



## کلاس‌بندی و وزن‌دار کردن عوامل مؤثر در ضریب رواناب حوضه آبخیز راز‌آور کرمانشاه

تورج لطفی فر

استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)

### چکیده

در ایران به دلیل شرایط اقلیمی و طبیعی خاص اکثر رودخانه‌ها سیل خیز بوده و اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب قرار دارند. رودخانه‌ی راز‌آور نیز به‌عنوان یکی از حوضه‌های بزرگ و سیل خیز شمال کرمانشاه با پتانسیل تولید رواناب بالا می‌باشد. این پژوهش به‌منظور مطالعه و ارزیابی توان تولید رواناب در این حوضه با روش کلاس‌بندی و وزن‌دار کردن مؤثرترین عوامل سیل‌خیزی صورت پذیرفته و در این راستا ابتدا با تقسیم‌بندی حوضه به زیرحوضه‌های کوچک‌تر با کم اهمیت کردن تأثیر عامل مساحت، تأثیر عوامل مؤثر دیگری را در سیل‌خیزی حوضه نشان داده و با کلاس‌بندی ارتفاع رواناب تولید شده در هر یک از زیرحوضه‌ها و تهیه‌ی نقشه‌های پتانسیل سیل حوضه برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله با تفکیک زیرحوضه‌ها به رتبه ۵-۶-۷ با استفاده از روش SCS ارتفاع رواناب برای هر یک از زیرحوضه‌ها و حوضه‌ی اصلی محاسبه گردید و سپس نقشه CN از تلفیق نقشه‌های واحدهای هیدرولوژیک، خاک و نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی تهیه گردیده و متغیرهای کیفی زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و ضریب رواناب CN به متغیرهای کمی تبدیل و به‌عنوان متغیرهای مستقل معرفی گردیده‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که عامل زمین‌شناسی با میانگین  $R=۳/۳۳$  و پوشش گیاهی با میانگین  $R=۲/۲۰$  و ضریب رواناب CN با میانگین  $R=۷۲/۷۳$  مؤثرترین عوامل در تولید رواناب حوضه می‌باشند.

واژگان کلیدی: راز‌آور، روش SCS، ضریب CN، کلاس‌بندی، وزن‌دهی.

## مقدمه

میزان ضریب رواناب در دشت‌های سیلابی حوضه‌های رودخانه‌ای ناشی از تأثیر عوامل مختلفی می‌باشد. چگونگی میزان تأثیر و نقش هر یک از این عوامل بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی در هر منطقه متفاوت از مناطق دیگر بوده و همواره عملکردی متغیر دارند. به همین دلیل رابطه بین بارندگی و رواناب به‌طور محسوس از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت می‌باشد. این تفاوت نه تنها در بین حوضه‌ها با یکدیگر بلکه در بین زیرحوضه‌های یک حوضه نیز وجود دارد و هر زیرحوضه بایستی به‌صورت مستقل مورد بررسی قرار گیرد (امیدوار، ۱۳۸۹: ۷۳).

به‌منظور بررسی وضعیت ضریب رواناب در حوضه‌های رودخانه‌ای با روش‌های متفاوتی اقدام به مطالعات در این زمینه شده است که از مهم‌ترین این‌گونه مطالعات در سطح جهانی و داخلی می‌توان به مواردی که در ذیل آمده اشاره نمود. هاوکنز<sup>۱</sup> (۱۹۷۹) در ایالت یوتاری کرد ارتباطی بین سطوح اشباح حوضه و شماره منحنی<sup>۲</sup> CN ایجاد کند، اما با کاربرد رابطه  $S \approx 2\%$  برای کاهش اولیه حوضه نتایج خوبی در پیش‌بینی رواناب به دست نیاورد. بالس<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۸۱) با مطالعه چندین سیلاب از حوضه‌های آبخیز مختلف به این نتیجه رسیدند که رواناب حاصل از بارندگی در مقابل تغییرات CN بسیار حساس است، لذا با مطالعه خصوصیات فیزیکی خاک به این نتیجه رسیدند که کاربری اراضی و خصوصیات فیزیکی خاک مهم‌ترین عوامل در تعیین شماره منحنی‌اند.

سینگ<sup>۳</sup> (۱۹۹۷) معتقد است تولید رواناب در یک حوضه آبریز به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به خصوصیات حوضه‌های آبخیز، دینامیک بارش، نفوذ و شرایط پیشین حوضه اشاره نمود.

پروسکی و نیرینگ<sup>۴</sup> (۲۰۰۵) با استفاده از خروجی‌های بارندگی ماهانه مدل  $Hadcm3$  اثر تغییر در رژیم بارندگی بر رواناب را در هشت منطقه آمریکا بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که تغییرات بارندگی سالانه از ۹/۶- درصد تا ۱۰/۶ درصد و تغییر در میزان رواناب از ۲۴/۵- درصد تا ۴۱ درصد متغیر می‌باشد. چنگ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی مدل GIS برای پیش‌بینی حجم رواناب رودخانه در مناطق فاقد ایستگاه اندازه‌گیری پرداخته و در مدل فرضی کرده‌اند که رواناب در رابطه با مقدار بارندگی است و زهکش حوضه واریانسی از مقدار بارش است و مقدار رواناب می‌تواند به‌صورت ساختاری از بارندگی مدل‌سازی شود.

جنسیک<sup>۶</sup> (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر فرایند رواناب با استفاده از روش CN و SCS پرداخته و تأثیر تخریب پوشش گیاهی بر افزایش سیلاب را اثبات کرده است.

هواشی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی روش SCS در تخمین مقدار ننگه داشت آب سطحی S پرداخته و بیان کرده‌اند که مقدار رواناب سطحی ابتدا منجر به فرسایش خاک شده و در پایین‌دست جریان تبدیل به سیلاب خواهد شد.

مستقیمی و مایکل<sup>۸</sup> (۱۹۸۲)، نتایج مدل SCS، مدل استدلالی و مدل چو را بر روی تعدادی از حوضه‌های کوچک و متوسط در ایالت ایلینویز بررسی و دقت بهتر مدل SCS را در برآورد دبی اوج سیلاب نتیجه‌گیری نموده‌اند.

هورشی<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی روش SCS در تخمین مقدار رواناب سطحی پرداخته و بیان کرده‌اند که مقدار رواناب سطحی ابتدا منجر به فرسایش خاک شده و در پایین‌دست منجر به سیلاب خواهد شد.

<sup>۱</sup>. Hawkins

<sup>۲</sup>. Bales

<sup>۳</sup>. Singh

<sup>۴</sup>. Pruski F.F and Nearing M.A

<sup>۵</sup>. Chang

<sup>۶</sup>. Jenicek

<sup>۷</sup>. Huashi

<sup>۸</sup>. Mostaghimi, Michell

<sup>۹</sup>. Huashi

چاهدوری و نانگهومبام<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، از مدل SCS بدون استفاده از داده‌های پوشش خاک در دو حوضه در هند استفاده نموده و آن را روشی مناسب برای حوضه‌های فاقد آمار دانسته‌اند.

نوری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، اثر تغییر در مقدار پارامتر جذب اولیه در مدل SCS را نسبت به مقدار پیش فرض بررسی و بهبود نتایج برآورد دبی اوج سیلاب را با انتخاب مقدار کمتر برای این پارامتر نتیجه‌گیری نموده‌اند.

کبیری و همکاران (۲۰۱۳)، روش‌های SCS و گرین و آمپت را در شبیه‌سازی رواناب - سیل سطحی برای حوضه‌های کلانک در مالزی مقایسه کرده و تفاوت معناداری میان روش SCS و آمپت و گرین مشاهده نکرده‌اند.

سول<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، از سه مدل اشنایدر، گری و SCS برای شبیه‌سازی ویژگی‌های هیدروگراف مصنوعی یک حوضه در نیجریه استفاده کرده و کاربرد هر سه مدل را مناسب توصیف کرده‌اند.

لاکسون و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۳)، با استفاده از هیدروگراف واحد مثلی به شبیه‌سازی سیلاب ورودی به سرسیا در زیمبابوه پرداخته‌اند و با توجه به مقایسه نتایج شبیه‌سازی با مقادیر مشاهده شده دقت کاملاً مناسب این مدل را نتیجه‌گیری کرده‌اند.

تسما<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، دو روش مختلف برآورد پارامتر نگهداشت در روش SCS در محیط WAT مورد بررسی قرار داده در روش اول نگهداشت با تغییر محتوای رطوبت پروفیل خاک تغییر می‌کند و در روش دوم این پارامتر با تبخیر و تعرق جمعی گیاه تغییر می‌یابد، روش اول موجب شبیه‌سازی بهتر جریان‌های کم و روش دوم منجر به نتایج مناسب‌تر شبیه‌سازی دبی موج سیلاب می‌شود.

جون<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، از چندین روش منطقه‌سازی پارامتر مدل SCS استفاده نموده و در تحقیق خود از اطلاعات ۱۴ حوضه‌ی دیگر استفاده کرده و در نهایت روش نزدیک‌ترین همسایگی مکانی را روش مناسب‌تر معرفی نموده‌اند.

صادقی و همکاران (۱۳۸۷)، کاربرد مدل SCS را در چهارچوب حوضه در شرایط قبل و بعد از واسنجی مورد بررسی قرار داده‌اند و کارایی مناسب مدل واسنجی شده را در دو حوضه گزارش داده‌اند.

آخوندعلی و همکاران (۱۳۸۸)، با اعمال روش تلفات نسبی و SCS در مدل باران رواناب کلارک، ارزیابی روش‌های تلفات باران در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در حوضه‌ی آبریز کسلیان را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

سبزواری و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS شبیه‌سازی رواناب را در حوضه کسلیان مورد بررسی قرار داده‌اند و از مدل انتقال SCS برای برآورد رواناب و از روش تأخیر برای روندیابی در رودخانه استفاده کرده و نتیجه رضایت‌بخشی از شبیه‌سازی را بیان کرده‌اند.

کرکوتی و همکاران (۱۳۸۹)، از روش‌های کریگر و SCS برای برآورد سیلاب حداکثر در رودخانه‌ای در کرمانشاه بهره برده و استفاده از روش SCS را به علت ملاحظات اقلیمی، زمین‌شناسی و فیزیوگرافی توصیه کرده‌اند.

