پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS مطالعه موردی: حوضه رودخانه بالخلو

عزت اله قنواتی*
دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران
امیر صفاری
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران
ابراهیم بهشتی جاوید
دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی
اسماعیل منصوریان
کارشناس ارشد ژئومورفولوژی از دانشگاه خوارزمی

دریافت مقاله : ۱۳۹۰/۹/۱۸ تاییدیه نهایی : ۱۳۹۱/۴/۳۱

چکیده
در این پژوهش به برآورد ضریب رواناب، شناخت عوامل و عناصر موثر در سیل‌خیزی و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز بالخلوچای پرداخته شده است. برای برآورد مقدار رواناب از روش شماره منحنی (CN)، استفاده شده است. برای این منظور ابتدا داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل آمار حداکثر بارش روزانه، نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک و کاربری تهیه و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردید. با تلفیق اطلاعات فوق، در مدل (SCS) نقشه (CN) حوضه، میزان نفوذ (S) و مقدار رواناب (Q) تهیه شد. در نهایت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شش فاکتور در نظر گرفته شده شامل: رواناب، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، شیب، کاربری زمین، تراکم پوشش گیاهی و تراکم زهکشی وزن‌دهی شده و با اعمال وزن لایه‌ها نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه با دوره بازگشت‌های مختلف(۵، ۱۵، ۲۵ و۵۰ ساله) تهیه گردید. نتایج پژوهشی نشان داد که حدود ۴۰ تا ۴۷ درصد مساحت حوضه طی دوره‌های ۵ تا ۵۰ ساله دارای پتانسیل سیل‌خیزی متوسط بوده و ۱۴ تا ۲۴ درصد دارای پتانسیل زیاد می‌باشد.

واژگان کلیدی: **سیل‌خیزی، شماره منحنی (CN)، پهنه بندی، رودخانه بالخلو**

مقدمه

سیل حجم عظیمی از آب است که بیش از دبی متعارف رودخانه باشد. در کشور ما وقوع سیل بیش از آن‌که ناشی از بارش‌های تند باشد در رابطه با برهم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی منطقه می‌باشد(امیدوار، کمال. ۱۳۸۹). مجموعه عواملی در طبیعت هستند که باعث می‌شوند جریان رودخانه از آن حالت طبیعی و تعادل خود

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۸۴۱۳۲۱
E-mail: ezhanavati@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهمترین آنها تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی، درجه اشباع شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذ پذیری حوضه می‌باشد(یمانی، مجتبی و عنایتی. ۱۳۸۴). 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(نیک نژاد، علیزاده، ۱۳۸۵). در مواقعی که رودخانه نتواند رواناب تولید شده در حوضه را به خوبی انتقال دهد شرایطی پیش می‌آید که آب به زمین‌های پیرامونی سرریز می‌شود و سیل رخ می‌دهد. هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی روشی است که با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها و همچنین میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضه را بر اساس توان سیل‌خیزی پهنه‌بندی می‌کند.

با توجه به رژیم بارشی کشور، بارش‌های رگباری و نیز ذوب برف‌های زمستانه پدیده سیل و پیامدهای ناگوار آن را در مقیاس‌های مختلف مشاهده می‌کنیم. در منطقه مورد مطالعه بیش از ۴۰ درصد حوضه رودخانه در ارتفاع‌ها سبلان قرار گرفته است که بارش‌هایی تا ۶۰۰ میلی‌متر را دریافت می‌کند. وجود همین امر در محدوده و نیز با توجه به وسعت و توپوگرافی حوضه رودخانه بالخلو که توان تولید بالایی را در تولید رواناب دارد و همچنین تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی، زمینه مناسبی را برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است. قرارگیری روستاها و همچنین زمین‌های کشاورزی در حریم این رودخانه و از همه مهم‌تر عبور آن از شهر اردبیل در انتهای حوضه لزوم بررسی اجمالی در رابطه با تولید رواناب در منطقه را توجیه می‌کند.

روش‌های مختلفی برای تعین 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 زیرحوضه، داده‌های دورسنجی و GIS می‌باشد. 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 آن‌ها داده‌های اندازه‌گیری دبی وجود ندارد بکار می‌رود. از جمله کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به کار کوتگودا و همکاران در سال (۲۰۰۰) اشاره کرد که با استفاده از تکنیک شماره منحنی و آمار بارش ورودی، جریان‌های سیلابی روزمره را برای سه حوضه در کشور ایتالیا مدل‌سازی آماری کردند. نتیجه پژوهشی نشان داد که استفاده از داده‌های بارش و تکنیک شماره منحنی می‌تواند یک روش پیشنهادی معنی‌دار، کاربردی و امکان‌پذیر برای مدل‌سازی آماری جریان‌های روزانه باشد(کوتگودا و همکاران، ۲۰۰۰). ژی‌هواشی و همکاران در سال ۲۰۰۹ میزان رواناب و کاهش اولیه بارش را برای منطقه‌ای از بیجینگ، با استفاده از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) انجام دادند(ژی‌هواشی و همکاران ، ۲۰۰۹). ساهو و همکاران در سال ۲۰۱۰ پژوهشیی را در ۷۶ حوضه کشاورزی کوچک در کشور امریکا انجام دادند. در این پژوهشی مدل اولیه SCS-CN با سایر متغیرهای موجود مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت یک مدل بهبود یافته‌شده توسط آن‌ها ارائه شد(ساهو و همکاران، ۲۰۱۰). سیناکوندان و همکاران (۲۰۰۳) اقدام به تهیه نقشه خطر سیل برای رودخانه پاری در مالزی نمودند. با توجه به مشاهدات میدانی، آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که (GIS) محیط مناسبی را برای تهیه نقشه خطر سیل ایجاد می‌کند.

از کارهای داخلی نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: زهره مریانجی و معروفی(۱۳۸۴) به بررسی رواناب ناشی از بارش حداکثر ۲۴ در حوضه آبریز قره چای با استفاده از روش SCS و کاربرد در GIS پرداختند(زهره مریانجی و معروفی، ۱۳۸۴). علی نشاط و صدقی در سال ۱۳۸۵ با استفاده از مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا و مدل HEC-HMS میزان رواناب را برای حوضه آبخیز باغ ملک در خوزستان انجام دادند(علی نشاط و صدقی، ۱۳۸۵). حجت کرمی و همکاران برای حوضه رودخانه دوغ در استان گلستان پهنه‌بندی سیلاب دشت را با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی و سامانه

