دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۸
زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۸۱-۱۶۳

*موسی عابدینی[۱]
خداداد لطفی[۲]

برآورد ارتفاع رواناب جهت تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش شماره منحنی در حوضه آبریز شاهرود اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۱

چکیده

سیل یکی از پدیده‌های طبیعی و از مخاطرات بسیار مهم و مخرب در سطح جهان محسوب می‌شود که همه ساله با تلفات جانی و مالی در گوشه و کنار دنیا و ایران همراه است. توسعه و گسترش مناطق شهری و روستایی و دخالت شدید در حوضه‌های آبخیز، بدون مطالعه و آگاهی از ویژگی‌های هیدروژومورفولوژیکی سیلاب دشت، منجر به افزایش خطرپذیری در حوضه آبخیز و تشدید خسارات مالی و جانی و فرسایش خاک ناشی از سیل همراه بوده است. حوضه آبریز شاهرود در منتهی‌الیه بخش جنوبی استان اردبیل قرار دارد. این حوضه به‌دلیل واقع شدن در ارتفاعات کوهستان باغرو دارای توپوگرافی خشن و مرتفع است. به‌علاوه به علت نفوذ رطوبت توده‌های اقلیمی خزری، همواره احتمال تولید رواناب خارج از توان تخلیه شبکه زهکشی حوضه مورد مطالعه وجود دارد. وجود سکونتگاه‌های انسانی، دخالت در مراتع و شیب‌ها، احتمال بروز سیلاب را بیش‌تر کرده است. لذا در پژوهش پیش‌رو پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه بررسی شد. روش‌های مختلفی برای تعیین میزان رواناب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی وجود دارد. اکثر این روش‌ها بر پایه روش‌های نموداری و استفاده از فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیر حوضه، داده‌های دورسنجی و GIS می‌باشد. برای مطالعه و بررسی سیلاب‌ها و برآورد مقادیر حجم و حداکثر رواناب لحظه‌ای این حوضه از روش شماره منحنی[۳] سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شد. نقشه

*۱- گروه ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی. (نویسنده مسئول).
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی.

3- Curve Number (CN)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌دست آمده از مدل، با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی در پنج کلاس طبقه‌بندی شدند. براساس نتایج به‌دست آمده از مدل نواحی مرکزی، شمال‌غرب و جنوب و جنوب‌غرب حوضه در پهنه‌های با پتانسیل بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند و ۵/۱۳ درصد از مساحت حوضه دارای پتانسیل سیل‌خیزی بسیار زیاد و ۱٤/٦۲ درصد مساحت حوضه نیز دارای پتانسیل زیاد به جهت سیل‌خیزی است. در این بین مناطق با پتانسیل متوسط سیل‌خیزی، بیش‌ترین مساحت حوضه را شامل می‌شود که وسعتی معادل ۹۲/۸۹ کیلومتر مربع دارد. پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی کم و بسیار کم نیز به‌ترتیب ۲۸/۱٤ و ۱۱/۸۹ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند.

کلید واژه‌ها: حوضه شاهرود، خطر سیلاب، روش SCS، GIS.

مقدمه

امروزه پدیده سیل را یکی از پیچیده‌ترین رخدادهای مخاطره‌آمیز است که بیش از سایر بلایای طبیعی دیگری همه ساله در نقاط مختلف دنیا منجر به ایجاد خسارت‌های جانی و مالی و تخریب اراضی کشاورزی می‌شود (Abedini and Fathi Jokdan, 2016: 1). کشور ایران به دلیل برخورداری از شرایط طبیعی مساعد در زمره کشورهای حادثه‌خیز از نظر وقوع این مخاطره است (Abedini and Beheshti Javed, 2018: 62). برای جلوگیری از رخداد سیلاب، باید مناطقی را شناسایی کرد که دارای پتانسیل بالایی در ایجاد این پدیده هستند و برای کاهش خطرات احتمالی، از سرمنشأ تولید وارد عمل شد که همانا حوضه‌های آبخیز هستند (Malekian, et al., 2012: 151). سیلاب‌ها در طبقه‌بندی جهانی در زمرهٔ مهم‌ترین بلایای طبیعی قرار می‌گیرند که خسارات مالی، جانی و اجتماعی فراوانی را به مناطق تحت تاثیر خود تحمیل می‌کنند، در دهه‌های اخیر، به دلیل دخالت‌های نابه‌جای انسان و مدیریت نادرست آنان در استفاده از سرزمین، شدت و تواتر وقوع این بلایای طبیعی افزایش یافته است (Abbaszadeh et al., 2010). با توجه به آمارهای ثبت شده و مشاهدات، در میان کلیه سوانح و بلایای طبیعی، سیل از مخرب‌ترین آن‌ها بوده و بیش‌ترین فراوانی وقوع را نیز دارا می‌باشد (Karam, and Farzaneh, 2012). سیل ٤۰٪ تمام بحران‌های دنیا را تشکیل می‌دهد. ایران دهمین کشور بلاخیز جهان است و در آسیا بعد از هند، بنگلادش و چین، مقام چهارم را به‌خود اختصاص داده است. در کشور ما وقوع سیلاب هر ساله باعث خسارات مالی فراوان و حتی تلفات انسانی می‌گردد به طوری که در طی دوره آماری ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۰ وقوع ۳۷۰۰ سیل در کشور سبب وارد آمدن صدمات قابل ملاحظه‌ای به مردم کشورمان شده است (Ostadi, 2014). حوضه مورد مطالعه در منتهی‌الیه جنوبی استان اردبیل قرار گرفته که در آن، وجود توپوگرافی خشن ارتفاعات باغرو و همین‌طور رطوبت رسیده از توده‌های خزری شرایطی را فراهم کرده است که همواره احتمال تولید رواناب خارج از توان تخلیه شبکه زهکشی حوضه مورد مطالعه مهیا می‌باشد. به طوری که سیل ویرانگر تیرماه ۹۱ در منطقه مورد مطالعه خسارات زیادی به زیرساخت‌ها و مزارع و باغات و خانه‌های روستایی وارد ساخت. در پژوهش پیش‌رو پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه بررسی خواهد شد. روش‌های مختلفی برای تعیین میزان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

رواناب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی وجود دارد. اکثر این روش‌ها بر پایه روش‌های نموداری و استفاده از فرمول های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیر حوضه، داده‌های دور سنجی و GIS می باشد. برای مطالعه و بررسی سیلاب‌ها و برآورد مقادیر حجم و حداکثر رواناب لحظه‌ای این حوضه از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده می‌شود. این روش برای حوضه‌هایی که در آن داده‌های اندازه‌گیری دبی وجود ندارد به‌کار می‌رود.

