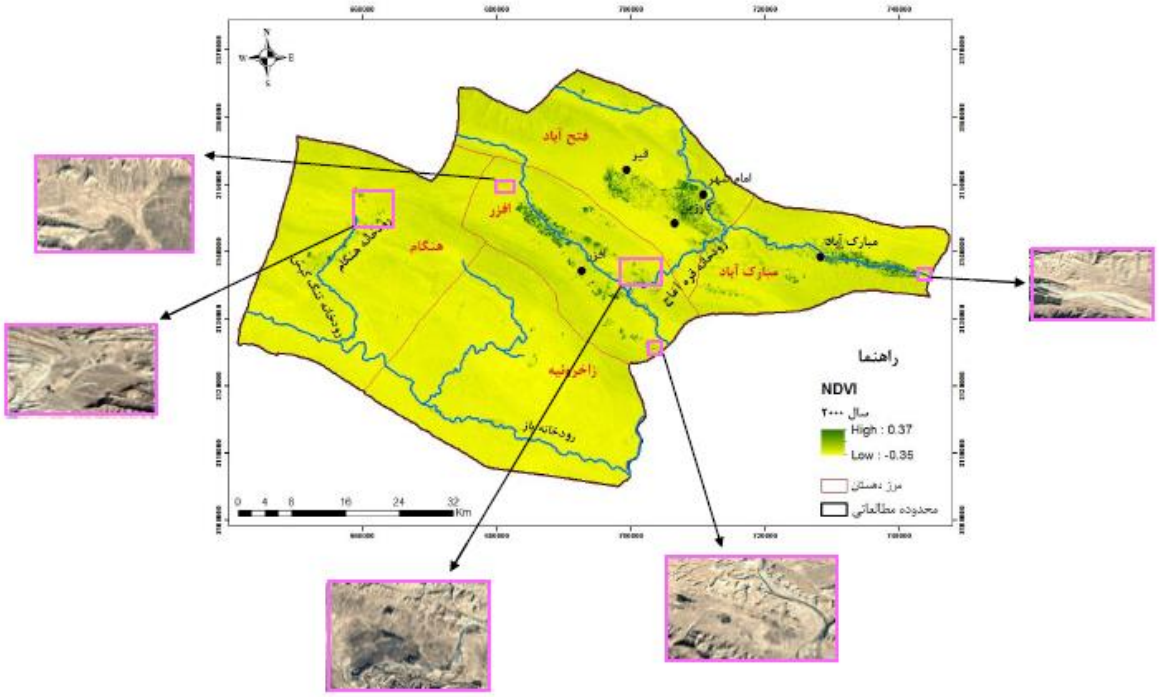


شکل (۷). نقشه پهنه بندی سیلاب در شهرستان قیروکارزین

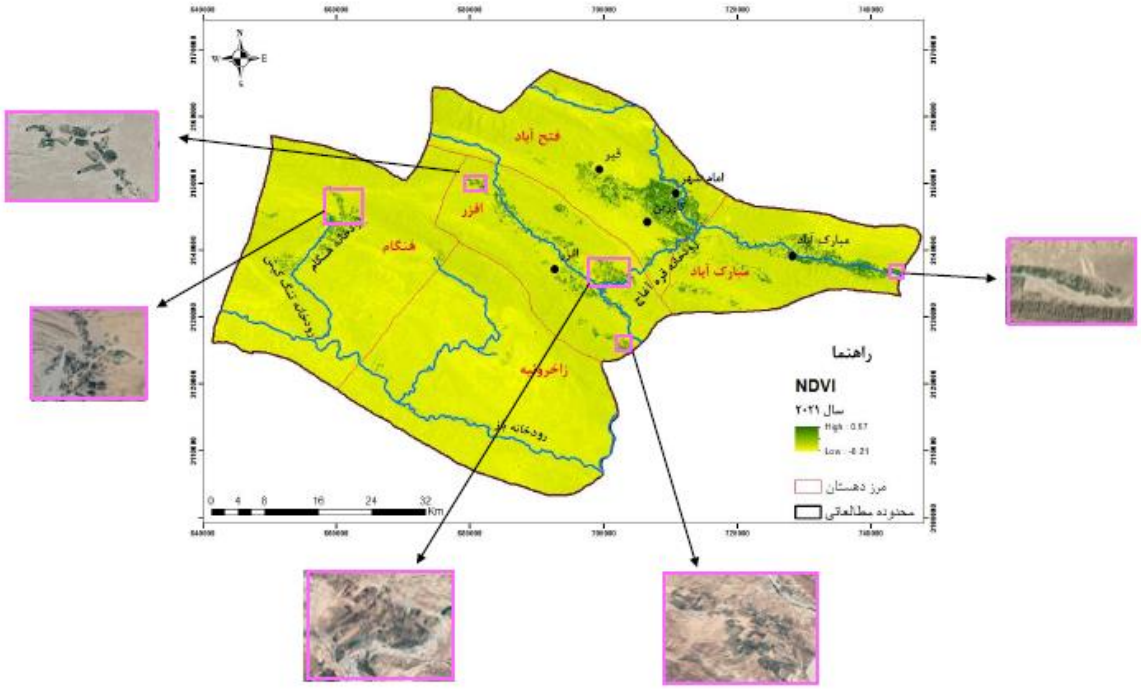
- **تحلیل تغییرات پوشش گیاهی**

بر اساس وضعیت پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی در سال ۲۰۰۰ مقادیر شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده بین ۰/۳۵- تا ۰/۳۷ قرار دارد (شکل ۸). در حالی‌که مقادیر این شاخص با توجه به شکل ۹ برای سال ۲۰۲۱ بین ۰/۲۱- تا ۰/۵۷ را نشان می‌دهد. افزایش مقادیر شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده در سال‌های مطالعاتی ناشی از توسعه کشاورزی و باغی بخصوص در اطراف رودخانه هنگام و قره‌آغاج و شهرهای مبارک‌آباد، امام‌شهر و قیر است. در حالی‌که پوشش گیاهی طبیعی کاهش یافته و بسیاری از جنگل‌های کم‌تراکم تبدیل به مراتع شده‌اند و مراتع خوب با کاهش پوشش مرتعی به مراتع ضعیف با پوشش ناچیز تغییر یافته‌اند. کاهش پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی منجر به کاهش نفوذ آب و افزایش میزان رواناب و به دنبال آن افزایش سیلاب شده است. از آنجایی‌که بسیاری از اراضی کشاورزی محدوده مطالعاتی در حاشیه رودخانه‌های سیلابی گسترش یافته است؛ بنابراین با افزایش بارندگی بسیاری از زمین‌های کشاورزی منطقه