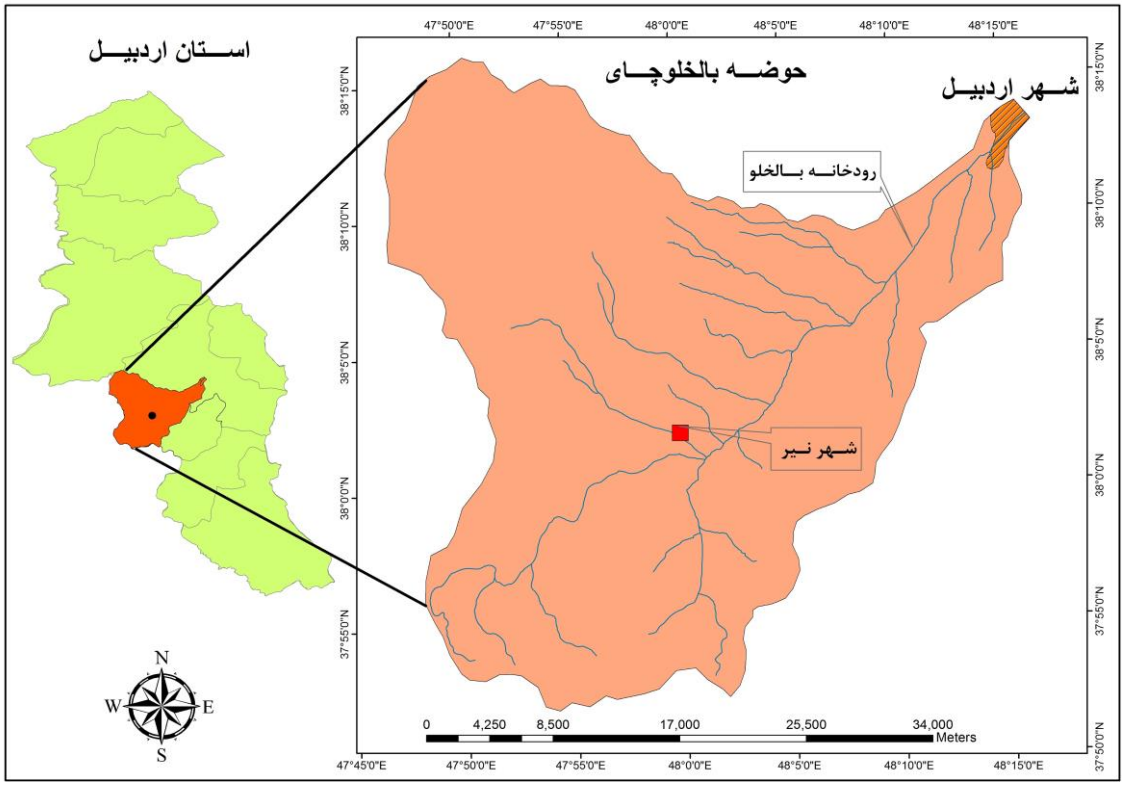
Archive of SID

www.SID.ir

اطلاعات جغرافیایی انجام دادند(حجت کرمی و همکاران.۱۳۸۷). پورخلیل (۱۳۸۳) جهت پیش‌بینی و برآورد سیلاب در حوضه آبخیز نکا از مدل CN استفاده کرد. قنواتی(۱۳۸۲) در راستای شناسایی عوامل مختلف هیدروژئومورفولوژیکی مؤثر در بروز سیل در حوضه رودخانه گاماسیاب،۱۲ متغیر ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی را با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و مدل پیش‌بینی سیلاب حوضه را براساس ۷ متغیر اجرا کرد (قنواتی، عزت‌اله ۱۳۸۲). فرجزاده و نصرتی در سال ۱۳۸۳ از طریق سنجش از دور و GIS پهنه‌بندی قابلیت سیل‌خیزی حوضه رودخانه گاوه را مورد پژوهش قرار داد. نتایج نشان داد که زیر حوضه‌های غربی رودخانه به دلیل زمان تمرکز کمتر، شیب زیاد، پوشش گیاهی ضعیف و نفوذ پذیری کم لایه‌های سطحی، سیل خیزتر از قسمت‌های دیگر حوضه می‌باشد (فرج زاده، منوچهر. نصرتی، عبدا...، ۱۳۸۳).

معرفی محدوده مورد مطالعه

رودخانه بالخلو در استان اردبیل و از زیر شاخه‌های رودخانه قره‌سو می‌باشد. حوضه رودخانه در شهرستان نیر در موقعیت ″۱۶′۱۶ °۴۸ تا ″۴۶′۴۷ °۴۷ شرقی و ″۱۶′۵۲ °۳۷ تا ″۱۶′۷ °۳۸ شمالی قرار گرفته است. مساحت حوضه در حدود ۱۰۹۳ کیلومتر مربع می‌باشد. سر شاخه اصلی آن رودخانه بالخلی است از رودهای فرعی آن می‌توان به نیر چای اشاره کرد. طول رودخانه بالخلو تا نقطه پایاب در ورودی شهر اردبیل ۶۵ کیلومتر می‌باشد. رودخانه بالخلو از گردنه بالخلی در جنوب غربی شهرستان نیر حد فاصل دو رشته کوه «بزقوش» و سبلان سرچشمه گرفته و در نهایت با الحاق به رودخانه «قره سو» در شمال اردبیل تخلیه می‌شود(شکل ۱). از لحاظ زمین‌شناسی منطقه بیشتر تحت تاثیر توده آتشفشانی سبلان و باتولیت بزغوش می‌باشد که با توجه به این امر پوشش سنگی منطقه اغلب از نوع سنگ‌های آتشفشانی و درونی است.



شکل **۱:** موقعیت حوضه بالخلوچای

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در راستای اجرای مدل و انجام پژوهشی از یک سری داده‌های مربوط به اقلیم، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی و پوشش سطحی زمین استفاده شده است. در سیل‌خیزی یک منطقه علاوه بر عامل رواناب پارامترهای فیزیوگرافی زیادی را می‌توان در نظر گرفت که می‌توانند تاثیرگذار باشند. از میان این پارامترها ما پنج عامل را به همراه پارامتر رواناب به عنوان مهمترین عوامل تاثیر گذار در سیل‌خیزی انتخاب و مورد بررسی قرار دادیم این پنج عامل عبارتند از: تراکم زهکشی، شیب، گروه‌های هیدرولویکی خاک، کاربری زمین و تراکم پوشش گیاهی.

لایه شیب

نیم‌رخ طولی رودخانه و شیب حوضه می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد حوضه مانند سرعت حرکت آب، قدرت فرسایشی رودخانه و زمان تمرکز را در اختیار محقق قرار دهد (علیزاده، امین، ۱۳۸۶، ۲۷۷). میزان تخلیه ذخیره از حوضه در رابطه با شیب رودخانه اصلی است. با افزایش شیب، تخلیه آب سریع‌تر صورت می‌گیرد (زاهدی و خطیبی، ۱۳۸۷، ۱۵۷). برای تهیه نقشه شیب منطقه از نقشه‌های توپوگرفی ۱:۵۰۰۰۰ مربوط به سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است به این صورت که پس زمین مرجع و رقومی نمودن نقشه‌ها لایه رقومی ارتفاعی زمین تهیه و سپس از روی آن نقشه شیب حوضه بدست آمد(شکل ۲). در جدول ۱ طبقه‌های شیب و درصد مساحت هر یک از طبقات آورده شده است.