اردلان‌خواه (۱۳۹۰)، در مدل حوضه، تلفات بارش از روش شماره منحنی SCS و تبدیل بارش به رواناب از روش هیدروگراف واحد SCS مطالعه‌ای پیرامون شبیه‌سازی فرایند بارش - رواناب در حوضه آبریز هلشی با استفاده از مدل HEC-GEOHMS را انجام داده است.

<sup>۱</sup>. Choudhury and Nongthombam

<sup>۲</sup>. noori

<sup>۳</sup>. Sule

<sup>۴</sup>. Luxon

<sup>۵</sup>. Tessema

<sup>۶</sup>. Jeon

کریمی و همکاران (۱۳۹۰)، به ارزیابی روش‌های مختلف شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با استفاده از بسته نرم‌افزاری HEC-HMS در حوضه‌ی آبخیز چهل‌گزی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که روش SCS نسبت به روش اشنایدر و کلارک کارایی بیشتری دارد.

نوری و همکاران (۱۳۹۱)، مدل‌های اشنایدر و SCS را در حوضه آبخیز قروه را با در نظر گرفتن پنج رویداد بارش مورد مقایسه قرار داده‌اند و نتایج بهتر مدل SCS را در شبیه‌سازی دبی اوج سیلاب نتیجه‌گیری نموده‌اند. واعظی و همکاران (۱۳۹۱)، کارایی روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) را در برآورد رواناب در حوزه آبخیز تهم‌چای، شمال‌غرب زنجان مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که مقدار رواناب برآورد شده به‌طور متوسط ۲۷/۸ برابر بزرگ‌تر از مقدار مشاهده‌ای بوده است.

جهانگیری و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از روش SCS از مدل‌سازی عددی در محیط نرم‌افزار Matlab به تخمین مقدار حداکثر دبی سیلاب در زیرحوضه منطقه کن جهت مدیریت اراضی پرداخته و معتقد بودند که در این روش نتیجه حاصله تخمین درستی از سیلاب به‌دست می‌دهد.

ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۳)، به شبیه‌سازی روابط بارش- رواناب حوضه آبریز کشکان در استان لرستان با روش SCS پرداخته‌اند و بیان داشته‌اند که مدل HEC-HMS روابط بارش- رواناب محاسباتی و روابط بارش- رواناب مشاهداتی را با دقتی حدود ۹۴٪ برآورد می‌کند که نشان‌دهنده توانایی بالای این مدل و روش SCS در تحلیل روابط بارش- رواناب حوضه آبریز کشکان است.

ملکی و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از روش آنالیز آماری، مدل SCS و مقطع‌برداری از رودخانه رفتار هیدرولوژیکی سیلاب حوضه‌ی آبخیز رازآور را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

حجازی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش CN مربوط به سازمان حفاظت خاک آمریکا SCS اقدام به برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب در حوضه‌ی آبریز سراب دره‌شهر نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که در بین پارامترهای مورد استفاده در زیرحوضه‌ها دو پارامتر فیزیوگرافی مساحت و تراکم زهکشی تأثیر بیشتری در سیل‌خیزی حوضه دارند.

سالاری جزی و همکاران (۱۳۹۵)، به برآورد هیدروگراف رواناب در حوضه فاقد آمار بدون استفاده از داده‌های پوشش خاک و کاربری اراضی با در نظر گرفتن ویژگی‌های متداول SCS به بررسی یک روش پیشنهادی برای استفاده از این مدل در شرایط عدم دسترسی به داده‌های پوشش خاک و کاربری اراضی پرداخته‌اند.

قنواتی و همکاران (۱۳۹۵)، با استفاده از روش بارش- رواناب SCS به بررسی پتانسیل سیلاب حوضه‌ی آبریز درکه با استفاده از روش بارش- رواناب SCS پرداخته و بیان داشته‌اند که در قسمت جنوبی حوضه به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی، گسترش شهر از جنوب، تغییر کاربری زمین و شکل حوضه سیلاب بیشتر از سایر نقاط حوضه می‌باشد.

این پژوهش نیز به‌منظور کلاس‌بندی و وزن‌دهی عوامل مؤثر در سیل‌خیزی و ضریب رواناب CN حوضه آبخیز رازآور و اولویت‌بندی فاکتورهای مهم و آنالیز داده‌های واقعی منطقه با استفاده از روش SCS صورت پذیرفته است.

این پژوهش با اهداف ذیل انجام پذیرفته است:

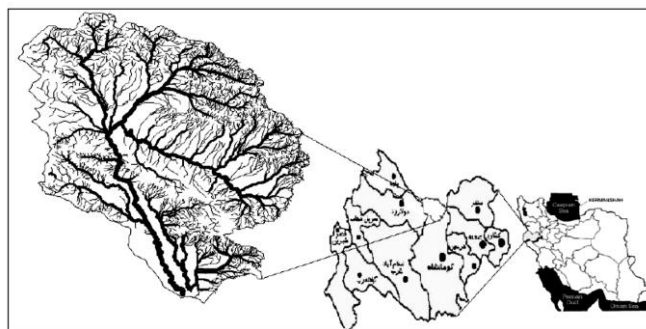
۱. محاسبه ضریب رواناب در زیرحوضه‌ها و حوضه اصلی رازآور با مدل SCS؛
۲. تبدیل متغیرهای کیفی به متغیرهای کمی و معرفی آن‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل؛
۳. کلاس‌بندی وزن‌دهی فاکتورهای مؤثر ایجاد سیل در حوضه.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رازآور در شمال و شمال غرب کرمانشاه حد فاصل طول جغرافیایی  $31^{\circ} 43' 46''$  تا  $15^{\circ} 13' 47''$  و عرض جغرافیایی  $34^{\circ} 25' 26''$  تا  $36^{\circ} 54' 36''$  واقع شده و از زیرحوضه‌های رودخانه قره‌سو و کرخه محسوب می‌گردد. آبراهه اصلی حوضه رودخانه رازآور با طول تقریبی ۷۲ کیلومتر بوده که حوضه رازآور نام خود را از این رودخانه گرفته است. این حوضه از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده دو استان کرمانشاه و کردستان و از لحاظ ساختمانی در دو زون ساختاری و مهم ایران یعنی زاگرس و سندج - سیرجان گسترده شده است.

شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز رازآور را از لحاظ تقسیمات کشوری استانی و منطقه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز رازآور

## روش SCS

روش‌های قبلی از جمله روش‌های کالیفرنیا، برانزبی ویلیامز و کریپچ در مورد حوضه‌های کوچک استفاده داشته و برای حوضه‌های بزرگ از روش‌های دیگری مانند روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا SCS که به روش زمان تأخیر (Lag time) معروف است استفاده می‌شود. زمان تأخیر برحسب تعریف فاصله زمانی بین مرکز بارش (نقطه زمانی وسط بارندگی) تا زمان اوج هیدروگراف است. در این روش جهت محاسبه زمان تمرکز از فرمول ذیل استفاده می‌شود.

$$T_{\log} = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}} S = \frac{1000}{CN} - 10T_c = 1/6Tlag \quad (1)$$

$Tlag$ : زمان تأخیر حوضه (ساعت)

$L$ : طول رودخانه اصلی (فوت)

$Y$ : شیب متوسط حوضه (درصد)

$S$ : نمایه نگهداشت آب در داخل حوضه (اینچ)

$CN$ : نمایه خصوصیات نفوذپذیری حوضه که بر اساس کاربری اراضی حوضه آبریز محاسبه می‌شود.

$T_c$ : زمان تمرکز حوضه (ساعت)

مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مختلف محاسبه زمان تمرکز زیرحوضه‌های مورد مطالعه حوضه آبریز رودخانه رازآور و انطباق با شرایط منطقه، نتایج حاصل از روش SCS به واقعیت نزدیک‌تر است.

## روش SCS جهت محاسبه رواناب

سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای به دست آوردن دبی سیل روش ساده‌ای را پیشنهاد نموده است که در پروژه‌های هیدرولوژی و زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بسیار کاربرد دارد. در ای روش جهت محاسبه حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c} \quad (2)$$

$$Q_p = \frac{0.208AR}{T_p} R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} = \frac{2540}{CN} - 25/4 \quad (3)$$

در روابط فوق:

A: مساحت حوضه (هکتار)

R: مقدار رواناب سطحی (سانتی متر)

Tp: زمان رسیدن به دبی پیک (ساعت)

Tc: زمان تمرکز

CN: شماره منحنی حوضه

P: مقدار بارندگی در طول مدت بارش (سانتی متر)

## تعیین شماره منحنی CN

شماره منحنی مشخصه‌ای است که پتانسیل تولید رواناب در یک حوضه را تعیین می‌نماید. شماره منحنی از روی مشخصات خاک، نوع بهره‌برداری از زمین و شرایط رطوبتی قبلی خاک به طریق زیر تعیین می‌گردد.

### الف- نفوذپذیری و کلاس هیدرولوژیک

خصوصیات خاک روی تحول و پیدایش رواناب اثر داشته و باید در محاسبات مربوط به آن در نظر گرفته شود. هنگامی که رواناب ناشی از یک رگبار جهت مطالعه سیلاب‌ها مورد مطالعه باشد، خصوصیات خاک می‌تواند با یک عامل هیدرولوژیکی بیان گردد که حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب بودن خاک می‌باشد. تمام خاک‌ها بر اساس پتانسیل ایجاد رواناب در یک گروه چهارتایی تقسیم‌بندی شده‌اند که هر گروه می‌تواند در صورت نیاز به دقت بیشتر به زیرگروه‌هایی تقسیم شود. گروه‌های اصلی خاک تعیین شده توسط SCS عبارتند از:

گروه (A): (پتانسیل ضعیف رواناب)، خاک‌های با شدت نفوذپذیری بالا که حتی زمانی که کاملاً مرطوب هستند، دارای زهکشی خوبی بوده و آب‌گذری بالایی دارند و شامل خاک‌های شنی و قلوه‌سنگی عمیق می‌باشند.