مطالعاتی در معرض سیلاب قرار گرفته‌اند. از طرفی زمین‌های کشاورزی مدتی از سال فاقد پوشش گیاهی هستند و به نسبت اراضی جنگلی و مرتعی بیشتر تحت تاثیر فرسایش قرار دارند. در نتیجه افزایش فرسایش، حاصلخیزی خاک کاهش یافته و پوشش گیاهی از بین می‌رود. در مناطقی که زمین پوشش‌گیاهی کمی دارد یا به کلی فاقد آن است، در موقع بارندگی‌های شدید آب زیادی در دامنه کوه‌ها جاری می‌شود و اغلب تشکیل سیلاب‌های خطرناکی را می‌دهد. با فرسایش خاک و گل آلود شدن آب و وجود ریگ، قلوه سنگ و سنگ در سیلاب‌ها، قدرت آب افزایش می‌یابد و با نیروی زیادتری باعث کنده شدن بستر رودخانه‌ها و کناره‌های مسیل می‌گردد و حتی خانه‌های مجاور رودخانه‌ها و مسیل‌ها را نیز ویران کرده و از این راه خسارات زیادی وارد می‌سازد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]



شکل (۸). وضعیت شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده سال ۲۰۰۰



شکل (۹). وضعیت شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده سال ۲۰۲۱

نتیجه‌گیری

سیلاب به عنوان یک مخاطره در ایران از جمله شهرستان قیروکارزین مشاهده و سوابق سیلابی زیادی وجود دارد. پوشش‌گیاهی تاثیر مهمی بر سیلاب می‌گذارد که تغییرات پوشش‌گیاهی متاثر از عوامل مختلفی می‌شود. در این