جدول ۱ : طبقات شیب و مساحت آن‌ها

طبقه شیب	۲-۰	۵-۲	۱۰-۵	۱۵-۱۰	۲۵-۱۵	>۲۵	کل
مساحت(km^2)	۱۳۰/۴	۳۱۷/۷	۲۸۴/۵	۱۶۴	۱۵۳	۴۳/۹	۱۰۹۴
درصد مساحت	۱۱/۹	۲۹	۲۶	۱۵	۱۳/۹۹	۴	۱۰۰

همان‌طور که جدول و نقشه نشان می‌دهد بیشترین مساحت حوضه در طبقه دوم قرار دارد که شیب بین ۲ تا ۵ درجه دارد که ۲۹ درصد از مساحت حوضه را در بر گفته است. بیشترین شیب حوضه معمولاً در ارتفاعات و در توده آتشفشانی سبلان است که شیبی تا ۵۵ درجه را دارا می‌باشد.

لایه تراکم زهکشی

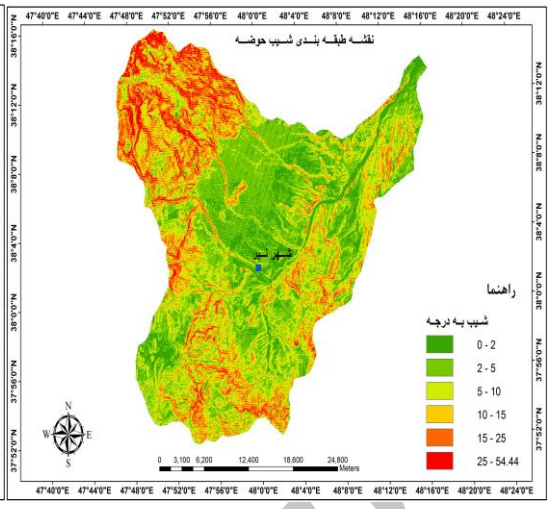
تراکم زهکشی از تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل رودخانه‌های فرعی و آبراهه‌ها به مساحت کل حوضه بدست می‌آید. این شاخص با دبی حداکثر حوضه‌ها همبستگی دارد. میزان تراکم زهکشی در یک حوضه می‌تواند نشان دهنده وضعیت شدت و ضعف رواناب و فرسایش در قسمت‌های مختلف آن باشد. در اینجا ما برای تعیین وضعیت زهکشی حوضه آن را به ۴۴ زیر حوضه تقسیم کرده و تراکم زهکشی را در بخش‌های مختلف آن محاسبه کردیم برای این کار از رابطه ۱ استفاده شده است که در آن Li طول آبراهه‌ها را به کیلومتر و A مساحت حوضه را به کیلومتر مربع نشان می‌دهد. طبق شکل ۳ و محاسبه‌های انجام گرفته تراکم زهکشی در حوضه بین ۰/۴۹ تا ۳/۳۷ کیلومتر در کیلومتر مربع می‌باشد.

$$Dd = \frac{\sum Li}{A}$$

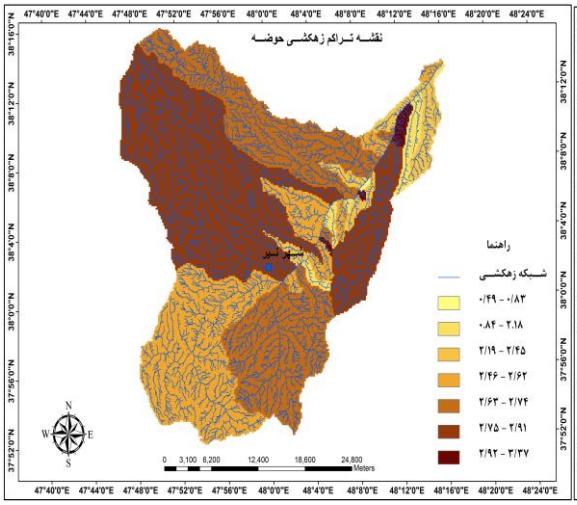
رابطه (۱)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: شیب حوضه



شکل ۳: تراکم زهکشی حوضه

لایه رواناب

جهت برآورد رواناب سطحی از معادله SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) استفاده شده است. این پارامتر شماره منحنی CN نقش مهمی در برآورد رواناب و سیلاب ایفاء می‌کند. به منظور تعیین شماره منحنی حوضه آبریز بالخلوچای به اطلاعاتی از قبیل خاک منطقه، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی و بارش حوضه احتیاج داریم. برای تهیه نقشه کاربری زمین از تصاویر ماهواره‌ای و نیز نقشه کاربری استان اردبیل مربوط به سازمان منابع طبیعی استان استفاده شده-است. شکل ۴ وضعیت حوضه را از لحاظ کاربری نشان می‌دهد. طبق نقشه بیشترین و کم‌ترین مساحت حوضه را به ترتیب کاربری زراعت دیم و کاربری مسکونی به خود اختصاص می‌دهند.

لایه تراکم پوشش گیاهی

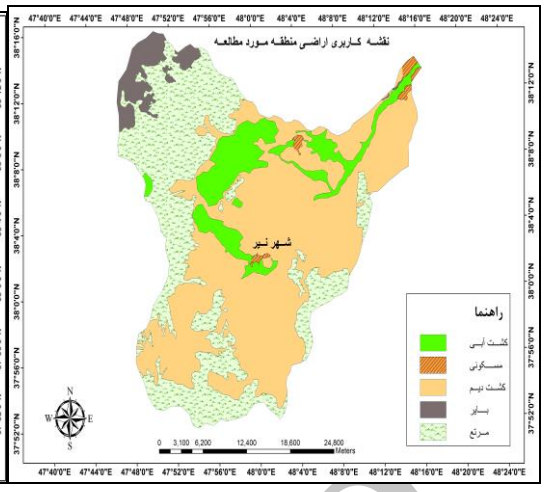
نقشه تراکم پوشش گیاهی به عنوان یک پارامتر تاثیر گذار در تهیه نقشه CN بسیار حائز اهمیت است. در تهیه این لایه از باندهای ۳ و ۴ تصاویر ماهواره لندست(۲۰۰۶) استفاده شده است. در همین راستا شاخص NDVI در محیط نرم‌افزار ArcMAP10 بر روی تصاویر اجرا شد و لایه تراکم پوشش گیاهی به دست آمد(شکل ۵). رابطه ۲ نحوه اجرای این شاخص را نشان می‌دهد.