گروه (B): خاک‌هایی که در هنگام مرطوب بودن شدت نفوذپذیری متوسط دارند. خاک‌هایی عمیق بوده و زهکش متوسط تا خوب دارند و بافت آن‌ها نسبتاً ریز تا متوسط می‌باشد، آب‌گذری آن‌ها متوسط بوده و توانایی متوسطی از نظر تولید رواناب دارند. گروه (C): خاک‌هایی که در هنگام مرطوب بودن نفوذپذیری کمی دارند. عمدتاً همراه با لایه‌ای که مانع نفوذ آب به قسمت‌های پایین‌تر می‌گردد بوده و یا دارای بافت ریز تا نسبتاً ریز می‌باشند و ضریب آب‌گذری کمی دارند. توانایی تولید رواناب آن‌ها نسبتاً زیاد است.

گروه (D): خاک‌هایی که در هنگام خیس بودن، نفوذپذیری کم دارند. عمدتاً شامل خاک‌های رسی، خاک‌های با سطح سفره آب بالا و دائمی، خاک‌های با لایه‌های سخت رسی در سطح و نزدیک آن و خاک‌های کم عمق روی تشکیلات تقریباً غیرقابل نفوذ می‌باشند. این خاک‌ها دارای قابلیت انتقال خیلی کمی بوده و قسمت‌های سنگی حوضه‌ها و جاده‌ها نیز شامل این گروه می‌گردد. در این گروه توانایی تولید رواناب زیادی وجود دارد.



جدول ۱: گروه‌های هیدرولوژیک خاک

گروه‌های هیدرولوژیک خاک	پتانسیل جریان سطحی از نظر CN	نوع خاک
A	کم	خاک ماسه‌ای با نفوذپذیری بسیار زیاد
B	متوسط	رس کم عمق با میزان نفوذپذیری زیاد
C	زیاد	خاک‌های با مواد آلی و رس زیاد و نفوذپذیری کم
D	خیلی زیاد	خاک رسی ولومی با میزان نفوذپذیری خیلی کم

بعد از تعیین گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه اقدام به تهیه نقشه CN با ضریب ایجاد رواناب شده است که از انطباق نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه با کاربری اراضی و وضعیت پوشش گیاهی منطقه به دست آمده است.

### ب- کاربری زمین

در این مورد باید عوامل متعددی در نظر گرفته شود که شامل نوع استفاده از زمین، عملیات اصلاحی انجام شده و وضعیت هیدرولوژیکی است.

با توجه به موارد مزبور CN برای هر کاربری را می‌توان از جدول (۲) تعیین نمود. در این مطالعات از نقشه‌های کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شده و مساحت هر یک از کاربری‌ها تعیین گردید. در ادامه ضریب CN برای هر یک از کاربری‌های تعیین شده و بر اساس آن ضریب CN برای هر یک از زیرحوضه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. با ادغام نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک بر اساس جدول موجود در کتاب هیدرولوژی کاربردی و کتاب هندبوک ضرایب CN برای هر حوضه و زیرحوضه استخراج شده است. جدول ضرایب CN در ذیل می‌آید.

جدول ۲: ضرایب CN برای گروه‌های هیدرولوژیک و پوشش سطح زمین

گروه‌های هیدرولوژیک خاک				خصوصیات پوشش سطح حوضه
D	C	B	A	
۷۹	۷۳	۶۰	۳۶	پوشش جنگلی متوسط
۷۷	۷۰	۵۵	۲۵	پوشش جنگلی خوب
۸۴	۷۹	۶۹	۴۹	مراتع طبیعی با پوشش متوسط
۸۰	۷۴	۶۱	۳۹	مراتع طبیعی با پوشش خوب
				اراضی کشاورزی
۸۳	۷۸	۶۹	۵۵	زیرکشت حبوبات
۸۸	۸۴	۷۶	۶۵	زیرکشت غلات (ردیف‌های مستقیم)
۸۴	۸۱	۷۳	۶۰	زیرکشت غلات (ردیف‌های به موازات خطوط تراز)
				زیر کشت گیاهان ردیفی
۹۱	۸۸	۸۱	۷۲	زیر کشت ردیف‌های مستقیم با پوشش متوسط
۸۹	۸۵	۷۸	۶۷	زیر کشت ردیف‌های مستقیم با پوشش خوب
				زیر کشت ردیف‌های به موازات خطوط تراز
۸۸	۸۴	۷۹	۷۰	زیر کشت با پوشش متوسط
۸۶	۸۲	۷۵	۶۵	زیر کشت با پوشش خوب
۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	پشت‌بام‌ها، پارکینگ‌ها و دیگر جاده‌های آسفالتی
۹۲	۹۰	۸۵	۷۷	مناطق مسکونی با ۰/۰۶۵ آسفالت
۸۴	۷۹	۶۸	۵۱	مناطق مسکونی با ۰/۰۲۰ آسفالت
۸۹	۸۷	۸۲	۷۲	خیابان‌ها و جاده‌های آسفالتی
۹۱	۸۹	۸۵	۷۶	جاده‌های شوسه



### محاسبه رواناب با روش (CN)

در این روش جهت برآورد رواناب از فرمول ذیل استفاده می‌شود.

$$R = \frac{(p - \%25^2)}{2(p = \%85)}$$

$R$  = ارتفاع رواناب

$P$  = میزان بارش (mm)

$S$  = نمایه مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین که خود از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$S = \frac{(2540)}{CN} - 254(mm)$$

$CN$  = ضریب رواناب

میزان CN از انطباق نقشه‌های واحدهای هیدرولوژیک خاک منطقه و نقشه وضعیت پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوضه با یکدیگر و ضرایب خاص اثبات شده موجود به دست آمده است. رواناب حاصل از بارندگی را می‌توان برحسب ارتفاع یا حجم توصیف نمود (علیزاده، ۱۳۷۷: ۳۶۹).

### محاسبه زمان تمرکز و زمان تأخیر حوضه با روش SCS

رابطه مورد استفاده جهت محاسبه زمان تمرکز به صورت ذیل است:

$$tc = \frac{ti}{\%6}$$

$tc$  = زمان تمرکز حوضه برحسب ساعت

$ti$  = زمان تأخیر حوضه که از رابطه ذیل محاسبه می‌شود.

$$ti = \frac{(L)^{0.75} [2540 - 22.86 \times cn^{0.75}]}{141.04 \times cn^{0.75} \times y^m}$$

$ti$  = زمان تأخیر حوضه

$cn$  = ضریب رواناب

$y^m$  = شیب وزنی

$L$  = طول زهکش اصلی

### روش خطوط هم باران و گرادیان

آمار مربوط به میانگین سالیانه بارندگی حوضه از روش تهیه نقشه خطوط هم باران و مقادیر بارندگی‌های ۲۴ ساعته و بارندگی شش ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف از روش گرادیان بارندگی و استفاده از آمار ثبت شده در ایستگاه ورمهنگ که از مقادیر ثبت شده کافی برخوردار و ارتفاع ایستگاه نیز بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بوده است محاسبه گردیده است، در اینجا از نتایج مطالعات هواشناسی استفاده شده است.





### تهیه نقشه پتانسیل تولید سیلاب در زیرحوضه‌ها و حوضه آبخیز رازآور

برای تهیه نقشه پتانسیل تولید سیلاب بر اساس رتبه‌های آبراهه‌های ۵-۶-۷ و با توجه به دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال، ارتفاع رواناب محاسبه شده از هیدروگراف سیل برای هر زیرحوضه و حوضه اصلی رازآور کلاس‌بندی شده است. برای این منظور ارتفاع رواناب برای هر دوره برگشت به پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شده است و هر زیرحوضه از نظر توان تولید سیلاب در کلاس‌های بالا دسته‌بندی شده است. در جداول (۳ تا ۱۳) کلاس‌بندی ارتفاع رواناب با توجه به رتبه‌های آبراهه نشان داده می‌شود که بیانگر توان و پتانسیل هر زیرحوضه در تولید رواناب در منطقه است.

جدول ۳: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره‌های برگشت ۲ و ۵ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲ سال		
نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس
۱۵-۱۳	۶/۶۰-۸/۲	خیلی کم	۱۱	۰-۲/۵۳	خیلی کم
۱۷-۱۱-۱۰-۹	۸/۲-۹/۸	کم	۱۵-۱۰-۹	۲/۵۳-۳/۴۱	کم
۱۲-۸-۷-۶-۵-۳	۹/۸-۱۱/۴	متوسط	۱۷-۱۳-۸-۷-۶-۵-۴-۱	۳/۴۱-۵/۱۷	متوسط
۱۸-۱۶-۴-۲-۱	۱۱/۴-۱۳	زیاد	۱۸-۱۲-۲	۳/۴۱-۵/۱۷	زیاد
۱۴	۱۳-۱۴/۶	خیلی زیاد	۱۶-۱۴-۳	۶/۰۵-۶/۹۵	خیلی زیاد

جدول ۴: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره‌های برگشت ۱۰ و ۲۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس
۱۵-۱۱-۹	۱۸/۴۷-۲۰/۴۳	خیلی کم	۱۵-۱۱-۱۰-۹	۱۳/۶۰-۱۵/۳۲	خیلی کم
۱۰	۲۰/۴۳-۲۲/۳۹	کم	۸-۵	۱۵/۳۲-۱۷/۰۴	کم
۱۳-۱۲-۸-۷	۲۲/۳۹-۲۴/۳۵	متوسط	۱۷-۱۳-۱۲-۷-۶-۴-۱	۱۷/۰۴-۱۸/۷۶	متوسط
۱۸-۱۷-۱۶-۶-۵-۴-۱	۲۴/۳۵-۲۶/۳۱	زیاد	۱۸-۱۶-۳-۲	۱۸/۷۶-۲۰/۴۸	زیاد
۱۴-۳-۲	۲۶/۳۱-۲۸/۲۷	خیلی زیاد	۱۴	۲۰/۴۸-۲۲/۲	خیلی زیاد

جدول ۵: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره‌های برگشت ۲۵ و ۵۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۵ سال		
نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۵	رده هر کلاس	کلاس
۱۵-۱۱-۱۰-۹	۲۷/۷۵-۳۱/۸۸	خیلی کم	۱۵-۱۱-۱۰-۹	۲۱/۱۵-۲۴/۳۵	خیلی کم
۱۲-۸	۳۱/۸۸-۳۴/۲۰	کم	۱۳-۱۲-۸-۷	۲۴/۳۵-۲۷/۵۵	کم
۱۶-۱	۳۴/۲۰-۳۶/۵۲	متوسط	۱۸-۱۷-۱۶-۶-۵-۴-۱	۲۷/۵۵-۳۰/۷۵	متوسط
۱۸-۱۷-۷-۶-۵-۴	۳۶/۵۲-۳۸/۸۴	زیاد	۱۴-۲	۳۰/۷۵-۳۳/۹۵	زیاد
۱۴-۱۳-۳-۲	۳۸/۸۴-۴۱/۱۶	خیلی زیاد	۳	۳۳/۹۵-۳۷/۱۵	خیلی زیاد