پیشینه پژوهش

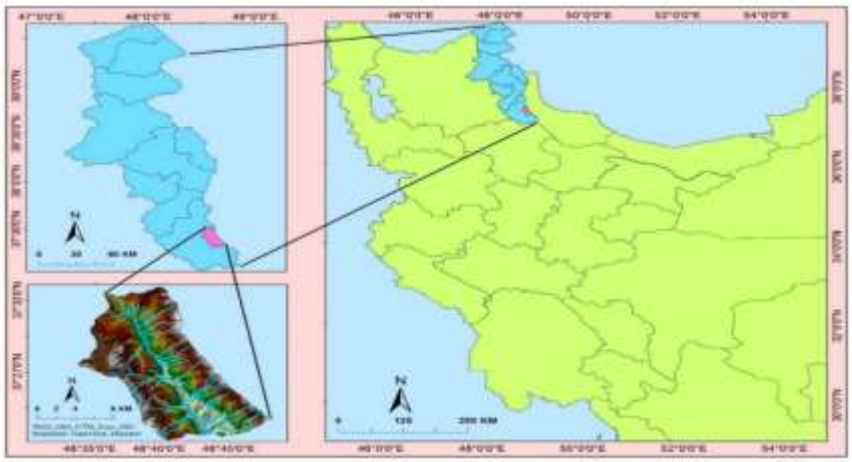
از جمله کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به منابع لاتین به شرح زیر اشاره کرد (Liang and Mohanty, 1997) در منطقه ماهاندای اورسیای هندوستان، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به پهنه‌بندی سیل کرد و مدیریت سیل بر اساس این نوع پهنه‌بندی را روش غیر سازه‌ای مفید در کنترل سیل معرفی کردند. در مورد مدیریت سیلاب در پیشگیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از آن (Gilbert and et al.,1998) در فرانسه پرداختند و وجود سیستم‌های هشدار دهنده و نیز ساخت سازه‌های فنی مناسب را در کاهش خسارات ناشی از سیلاب در این کشور مثبت ارزیابی نموده‌اند. در مورد مورفومتری کانال رودخانه‌ی تیزای مجارستان در برآورد خطرات سیلاب‌های محلی ((Loczy et al., 2009) پرداخته‌اند و ضمن بررسی مسائل هیدرولوژیکی، رسوب و ژئومورفولوژیکی رودخانه دریافتند که مطالعات مورفومتری به تنهایی برای مشخص کردن خطرات سیلاب‌ها کافی نمی‌باشد ولی شاخص مورفومتریک می‌تواند در تخمین هیدرولوژیکی جریانات سیلابی کانال نقش به‌سزایی داشته باشد. همچنین (Zhi et al., 2009) میزان رواناب و کاهش اولیه بارش را برای منطقه‌ای از بیجینگ، با استفاده از روش منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) انجام دادند. بعلاوه (Thilagavathi et al., 2011) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS)، موفق به نقشه‌برداری و پهنه‌بندی مناطق در معرض خطر سیل در استان پایاناسام در شمال هند شدند. به نظر آن‌ها مناطق پرخطر و سیل‌گیر، مناطق شهری به دلیل توپوگرافی خاص آن و مناطق ساحلی به‌دلیل فرسایش ساحلی می‌باشند. محققی مانند: (Haq et al., 2012) قابلیت‌های بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور را در ارزیابی و پهنه‌بندی سیلاب بیان کرده‌اند. در مورد برای برآورد ارتفاع رواناب در حوضه‌های کره جنوبی با مدل اصلاح شده شماره منحنی و سازمان حفاظت خاک آمریکا SCS- CN استفاده کرده‌اند (Muhammad Ajmal et al., 2015). در این مطالعه از اطلاعات مربوط به ۱۵ حوضه کره‌جنوبی که وسعتی بین (۲۴۹/۶۳-۴۸/۶) کیلومترمربع داشته استفاده شده است. در این پژوهش به مقایسه نتایج سه روش SCS–CN پرداخته‌اند که عبارتند از روش‌های (Hawkins, 1980)، مدل‌های میشرا و سینگ و مدل اصلی سازمان حفاظت خاک آمریکا. از کارهای داخلی نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Ebrahimi and et al., 2013) به بررسی تغییر کاربری اراضی و نقش آن بر پهنه‌های سیلابی در نکارود پرداختند. در این پژوهش، کاربری اراضی حوضه آبخیز نکا با تصاویر سنجنده ETM^+ سال ۱۳۷۹ و سنجنده IRS-ID

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سال ۱۳۹۰ و براساس پردازش رقومی بیشینه احتمال در محیط ENVI تهیه شد. در مورد رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبخیز رازآوار در استان کرمانشاه (Maleki et al., 2014) کار کرده‌اند. به منظور بررسی سیل‌خیزی حوضه از روش‌های آنالیز آماری داده‌های واقعی منطقه، مدل SCS و مقطع برداری از رودخانه استفاده شد. محققانی نظیر: (Lajvardi et al., 2013) در پژوهشی به برآورد ضریب‌رواناب و حداکثر دبی‌سیل، شناخت عوامل و عناصر موثر در سیل‌خیزی، پهنه‌بندی مناطق براساس شدت پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبریز مردق چای در آذربایجان‌شرقی پرداختند. در این پژوهش برآورد رواناب براساس روش شماره منحنی (CN)، سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) صورت گرفته بود. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که با استفاده از نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی سالانه یک حوضه می‌توان راهکارهای جهت مقابله با بحران بی‌آبی و همین‌طور کنترل سیلاب‌ها ارائه کرد. شیخ علیشاهی (۱۳۹۵) با استفاده از مدل هیدرودینامکی تحلیل رودخانه سیل را در حوضه آبریز منشاد – استان یزد پهنه‌بندی آن Sheikh et al (2016) کارکرده‌اند. در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی سیلاب مدل هیدرودینامکی HEC-RAS با نرم‌افزار ArcGIS از طریق الحاقیه EC- GEORAS تلفیق شده است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شاهرود می‌باشد. این حوضه، جزء زیر حوضه‌های دریای خزر محسوب می‌شود و رودخانه دائمی آن، یعنی شاهرود از طریق رودخانه قزل‌اوزن به دریای خزر متصل می‌گردد. حوضه آبریز شاهرود با مساحتی بالغ بر ۲۳۰/۹٤ کیلومتر مربع در منتهی‌الیه جنوب‌شرقی استان اردبیل و در شهرستان خلخال واقع شده است که از سمت شرق از طریق ارتفاعات تالش با استان گیلان هم مرز می‌باشد. همچنین این حوضه با شهر خلخال ۲۲ کیلومتر فاصله دارد. مهم‌ترین کانون جمعیتی حوضه، شهر کلور است که در ۳۰ کیلومتری شهر خلخال واقع شده است. این حوضه در موقعیت جغرافیایی به مختصات ٤۸ درجه و ۳٤ دقیقه تا ٤۸ درجه و ٤۸ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳٤ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع این حوضه بین ۱٤٦۰ متر در پایین‌ترین قسمت یعنی خروجی حوضه تا ۲۹۰۰ متر در مرتفع‌ترین قسمت حوضه در نوسان است.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

Figure 1: Geographical location of the study area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش‌ها

موادی که در فرآیند این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت از داده‌های فهرست شده در زیر استخراج شد: نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کلور- خلخال، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خلخال رضوانشهر، آمار و اطلاعات مربوط به بارش منطقه از داده‌های سازمان هواشناسی اردبیل، نقشه‌های کاربری اراضی، نقشه‌های خاک از اداره کل منابع طبیعی استان (واحد مهندسی و مطالعات) و پوشش گیاهی، مدل رقومی ارتفاعی منطقه و تصویر ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۱۳ سنجنده OLI جهت استخراج آخرین نقشه پوشش گیاهی. فرآیند پژوهش در قالب فلوچارت زیر قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: فلوچارت فرآیند پژوهش

Figure 2: Flowchart of the research process

در این تحقیق از چندین نرم‌افزار و ابزار مختلف برای بروز رسانی و پردازش داده‌ها و اطلاعات مکانی و خروجی گرفتن داده‌ها استفاده شد. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) نشان داده شده است؛ که در فازهای مربوط به ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. در این تحقیق روش‌های جمع‌آوری و کسب اطلاعات در دو محور قابل طرح است. این دو محور عبارتند از: روش‌های کتابخانه‌ای و روش میدانی روش‌های کتابخانه‌ای: متن‌خوانی و استخراج مطالب مورد نیاز بر پایه استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اسنادی و دیجیتالی مرتبط با موضوع تحقیق. روش‌های میدانی: این روش بیش‌تر در قالب مشاهده میدانی و نمونه‌برداری و طرح سوال و کسب نظرات از کارشناسان و مسئولان ذی‌ربط در دوایر سازمانی یاد شده مورد استفاده قرار گرفت

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- نرم‌افزارهای مورد استفاده در پژوهش

Table 1 - Software used in the research

نرم افزار مورد استفاده	شرح استفاده
Arc GIS 10	تشکیل پایگاه اطلاعات و ترسیم نقشه
IDRISI SELVA	فازی سازی و استاندارد سازی نقشه ها
ENVI4/7	تهیه لایه پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای
ARC HYDRO TOOLS10, HEC_GeoHMS10,CN RUNOFF	تعیین دقیق مرز حوضه و تعیین شماره منحنی حوضه
Expert Choice	مقایسه زوجی و تعیین وزن لایه ها
Excel	تعیین گرادیان دما و بارش
Google Erath	تکمیل مشاهدات میدانی و مطابقت نقشه ها

بررسی روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)

سازمان حفاظت خاک آمریکا در سال ۱۹۷۵ بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معروف و در اقالیم مختلف برای برآورد ارتفاع رواناب حاصل از بارش روش‌هایی را ارائه کرده است. روش SCS، رواناب را در حوضه‌های اندازه‌گیری نشده با توجه به بارندگی و مشخصات حوضه‌های آبریز برآورد می‌کند (Mohammadi and Panahi, 2006: 111). مقدار حجم رواناب (Q) به مقدار نزولات (P) و نگه داشت واقعی (S) وابسته است. نگه داشت واقعی اختلاف بین حجم نزولات و رواناب می‌باشد. علاوه بر آن حجم معینی از نزولات در شروع رگبار در جریان رواناب شرکت نمی‌کند و صرف جذب سطحی، چالاب و ظرفیت نفوذ قبل از شروع رواناب می‌گردد که به آن ربایش اولیه گویند. در این راستا برای به‌دست آورد ارتفاع رواناب رابطه (۱) ارائه شده است که به شرح زیر می‌باشد:

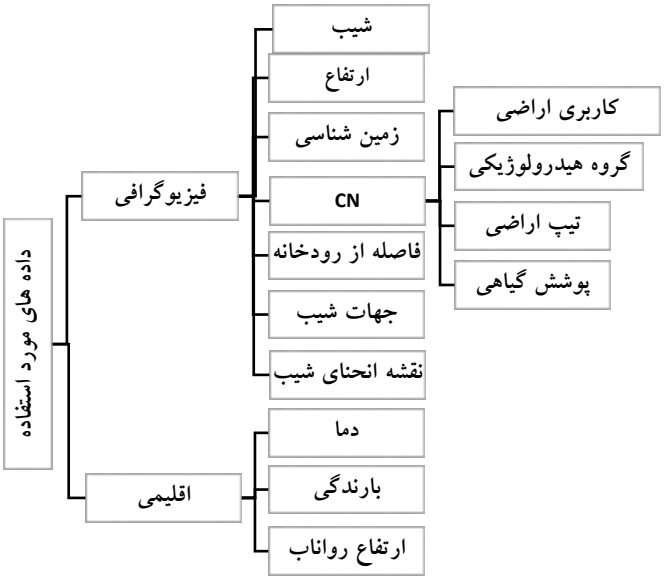
$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

مقدار S در این رابطه با نوع پوشش و نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک از نظر نفوذپذیری در ارتباط است. مقدار S توسط رابطه‌ای (رابطه شماره ۲) با یک عامل بدون بعد بنام CN ارتباط می‌یابد به نحوی که مقدار CN بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است و CN برابر ۰ هیچ‌گونه روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰ تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی است (Hawkins, 1980).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در این پژوهش برای برآورد ارتفاع رواناب و به دنبال آن پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه، از روش فوق استفاده شد. معرفی داده‌های مورد استفاده در فرآیند پژوهش: در این پژوهش برای تعیین ارتفاع رواناب و پهنه‌بندی خطر وقوع سیل متغیرهایی چون شیب، زمین‌شناسی، میزان و تغییرات بارش، کاربری اراضی، شماری منحنی (CN)، ارتفاع رواناب و ...، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳).



شکل ۳: داده‌های مورد استفاده در فرآیند پژوهش

Figure 3: Data used in the research process

لایه ارتفاع: ارتفاع از عوامل بسیار مهم در پدیده‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. اهمیت این عامل به دلیل تاثیری است که بر روی تغییرات دما و بارش دارد. افزایش ارتفاع موجب افزایش مقدار بارش و همچنین تغییر نوع بارش می‌گردد. ارتفاع حوضه بر روی سیل‌خیزی در حوضه بی‌تاثیر می‌باشد اما با میل‌گیری در حوضه رابطه معکوس دارد. لایه ارتفاع با رقومی کردن منحنی‌های میزان و نقاط ارتفاعی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه در محیط Arc Map تهیه شد که حداقل ارتفاع حوضه ۱٤٦۰ متر در خروجی حوضه و حداکثر ارتفاع آن ۲۹۰۰ متر می‌باشد. (شکل ٤ الف)

جهت ناهمواری: جهت ناهمواری در رابطه با جهت تابش خورشید و جهت بادهای باران‌زا در میزان دریافت و توزیع انرژی و بارش اثر دارد (Mahdavi, 2007: 196). پیچیدگی مورفولوژیکی و چندوجهی بودن دامنه‌های ارتفاعات باغرو و تالش در این قسمت از حوضه موجب می‌شود که دامنه‌های رو به شمال و غرب از تابش خورشیدی کم‌تری برخوردار شوند. (شکل ٤ ب)

تحدب دامنه: انحنا پروفیل معرف تغییر شیب منحنی‌های میزان در طول یک مسیر جریان است. انحنا پروفیل بر روی شدت جریان آب و فرآیندهای حمل و رسوب‌گذاری موثر می‌باشد. در سطوح مقعر خطر سیل‌خیزی کاهش و خطر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سیل‌گیری افزایش می‌یابد و در سطوح محدب خطر سیل‌خیزی افزایش و خطر سیل‌گیری کاهش می‌یابد. با توجه به (شکل ٤ ج) تقریباً نیمی از مساحت حوضه را سطوح محدب پرشیب و کم‌شیب و بقیه سطح حوضه، سطوح مقعر پرشیب و کم‌شیب و سطوح صاف هستند. به این ترتیب با توجه به سیل‌خیزی دامنه‌های محدب و سیل‌گیری دامنه‌های مقعر، چون نصف مساحت حوضه سطوح محدب است، بنابراین حوضه مورد مطالعه نسبت به سیل‌خیزی پتانسیل بالایی دارد.

شیب: عامل شیب یکی از فاکتورهای بسیار موثر در وقوع پدیده سیلاب می‌باشد. به طوری که گفته می‌شود سیل‌های مخرب نتیجه بارندگی‌های مداوم و سنگین در مناطق کوهستانی رودخانه‌ها می‌باشد. این عامل به دلیل تاثیر آن بر روی سرعت جریان و همچنین نفوذ آب در زمین اهمیت دارد. افزایش شیب باعث افزایش سرعت جریان و کاهش سرعت نفوذ آب در زمین می‌گردد و برعکس. پارامتر شیب با سیل‌خیزی دارای رابطه مستقیم می‌باشد یعنی با افزایش شیب سیل‌خیزی افزایش می‌یابد اما در سیل‌گیری هر چه شیب افزایش یابد سیل‌گیری کاهش می‌یابد یعنی رابطه آن‌ها معکوس می‌باشد (شکل ٤ د). این لایه، شیب حوضه را به درجه نشان می‌دهد و به‌وسیله متد فواصل مساوی[4] طبقه‌بندی گردیده است. جدول ۲ مقادیر شیب را در ۵ طبقه نشان می‌دهد. در این میان بیش‌ترین مساحت منطقه به میزان ٤٨/٠٨ درصد، شیب بین ۱۲ تا ۲۵ درجه دارد و کم‌ترین مساحت نیز مربوط به شیب بالای ۵۱ درجه به میزان ۰/۱ درصد است. در این میان ۳٦/۱۲ درصد مساحت حوضه دارای شیب بسیار کم و بین ۰ تا ۱۲ درجه می‌باشد که براساس پیش‌فرض‌های موجود این قسمت از حوضه با توجه به تقسیمات طبقات شیب به‌طور جدی مستعد سیل‌گیری هستند.