رابطه ۲ : $NDVI= (NIR- RED)/(NIR+ RED)$

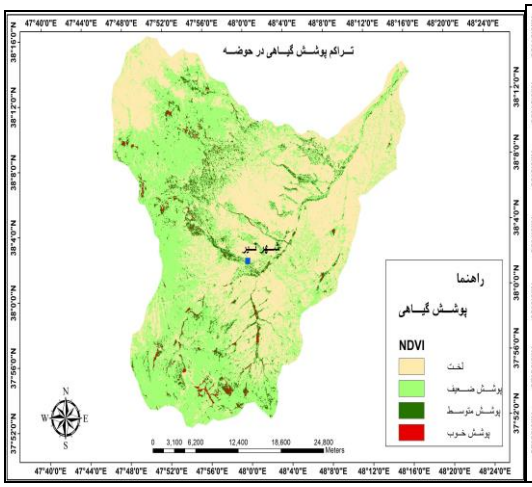
طبق نقشه فوق بیشترین تراکم پوشش گیاهی را مناطق حاشیه رودخانه‌ای و دامنه‌های ارتفاعات دارا هستند و در مناطق مرتفع مثل ارتفاع‌های بالایی سبلان به کمترین مقدار خود می‌رسد.

Archive of SID

www.SID.ir



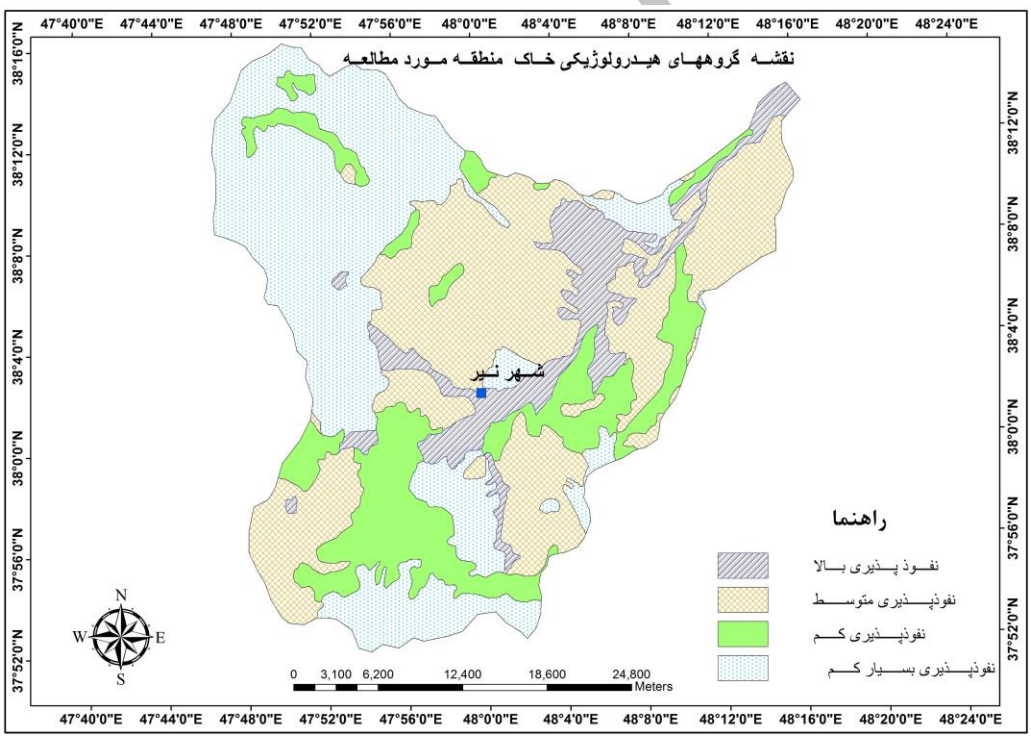
شکل ۴: کاربری زمین



شکل ۵: تراکم پوشش گیاهی در حوضه

لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

برای تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی از اطلاعات مربوط به مطالعات ارزیابی منابع، قابلیت اراضی و خاک‌شناسی مربوط به مطالعات توجیهی حوضه آبریز قره‌سو استفاده شده‌است(نقشه ۶).



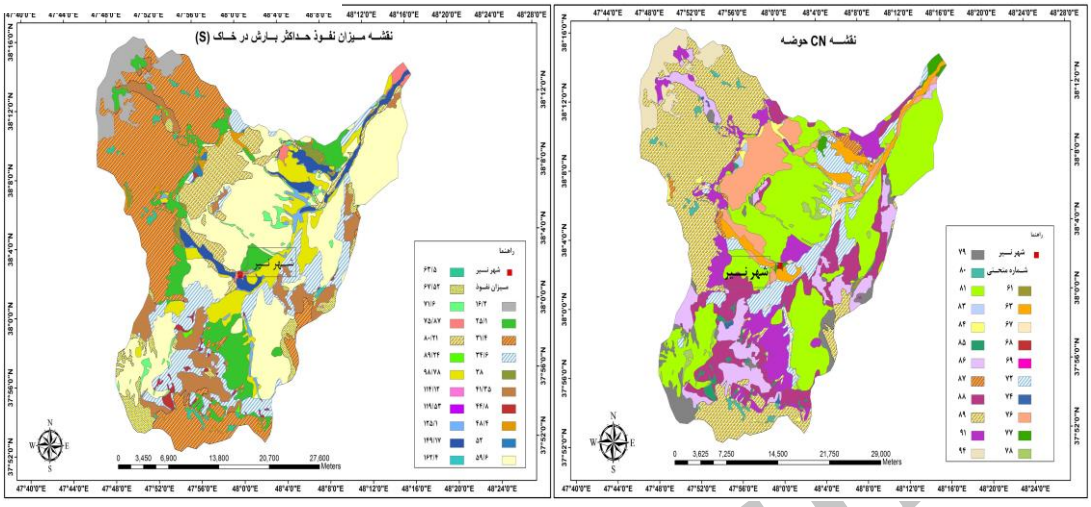
شکل ۶: گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

در نهایت با داشتن سه لایه فوق نقشه CN حوضه تهیه شد(شکل ۷). بعد از این مرحله با استفاده از رابطه ۳ نقشه مقدار نفوذ حداکثر در منطقه تهیه شد این لایه در واقع مقدار بارانی را که در زمین نفوذ می‌کند را نشان می‌دهد. طبق شکل (۸) بیشترین مقدار نفوذ برابر با ۱۶۲/۴ میلی متر مربوط می‌شود به زمین‌های کشاورزی با کشت آبی و باغ‌های که گروه هیدرولوژیکی A را در بر می‌گیرند. در این رابطه مقدار نفوذ را به میلی‌متر CN شماره منحنی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