جدول ۶: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۱۰۰ و ۲ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس
۶-۲	۰-۵/۳۲	خیلی کم	۱۵-۱۱-۱۰-۹	۳۴/۶۶-۳۷/۷۳	خیلی کم
۶-۶، ۶-۴، ۶-۳، ۶-۱	۵/۳۲-۶/۴۳	کم		۳۷/۷۳-۴۰/۸	کم
	۶/۴۳-۷/۵۴	متوسط	۱۳-۱۲-۸-۷	۴۰/۸-۴۳/۸۷	متوسط
۶	۷/۵۴-۸/۶۵	زیاد	۱۸-۱۷-۱۶	۴۳/۸۷-۴۶/۹۴	زیاد
۶-۵	۸/۶۵-۱۰/۸۷	خیلی زیاد	۱۴-۶-۵-۴-۳-۲-۱	۴۶/۹۴-۵۰/۰۱	خیلی زیاد

جدول ۷: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۵ و ۱۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵ سال		
نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس
۶-۶، ۶-۶، ۶-۲، ۶-۱	۱۷/۹۵-۲۰/۱۷	خیلی کم	۶-۶، ۶-۴، ۶-۲، ۶-۱	۱۱/۹۲-۱۳/۴۸	خیلی کم
۶-۳	۲۰/۱۷-۲۲/۳۹	کم	۶-۳	۱۳/۴۸-۱۵/۰۴	کم
۶	۲۲/۳۹-۲۴/۶۱	متوسط	۶	۱۵/۰۴-۱۶/۶	متوسط
	۲۴/۶۱-۲۶/۸۳	زیاد		۱۶/۶-۱۸/۱۶	زیاد
۶-۵	۲۶/۸۳-۲۹/۰۵	خیلی زیاد	۵	۱۸/۱۶-۱۹/۷۲	خیلی زیاد

جدول ۸: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۲۰ و ۲۵ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۵ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس
۶-۳، ۶-۲، ۶-۱	۲۷/۰۸-۲۹/۰۷	خیلی کم	۶-۱	۲۳/۹۱-۲۶/۲۹	خیلی کم
۶-۶، ۶-۴	۲۹/۰۷-۳۱/۰۶	کم	۶-۴، ۶-۳، ۶-۲	۲۶/۲۹-۲۸/۶۷	کم
	۳۱/۰۶-۳۳/۰۵	متوسط		۲۸/۶۷-۳۱/۰۵	متوسط
۶	۳۳/۰۵-۳۵/۰۴	زیاد	۶	۳۱/۰۵-۳۳/۴۲	زیاد
۶-۵	۳۵/۰۴-۳۷/۰۳	خیلی زیاد	۶-۵	۳۳/۴۳-۳۵/۸۱	خیلی زیاد

جدول ۹: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۶	رده هر کلاس	کلاس
۶-۲، ۶-۱	۴۲/۹۹-۴۵/۹۷	خیلی کم	۶-۲، ۶-۱	۳۵/۰۹-۳۷/۷۴	خیلی کم
۶-۶، ۶-۴، ۶-۳	۴۵/۹۷-۴۹/۲۵	کم	۶-۶، ۶-۴، ۶-۳	۳۷/۷۴-۴۰/۳۹	کم
۶	۴۹/۲۵-۵۲/۵۳	متوسط		۴۰/۳۹-۴۳/۰۴	متوسط
	۵۲/۵۳-۵۵/۸۱	زیاد	۶	۴۳/۰۴-۴۵/۶۴	زیاد
۵	۵۵/۸۱-۵۹/۰۹	خیلی زیاد	۶-۵	۴۵/۶۴-۴۸/۳۴	خیلی زیاد



جدول ۱۰: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۲ و ۵ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲ سال		
نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس
۷-۱	۱۱/۶۸-۱۲/۸	خیلی کم	۷-۱	۵/۱۰-۵/۷۳	خیلی کم
	۱۲/۸-۱۳/۹۲	کم		۵/۷۳-۶/۳۶	کم
۷-۳	۱۳/۹۲-۱۵/۰۴	متوسط		۶/۲۶-۶/۹۹	متوسط
۷	۱۵/۰۴-۱۶/۱۶	زیاد	۷-۳	۶/۹۹-۷/۶۲	زیاد
۷-۲	۱۶/۱۶-۱۷/۲۸	خیلی زیاد	۷، ۷-۲	۷/۶۲-۸/۲۵	خیلی زیاد

جدول ۱۱: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۱۰ و ۲۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس
۷-۱	۲۴/۸۶-۲۶/۰۳	خیلی کم	۷-۱	۱۹/۰۵-۲۰/۳۲	خیلی کم
	۲۶/۰۳-۲۷/۲۰	کم	۷-۳	۲۰/۳۲-۲۱/۵۹	کم
	۲۷/۲۰-۲۸/۳۷	متوسط		۲۱/۵۹-۲۲/۸۶	متوسط
	۲۸/۳۷-۲۹/۵۴	زیاد	۷	۲۲/۸۶-۲۴/۱۳	زیاد
۷، ۷-۳، ۷-۲	۲۹/۵۳-۳۰/۷۱	خیلی زیاد	۷-۲	۲۴/۱۳-۲۵/۴۰	خیلی زیاد

جدول ۱۲: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۲۵ و ۵۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۵۰ سال			کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۲۵ سال		
نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس	نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس
۷-۱	۴۰/۵۲-۴۱/۰۱	خیلی کم	۷-۳، ۷-۱	۲۶/۸۷-۲۸/۲۸	خیلی کم
۷-۳	۴۱/۰۱-۴۱/۴۹	کم		۲۸/۲۸-۲۹/۶۹	کم
	۴۱/۴۹-۴۱/۹۷	متوسط		۲۹/۶۹-۳۱/۱۰	متوسط
	۴۱/۹۷-۴۲/۴۵	زیاد		۳۱/۱۰-۳۲/۵۱	زیاد
۷، ۷-۲	۴۲/۴۵-۴۲/۹۳	خیلی زیاد	۷، ۷-۲	۳۲/۵۱-۳۳/۹۲	خیلی زیاد

جدول ۱۳: کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره های برگشت ۱۰۰ سال

کلاس‌بندی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت ۱۰۰ سال		
نام حوضه با رتبه ۷	رده هر کلاس	کلاس
۷-۱	۴۴/۱۷-۴۶/۳۸	خیلی کم
	۴۶/۳۸-۴۸/۳۹	کم
۷-۳	۴۸/۳۹-۵۰/۵۰	متوسط
۷	۵۰/۵۰-۵۲/۶۱	زیاد
۷-۲	۵۲/۶۱-۵۴/۷۲	خیلی زیاد

### کلاس بندی و وزن دهی عوامل مؤثر سیلاب

با توجه نقشه CN ترسیم شده از حوضه رازآور اراضی که دارای خاک با گروه‌ها هیدرولوژیک هستند از ضریب CN پایینی برخوردار هستند و از نظر توان تولید رواناب در کلاس خیلی کم قرار گرفته اراضی دارای گروه‌های هیدرولوژیک D ضریب CN بالایی دارند و از نظر توان تولید رواناب در کلاس خیلی زیاد قرار می‌گیرند. همچنین با توجه به نقشه S تهیه شده اراضی که از ضریب CN بالایی برخوردار هستند از نظر ضریب یا جذب جریان سطحی در کلاس کم و اراضی که از ضریب CN پایینی برخوردار هستند از نظر جذب سطحی بالایی برخوردار بوده و از نظر S در کلاس زیاد قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر مناطقی که دارای خاک مناسب هستند و قدرت جذب رواناب خوبی دارند از نظر توان تولید رواناب خیلی ضعیف و در کلاس خیلی کم قرار می‌گیرند. کلاس بندی مقادیر CN و S در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۴: کلاس بندی مقادیر CN و S برای حوضه‌های با رتبه ۵

کلاس بندی S برای حوضه‌های رتبه ۵			کلاس بندی CN برای حوضه‌های رتبه ۵		
نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس	نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس
۱۸-۱۷-۱۶-۱۴-۶-۵-۳	۸۱/۷۱-۹۴/۶۸	کم	۱۵-۱۱-۱۰-۹-۴-۲-۱	۶۷/۸۰-۷۰/۴۲	کم
۱۳-۱۲-۸-۷-۲	۹۴/۶۸-۱۰۷/۶۵	متوسط	۱۸-۱۳-۱۲-۸-۷	۷۰/۴۲-۷۳/۰۴	متوسط
۱۵-۱۱-۱۰-۹-۴-۱	۱۰۷/۶۵-۱۲۰/۶۲	زیاد	۱۷-۱۶-۱۴-۶-۵-۳	۷۳/۰۴-۷۵/۶۶	زیاد

جدول ۱۵: کلاس بندی مقادیر CN و S برای حوضه‌های با رتبه ۶

کلاس بندی S برای حوضه‌های رتبه ۶			کلاس بندی CN برای حوضه‌های رتبه ۶		
نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس	نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس
۶-۶-۵-۴	۸۵/۸۴-۹۰/۹۵	کم	۶ int, ۶-۳, ۶-۱	۷۱/۵۱-۷۲/۵۸	کم
۶-۶-۲-۶	۹۰/۹۵-۹۶/۰۶	متوسط	۶-۶, ۶-۲	۵۸۷۲-۷۳/۶۵	متوسط
۶ int, ۶-۶, ۱-۳	۹۶/۰۶-۱۰۱/۱۹	زیاد	۶-۶, ۵-۴	۷۳/۶۵-۷۴/۴۲	زیاد