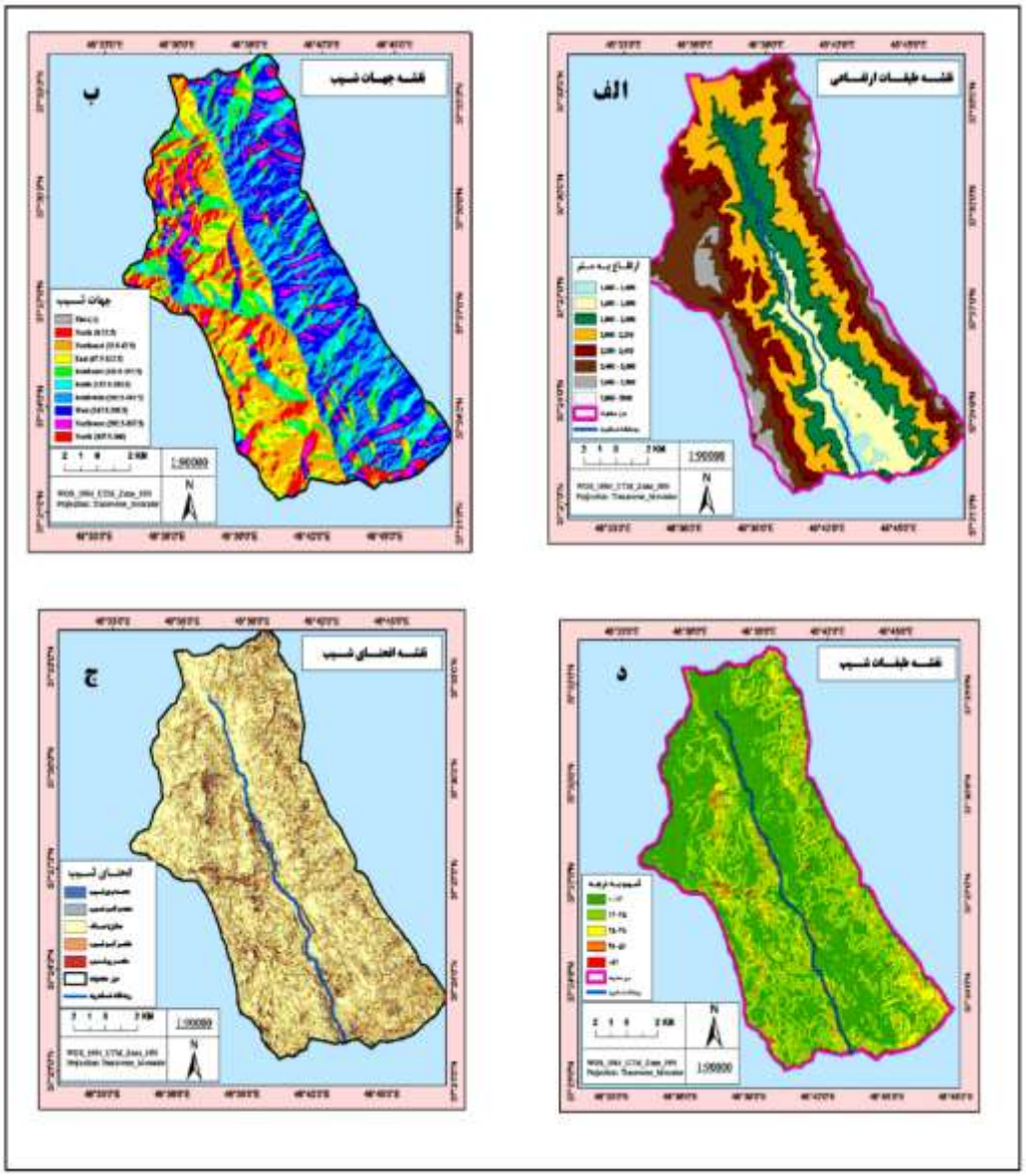
جدول ۲- اطلاعات طبقات شیب حوضه

Table 2- Basin Slope Class Information

طبقات شیب (درجه)	میزان شیب	مساحت KM^2	درصد مساحت
۰-۱۲	بسیار کم	۸۳/۳۹	۳٦/۱۲
۱۲-۲۵	کم	۱۱۱/۰٤	٤٨/۰٨
۲۵-۳۸	متوسط	۳۲/۵۷	۱٤/۱
۳۸-۵۱	زیاد	۳/۷	۱/٦
+ ۵۱	بسیار زیاد	۰/۲٤	۰/۱
مجموع		۲۳۰/۹٤	۱۰۰

4- Equal Interval

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ٤: الف) نقشه طبقات ارتفاعی، ب) نقشه جهت شیب، ج) نقشه انحنای شیب، د) نقشه شیب

Figure 4: (a) Elevation map, (b) Slope map, (c) Slope curve map, (d) Slope map

عامل زمین‌شناسی: نفوذپذیری ارضی و میزان نفوذ آب در تشکیلات سطحی و سنگ‌های مختلف، تابع ویژگی‌های ساختمان سنگ و به‌خصوص میزان تخلخل، درز و شکاف و شکستگی‌های سنگ بستر است. برای مثال توده‌های گرانیتی یا بازالتی فاقد خاصیت نفوذپذیری می‌باشند؛ و تشکیلات آبرفتی که هنوز مرحله دیاژنز را نگذرانده‌اند، دارای نفوذپذیری متوسط تا خوب می‌باشند (Asghari, Mogadam and Mohammad, 1999: 47). در کل سنگ‌شناسی منطقه و خاک حاصل از آن تا حدود زیادی تعیین کننده شدت و ظرفیت نفوذپذیری بوده و رواناب را تحت تاثیر قرار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌دهد (Yamani and Enayati, 2005: 49). نقشه سنگ‌شناسی منطقه بر اساس تفکیک واحدهای سنگی مختلف از روی نقشه زمین‌شناسی ماسوله و خلخال با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد. شکل (۵ الف). همان‌طور که مشاهده می‌شود خطر سیل در قسمت‌های شمال‌شرقی، جنوب‌شرق و شمال‌غربی زیاد است که شامل سنگ‌های آندزیتی و بازالت است. چون این سنگ‌ها مقاوم هستند و نفوذناپذیر می‌باشند.

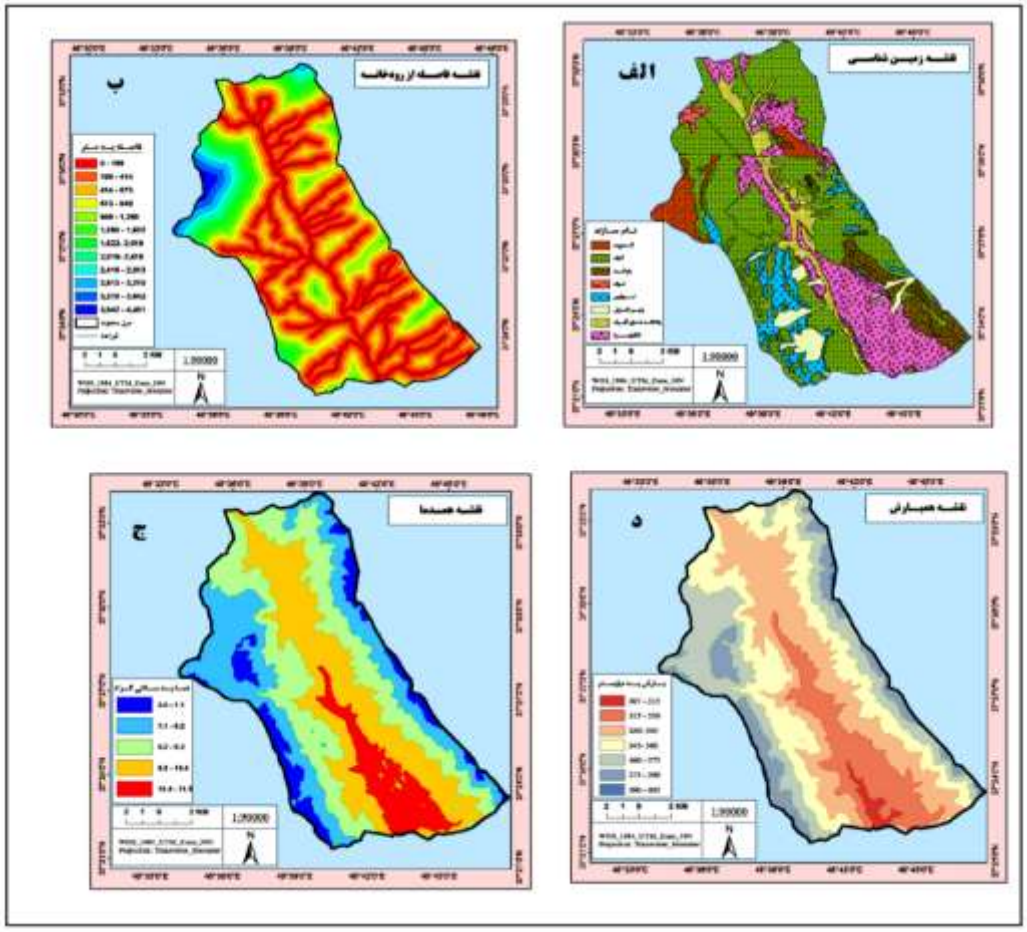
فاصله از شبکه رودخانه: شبکه رودخانه به مجموعه آبراهه‌های گفته می‌شود که در سطح حوضه عمل تخلیه‌ی جریان‌های سطحی را انجام می‌دهند (Alizadeh, 2009: 466). در بحث فاصله از رودخانه، تمام شبکه آبراهه‌ای واقع در سطح حوضه که برحسب سیر تکاملی به شکل رتبه‌هایی بیان می‌گردد و از آبراهه رتبه ۱ تا رتبه N می‌تواند متغیر باشد نقش و اهمیت یکسانی در پتانسیل وقوع سیل ندارند و تنها فواصل و حریم‌هایی از آبراهه‌های اصلی حوضه است که می‌تواند به‌عنوان عامل تاثیر گذار مطرح باشند. از این‌رو در تحقیق حاضر نقشه فاصله از آبراهه با استفاده از تابع Distance در نرم‌افزار GIS تهیه شد (شکل ۵ ب). این لایه فاصله هر بخش از حوضه با آبراهه را بر حسب متر نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه هر چه مناطقی به آبراهه‌ها نزدیک‌تر باشد امکان تخلیه رواناب حاصل از بارندگی راحت‌تر است اما با افزایش فاصله از آبراهه‌ها تخلیه رواناب نیز مشکل‌تر صورت می‌پذیرد. از طرفی نزدیکی به آبراهه‌ها به‌ویژه آبراهه اصلی احتمال وقوع سیلاب در اثر سرریز شدن جریان‌های خارج از توان انتقال بستر رود را افزایش می‌دهد؛ بنابراین نزدیکی به آبراهه موجب افزایش خطر سیل‌گیری و دوری از آبراهه موجب افزایش خطر سیل‌خیزی و بلعکس می‌گردد.