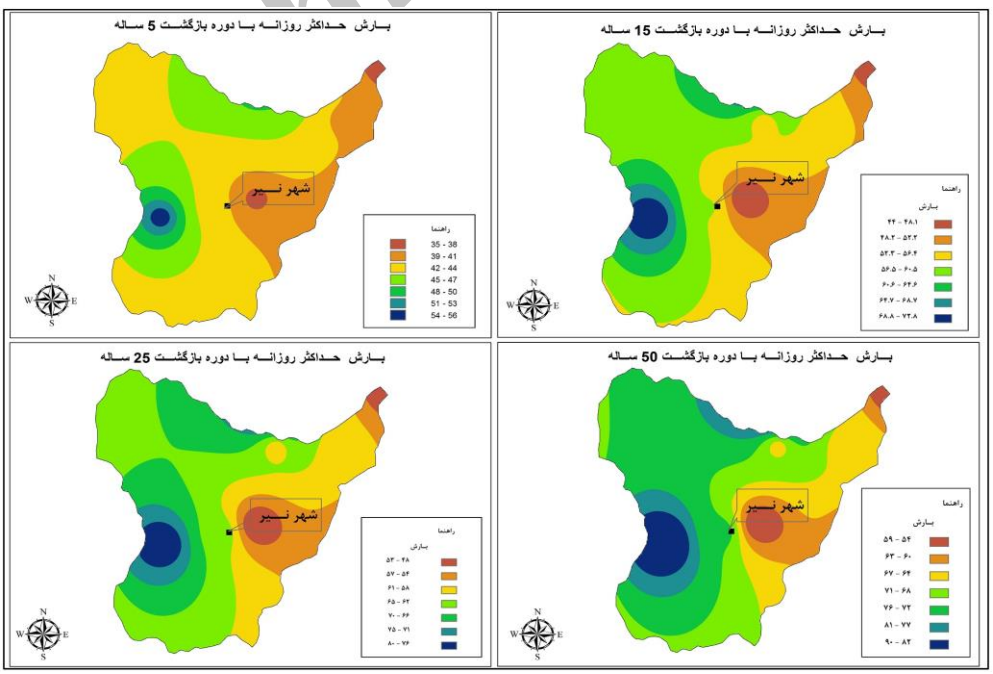
رابطه (۳)

$$s = 25.4(\frac{1000}{CN} - 10)$$



شکل ۷: نقشه CN حوضه **شکل ۸:** نقشه نفوذ نهایی(S)

در گام بعدی پهنه‌های بارشی با دوره‌های بازگشت ۵، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ سال از روی داده‌های مربوط به حداکثر بارش روزانه تهیه شد. برای تهیه این لایه از آمار ۱۰ ایستگاه اقلیمی موجود در منطقه با ۲۶ سال دوره آماری مشترک استفاده شد. پس از انجام آزمون‌های مربوطه در رابطه با همگنی و کفایت داده‌ها مقدار بارش برای دوره‌های بازگشت مورد نظر با استفاده از توزیع گامبل تیپ ۱ تهیه شد که ایستگاه کلور در بین ایستگاه‌ها بیشترین بارش‌ها و ایستگاه باران‌سنجی اردبیل کمترین بارش‌ها را به خود اختصاص داده است. پس از اینکه بارش‌های حداکثر برای دوره‌های بازگشت مختلف تهیه شد در محیط نرم‌افزار Arc map داده‌ها با استفاده از مدل IDW درون یابی شدند چون حداقل خطا در داده‌های باران با توان دوم بود(قهرودی، ۱۳۸۴، ۲۲-۱۶). در نهایت نقشه هم باران با دوره بازگشت‌های مختلف، برای حوضه تهیه شد (شکل ۹).



شکل ۹: نقشه‌های همباران با دوره‌های بازگشت مختلف

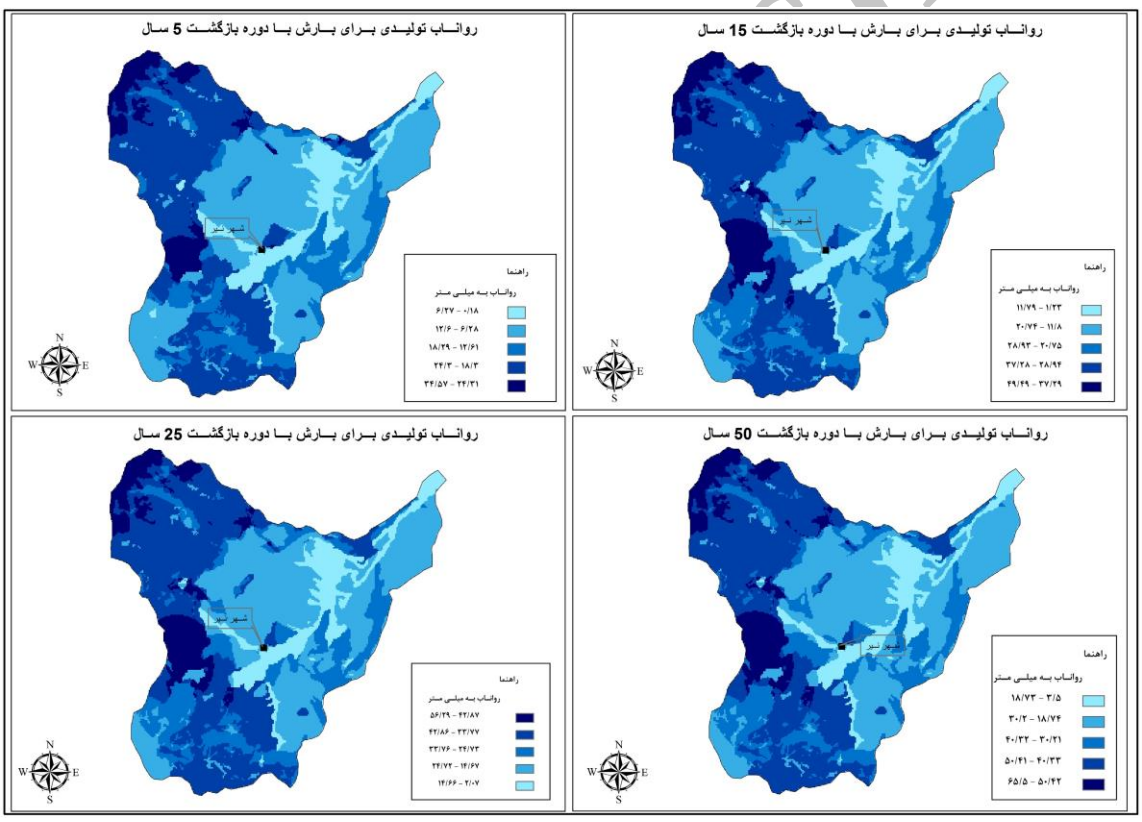
www.SID.ir

طبق نقشه‌ها بیشترین بارشها مربوط به بخش‌های غربی و شمالی حوضه می‌شود که برای دوره‌های بازگشت مختلف بارش متفاوتی را دریافت می‌کنند وکمترین مقدار بارش را جنوب‌شرقی و شرق حوضه دریافت می‌کند. برای اینکه بتوانیم مقدار رواناب تولید شده در هر بخش از حوضه را محاسبه و پهنه‌بندی کنیم از رابطه ۴ استفاده می‌کنیم(مهدوی، ۱۳۸۴، ۱۵۲). در این رابطه P بارش را به میلی‌متر، S مقدار نفوذ را به میلی‌متر و Q مقدار رواناب را به میلی‌متر نشان می‌دهد.