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

پژوهش سیل‌خیزی شهرستان قیروکارزین در ارتباط با تغییرات پوشش گیاهی مطالعه شد. جهت نیل به هدف مورد نظر پنج معیار مهم در بروز سیلاب محدوده مطالعاتی شامل ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، رطوبت توپوگرافیک و ارتفاع رواناب شناسایی شدند. نتایج وزن‌دهی معیارها نشان می‌دهد دو معیار شاخص رطوبت توپوگرافیک و ارتفاع رواناب به ترتیب با اوزان ۰/۲۷ و ۰/۲۲۹ بیشترین و معیار ارتفاع با وزن ۰/۱۲۲ کمترین تاثیر را در وقوع سیل دارند. ۴۶/۷ درصد از محدوده مطالعاتی در پهنه با شدت سیلابی بالا قرار دارند، که می‌تواند ناشی از کاهش ارتفاع و افزایش ارتفاع رواناب و افزایش احتمال سیلاب در این پهنه‌ها باشد. سد مخزنی قیر در پهنه با خطر سیل‌خیزی زیاد قرار دارد که در دوره بازگشت‌های بالا ممکن است این سد سرریز کند و خطراتی را برای ساکنین شهرها و روستاهای اطراف آن ایجاد کند بنابراین نیاز به پژوهش بیشتری در زمینه ریسک سیلاب در محدوده مطالعاتی وجود دارد. پراکندگی فضایی تغییرات پوشش گیاهی سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۰ نشان می‌دهد که کشاورزی در سال‌های اخیر افزایش چشم-گیری داشته است و به رغم افزایش میزان متوسط شاخص NDVI، از شدت سیلاب‌ها کاسته نشده است، بررسی‌های آماری از طریق تحلیل فضایی ضریب همبستگی در این زمینه نیز نشان دادند که میزان ضریب همبستگی پیرسون، میان توزیع مساحت کلاس‌های پنج گانه شدت سیل‌خیزی با متوسط تغییرات شاخص NDVI در هر کلاس سیل‌خیزی طی سال ۲۰۲۱ در سطح کل شهرستان قیروکارزین، برابر با مقدار ۰/۳۲۰- بوده که این مقدار با سطح معنی‌داری ۰/۰۳۷ در سطح مبنای ۵ درصد معنی‌دار بوده است، این مقدار از ضریب همبستگی به لحاظ شدت همبستگی، در گروه همبستگی‌های ضعیف قرار دارد و خود به نوعی موید این امر است که وضعیت کاربری اراضی و پوشش گیاهی در مناطق بالادست حوضه‌های آبخیز از اهمیت بالاتری نسبت به بهبود شاخص NDVI برخوردار هست و بهتر است که تمرکز فعالیت‌های مدیریتی و اجرایی در زمینه حفاظت خاک، کنترل و افزایش نفوذ رواناب‌ها و در مجموع مدیریت حوضه‌های آبخیز با تمرکز بیشتری در اراضی بالادست انجام پذیرد. بررسی همبستگی فضایی وضعیت شدت سیل‌خیزی و نیز میزان تراکم پوشش گیاهی در طی سال ۲۰۲۱ نشان دادند که میزان ضریب همبستگی پیرسون بین آنها معادل ۰/۷۲ – با سطح معنی‌داری ۰/۰۲ بوده که در سطح ۵ درصد معنی دار هست، نتایج این بررسی با تحقیقات قنواتی و همکاران (۱۴۰۱) در ارتباط با تحلیل همبستگی فضایی تغییرات پوشش گیاهی با ارتفاع رواناب در حوضه آبریز گرگانرود همسو می‌باشد، نامبرده بیان می‌دارد که میزان همبستگی فضایی پوشش‌گیاهی با ارتفاع رواناب ۷۸ درصد به دست آمده که بیانگر همبستگی فضایی منفی بین این دو متغیر است به عبارتی در حوضه آبریز گرگانرود با افزایش تراکم پوشش‌گیاهی از میزان ارتفاع رواناب کاسته می‌شود. بنابراین تغییرات کاربری ناشی از فعالیت‌های انسانی، تخریب جنگل و مرتع و افزایش زمین‌های کشاورزی در سال‌های اخیر منجر به کاهش پوشش گیاهی در بازه مطالعاتی در حوضه آبریز گرگانرود شده که در نتیجه آن ارتفاع رواناب افزایش یافته است، این مساله نیز در محدوده مطالعاتی این پژوهش مصداق داشته است. مقایسه پراکندگی سیل‌خیزی و تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مطالعاتی نشان می‌دهد بسیاری از مناطق کشاورزی در پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی بالا پراکنده هستند. در خصوص اهمیت وضعیت تراکم پوشش گیاهی و پرهیز از تغییرات وسیع کاربری‌های اراضی در جهت ساخت و ساز و توسعه کشاورزی و باغداری، پوینده بلداجی و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی در همین خصوص به بررسی عوامل موثر بر سیل‌خیزی در حوضه آبخیز رودخانه خشک شیراز پرداختند، ماحصل پژوهش آنان در راستای اهمیت حفظ کاربری‌های طبیعی بالادست، این بود که اقدامات عمرانـی و تغییر در کاربری اراضی بالادست زیرحوضه‌ها سبب کاهش