دما: دما یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است. مطالعات هیدرولوژیکی یک حوضه آبریز باید شامل بیلان حرارتی آن نیز باشد (Ostadi, 2014: 101). عامل دما و تغییرات آن می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر مهم در ایجاد سیل و رواناب ثاثیرگذار باشد. به این شکل که با افزایش ناگهانی دما، برف دامنه‌های پشت به آفتاب که در طول فصل سرما ذوب نشده است، می‌تواند با شکل ناگهانی ذوب شوند و این کار علاوه بر این‌که باعث اشباع شدن زمین به جهت نفوذ آب در زمین می‌شود زمینه را برای تولید رواناب فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر با استفاده از معادله گرادیان دما که براساس آمار اداره هواشناسی استان اردبیل برای ایستگاه سینوپتیک خلخال در دوره آماری ۱۳٦٦-۱۳۹٤ به‌دست آمده بود نقشه هم دمای منطقه تهیه گردید.

$$T = - 0.0039 \times H + 17.269$$

در رابطه فوق T میزان دما و H میزان ارتفاع را نشان می‌دهد. براساس (شکل ۵ ج) تغییرات دمایی در سطح حوضه از ۵/۵ درجه سانتی‌گراد در مناطق مرتفع تا ۱۱/۵ درجه در نواحی پایین‌دست حوضه در نوسان است و این وضعیت نشانگر اختلاف ٦ درجه‌ای دما در خروجی حوضه با ۱٤٦۰ متر ارتفاع و نواحی بالادست حوضه با ارتفاع ۲۹۰۰ متری است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: الف) نقشه زمین‌شناسی، ب) نقشه فاصله از رودخانه، ج) نقشه هم‌دما و د) نقشه هم‌بارش

Figure 5: a) geological map, b) river distance map, c) isothermal map and d) isotherm map

بارش: بارندگی را می‌توان مهم‌ترین عاملی دانست که به‌طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد (Alizadeh, 2009: 156). هر گاه شدت بارش از ظرفیت نفوذ آب در خاک بیش‌تر باشد منجر با ایجاد رواناب در سطح زمین می گردد. قطعاً اگر بارندگی اتفاق نیافتد سیلی ایجاد نمی‌شود، پس ایجاد سیل در درجه اول به بارش وابسته است (Asghari Mogadam and Mohammad, 1999: 29). در تحقیق حاضر به‌منظور استخراج نقشه هم‌بارش، همبستگی متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی به ازای ارتفاع همان ایستگاه در محیط نرم‌افزار Exell به‌صورت خطی مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه به معادله گرادیان بارش به شرح زیر پیشنهاد گردید:

$$P = 0.06 \times H + 219.99$$

در رابطه فوق P مجموع بارش سالانه به میلی‌متر و H ارتفاع به متر می‌باشد. تهیه نقشه هم‌بارش منطقه مورد مطالعه با استفاده از این معادله و نقشه ارتفاعی منطقه صورت پذیرفت. بر اساس (شکل ۵ د)، مناطق کم ارتفاع بارش کم‌تر به

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

میزان ۳۰۷ تا ۳۱۵ میلی‌متر در سال و مناطق مرتفع‌تر بارش بیش‌تر به میزان ۳۹۰ تا ٤٠٥ میلی‌متر دریافت می‌کند. این در حالی است که متوسط بلندمدت بارش سالانه در حوضه در حدود ۳٦٦ میلی‌متر می‌باشد.

شماره منحنی (CN): شماره منحنی رواناب، یک پارامتر تجربی برای پیش‌بینی مقادیر رواناب و نفوذ به دنبال یک بارش است. شماره منحنی رواناب توسط سازمان حفاظت از منابع طبیعی آمریکا که SCS نامیده می‌شود، به‌وسیله‌ی آزمایش‌های تجربی محاسبات رواناب و مانیتورینگ شیب توپوگرافی حوضه‌های کوچک توسعه یافته است. شماره منحنی رواناب بر مشخصات هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی و وضعیت پوشش گیاهی یک منطقه استوار است (Alizadeh, 2009: 501-504). نقشه CN محدوده مورد مطالعه با تلفیق نقشه کاربری اراضی، نقشه پوشش گیاهی، نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک، نقشه Fill Sinks و جدول اطلاعات توصیفی موسوم به CN Lookup Table، تهیه شد (شکل ٦ الف). لازم به توضیح است که فرآیند تلفیق نقشه با استفاده از الحاقیه HEC–Geo HMS 10 در قالب نرم‌افزار Arc GIS 10 انجام پذیرفت. در نقشه CN، شماره منحنی بالا به معنای رواناب بیش‌تر و نفوذپذیری کم‌تر است، در حالی که شماره منحنی پایین، نشان دهنده رواناب کم‌تر و نفوذپذیری بالا می‌باشد (Alizadeh, 2009:510). از این‌رو در مناطق مرکزی حوضه که از سازندهای نفوذپذیر تشکیل شده است و متعاقب آن پوشش گیاهی مناسب دارد، شماره منحنی پایین و مناطق جنوب‌شرق حوضه که نفوذناپذیر است و در نتیجه رواناب بیش‌تری تولید می‌شود به همین دلیل شماره منحنی بالا می‌باشد.

کاربری اراضی: کاربری اراضی یکی از شاخص‌های اصلی در وقوع سیلاب و پهنه‌بندی خطر آن در یک ناحیه می‌باشد. کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب از جهات مختلفی تاثیر می‌گذارد. مثلاً از بین بردن پوشش گیاهی و یا تغییر در نوع و نحوی کشت و کار گیاهانی تلفات برگ آبی زیادی ندارند سبب افزایش حجم جریان و فزونی بده سیلاب می‌گردد (Asghari, Mogadam and Mohammad, 1999: 83). با توجه به (شکل ٦ ب)، بیش‌تر مناطق حوضه از مراتع متراکم تشکیل شده و پوشش جنگلی از نوع تنک، کم‌ترین منطقه را شامل می‌شود. در مناطق با پوشش مرتعی نیمه متراکم و کاربری زراعی به دلیل لخت‌تر بودن زمین، ضریب نفوذ کم و میزان تولید رواناب بیش‌تر می‌باشد.