رابطه (۴)

$$Q = \frac{(P-.2S)}{P+.8S})$$

برای این‌کار لایه نفوذ بارش (S) و بارش را با استفاده از رابطه فوق تلفیق کرده و نقشه‌های رواناب با دوره‌های بازگشت مورد نظر را بدست می‌آوریم(شکل ۱۰). با توجه به نقشه بیشترین رواناب تولیدی در منطقه مربوط به نواحی غربی حوضه است که از لحاظ بارشی نیز بیشترین بارش‌ها را دریافت می‌کند. همچنین ارتفاع‌های بالایی سبلان در قسمت شمالی حوضه به دلیل پوشش ضعیف گیاهی و دارا بودن گروه هیدرولوژیکی D، که در بین گروههای هیدرولوژیکی بیشترین رواناب را تولید می‌کند نیز از لحاظ تولید رواناب بیشترین مقدار را دارا است.



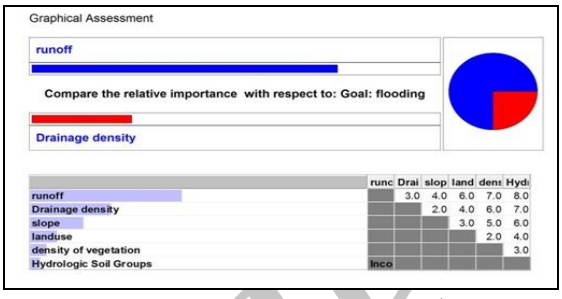
شکل ۱۰: پهنه‌بندی رواناب با دوره‌های بازگشت مختلف

پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی مبتنی بر مدل تصمیم‌گیری چند معیاره(AHP)

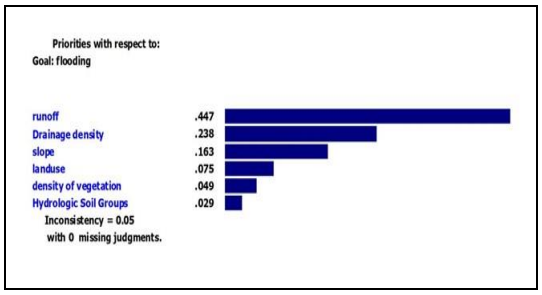
روش به کار رفته برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه مورد مطالعه، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) می‌باشد که یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. برای انجام روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شش معیار مورد نظر در محیط نرم افزار مقایسه دو به دویی و وزن‌دهی شدند. شکل‌های ۱۱ و ۱۲، ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارها را نشان می‌دهد. در بین این لایه‌ها رواناب بیشترین وزن را به خود

www.SID.ir

اختصاص داده است دلیل آن تاثیر مستقیم حجم رواناب در ایجاد سیل است. در بین سایر فاکتورها، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک به دلیل استفاده شدن در تهیه لایه رواناب و همچنین به دلیل آنکه تأثیر مستقیم آن در سیل‌خیزی نسبت به سایر عوامل کم است کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. در رتبه بعدی فاکتورهای ضریب زهکشی و شیب قرار گرفته است که به دلیل تأثیری که در تمرکز رواناب و سرعت آن دارند وزن بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱۱: ماتریس مقایسه زوجی معیارها



شکل ۱۲: وزن هر یک از فاکتورها

پس از وزن‌دهی لایه‌ها، تک‌تک آن‌ها را در محیط GIS طبقه‌بندی کرده سپس بر اساس نظر کارشناسی و مشخصات منطقه به هر یک از طبقات امتیازی از ۱-۰ اختصاص دادیم. این امتیازدهی به خاطر این است که لایه‌های درونی هر معیار از خود رفتار یکسانی را در رابطه با هدف نشان نمی‌دهند. در نهایت لایه‌ها باهم‌دیگر تلفیق شده و نقشه پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی بدست آمد.

لایه رواناب

از مهم‌ترین عوامل موثر در ایجاد سیل حجم رواناب تولیدی در بخش‌های مختلف حوضه است. لایه رواناب برای، حوضه با استفاده از مدل پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و مدل CN در دوره‌های بازگشت مختلف تهیه شد. مقدار رواناب تولیدی با سیل‌خیزی رابطه مستقیمی دارد و صرف‌نظر از سایر فاکتورها هر چه در منطقه‌ای تولید رواناب بیشتر باشد احتمال سیل‌خیزی بالا می‌رود. در نتیجه در وزن‌دهی لایه، کلاس‌های با رواناب بالا وزن بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. جدول ۲ کلاس‌های لایه رواناب را با وزن آن به همراه وزن بدست آمده در AHP نشان می‌دهد.

جدول ۳: امتیازدهی طبقات لایه رواناب

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
رواناب میلی‌متر	۰/۱۸-۷	۰/۱	۰/۴۴۷
	۷-۱۴	۰/۱۵	
	۱۴-۲۱	۰/۲	
	۲۱-۲۸	۰/۲۵	
	۲-۳۵	۰/۳	

لایه تراکم زهکشی

این لایه از لایه‌های تأثیرگذار در سیل‌خیزی است چرا که حوضه‌هایی که تراکم زهکشی بیشتری دارند توان بالایی در تمرکز سریع رواناب داشته و جریان آب را به صورت بهتری انتقال می‌دهند. بنابراین در صورت مهیا بودن سایر شرایط تراکم زهکشی بالا می‌تواند عامل سیل‌خیز بودن یک حوضه باشد. جدول ۴ وزن کلاس‌های لایه تراکم زهکشی را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴: امتیاز طبقات لایه تراکم زهکشی

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
تراکم زهکشی K/Km²	۰/۴۹-۲	۰/۰۵	۰/۲۳۸
	۲-۲/۴	۰/۰۵	
	۲/۴-۲/۵	۰/۱	
	۲/۵-۲/۶	۰/۲	
	۲/۶-۲/۷	۰/۲۵	
	۲/۷-۳/۳	۰/۳۵	

لایه کاربری

در لایه کاربری طبقات بر اساس نوع کاربری که دارند وزن دهی شده‌اند. در لایه کاربری منطقه کاربری‌هایی مثل مرتع، منطقه مسکونی، کشاورزی از نوع دیم و آبی و نیز زمین‌های لخت و بایر وجود دارد. با توجه به تأثیر هر یک از این کاربری‌ها در قدرت و سرعت جریان، به هر کلاس وزنی تعلق می‌گیرد. برای مثال می‌توان گفت زمین‌هایی با کاربری مسکونی به دلیل آن‌که بیشتر دارای سطوح سنگی و آسفالت هستند و نیز سطح صاف و سخت آن‌ها باعث می‌شود که رواناب در این مناطق از شدت جریان بالایی برخوردار باشند و بالعکس در زمین‌های مرتعی وضعیت بر می‌گردد و پوشش گیاهی و لاشبرگ‌ها باعث تأخیر در تمرکز جریان و در نتیجه کاهش سیل‌خیزی می‌شوند. این لایه بیشتر در تولید رواناب تأثیر دارد به این صورت که با کاهش سرعت جریان باعث افزایش نفوذ می‌شود. جدول ۶ وزن لایه و هر یک از کلاس‌های آن را نشان می‌دهد.