جدول ۱۶: کلاس بندی مقادیر CN و S برای حوضه‌های با رتبه ۷

کلاس بندی S برای حوضه‌های رتبه ۶			کلاس بندی CN برای حوضه‌های رتبه ۶		
نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس	نام زیر حوضه‌ها	رده هر کلاس	کلاس
۷-۳	۸۸/۵۴-۹۲/۷۲	کم	۷ int	۷۱/۵۳-۷۲/۴۰	کم
۷-۷, ۲-۱	۹۲/۷۲-۹۶/۹۰	متوسط	۷-۲, ۷-۱	۷۲/۴۰-۷۳/۲۷	متوسط
۷ int	۹۶/۹۰-۱۰۱/۰۸	زیاد	۷-۳	۷۳/۲۷-۷۴/۱۴	زیاد

جداول CN و S نشان می‌دهد اراضی که از نظر تولید رواناب از پتانسیل بالایی برخوردارند شامل زیر حوضه‌های ۳-۵-۶-۱۴-۱۶-۱۷ از زیر حوضه‌های با رتبه ۵ و زیر حوضه‌های ۵-۶ و ۶-۴ با رتبه آبراهه ۶ و زیر حوضه‌های ۲-۷ با رتبه ۷ از نظر توان تولید رواناب پتانسیل بالایی دارند در مقابل همین زیر حوضه‌ها از نظر جذب جریان سطحی از کمترین مقدار جذب برخوردارند و بیانگر این نکته است که اراضی که از نظر جنس زمین شناسی، وضعیت شیب، پوشش گیاهی و کاربری اراضی قدرت جذب و نگهداشت آب را نداشته‌اند باعث بالا رفتن ضریب رواناب و ایجاد سیل شده‌اند، در مقابل زیر حوضه‌هایی که از شرایط مساعدی برخوردار هستند توان جذب رواناب را دارند و از ضریب رواناب کمتری برخوردارند.

### تشریح خلاصه نتایج حاصل از محاسبه توان تولید رواناب با دوره برگشت‌های مختلف

با توجه به کلاس‌بندی ارتفاع رواناب تولید شده در هر زیرحوضه و تهیه نقشه‌های پتانسیل سیل حوضه آبخیز رازآور برای دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال به تفکیک زیرحوضه‌های با رتبه ۵-۶-۷ می‌توان به این نتیجه دست یافت که تقسیم‌بندی حوضه بر اساس رتبه ۵ و محاسبه ارتفاع رواناب برای این زیرحوضه‌ها نشان می‌دهد که تقسیم‌بندی حوضه‌ی اصلی به حوضه‌های نسبتاً کوچک تأثیر عوامل مؤثر بیشتری را در سیل‌خیزی نشان می‌دهد به طوری که با این نوع رتبه‌بندی در مرحله اول تأثیر عامل مساحت را به حداقل رسانده‌ایم و در مقابل تأثیر عوامل دیگر نظیر زمین‌شناسی، شماره منحنی (CN) پوشش گیاهی و دیگر عوامل خود را نشان داده است. در این دسته‌بندی زیرحوضه‌های ۳-۱۴-۱۶ برای دوره برگشت ۲ سال از پتانسیل سیل بالایی برخوردار بوده است که دلیل آن وجود جنس زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی و میزان نفوذپذیری در حوضه است که شرایط مساعدی را برای سیل‌خیزی فراهم کرده است. در این تقسیم‌بندی عوامل مؤثر دیگر غیر از مساحت در رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌ها شناخته شده است.

در تقسیم‌بندی حوضه بر اساس زیر حوضه‌های با رتبه ۶ عامل مساحت حوضه نمود بیشتری پیدا کرده و نقش عوامل دیگر در حوضه‌های کوچک کم‌رنگ شده است به گونه‌ای که در تقسیم‌بندی حوضه بر اساس رتبه ۵ زیرحوضه ۳ که قبلاً به دلیل داشتن شیب زیاد و عدم پوشش گیاهی مناسب جزء زیرحوضه‌های با توان تولید سیل خیلی زیاد بود، نقش خود را تا حدی از دست داده و جزء زیر حوضه با رتبه‌های ۱-۶ قرار گرفته که از نظر پتانسیل سیل‌خیزی در کلاس خیلی کم قرار می‌گیرد ولی زیرحوضه ۵-۶ به دلیل نقش مؤثر و گسترده جنس زمین‌شناسی و قرار گرفتن در سازندهای آذرین و دگرگونی از نظر پتانسیل سیل‌خیزی در کلاس خیلی زیاد قرار می‌گیرد و برای تمام دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ این وضعیت را دارد.

در مرحله بعد با تقسیم حوضه رازآور به سه زیر حوضه بزرگ و یک واحد بین حوضه‌ای تأثیر عامل مساحت بر سیل‌خیزی منطقه بیشتر شده به گونه‌ای که حوضه ۲-۷ به دلیل داشتن مساحت بیشتر نسبت به سایر زیرحوضه‌ها از پتانسیل رواناب بالایی برخوردار بوده و در کلاس خیلی زیاد قرار می‌گیرد. با این تقسیم‌بندی تأثیر عوامل دیگر در شناخت رفتار هیدرولوژیکی حوضه کم‌رنگ شده و تأثیر مساحت نمود بیشتری پیدا کرده است.

### کنترل صحت ارقام محاسبه شده با روش SCS

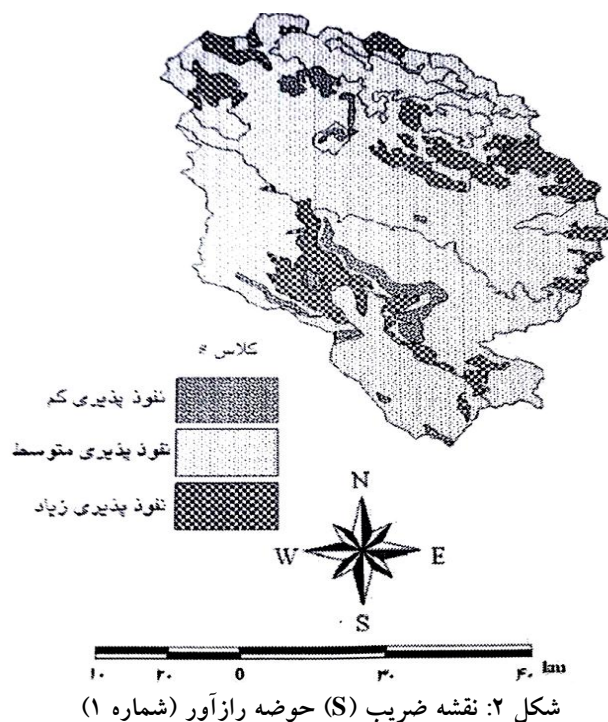
به منظور کنترل اعداد دبی حداکثر به دست آمده با روش شماره منحنی (CN) و اعداد دبی حداکثر واقعی منطقه و اینکه روش استفاده شده تا چه اندازه‌ای بیانگر واقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه است، می‌توان به جواب دبی‌های محاسبه شده در این روش اعتماد کرد. در ادامه شرح آنالیز دبی انجام شده می‌آید.

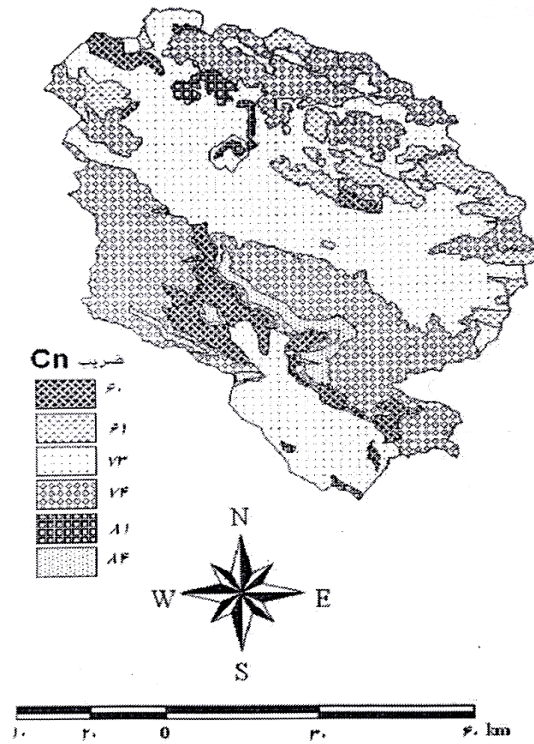
ابتدا آمار ایستگاه پیرمزد بازسازی شاده و با وارد کردن این آمار در نرم‌افزار HYFA به تجزیه و تحلیل آمار پرداخته شده و مقدار دبی سیل برای دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال محاسبه شده است. نتایج این آنالیز در جدول ۱۵ آمده است. با مقایسه‌ی ارقام حاصل از آنالیز دبی پیک لحظه‌ای سیلاب واقعی منطقه با ارقام محاسبه شده به روش SCS این نتیجه به دست آمد که جواب محاسبات انجام شده با واقعیت دبی پیک منطقه نزدیکی فراوانی دارد و با استفاده صحیح از روش SCS و محاسبه درست پارامترهای لازم در این روش می‌توان دبی و ارتفاع رواناب حوضه را به صورت قابل قبولی تخمین زد اما لازم به ذکر است که در این روش باید به دو پارامتر بسیار حساس ضریب CN و ضریب بازوی پایین‌رونده‌ی هیدروگراف واقعی سیل

منطقه در محاسبه‌ی سیلاب بسیار توجه کرد زیرا اگر این ضرایب به‌خوبی لحاظ نشوند باعث محاسبه‌ی ارقام غیرواقعی سیل از منطقه خواهد شد و ارزش مدل در محاسبه‌ی ارتفاع رواناب و دبی سیلاب تا حد زیادی کاهش خواهد یافت. در جدول ۱۵ دبی‌های سیلابی برای دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال نشان داده شده است که آنالیز آماری آن در محیط نرم‌افزار HYFA انجام گردیده است و همچنین مقادیر دبی سیلابی برای دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ محاسبه شده توسط مدل SCS آورده می‌شود که بیانگر مشابهت و نزدیکی فراوان این مقادیر است و نشان می‌دهد که اگر در روش SCS پارامترها به دقت محاسبه شوند می‌توانند برآوردهای نسبتاً خوبی از منطقه به دست دهند.