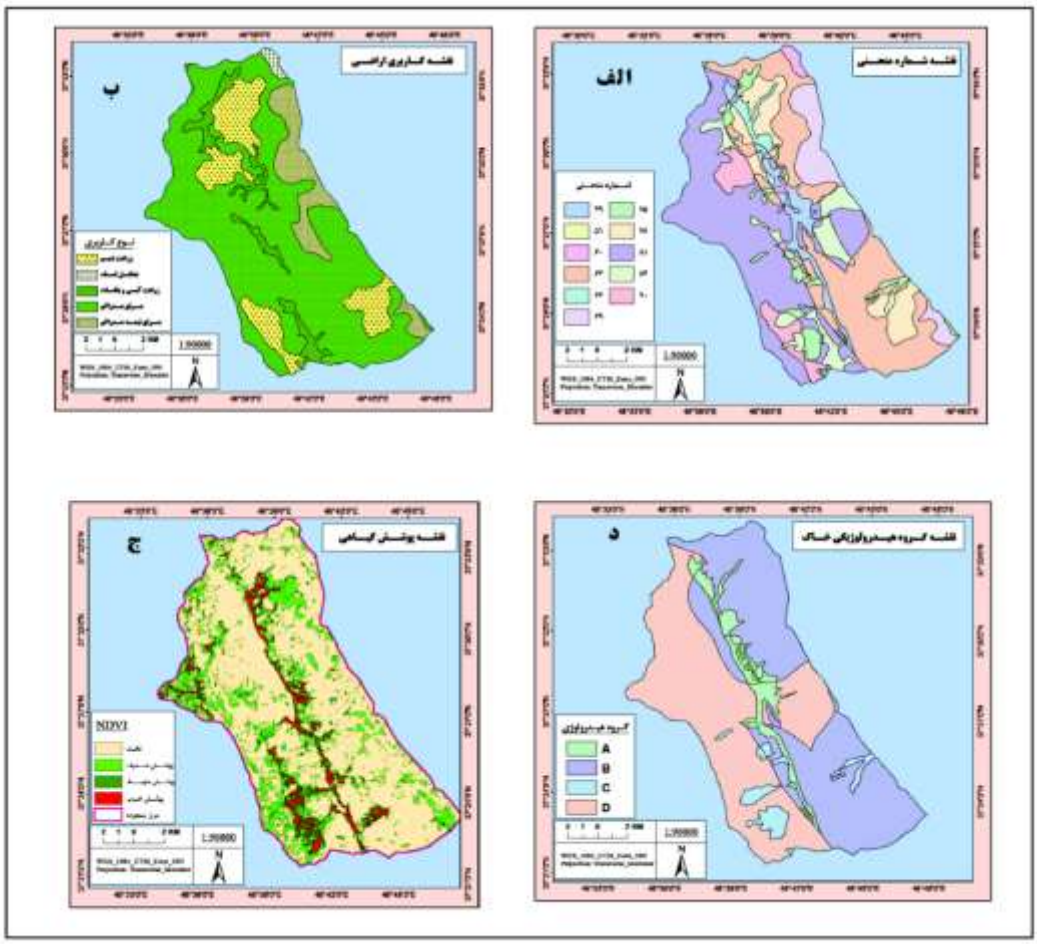
عامل پوشش گیاهی: تراکم پوشش گیاهی از لایه‌های است که از طریق آن وضعیت حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی بررسی می‌شود و تاثیر آن در رواناب در به‌دست آوردن شماره منحنی مستقیم است. در مورد سیل‌خیزی نیز باید اشاره کرد که هرچه تراکم گیاهی و تاج گیاهان در منطقه‌ای زیاد باشد رواناب در برخورد با این موانع سرعت خود را از دست می‌دهد و در نتیجه تأخیر در تمرکز جریان آن بخش از حوضه صورت می‌گیرد (Ghanawati et al., 2014: 77). نقشه تراکم پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل مهم و اثرگذار در تهیه نقشه CN اهمیت زیادی دارد. این نقشه با استفاده از تصویر سنجنده OLI لندست ۸ (۲۰۱۳) و با استفاده از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک و در قالب شاخص NDVI در محیط نرم‌افزار ENVI تهیه شد (شکل ٦ ج). رابطه (۳) نحوه اجرای این شاخص را نشان می‌دهد.

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)$$ رابطه (۳)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در رابطه بالا NIR یک باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز می‌باشد. مطابق نقشه به‌دست آمده بیش‌تر مساحت حوضه را مناطق فاقد پوشش گیاهی تشکیل می‌دهد و تنها در حاشیه رودخانه اصلی شاهد پوشش گیاهی خوبی هستیم که درصد کمی از مساحت حوضه را شامل می‌گردد.

لایه گروه‌های هیدرولوژیک خاک: با توجه به نقشی که گروه‌های هیدرولوژیک خاک در میزان نفوذ آب و تعیین ضریب هرزآب دارند جزء عوامل تعیین کننده در پتانسیل سیل‌خیزی یک محدوده می‌باشند. این لایه تأثیر خود را در سیل‌خیزی به‌صورت غیرمستقیم در تولید رواناب می‌گذارد. همچنین پس از تولید رواناب نیز با توجه به ویژگی هر یک از گروه‌های هیدرولوژیکی در سرعت جریان رواناب اثر می‌گذارد (Ghanawati et al., 2014: 77). با توجه به (شکل ٦ د) اکثر مناطق محدوده مورد مطالعه از خاک‌های گروه B و D و مناطق محدودی دارای گروه هیدرولوژیکی A و C هستند. میزان نفوذپذیری از گروه A تا D کاهش و به دنبال آن میزان تولید رواناب افزایش می‌یابد. از این‌رو بیش‌تر مناطق نیمه‌غربی حوضه دارای خاک نفوذناپذیر و اکثر مناطق نیمه شرقی دارای خاک‌های نفوذپذیرتر است.



شکل ٦: الف) نقشه CN، ب) نقشه کاربری اراضی، ج) نقشه پوشش گیاهی و د) نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک

Figure 6: (a) CN map, b) Land use map, c) Vegetation map and d) Soil hydrological group map

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

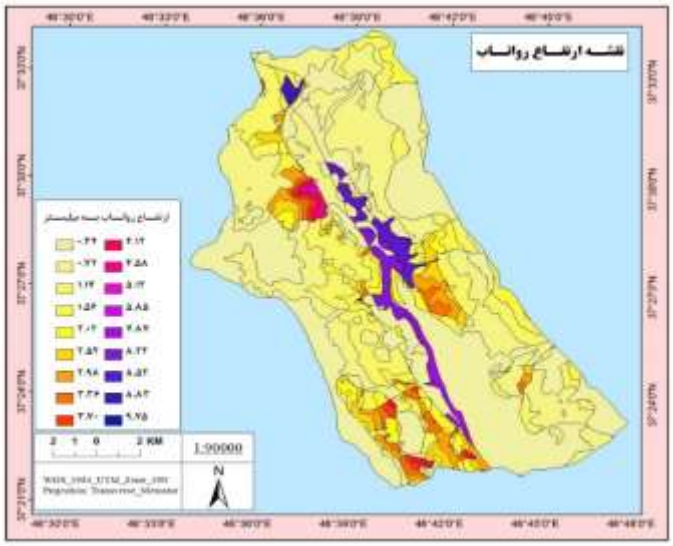
ارتفاع رواناب: رواناب از مهم‌ترین و در واقع اساسی‌ترین موضوع در هیدرولوژی آب‌های سطحی است. هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک بیش‌تر باشد بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوضه باقی می ماند. این آب پس از پر کردن گودی‌های سطح زمین که به آن چالاب گفته می‌شود، در امتداد شیب زمین جریان پیدا می‌کند. از جمله روش‌های معمول در هیدرولوژی روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است که برای حوضه‌های که در آن‌ها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد به‌کار می‌رود. در روش SCS ارتفاع رواناب حاصله از یک بارندگی به‌صورت رابطه (٤) محاسبه می‌شود:

رابطه (٤) $$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)}$$

در این رابطه R ارتفاع رواناب بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی ٢٤ ساعته برحسب اینچ، S عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین است که مقدار آن برابر است با رابطه (٥):

رابطه (٥) $$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

در معادله فوق CN شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می‌باشد (Alizadeh, 2009: 518-520). (شکل ۷)، تغییرات ارتفاع رواناب حوضه (درصدی از بارندگی که در سطح جریان دارد) را برحسب میلی‌متر نشان می‌دهد که از ۰/۳٤ میلی‌متر برای مناطق با نفوذپذیری زیاد تا ۹/۷۵ میلی‌متر برای مناطق نفوذناپذیر در نوسان است.



شکل ۷: نقشه ارتفاع رواناب منطقه مورد مطالعه

Figure 7: Runoff elevation map of the study area

استانداردسازی و ارزش‌گذاری نقشه‌های معیار در قالب عضویت در مجموعه‌های فازی: معیارهای مورد استفاده در فرآیند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند نفوذپذیری در مورد سازندهای زمین‌شناسی و مقیاس میلی‌متر، در اندازه‌گیری بارش) نمی‌توان عملیات ریاضی همچون جمع و تفریق را بر روی آن‌ها به انجام رسانید و نقشه‌های مختلف را با هم تلفیق کرد از این برای رفع این مشکل نقشه در قالب

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عضویت در مجموعه فازی، در نرم‌افزار ادریسی فازی سازی می‌شوند (Gholami, 2011: 53). در تحقیق حاضر، مرحله مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توام و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجه تعلق در یک مجموعه فازی را می‌توان با شماره‌ای که دامنه آن بین مقادیری چون ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ قرار دارد، تعیین کرد (Ashor, 2011: 154). در تحقیق حاضر با استفاده از امکاناتی که در تابع FUZZY از نرم‌افزار IDRISI Selva وجود دارد برای استانداردسازی نقشه‌ها استفاده شد. همچنین برای استانداردسازی تغییرات از درجه عضویت در دامنه ۰ تا ۱ استفاده شد.