جدول ۶: امتیاز طبقات لایه کاربری

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
کاربری	مرتع	۰/۱	۰/۰۷۵
	کشت آبی	۰/۱۵	
	کشت دیم	۰/۲	
	زمین‌های لخت	۰/۲۵	
	مسکونی	۰/۳	

لایه شیب

پارامتر شیب از عوامل موثر و مهم در بروز سیل در یک حوضه می‌باشد. با توجه به این امر که افزایش شیب بدون در نظر گرفتن سایر پارامترها باعث افزایش سرعت رواناب و زمان تمرکز می‌شود در پهنه‌بندی سیل‌خیزی از اهمیت بالایی برخوردار است. با در نظر گرفتن مطالب فوق و همچنین نتایج بدست آمده از پژوهش‌های دیگر (پورخلیل، روحا...، ۱۳۸۳ ۱۰۶) کلاس‌های با شیب بالا وزن بیشتری را می‌گیرند و برعکس. جدول ۵ وزن هر یک از کلاس‌های شیب را نشان می‌دهد.

جدول ۵: امتیاز هر یک از طبقات شیب

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
شیب (درجه)	۰-۱۰	۰/۱	۰/۱۶۳
	۱۰-۲۰	۰/۲	
	۲۰-۳۰	۰/۳	
	۳۰-۵۴	۰/۴	

Archive of SID

www.SID.ir

لایه پوشش گیاهی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

تراکم پوشش گیاهی از لایه‌هایی است که از طریق آن وضعیت حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی بررسی می‌شود و تأثیر آن در رواناب در بدست آوردن شماره منحنی مستقیم است. در مورد سیل‌خیزی نیز باید اشاره کرد که هر چه 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. همچنین 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 محدود می‌باشند. این لایه تأثیر خود را در سیل‌خیزی به صورت غیر مستقیم 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. جدول ۷ و ۸ کلاس و وزن اختصاص یافته به دو لایه را نشان می‌دهد.

جدول ۷: امتیاز طبقات لایه تراکم پوشش گیاهی

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
تراکم پوشش گیاهی	تراکم خوب	۰/۱	۰/۰۴۹
	تراکم متوسط	۰/۲	
	تراکم ضعیف	۰/۳	
	لخت	۰/۴	

جدول ۸: امتیاز طبقات لایه تراکم پوشش گیاهی

معیار	کلاس‌ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در(AHP)
گروه‌های هیدرولوژیکی خاک	A	۰/۱	۰/۰۲۹
	B	۰/۲	
	C	۰/۳	
	D	۰/۴	

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

پس از تهیه لایه‌ها در نهایت برای تعیین پهنه‌های سیل‌خیز، لایه‌ها با توجه به رابطه ۵ در محیط ArcGIS با یکدیگر تلفیق شدند و نقشه پتانسیل سیل‌خیزی برای حوضه بدست آمد(رابطه ۵).

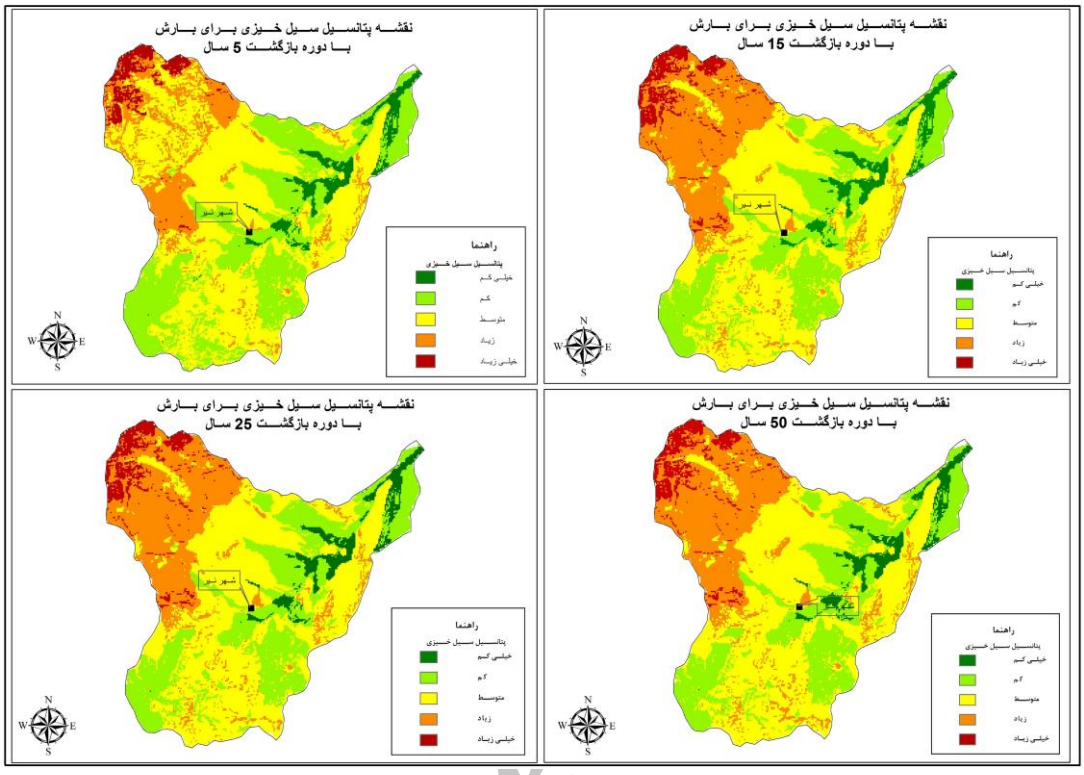
Flooding=[(runoff*.447)+(slope*.163)+(Drainage density*.238)+(density of vegetation*049)+ (Landuse*.075) + (hydrologic soil Groups*.029)]

با اجرای رابطه فوق بر روی لایه‌ها، نقشه پتانسیل سیل‌خیزی با دوره بازگشت‌های ۵، ۱۵، ۲۵ و۵۰ ساله حوضه بدست آمد(شکل ۱۳). همان‌طورکه نقشه‌ها نشان می‌دهد پهنه‌های سیل خیز برای دوره‌های بازگشت مختلف الگوی یکسانی را نشان می‌دهند. طبق نقشه‌ها بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی در مناطق شمالی حوضه است که به ارتفاع‌های بالایی و میانی سبلان معطوف می‌شود. بررسی لایه‌های به کار رفته در پهنه‌بندی نشان می‌دهد که این مناطق از لحاظ شیب زمین بیشترین مقدار را دارا هستند. همچنین کاربری این زمین‌ها بیشتر از نوع بایر و مرتع ضعیف است که شرایط مناسبی را برای ایجاد سیل به وجود می‌آورد. در رابطه با مناطق غربی حوضه باید گفت که اگرچه رواناب تولیدی در این مناطق به اندازه ارتفاعات شمالی است اما به دلیل وجود شرایطی همچون شیب کمتر، پوشش گیاهی متراکم‌تر، تراکم زهکشی پایین و نیز کاربری مرتع باعث شده است که این مناطق در طبقه با پتانسیل سیل‌خیزی زیاد قرار گیرند. کمترین پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه به نواحی دشتی و ارتفاعات پایین معطوف می‌شود که معمولا با کاربری‌هایی مثل کشت دیم و آبی و باغات مشخص شده‌اند. شیب زمین در این مناطق در کمترین حد خود و زیر ۲ درجه است همچنین این

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق به دلیل دارا بودن گروه هیدرولوژیکی نوع A رواناب کمی را تولید می‌کند که به نوبه خود تأثیر بسزایی در سیل‌خیزی یک منطقه ایفا می‌کند.