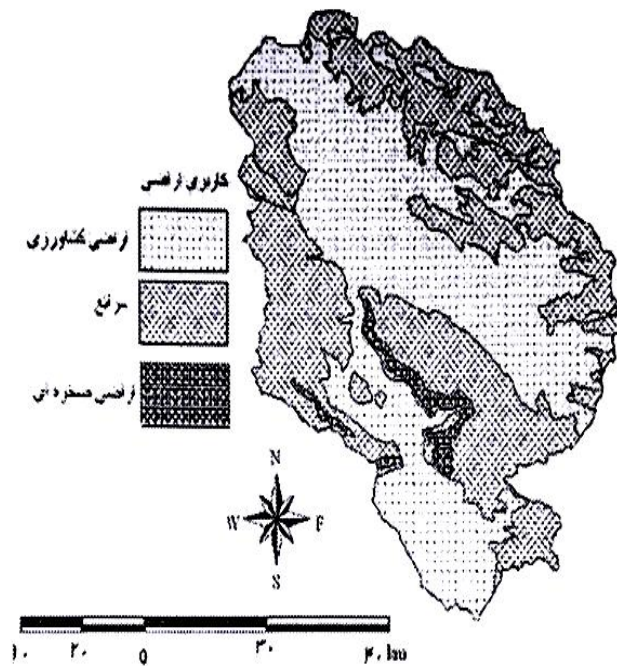
جدول ۱۷: مقدار دبی پیک محاسبه شده با روش SCS

دوره برگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
مقدار دبی سیل	۱۱۱/۸۶	۲۲۳/۰۹	۳۱۹/۴۸	۴۱۵/۶۸	۴۵۷/۸۳	۵۷۶/۸۷	۶۹۱/۸۵

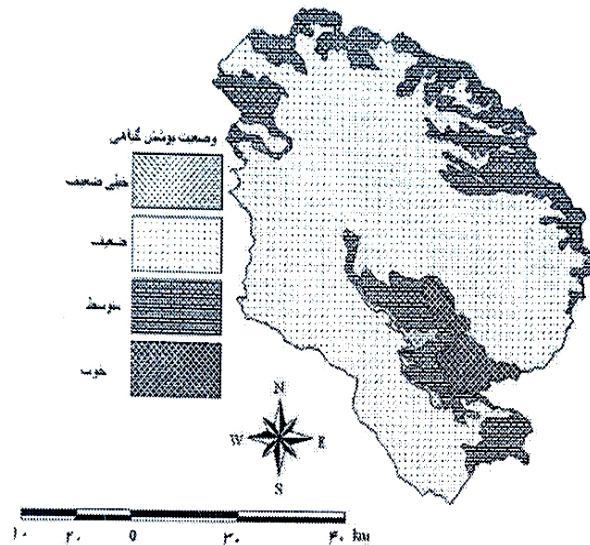




شکل ۳: نقشه نفوذپذیری CN حوضه رازآور (شماره ۲)



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی حوضه رازآور (گزارش حوضه رازآور، ۱۳۷۸)



شکل ۵: نقشه وضعیت پوشش گیاهی حوضه رازآور (گزارش حوضه رازآور، ۱۳۷۸)

### کلاس بندی و وزن دار کردن عامل زمین شناسی

بدین منظور رخساره های سنگی و رسوبی حوضه را از نقطه نظر توان تولید رواناب در پنج طبقه بندی نمودی که عبارتند از با تراویی بالا، تراو، نیمه تراو، کم تراو و ناتراو. پس هر واحد سنگی در هر زیر حوضه با در نظر گرفتن مساحت آن وزن دهی شده به این صورت که رخساره هایی با نفوذپذیری بالا بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و رخساره های نفوذناپذیر کم ترین وزن داده شده است.

زیرحوضه هایی که در این کلاس طبقه بندی شده از کمترین وزن برخوردار هستند در تولید رواناب مؤثر هستند. کلاس بندی و وزن دهی سازندهای زمین شناسی در جداول زیر آمده است.

جدول ۱۸: کلاس بندی رخساره های سنگی حوضه رازآور

وزن هر رخساره	نام هر سازند	کلاس بندی رخساره های سنگی
۵	QV	رخساره با تراویی بالا
۴	QTBL	رخساره تراو
۳	DB-JK-ELV-TRJK	رخساره نیمه تراو
۲	MQ-MM-ELF-KM-ELV-UB-GB	رخساره کم تراو
۱	SR-EF-EL	رخساره ناتراو

جدول ۱۹: وزن دهی عامل زمین شناسی در هر زیرحوضه

نام حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
وزن حوضه	۴	۴	۴	۴	۴	۳/۳۸	۲/۳۹	۲/۲۹	۲/۳۳	۴/۱۱	۳/۲۱	۲/۷۰	۲/۵۷	۱/۸۱	۲/۱۵

ادامه جدول ۱۹: وزن دهی عامل زمین شناسی در هر زیرحوضه

نام حوضه	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
وزن حوضه	۲/۶۰	۴	۴	۳/۸۵	۴	۳/۳۶	۳/۱۵	۲/۶۴	۳/۲۱	۴	۳/۹۲	۳/۲۵	۲/۹۲	۴	۳/۳۳



ارزیابی ارقام مربوط به وزن داده شده به هر کدام از زیرحوضه‌ها در جداول فوق بیانگر این است که زیرحوضه‌های شماره ۱۵-۱۴-۱۳-۱۲-۱۱ از زیرحوضه‌ها با رتبه ۵ که حوضه‌های شمالی منطقه هستند از کمترین وزن عامل زمین‌شناسی برخوردار بوده که حساسیت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به ضریب رواناب CN را نشان می‌دهد. بررسی نقشه زمین‌شناسی سر حوضه قرار گرفتن زیرحوضه‌های فوق را بر گستره زون ساختاری سندج سیرجان و دلیل مطلب فوق را به‌خوبی بیان می‌نماید زیرا بخش‌های شمالی حوضه بر روی سازندهای زمین‌شناسی آتشفشانی و دگرگونی سندج سیرجان واقع گردیده که این تشکیلات زمین‌شناسی موجود در این مناطق از نفوذپذیری پایین برخوردار بوده و مانع نفوذ سریع آب به داخل زمین و ایجاد رواناب در این زیر حوضه‌ها می‌گردد و دشت‌های سیلابی این منطقه از ارتفاع رواناب و دبی سیلابی بالاتری نسبت به سایر نقاط حوضه برخوردار می‌باشند. بنابراین اراضی واقع در این مناطق در کلاس‌بندی ارتفاع رواناب در کلاس خیلی زیاد قرار می‌گیرند.

### کلاس‌بندی و وزن‌دهی عامل پوشش گیاهی

#### پوشش گیاهی

به‌منظور ارزیابی تأثیر این عامل در تولید رواناب اقدام به وزن‌دهی نقشه وضعیت پوشش گیاهی نموده و پوشش گیاهی خوب با وزن بالا و پوشش گیاهی ضعیف با وزن کم ارزش‌گذاری شده است و از لحاظ وضعیت پوشش گیاهی، حوضه به ۴ کلاس خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط و خوب تقسیم و با دادن وزن ۱ تا ۴ به ترتیب عامل پوشش گیاهی وزن‌دار گردیده است. سپس وزن هر عامل در مساحت آن در هر زیرحوضه ضرب و در نهایت تقسیم بر مساحت کل زیرحوضه شده و وزن هر نوع پوشش گیاهی در هر زیرحوضه تعیین و به هر زیرحوضه از نظر پوشش گیاهی یک وزن اختصاص داده شده است. زیرحوضه‌هایی که از کمترین وزن برخوردار هستند بیشترین و حوضه‌هایی که بیشترین وزن را دارند کمترین تأثیر را در میزان تولید رواناب حوضه دارند.

وزن‌دهی پوشش گیاهی و وزن هر زیرحوضه از نظر پوشش گیاهی در جداول زیر ارائه گردیده است.

جدول ۲۰: کلاس‌بندی پوشش گیاهی

وضعیت پوشش گیاهی	وزن اختصاص داده شده
خوب	۴
متوسط	۳
ضعیف	۲
خیلی ضعیف	۱

جدول ۲۱: وزن‌دهی هر زیر حوضه از نظر وضعیت پوشش گیاهی

نام حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
وزن پوشش گیاهی	۲/۶۱	۲/۲۲	۲/۵۷	۱/۹۹	۳/۰۴	۲/۹۰	۲/۱۲	۲/۱۹	۲/۲۸	۲/۰۹	۳/۵۰	۲/۴۵	۲/۳۱	۲/۳۶	۲/۱۴



ادامه جدول ۲۱. وزن دهی هر زیرحوضه از نظر وضعیت پوشش گیاهی

نام حوضه	۱۶	۱۷	۱۸	۶-۱	۶-۲	۶-۳	۶-۴	۶-۵	۶-۶	۶int	۷-۱	۷-۲	۷-۳	Vint	R
وزن پوشش گیاهی	۲	۲	۲	۲/۲۱	۲/۴۳	۲/۱۳	۲/۴۰	۲/۰۹	۲	۲	۲/۳۲	۲/۲۶	۲/۰۴	۲	۲/۲۰

بررسی جداول فوق نشان می دهد که تقریباً کل حوضه آبخیز رازآور از لحاظ وضعیت پوشش گیاهی ضعیف بوده و معرف این واقعیت می باشد که پوشش گیاهی عاملی مؤثر در میزان تولید رواناب حوضه محسوب می گردد.

### کلاس بندی و وزن دهی عامل ضریب رواناب CN

با توجه به استخراج نقشه CN حوضه ضریب رواناب برای هر زیرحوضه و حوضه اصلی تهیه شده است. حوضه هایی که از CN بالایی برخوردار هستند نقش بسزایی در افزایش ارتفاع رواناب حوضه دارند. به همین منظور نقشه ی CN وزن دار شده است و CN وزنی برای هر زیرحوضه محاسبه شده است. در ادامه جدول CN وزنی می آید که ضریب رواناب را در هر زیرحوضه نشان می دهد.

جدول ۲۲: ضرایب ارتفاع رواناب (CN)

نام حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
ضریب CN	۶۹/۵۳	۷۰/۹۱	۷۵/۵۱	۷۰/۰۴	۷۴/۷۸	۷۳/۹۰	۷۱/۴۱	۷۰/۴۴	۶۸/۳۹	۶۹/۶۴	۶۹/۴۲	۷۱/۹۷	۷۱/۸۸	۷۵/۶۶	۶۷/۸۰

ادامه جدول ۲۲.