تعیین وزن نقشه‌ها: با وجود تنوع تکنیک‌های تعیین وزن، روش مقایسه زوجی به دلیل امکان مقایسه دوبه‌دوی اهمیت متغیرها از دقت بیش‌تری برخوردار است (Jahani, 1998:69). بعد از اتمام مرحله مربوط به فازی‌سازی نقشه‌های معیار با استفاده از روش مقایسه زوجی وزن نقشه معیارهای تعیین شد. در پژوهش حاضر مقایسه زوجی و تعیین وزن معیارها، در محیط نرم‌افزارExpert Choic، انجام پذیرفت. (شکل ۸ الف و ب) ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارها را نشان می‌دهد. در تعیین وزن معیارها شاخص پایندگی به میزان ۰/۰٤ محاسبه شده است که دلالت بر سطح قابل قبول شاخص پایندگی و مطلوب بودن مقایسه دوبه‌دو دارد. در وزن نهایی، عامل رواناب، CN و شیب به ترتیب با وزن نهایی ۰/۱٦۸، ۰/۱٥٤ و ۰/۱٤٥ به دلیل تاثیر مستقیم در به راه افتادن سیل بیش‌ترین وزن و عامل فاصله از رودخانه، انحنای شیب و زمین‌شناسی به ترتیب با ۰/۰٦۷، ۰/۰٥۷ و ۰/۰٥۲ به دلیل تاثیر غیرمستقیم و اندک، کم‌ترین وزن را به‌خود اختصاص داده‌اند و سایر فاکتورها ما بین این عوامل قرار دارند.



شکل ۸: الف) ماتریس مقایسه دوبه‌دو و ب) وزن نهایی معیارهای مورد استفاده

Figure 8: a) pairwise comparison matrix and b) final weight of the criteria used

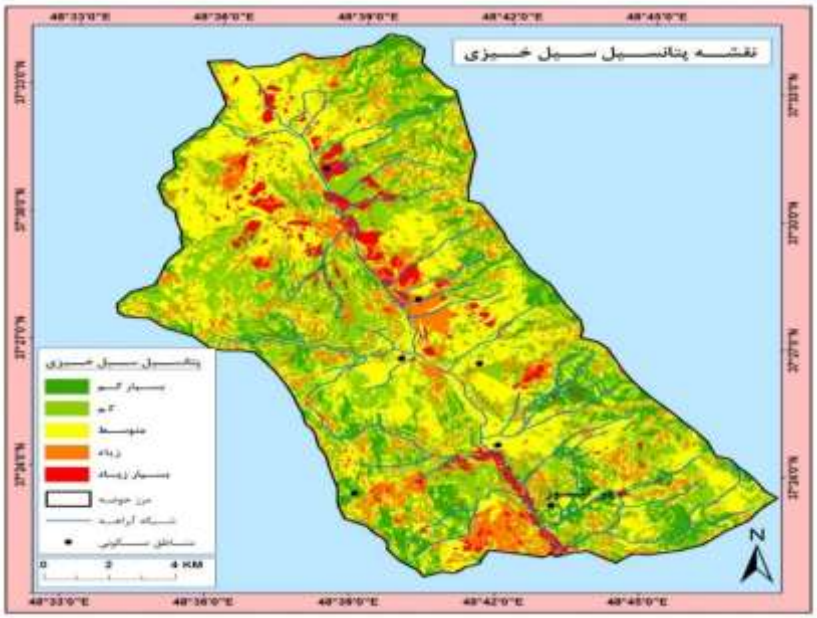
پس از فازی سازی نقشه‌ها و مشخص شدن وزن هر یک از فاکتورها، برای تعیین پهنه‌های سیل‌خیز، لایه‌های فازی-سازی شده با توجه به رابطه زیر و در قالب روش ترکیب خطی وزنی (WLC[5]) در محیط نرم‌افزار Arc GIS، با استفاده از تحلیل‌گیر Raster Calcolator با یکدیگر تلفیق شدند و نقشه پتانسیل سیل‌خیزی برای حوضه به‌دست آمد (شکل۹).

5- Weighted Linear Combination(WLC)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Foolding=[(Geology*.052)+(Slop*.145)+(Runoff*.168)+(Distance of River*.067)+ (Elevation*.098)+ (Temprature*.084)+(CN*.154)+(Rian*.103)+(Aspect*.070)+(Profile*.057)]

نقشه به‌دست آمده از مدل، با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی در پنج کلاس طبقه‌بندی شدند. براساس نقشه به‌دست آمده از مدل نواحی مرکزی، شمال‌غرب و جنوب و جنوب‌غرب حوضه در پهنه‌های با پتانسیل بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند. بررسی لایه‌های به‌کار رفته در پهنه‌بندی، نشان می‌دهد که این مناطق از لحاظ ارتفاع، شیب، ارتفاع رواناب، CN، فاصله از رودخانه، جهت شیب، کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک در شرایطی هستند که پتانسیل بالایی به جهت سیل‌خیزی دارند. همچنین با بررسی لایه‌ها مشخص شد، مناطقی که ارتفاع رواناب کم‌تر، CN پایین‌تر، شیب مطلوب، سازندها و خاک نفوذپذیر دارند، پتانسیل کم‌تری به جهت سیل‌خیزی دارند.



شکل ۹: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه شاهرود

Figure 9: Map of flood potential of Shahroud basin

براساس (جدول ۳)، ۵/۱۳ درصد از مساحت حوضه دارای پتانسیل سیل‌خیزی بسیار زیاد و ۱٤/٦۲ درصد مساحت حوضه نیز دارای پتانسیل زیاد به جهت سیل‌خیزی است. در این بین مناطق با پتانسیل متوسط سیل‌خیزی، بیش‌ترین مساحت حوضه را شامل می‌شود که وسعتی معادل ۹۲/۸۹ کیلومترمربع دارد. پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی کم و بسیار کم نیز به‌ترتیب ۲۸/۱٤ و ۱۱/۸۹ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند. وقوع سیل‌های ویرانگر متعدد در محدوده مورد مطالعه از جمله سیل تیرماه ۹۱ و مناطقی که در این سیل متحمل خسارت شدند و مقایسه این مناطق با مناطقی که در نقشه نهایی به‌عنوان مناطق با پتانسیل بالای سیل‌خیزی مشخص شده‌اند، در ارزیابی نهایی این نکته را روشن می‌سازد که پژوهش فوق و نقشه نهایی به‌دست آمده از آن تا حدود زیادی می‌تواند در مشخص کردن مناطق مستعد آسیب جدی در برابر خطر سیلاب موثر واقع شود. از این‌رو می‌توان با استناد به نتایج این پژوهش در کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از سیلاب رویکردی پیشگیرانه را در مدیریت بحران محدوده مورد مطالعه به‌کار بست.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- اطلاعات مربوط به پهنه‌های سیل‌خیزی

Table 3- Information on flood zones

	طبقات	مساحت (KM^2)	درصد مساحت
پتانسیل سیل خیزی	بسیار کم	۲۷/٤٦	۱۱/۸۹
	کم	٦٤/۹۹	۲۸/۱٤
	متوسط	۹۲/۸۹	٤۰/۲۲
	زیاد	۳۳/۷٦	۱٤/٦۲
	بسیار زیاد	۱۱/۸٤	۵/۱۳
	مجموع	۲۳۰/۹٤	۱۰۰