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

زمان تاخیر سیلاب این رودخانه به میزان ۵۰ درصد گردیده است و این به معنی خطر سیلاب بیشتر است، این نتیجه نیز به جهت تاکید بر حفظ پوشش گیاهی و کاربریهای طبیعی در حوضه بالادست با نتایج تحقیق حاضر همسو است. پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش انجام شده توسط درخشان بابایی و همکاران (۱۳۹۰)، نیز همسو می‌باشد، نامبردگان با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و ۵ معیار بارندگی، سنگ شناسی، تراکم زهکشی، شیب زمین و کاربری اراضی نشان دادند که خطر سیل‌خیزی در پنج پهنه خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد مطرح بوده و حدود ۵۰ درصد مساحت حوضه مطالعاتی‌شان پتانسیل بالا و بسیاربالایی در مقابل سیل‌خیزی دارند و اغلب آنها در همان اراضی بالادست واقع بوده‌اند. هم‌چنین نتایج پژوهش نارنگی‌فرد و همکاران (۱۳۹۵)، با استفاده از تصاویر لندست سال ۲۰۱۰، نشان داد زمین‌های کشاورزی پیرامون جنوب شهر قیروکارزین از نظر پوشش گیاهی تراکم بالایی دارند. کاربری کشاورزی و باغداری در نواحی پیرامونی بیشتر شهرهای استان فارس بر سایر کاربری‌ها چیره دارد. که با نتایج بدست آمده تغییرات پوشش‌گیاهی پژوهش حاضر همسو است. در مطالعه انت و همکاران (Enete, et.al.,۲۰۱۶) نتایج نشان داده مناطق روستایی که در راستای شهرنشینی توسعه‌یافته‌اند در پهنه‌های توسعه یافته آسیب‌پذیری بیش از ۷۰ درصد نسبت به سیلاب دارند. بنابراین در محدوده مطالعاتی توسعه سکونتگاه‌های شهری، روستایی و استفاده از فضای سیلاب دشت‌ها برای توسعه فعالیت کشاورزی از جمله دلایل آسیب پذیری بالا نسبت به سیلاب بوده‌اند و ضرورت انجام اقدامات مدیریتی از جمله مدیریت پوشش گیاهی در مناطق بالادست حوضه، رعایت حریم رودخانه‌ها به لحاظ فاصله ایمن استقرار شهرها و ساخت و سازها از بستر رودخانه، عملیات آبخیزداری در حوضه‌های بالادست از طریق روش‌های مکانیکی به منظور افزایش زمان تمرکز سیلاب و کاهش سرعت سیلاب، افزایش آگاهی و آموزش عمومی مناطق روستایی و عشایر منطقه به لحاظ حمایت و کمک به حفظ پوشش گیاهی از طریق انجمن‌های غیر دولتی دوست‌دار طبیعت و محیط زیست (NGO) و رعایت الگوی کاربری صحیح اراضی در راستای کاهش آسیب‌پذیری وجود دارد.

منابع

احمدآبادی، علی و کیمیا قاسمی. ۱۳۹۵. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله با تاکید بر روش E-VIKOR مطالعه موردی منطقه ۹ شهرداری تهران. فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، **۵(۹)**: ۱۱۱-۱۰۳.

احمدآبادی، علی؛ امیر کرم و محسن پوربشیرهیر. ۱۳۹۴. اولویت بندی واحدهای پاسخ هیدرولوژیک از نظر نیاز به عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز لتیان. فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،**۱۵(۳۹)**: ۵۷-۷۴.