نام حوضه	۱۶	۱۷	۱۸	۶-۱	۶-۲	۶-۳	۶-۴	۶-۵	۶-۶	۶int	۷-۱	۷-۲	۷-۳	intV	R
ضریب CN	۷۳/۵۸	۷۳/۵۹	۷۲/۹۰	۷۱/۸۹	۷۳/۳۰	۷۱/۵۱	۷۴/۰۱	۷۴/۷۴	۷۳/۵۶	۷۱/۵۳	۷۲/۵۹	۷۲/۶۷	۷۴/۱۵	۷۱/۵۳	۷۲/۷۳

بر اساس جدول بالا می توان گفت که حوضه هایی که از CN بالایی برخوردار هستند ارتفاع رواناب بالایی هم دارند مثلاً حوضه ۱۴ و ۱۶ از حوضه های با رتبه ۵ از ضریب CN بالایی برخوردار هستند و ارتفاع رواناب بالایی هم دارند و از نظر ارتفاع رواناب در کلاس زیاد قرار می گیرند و همچنین از حوضه های با رتبه ۶ حوضه ۶-۵ از ضریب بالایی برخوردار است و از نظر ارتفاع آب هم در کلاس خیلی زیاد قرار می گیرد.

به طور کلی از میان تمام فاکتورهای بررسی شده مؤثرترین عوامل در ایجاد سیل در منطقه زمین شناسی، پوشش گیاهی و ضریب ارتفاع رواناب است که به عنوان عوامل مؤثر نقش بسزایی را در وقوع سیل در منطقه ایفا می کنند به طوری که زیرحوضه هایی که دارای شرایط خوبی از نظر زمین شناسی، پوشش گیاهی و نفوذپذیری هستند از ارتفاع رواناب کمتری برخوردار هستند مانند حوضه ۱ که به دلیل کارستیک بودن منطقه و داشتن جنس آهک بیستون که از نفوذپذیری زیادی برخوردار است دارای ارتفاع رواناب کمتری است و در کلاس خیلی کم از نظر ارتفاع رواناب قرار گرفته است و حوضه ۱۱ که از وضعیت پوشش گیاهی بهتری برخوردار است و از نظر پوشش گیاهی وزن بالایی دار نیز از نظر ارتفاع رواناب در کلاس خیلی کم قرار گرفته است.

## بحث و نتیجه‌گیری

برای تعیین مؤثرترین عامل در سیل‌خیزی منطقه و ارائه مدل مناسب جهت پیش‌بینی میزان رواناب، ابتدا ارتفاع رواناب محاسبه شده برای هر دوره برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال به ترتیب به‌عنوان متغیر وابسته تعیین شده و فاکتورهای مساحت حوضه، طول آبراهه‌ی اصلی، شیب وزنی حوضه، شماره منحنی CN، زمان تأخیر، زمان تمرکز، نسبت انشعاب آبراهه، نسبت تراکم، ضریب شکل حوضه، طول آبراهه‌ی درجه ۱-۲-۳-۴-۵ به‌عنوان متغیرهای کمی و کاربری اراضی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر کیفی که با وزن‌دار کردن متغیرهای کیفی تبدیل به متغیر کمی شده‌اند، به‌عنوان متغیرهای مستقل معرفی شده‌اند. در ادامه از مدل STEPWISE در روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شده که در نهایت مؤثرترین عوامل تعیین شده و مدل مناسب جهت پیش‌بینی ارتفاع رواناب برای دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال به‌دست آمده است. همچنین به‌منظور آزمون مدل و اینکه آیا مدل ارائه شده با واقعیت ارتفاع رواناب منطقه انطباق دارد یا نه آزمون صورت گرفته به این ترتیب که تمام مدل‌ها آزمون شده و با قرار دادن فاکتورهای مؤثر ارائه شده در فرمول، ارتفاع رواناب مجدداً برای تمام زیرحوضه‌ها و حوضه‌ی اصلی محاسبه شده است و سرانجام از طریق روش SCS و مقدار رواناب محاسبه شده از طریق مدل پیش‌بینی ارائه شده در محیط SPSS مقایسه صورت گرفته و از بین مدل‌های ارائه شده بهترین مدل انتخاب شده است که بهترین انطباق را با ارقام محاسبه شده‌ی ارتفاع رواناب دارد و نمودار خطی بهترین مدل ترسیم شده در محیط EXCEL برای هر دوره برگشت به‌طور جداگانه آورده شده است.

بررسی نقشه خطوط هم‌باران حوضه بیشترین میزان بارندگی را در بخش‌های شرقی حوضه با میانگین ۴۷۵-۵۰۵ میلی‌متر در سال و در بهنگ در بخش‌های مرکزی با ۵۷۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه را نشان می‌دهد. این مناطق با وجود بارندگی بیشتری، از ارتفاع رواناب کمتری نسبت به سایر قسمت‌های حوضه برخوردار بوده که مؤید این مطلب می‌باشد که دلیل تولید رواناب‌های حوضه میزان و شدت بارش‌ها نبوده و نقش سایر عوامل پررنگ‌تر می‌باشد. در بخش‌هایی از حوضه گسترش رخساره‌های آهکی و توده‌های نفوذی با وجود این‌که سیمای ریختاری مرتفع و شیب‌داری را ایجاد نموده است اما از ضریب رواناب پایین‌تری برخوردار هستند که دلیل آن توسعه وسیع سیستم‌های شکستگی و درز و شکاف بر روی این سنگ‌ها و نفوذپذیری بالایی آن‌ها می‌باشد. در این نقاط از حوضه تنها زمانی که بارندگی‌ها به‌صورت رگبارهای شدید باشد فرصت تولید رواناب بر روی این تشکیلات زمین‌شناسی پیدا می‌شود؛ اما در بخش‌های شمال و شرق و شمال غربی حوضه گسترش رخساره‌های فلیش با تناوب طبقات مارن، ماسه‌سنگ و آهک آواری و سنگ‌های دگرگونی از نوع سرپانتیت‌ها، مارن‌های شیلی متأثر از ویژگی‌های سنگ‌شناسی و مقاومت پایین در برابر فرسایش اگرچه سیمای مرفولوژی پست‌تر و دامنه‌های با شیب ملایم‌تر را ایجاد نموده‌اند اما از نفوذپذیری کم و ضریب رواناب بالاتری نسبت به سایر نقاط حوضه برخوردار هستند. مشاهده نقشه هیدروگرافی حوضه به‌خوبی تراکم وسیع شبکه آبراهه‌ها را در این نقاط نشان می‌دهد که مؤید پایین بودن میزان نفوذپذیری و بالا بودن ضریب رواناب در این قسمت‌های حوضه می‌باشد.

هم‌چنین در نقاطی از حوضه که وضعیت پوشش گیاهی بهتری داشته و وزن بالایی از این نظر دارا هستند از لحاظ تولید رواناب در کلاس خیلی کم قرار داشته و مناطقی با وضعیت پوشش گیاهی پایین و وزن کم از نظر تولید رواناب در کلاس بالایی قرار گرفته‌اند.



به طور کلی نتایج به دست آمده از فاکتورهای بررسی شده مؤثر تولید رواناب گویای این واقعیت است که عوامل زمین شناسی، پوشش گیاهی و ضریب رواناب به ترتیب مؤثرترین عوامل بوده و زیرحوضه‌هایی که دارای شرایط خوبی از لحاظ وضعیت زمین شناسی، پوشش گیاهی و نفوذپذیری هستند از ضریب رواناب کمتری نیز برخوردار هستند. به عنوان مثال حوضه‌ی شماره ۱ به دلیل تشکیلات آهکی بیستون و شرایط خاص کارستیک دارای نفوذپذیری بالا و ارتفاع رواناب کم می‌باشد و زیرحوضه‌هایی که وضعیت پوشش گیاهی مناسب‌تری دارند نیز مانند زیرحوضه‌ی شماره ۱۱ از لحاظ ارتفاع رواناب در کلاس خیلی کم قرار دارند.

## منابع

۱. اردلان خواه، افشین. ۱۳۹۰. شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب در حوضه آبریز هشلی با استفاده از مدل HEC- GeoHMS. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی.
۲. امیدوار، کمال؛ کیان فر، آمنه و عسکری، شمس الله. ۱۳۸۹. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز کنجانچم، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۲، شماره ۷۲، ۷۳-۹۰.
۳. آخوند علی، علی محمد و سید کابلی. حسام. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های هیدروگراف واحد SCS و کلارک در برآورد هیدروگراف سیل حوضه آبریز کسلیان، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، کرج.
۴. ملکی، امجد؛ حسادی، همایون و پیروزی نژاد، نوشین. ۱۳۹۲. برآورد مقادیر سیلاب و ارائه مدل سیل خیزی در حوضه آبخیز رازآور، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۴۶، ۲۲۳-۲۳۹.
۵. جهان بخش اصل، سعید؛ رضایی بنفشه، مجید؛ گودرزی، مسعود؛ غفوری روزبهانی، عبدالمحمد و مهدیان، محمدحسین. ۱۳۸۹. ارزیابی کاربرد روش زمان- سطح و هیدروگراف واحد لحظه ای کلارک در برآورد دبی سیلاب بازفت کارون، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی (دانشکده علوم محیطی و معماری)، سال ۱۶، شماره ۴۱، ۴۹-۶۶.
۶. جهانگیر، محمدحسین؛ صادقی، سعیده؛ سلیمانی، حدیث. ۱۳۹۳. تخمین مقدار دبی حداکثر سیلاب با استفاده از روش SCS برای مدیریت اراضی زیرحوضه منطقه کن، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۴۷-۵۷.
۷. حجازی، اسدالله و مزبانی، مهدی. ۱۳۹۴. برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب با استفاده از روش شماره ی منحنی (CN) (مطالعه ی موردی: حوضه آبریز سراب دره شهر)، نشریه هیدروژئومورفولوژی، دوره ۲، شماره ۵، صص ۶۳-۸۱.
۸. ذوالفقاری، حسن؛ طهماسبی پور، ناصر و بهاروندی، نسیمه. ۱۳۹۲. شبیه سازی روابط بارش - رواناب حوضه ی آبریز کشکان در استان لرستان با روش SCS، جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۴، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۰، ۱-۱۲.
۹. سالاری جزی، میثم؛ قربانی، خلیل و عبدالحسینی، محمد. ۱۳۹۵. برآورد هیدروگراف رواناب در حوضه فاقد آمار بدون استفاده از داده های پوشش خاک و کاربری اراضی، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال هفتم، شماره ۲۶، ۴۶-۶۱.
۱۰. شرکت سنجش از دور. ۱۳۸۷. گزارش پوشش گیاهی حوضه ی آبخیز رازآور، ص ۶۹.
۱۱. شرکت سنجش از دور. ۱۳۸۷. گزارش خاک شناسی حوضه ی آبخیز رازآور، ص ۸۵.
۱۲. صادقی، سیدحمیدرضا، مهدوی، محمد و رضوی، سیده لاله، ۱۳۸۷، واسنجی ضریب شاخص حداکثر ذخیره و شماره ی منحنی مدل SCS در حوزه های آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا، مجله علوم مهندسی آبخیزداری ایران، جلد دوم، شماره ۴، صص ۱۲-۲۴.
۱۳. علیزاده، امین. ۱۳۷۹. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ دوازدهم، مشهد، انتشارات فردوسی.
۱۴. قنوتی، عزت الله و ندافیون، فریبا. ۱۳۹۵. بررسی پتانسیل سیلاب حوضه آبریز درکه با استفاده از روش بارش - رواناب SCS، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی- پژوهشی، سال ۱۳، شماره ۴۹، ۶۵-۷۵.
۱۵. کرکوتی، علیرضا؛ نظریها، مهرداد؛ باغوند، اکبر؛ جعفری سلیم، بابک؛ کرباسی، عبدالرضا و وثوق، علی. ۱۳۸۹. برآورد مقدار سیلاب حداکثر به روش های مشاهده ای، کریگر و SCS (مطالعه موردی: رودخانه قره سو در کرمانشاه)، محیط شناسی، سال ۳۶، شماره ۵۵، ۹۹-۱۱۰.