شکل ۱۳: پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی در حوضه بالخلوچای

نتیجه‌گیری

پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی، حوضه مورد مطالعه بر اساس شدت سیل‌خیزی به پنج کلاس با سیل‌خیزی بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تقسیم شد. نتایج بدست آمده از پهنه‌بندی سیل‌خیزی در منطقه نشان که بیشترین درصد مساحت حوضه (۴۰ تا ۵۰ درصد) در هر چهار دوره بازگشت به پهنه‌های با سیل‌خیزی متوسط اختصاص دارد. این پهنه‌ها بیشتر در بخش‌های جنوب‌غرب، جنوب و مرکز حوضه تمرکز دارند. برای مشخص شدن وسعت پهنه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف درصد مساحت هر یک از طبقات برای دوره ۵ ساله و ۵۰ ساله محاسبه و در جدول‌های ۹ و۱۰ آورده شده است. همان‌طور که جداول نشان می‌دهد با افزایش دوره بازگشت از درصد پهنه‌های سیل‌خیز با پتانسیل کم و متوسط کاسته شده و به درصد پهنه‌های با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد افزوده شده است به طوری که درصد مساحت پهنه‌های با پتانسیل زیاد از ۱۴/۴ درصد در دوره ۵ ساله به ۲۴ درصد در دوره پنجاه ساله رسیده است.

جدول ۹: درصد مساحت طبقات

دوره بازگشت ۵ ساله	کلاس‌ها	درصد مساحت
پتانسیل سیل‌خیزی	خیلی کم	۴/۵۶
	کم	۳۰/۴۱
	متوسط	۴۷/۴۶
	زیاد	۱۴/۴
	خیلی زیاد	۳/۱۷

Archive

www.SID.ir

جدول ۱۰: درصد مساحت طبقات

دوره بازگشت ۵ ساله	کلاس‌ها	درصد مساحت
پتانسیل سیل‌خیزی	خیلی کم	۴/۲۴
	کم	۲۴/۶۵
	متوسط	۴۲/۷۵
	زیاد	۲۴
	خیلی زیاد	۴/۲۸

این تغییرات بیشتر در بخش‌های شمالی حوضه صورت گرفته است و نواحی دیگر تقریبا ثابت مانده‌است. در این بین کمترین درصدها به پهنه‌های خیلی کم و خیلی زیاد با ۴/۵۶ و۳/۱۷ درصد برای دوره ۵ ساله و ۴/۲۴ و ۴/۲۸ درصد برای دوره ۵۰ ساله اختصاص یافته‌است. نتایج پژوهشی نشان داد که توده آتشفشانی سبلان که حدود ۳۰ درصد حوضه را با گدازه‌های خود پوشانده است به دلیل تشکیل شدن از توده‌های غیر قابل نفوذ پوشش ضعیف گیاهی در ارتفاع‌های بالای ۳ هزار متر و شیب زیاد و تراکم زهکشی بالا مستعدترین مناطق برای سیل‌خیزی در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.

منابع

۱- پورخلیل، روح ا...،(۱۳۸۳) : پیش‌بینی و برآورد سیلاب با استفاده از مدل CN در حوضه آبخیز نکاء با استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS)، دانشگاه تبیت معلم.

۲- زاهدی، مجید و بیاتی خطیبی، مریم، (۱۳۸۷): هیدرولوژی، تهران، انتشارات سمت، چاپ اول.

۳- سایت سازمان هواشناسی کشور www.irmo.ir

۴- علیزاده، امین، (۱۳۸۶) : اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، ص۲۷۷

۵- قنواتی، عزت ا...: مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب، مجله تحقیقات جغرافیایی زمستان (۱۳۸۲)، شماره ۷۱.

۶- قهرودی تالی، منیژه(۱۳۸۴): سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم، ص ۲۲-۱۶.

۷- کرمی، حجت. عبد ا.... اردشیز. سید هادی حسینی. محمد علی میکائیلی(۱۳۸۷): پهنه بندی سیلاب‌دشت با تلفیق مدل هیدرولیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مقاله سمینار چهاردهمین کنفرانس -دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور.

۸- مریانجی زهره, معروفی صفر(۱۳۸۴): بررسی رواناب ناشی از بارش حداکثر ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره چای با استفاده از روش SCS و کاربرد GIS، پژوهش کشاورزی زمستان ۱۳۸۴; ۵(۳):۷۱-۸۳

۹- مهدوی، محمد(۱۳۸۴) : هیدرولوژی کاربردی جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰- نشاط علی. حسین صدقی(۱۳۸۵) : برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان HEC-HMS و مدل (SCS) حفاظت خاک در حوضه آبخیز باغ ملک -استان خوزستان، مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی ۱۳۸۵ سال دوازدهم، شماره (۴)

۱۰- نصرتی، عبد ا.... منوچهر فرج زاده، (۱۳۸۳): پهنه بندی حساسیت سیل‌خیزی در حوضه آبریز گاوه رود با استفاده از GIS، علوم جغرافیایی بهار و تابستان ۱۳۸۳; ۳(۳ و ۴): ۴۹-۵۸.

۱۱- نیک‌نژاد، داود و علیزاده، عزت ا...، (۱۳۸۵): مطالعه سیلاب و کنترل آن در دو زیر حوزه منتهی به دریاچه ارومیه، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب.

۱۲- وزارت نیرو، سـازمان آب منـطقه‌ای اردبیل، آمار هواشناسی ایستگاه‌های منطقه.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳- یمانی، مجتبی و مریم عنایتی(۱۳۸۴): ارتباط ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی" پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۵۴، زمستان ۱۳۸۴صص، ۴۷-۵۷.

14- Zhi-HuaShia, Li-Ding Chen, Nu-Fang, De-Fuqin, Chong-Faca. (2009): Research of The SCS-CN Initial Abstraction Ratio Using Rainfall-Runoff Event Analysis in The Three Gorges Area, China. Catena77. 1–7

15- R. K. Sahu, S. K. Mishra, T. I. Eldho (2010): Comparative Evaluation of SCS-CN-Inspired Models in Applications to Classified Datasets. Agricultural Water Management 97. 749–756

16- Sinnakaudan، S.K. Ghani A.A. Ahmad، S. S. and Zakria. (2003): Flood Risk Mapping for Pari River. N.A.

17- N.T. Kottegoda L. Natale E. Raiteri. (2000): Statistical Modeling of Daily Stream Flows Using Rainfall Input and Curve Number Technique، Journal of Hydrology.

Archive of SID

www.SID.ir