اسفندیاری درآباد، فریبا؛ صدیقه لایقی، رئوف مصطفی زاده و خدیجه حاجی. ۱۴۰۰. پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز قطورچای با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و WLC. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، **۸(۲)**: ۱۵۰-۱۳۵.

اکبرپور، محمد و ستایش زینی. ۱۳۹۴. نقش مدیریت بحران در سیلاب‌های شهری. سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری، دبیرخانه دائمی کنفرانس، ۶۲۰-۶۳۳.

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ علی جهانفر و کاظم پارسیانی. ۱۳۹۲. قابلیت مدل ANP در پهنه‌بندی خطر سیل (مطالعه موردی حوضه اسلام آباد غرب)، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران دانشگاه شهید بهشتی، ۵۱۰-۵۰۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

پوینده بلداجی، اسماعیل؛ مجید صوفی و علی مراد حسنلی. ۱۳۸۸. بررسی عوامل موثر بر سیل‌خیزی در حوزه آبخیز رودخانه خشک شیراز، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، دبیرخانه دائمی کنفرانس، ۲۷۰-۲۵۸.

خدمت‌زاده، علی و آیلار نجف‌زاده. ۱۳۹۹. پهنه‌بندی احتمال و ریسک سیل‌خیزی با استفاده از مدل ANP (مطالعه موردی: حوضه آبریز ایستگاه هیدرومتری قاسملو). مجله نخبگان علوم و مهندسی، **۵(۱)**: ۶-۱۲.

خیری زاده آروق، منصور؛ جبرائیل ملکی و حمید عونیا. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه‌ی آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، **۳**: ۳۹-۵۶.

درخشان بابایی، فرزانه؛ فاطمه حسینی و آیدا طالبی. ۱۳۹۰. ارزیابی و پهنه‌بندی سیل‌خیزی در حوضه‌های شهری مطالعه موردی: شهرستان قیروکارزین استان فارس، یازدهمین کنگره جغرافیدانان ایران، انجمن جغرافیایی ایران، ۲۰۲۰-۲۰۳۶.

عرب‌عامری، علیرضا؛ حمیدرضا پورقاسمی و کورش شیرانی. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی حساسیت سیل‌گیری با استفاده از روش ترکیبی نوین تئوری بیزین- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا-استان مازندران). اکوهیدرولوژی، **۲**: ۴۴۷-۴۶۲.

قنواتی، عزت الله. ۱۳۸۲. مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه ی گاماسیاب، تحقیقات جغرافیایی، **۱۸(۴)**: ۱۸۲-۱۷۴.

قنواتی، عزت اله؛ محمدعلی پارسا برومند و علی احمدآبادی. ۱۴۰۱. تحلیل همبستگی فضایی تغییرات پوشش‌گیاهی با ارتفاع رواناب در حوضه‌آبریز گرگانرود، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، انتشار آنلاین ۲۲ اسفند ۱۴۰۱.

علیجانی، بهلول. ۱۳۹۴. تحلیل فضایی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، **۲(۳)**: ۱-۱۴.

گزارش مطالعات دشت دشت قیروکارزین. ۱۳۸۰. مدیریت آب‌های زیرزمینی مطالعات جنوب فارس.

محمدی، حسین و علی پناهی. ۱۳۸۵. برآورد میزان رواناب با استفاده از روش SCS و GIS در حوضه‌ی آبریز قلعه چای آذربایجان شرقی، نشریه‌ی انجمن جغرافیایی ایران، **۱۰ و۱۱** : ۱۱۹-۱۲۳.

محمودزاده، حسن و مائده باکویی. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهرساری). نشریه مخاطرات محیط طبیعی، **۷(۱۸)**: ۵۱-۶۸.

مختاری، داود؛ محمدحسین رضایی مقدم، توحید رحیم پور و سمیه مغزز. ۱۳۹۹. تهیه نقشه خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز گمناب‌چای با استفاده از مدل ANP و تکنیک GIS. اکوهیدرولوژی،**۷(۲)**: ۴۹۷-۵۰۹.

مهدوی، محمد. ۱۳۸۶. هیدرولوژی کاربردی (جلد دوم). چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

نارنگی فرد، مهدی؛ محمود احمدی و اسماعیل عبدلی. ۱۳۹۵. سنجش میزان برخورداری از فضای سبز در مناطق شهری استان فارس. فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، **۸(۲۹)**: ۱-۱۸.