۱۶. کریمی، مریم؛ ملکی نژاد، حسین؛ عبقری، هیراد و عزیزیان، محمدصادق. ۱۳۹۰. ارزیابی روش‌های شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با استفاده از بستر نرم‌افزاری HEX-HMS (مطالعه موردی حوضه آبخیز چهل گزی)، مجله پژوهش آب ایران، سال پنجم، شماره نهم، ۲۹-۳۸.
۱۷. مرادی نژاد، مریم؛ کریمی، کامران؛ نخعی نژاد فرد، سارا؛ خسروی، حسن و جورغلامی، مقداد. ۱۳۹۳. بررسی هیدروگراف سیل با استفاده از مدل شبیه‌سازی بارش- رواناب در حوزه آبخیز ایوان، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۱۰۳، ۵۲-۶۰.
۱۸. ملکی، امجد؛ همایون، حصادی و پیروزی نژاد، نوشین. ۱۳۹۳. بررسی رفتارهای هیدرولوژیکی سیلاب حوضه آبخیز رازآور با استفاده از روش‌های آنالیز آماری، مدل SCS و مقطع برداری از رودخانه، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۴، ۱۰۹-۱۲۰.
۱۹. واعظی، علیرضا و عباسی، محمد. ۱۳۹۱. کارایی روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) در برآورد رواناب در حوزه آبخیز تهم چای، شمال غرب زنجان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال شانزدهم، شماره ۶۱، ۲۰۹-۲۱۹.
۲۰. Adib, A., M. Salarijazi, M. Vaghefi, M. M. Shooshtari, and A. M. Akhondali. ۲۰۱۰. Comparison between GcIUH-Clark, GIUH-Nash, Clark-IUH, and Nash-IUH models. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, ۳۴(۲), ۹۱-۱۰۴.
۲۱. Adib, A., M. Salarijazi, M. Vaghefi, M., Mahmoodian-Shooshtari, and A. Akhondali. ۲۰۱۱. Comparison between characteristics of Geomorphoclimatic Instantaneous Unit hydrograph produced by GcIUH based Clark model and Clark IUH model. *Journal of Marine Science and Technology*, ۱۹(۲), ۲۰۱-۲۰۹.
۲۲. Bales, J. & R. P. ۱۹۸۱. THE CURE Number rasa Hydrologic Index, *Proceedings of International Symposium on rainfall – runoff hydrologic modeling*, Mississippi, State University, pp. ۳۷۱-۳۸۶.
۲۳. Choudhury, P., and J. Nongthombam. ۲۰۱۲. Application of NRCS Model to Watershed Having No Landcover Data. *Environmental Management and Sustainable Development*, ۱(۲), p1-۱۳.
۲۴. Ghahraman, B. ۱۹۹۵. Flood Forecasting as Affected by Complete Shape of IUH. *Iran of Sci. and Tech.* ۱۹ (۳), ۲۸۹-۳۰۰.
۲۵. Hawkins, R. H. ۱۹۷۹. Runoff curve Number With Varying Site Moisture, *Journal of Irrigation and Drainage Division*, American society of Civil Engineers, Vol. ۱۰, No. IR۴, pp. ۳۸۹-۳۹۸.
۲۶. Huashi zhi, Li Dinchaen. ۲۰۰۹. NuFang fang. *De Futin chang fonacai*, Research on the SCS-CN.
۲۷. Jeon, J. H., K. J. Lim, and B. A. Engel. ۲۰۱۴. Regional calibration of SCS-CN L-THIA.
۲۸. Kabiri R., Chan. A., Bai, R. ۲۰۱۳. Comparison of SCS and Green- Ampt methods in surface Runoff-Flooding.
۲۹. Labat D. ۲۰۰۴. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, ۲۷(۶): ۶۳۱-۶۴۲.
۳۰. Luxon, N., M., Christopher, and C. Pius, (۲۰۱۳), Validating the Soil Conservation Service triangular unit hydrograph (SCS-TUH) model in estimating runoff peak discharge of a catchment in Masvingo, Zimbabwe. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, ۵(۳): ۱۵۷-۱۶۲.



۳۱. Majidi, A., M., Moradi, and H. Vagharfard. ۲۰۱۲. Evaluation of Synthetic Unit Hydrograph (SCS) and Rational Methods in Peak Flow Estimation (Case Study: Khoshehaye Zarrin Watershed, Iran). *International Journal of Hydraulic Engineering*, ۱(۵): ۴۳-۴۷.
۳۲. model: Application for ungauged basins. *Water*, ۶(۵): ۱۳۳۹-۱۳۵۹.
۳۳. Morgan, P. E., and S. M. Johnson. ۱۹۶۲. Analysis of synthetic unit-graph methods. *Journal of the Hydraulics Division*, ۳۲۷۹, ۱۹۹-۲۲۰.
۳۴. Mostaghimi, S., and J. K. Mitchell. ۱۹۸۲. Peak Runoff Model Comparison on Central Illinois Watersheds. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, ۱۸: ۹-۱۳.
۳۵. Nearing M.A., et al. ۲۰۰۵. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *CATENA*, ۶۱(۲-۳): ۱۳۱-۱۵۴
۳۶. Noori, N., L., Kalin, P., Srivastava, and C. Lebleu. ۲۰۱۲. Effects of Initial Abstraction Ratio in SCS-CN Method on Modeling the Impacts of Urbanization on Peak Flows. In *Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress* (pp. ۲۰-۲۴).
۳۷. Pilgrim, D. H. ۱۹۷۶. Travel times and nonlinearity of flood runoff from tracer measurements on a small watershed. *Water Resources Research*, ۱۲(۳): ۴۸۷-۴۹۶.
۳۸. Rodríguez-Iturbe, I., M., González Sanabria, and R. L. Bras. ۱۹۸۲. A geomorphoclimatic theory of the instantaneous unit hydrograph. *Water Resources Research*, ۱۸(۴): ۸۷۷-۸۸۶.
۳۹. Sahoo, B., Chatterjee, C., N. S., Raghuwanshi, R., Singh, and R. Kumar. ۲۰۰۶. Flood estimation by GIUH-based Clark and Nash models. *Journal of Hydrologic Engineering*, ۱۱(۶): ۵۱۵-۵۲۵.
۴۰. Singh, V. P. ۱۹۸۸. *Hydrologic Systems: Rainfall-runoff modeling*, vol. ۱. Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ.
۴۱. Singh, V. P., and D. Frevert. ۲۰۰۲. *Mathematical models of small watershed hydrology and applications*. Water resources publications.
۴۲. Sorman, A. U. ۱۹۹۵. Estimation of peak discharge using GIUH model in Saudi Arabia. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ۱۲۱(۴): ۲۸۷-۲۹۳.
۴۳. Sule, B. F., and S. A. Alabi. ۲۰۱۳. Application of synthetic unit hydrograph methods to construct storm hydrographs. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, ۵(۱۱): ۶۳۹-۶۴۷.
۴۴. Tessema, S. M., S. W., Lyon, S. G., Setegn, and U. Mörtberg. ۲۰۱۴. Effects of different retention parameter estimation methods on the prediction of surface runoff using the SCS curve number method. *Water resources management*, ۲۸(۱۰): ۳۲۴۱-۳۲۵۴.



## Classification and weighing of Razavar Runoff coefficient in Kermanshah

### Abstract

In Iran because of natural and unique climate most of the rivers flooding and the mostpart of the country are encounter to the flood danger. Razavar river as a big and flooding basins in north of Kermanshah has a high potential for runoff producing this research have done for runoff production capacity study in this basin by classification and weighing method so, in this line first we should show effect of other factors with area effect underestimation and basin and with runoff hight classification in each of sub-basins and making mops of flood potential for recursive period of ۲ to ۱۰۰ years and dividing sub-basins in rank of ۵-۶-۷ by using SCS method and runoff height for each of sub-basins and main basin had boon calculated and CN map by maps integration of soil hydrologic units, soil and map of land use and vegetation had been prepared, and quality variables of geology vegetation and runoff coefficient CN transform to quantity variables and introduced as a independent variable. Results show that geology factor with mean of  $R=۳,۳۳$  and vegetation mean  $R=۲,۲۰$ , runoff coefficient CN with mean  $R=۷۲,۷۳$  are effective factors in runoff production.

**KEYWORDS:** Razavar, SCS method, CN coefficient, Classification, Weighting.