نتیجه‌گیری

برای پیشگیری اعمال تخریبی برخی از فرایندهای مورفولوژیکی، یا به حداقل رساندن توان تخریبی آن‌ها مطالعات ژئومورفولوژی لازم است. کارهایی مانند ارزیابی میزان خسارت احتمالی و محدود کردن نقش فرآیندهایی که امکان وقوع حوادث وخیم به‌وسیله آن‌ها وجود دارد از کارهای ضروری به‌شمار می‌رود. همان‌طوری که نقشه (۹) نشان می‌دهد، مناطق پست و کم‌شیب حوضه در اطراف رودخانه، شمال‌غرب و جنوب‌غرب حوضه دارای بیش‌ترین پتانسیل سیل‌گیری می‌باشند و عمدتاً با زمین‌های پست کناری رودخانه، سازندهای با نفوذپذیری کم و پوشش گیاهی تنک مشخص می‌شود. با توجه به شکل (۹) که بیش‌تر پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی بسیار زیاد و زیاد را در مناطق اطراف رودخانه شاهرود نشان می‌دهد، مسئله‌ی مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد، حفظ حریم سیل برای رودخانه شاهرود است در غیر این صورت با توجه به این شکل، جاری شدن هر سیلی در نواحی اطراف رودخانه می‌تواند منجر به بروز تلفات جانی و خسارت مالی شود. همین‌طور جلوگیری از هر نوع تجاوز در حریم رودخانه، تغییر کاربری و از بین بردن پوشش گیاهی تا با حفظ وضع موجود با یک برنامه‌ریزی مناسب در شرایط مناسب در راستای بهبود شرایط اقدام کرد. برای بهبود شرایط، باید الزامات اقتصادی و زیست‌محیطی مد نظر قرار گیرد. در این راستا چون تغییر و بهبود پارامترهای اقلیمی مهم و تأثیرگذار در افزایش پتانسیل سیل‌خیزی همچون بارش رگباری امکان‌پذیر نیست از این‌رو باید روند اصلاحی و بهبود وضعیت حوضه، معطوف به سایر عوامل موثر از جمله پوشش گیاهی، کاربری اراضی و ... باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Abedini, M and Beheshti Javed, I., (2018), "Assessment of Flood Status and Flooding of Ligwanachai Watershed Using Combined Model of Network-Analysis Process and Fuzzy Logic", ***Quantitative geomorphology research***, 11: 79-162. [In Persian].
- Abedini, M., Fathi Jokdan, R., (2016), "Zoning of flood risk in Karganrood catchment using Arc GIS", ***Journal of Hydro geomorphology***, 7: 17-1. [In Persian].
- Abbaszadeh Tehrani, N., Makhdoum, M., Mahdavi, M., (2010), "Investigating the impacts of land Use changes on flood rate using remote sensing and geographic information system (GIS) study area: Madar So watershed", ***Journal of environmental research***, 1 (2): 78. [In Persian].
- Ebrahimi, P., Soleimani, K., Shahedi, K., (2013), "Investigation of land use change and its Role on flood zones using GIS and RS Neka rood case study", ***Journal of watershed management engineering and management***, Issue 2: 73-67.
- Alizadeh, A., (2009), "***Principles of Applied Hydrology***", Astan Ghods Razavi Publications.
- Ardebil Province, Department of Natural Resources (Engineering and Studies Unit), Land and Soil Data .Landsat Satellite Image 8 Year 2013 OLI Sensor. [In Persian].
- Ardebil Provincial Meteorological Department, Long Term Climate Data, Khalkhal Rezvanshahr. [In Persian].
- Asghari, M, and Mohammad, R., (1999), " physiscal Geography of the City of Climate - Water Flooding in Urban Planning, First Edition, Tehran, ***Islamic Azad University, Central Tehran Branch***, p. 201. [In Persian].
- Ashor, H., (2011), "Investigation and analysis of the propportion and Attractions of Amal Industrial Town in the Sit-selection of Industrial Units", ***MSc in physiscal Geography, University of Mohaghegh Ardabili***. [In Persian].
- Azizah, A., Mazlan, H., (2014), "Chang detection of runoff-urban growth relationship in urbanized watershed. 8th Internatial symposium of the Digital Earth (ISDE8). IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 18 (1) DOI: 10.1088/1755-1315/18/1/012040
Earth and Envirnoment Science.
- Ebrahimi, P., Soleimani, K., Shahedi, K., (2013), "Investigation of land use change and its role on flood zones using GIS and RS: Case study of Neka rood, ***Journal of Engineering and watershed management***, 2: 67-73. [In Persian].
- Ghanawati, E., Saffari, A., Beheshti Javid, I., (2014), "Flooding potential zoning using integration of CN and AHP hydraulic model in GIS: Case study: Balikhlu river basin, ***Quarterly Journal physiscal geographical research***, 25: 67-80.
- Gholami, Abdol, W., (2011), "Application of MCDM Techniques in Designing and Prioritizing Appropriate Options for Recycling and Landfilling of Municipal Waste (Case Study: Shiraz), Msc of Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili. [In Persian].
- Gilbert,C., Gouy, C., Rosenthal, U., Hart, P., (1998), "Flood management in France, Flood response and crisis management, PP 15-56.
- Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., Rahmatullah, J., (2012), "Techniques of remote sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: a case study of Sindh province, Pakistan", ***The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science***, 15 (2): 135-141.
- Hawkins, R. H., (1980), "Sit selection and curve numders", Proceeding of symposium on watershed management, ASAE, Littleton, co.USA.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Jahani, A., (1998), "***Satellite information capabilities and geographic information system in land evaluation studies case study of Taleghan basin***", Tarbiat Modares university. [In Persian].
- Karam, A., Farzaneh, D., (2012), "Flood zoning, flood estimation and evaluation of the efficiency of surface water extraction channels in urban basins (Case study: Abshoran basin in Kermanshah)", ***physiscal geography quarterly***, fifth year, 16: 37-54. [In Persian].
- Lajvardi, M., Khalid, S., Sattari., (2013), "Flooding potential mapping of Mardegh Chay (East Azarbaijan) basin**, *Journal of geography and planning***, 17 (44): 109-125 .
- Liang, S., Mohanty, C.R.C.(1997), "Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning– A Case Study at Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India", ***Journal of Chinese Soil and Water Conservation***, 2 (1): 11-20.
- Loczy, D., Kis, E., Schweitzer, F., (2009), "Local flood hazard assessed from channel morphometry along the Tisza River in Hungary", ***Geomorphology***, 113: 200-209.
- Mahdavi, M., (1997), "Investigation of economic, social and environmental impacts of flood damage, special workshop on river flood control", ***Iranian hydraulic association***.
- Mahdavi, M., (2007), "***Applied hydrology***", volume 2, Tehran, Tehran university press.
- Maleki, A., Hassadi, H, Pirozi Nejad, N., (2014), "Investigation of hydraulic behavior of Radavar basin floods using statistical analysis methods, SCS model and river vector crossing", ***Journal of geography and development***, Issue 34: 120-109. [In Persian].
- Malekian, A., Oftadgani Khodani, A., Ashourinejad, G., (2012), "Potential of flood zoning of Akhtarabad watershed using fuzzy hierarchical analysis method", ***physiscal geography research***, 4: 152-131. [In Persian].
- Mohammadi, H., Panahi, A., (2006), "Estimation of runoff using SCS and GIS in Ghale Chay watershed (East azarbaijan province)", ***Iranian journal of geographical association***, New Period of 10 and 11 Autumn and Winter, 109-123. [In Persian].
- Muhammad, Ajmal., Geon-woo, Moon., Jae-hyun, Ahn., Tae-woong, Kim., (2015) Investigation of SCS-CN and its inspired modified models for runoff estimation in South Korean watersheds, ***Journal of Hydro-environment Research***, 9 (4): 592-603
- Ostadi, E., (2014), "Analysis of flood potential in Meshkinshahr city using OWA method", MSc thesis, Department of physiscal Geography, Mohaghegh Ardabili University, Ardebili.
- Sheikh, Alishahi, N,, Jamali, A., Akbar, H., Naghouti, M., (2016), "Flood zoning using river analysis hydraulic model (Case study: Manshad basin, Yazd province), ***Geographical Space Journal***, 53: 77-96. [In Persian].
- Thilagavathi, C., Tamilenthi, S., Ramu, C., Rajagopalan, B., (2011), "Application of GIS in flood hazard zonation studies in Papanasam, Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu, Dept of Earth Sciences, Tamil University, Thanjavur, TN, India, ***Advanced of applied science research***, 2 (3): 574-585.
- Topographic maps 1: 50000 Chlor-Khalkhal and geological maps 1: 100,000 Khalkhal Rezvan Shahr. [In Persian].
-Yamani, M., Enayati, M., (2005), "Relationship between basin geomorphological Properties and flood ability (Analysis of flood data through geomorphological comparison of the Fasand and Behjat Abad Basins)", ***Journal of Research Geographical***, 54: 47- 57. [In Persian].
- Zhi-H, Li-D C, Nu-F, De-F, Chong-F., (2009), "Research of the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the three Gorges Area, China", ***Catenan***, 77: 1-7.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]