Becher, P. ۲۰۱٤. Managing risk and resilience for sustainable development. Elsevier, Amsterdam.

Billah, Marut.; A.K.M.Saiful Islam, W. Bin Mamoon, and M.Rezaur Rahman. Random forest classifications for landuse mapping to assess rapid flood damage using Sentinel-۱ and Sentinel-۲ data. Remote Sensing Applications: Society and Environment, ۳۰. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rsase.۲۰۲۳,۱۰۰۹٤۷.

Chang, E.W.; and H. Li. ۲۰۰۷. Application of ANP in process models: An example of strategic partnering; Building and Environment. ELSEVIR, ٤۲: ۲۷۸-۲۸۷.

Chukwuma, E.C.; C.C. Okonkwo, J.O. Ojediran, D.C. Anizoba, J.I. Ubah, and C.P. Nwachkwu. ۲۰۲۱. A GIS based flood vulnerability modelling of Anambra State using an integrated IVFRN-DEMATEL-ANP model. Heliyon, ۷: ۸-٤۸. **DOI** ۱۰,۱۰۱٦/j.heliyon. ۲۰۲۱.e۰۸۰٤۸.

Enete, A.A.; J.N. Obi, N. Ozor, and L.C. Mba. ۲۰۱٦. Socioeconomic assessment of flooding among farm households in Anambra state, Nigeria. Climate change strategies and management. ۸: ۹٦–۱۱۱. **Doi** ۱۰,۱۱۰۸/IJCCSM-۰۷-۲۰۱٤-۰۰۸٤

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

Grabs, T.; J. Seibert, K. Bishop, and H. Laudon. ۲۰۰۹. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. Hydrology, ۳۷۳: ۱۵-۲۳.

Kaspersen, P.S.; N. Høegh Ravn, K. Arnbjerg-Nielsen, H. Madsen, and M. Drews. ۲۰۱۵. Influence of urban land cover changes and climate change for the exposure of European cities to flooding during high-intensity precipitation. Hydrological Sciences, ۳۷۰: ۲۱–۲۷.

Miller, J.D.; and M. Hutchins. ۲۰۱۷. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: a review of the evidence concerning the United Kingdom, Hydrology, ۱۲: ۳٤٥-۳٦۲.

Miller, J.D.; and T. Hess. ۲۰۱۷. Urbanization impacts on storm runoff along a rural-urban gradient. Hydrology, ٥٥۲: ٤۷٤-٤۸۹.

Moori, I.D.; R.B. Grayson, and A.R. Ladson. ۱۹۹۱. Digital terrain modeling – a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrology Process, ٥: ۳-۳۰.

Onyeizugbe, R.U.; and J.C. Onyejiaka. ۲۰۱۹. The effect of flood on land utilization in Ogbaru L. G. A. OF Anambra state. Environmental Review, ۷: ۱۱۷–۱۲۳.

Rouse, J.W.; R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering. ۱۹۷۳. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In ۳rd ERTS Symposium, NASA SP-۳٥۱ I, ۳۰۹-۳۱۷.

Saaty T.L.; and L.G. Vargas. ۲۰۰٦. Decision Making with the Analytic Network Process. Springer, New York.

Taherizadeh, Mehrnoosh.; A. Niknam, T. Nguyen-Huy, G. Mezosi, and R. Sarli. ۲۰۲۳. Flash flood-risk areas zoning using interation of decision-making trial and evaluation laboratory, GIS-based analytic network process and satellite-derived information. Natural Hazards. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۱۰٦۹-۰۲۳-۰٦۰۸۹-٥.

Telford, G. ۲۰۱۲. A GIS-based spatial multi-criteria approach for flood risk assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China. Water resources management, ۲٥: ۳٤٦٥-۳٤۸٤.

Yodying, A.; K. Seejata, S. Chatsudarat, and P. Chidburee. ۲۰۱۹. Flood hazard assessment using Fuzzy Analytic Hierarchy Process a case study of Bang rakam model in Thailand. The ٤۰th Asian Conference on Remote Sensing, Daejeon convention Center (DCC), ۱٤-۱۸.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.5.0]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.77]