



## تهیه نقشه شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوضه کارون شمالی

مقاله پژوهشی

سیدحسین روشان، محمود حبیب‌نژاد روشن، کاکاشاهدی، یاروسلاو گرمانسکی

دریافت: ۹ مرداد ۱۴۰۰ / بازنگری: ۷ شهریور ۱۴۰۰ / پذیرش: ۲۷ شهریور ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۲۷ شهریور ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ مهر ۱۴۰۱

### چکیده

پیشینه و هدف حوضه آبخیز کارون شمالی یکی از زیرحوضه‌های مهم حوضه کارون بزرگ است. در سال‌های اخیر وقوع سیلاب‌های شدید پایین دست این حوضه منجر به ایجاد خسارات جانی و مالی زیادی شده است. جهت انجام مطالعه پایه در کنترل و تخفیف سیلاب‌ها تخمین مقدار رواناب تولیدی از بارش گام اصلی و اساسی به شمار می‌رود. تخمین مقدار رواناب یکی از مهم‌ترین مراحل مطالعه هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز به منظور مدیریت سیلاب، مدیریت منابع آب و فعالیت‌های حفاظت خاک است. رواناب در نتیجه مازاد بارش بر میزان نفوذ در خاک و نگهداشت سطحی تولید می‌گردد و به عواملی مختلفی از جمله خصوصیات

سیدحسین روشان<sup>۱</sup>، محمود حبیب‌نژاد روشن<sup>(✉)</sup><sup>۲</sup>، کاکاشاهدی<sup>۳</sup>، یاروسلاو گرمانسکی<sup>۴</sup>

۱. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳. دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴. استاد گروه سنجش‌ازدور و تحقیقات محیطی، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه علوم زیستی ورشو، ورشو، لهستان

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : [roshanbah@yahoo.com](mailto:roshanbah@yahoo.com)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.685143>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.2.4>

فیزیکی حوضه، میزان بارش و نفوذ بستگی دارد. ارتباط بارش- رواناب توسط دانشمندان و محققان مورد بررسی قرار گرفته، و مدل‌های زیادی جهت شبیه‌سازی این فرآیند پیشنهاد شده است. یکی از مدل‌های اولیه و اساسی در این زمینه مدل روش شماره منحنی است که توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا پیشنهاد داده شد و شماره منحنی سرویس حفاظت خاک آمریکا یا SCS-CN نام‌گذاری گردید. مدل SCS-CN یکی از مدل‌های ساده و تجربی در زمینه بارش-رواناب است که به‌طور گسترده در برآورد ارتفاع رواناب در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. شماره منحنی (CN) هر حوضه نشانگر رفتار هیدرولوژیکی و توان تولید رواناب آن حوضه در مواقع بارندگی است و مقدار آن از روی جدول استاندارد برآورد می‌شود که در آن‌ها، خصوصیات خاک با یک عامل هیدرولوژیکی که نشان‌دهنده حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب بودن طولانی مدت خاک است، بیان می‌شود. بر این اساس سرویس حفاظت خاک آمریکا تمام خاک‌ها را در چهار گروه اصلی، A، B، C و D به ترتیب با شدت نفوذپذیری بالا، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم کرده است. با توجه به وقت و زمان مصرفی بالا در محاسبه این روش به صورت سنتی و دستی محققان از فناوری‌های سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات مکانی برای محاسبه آن بهره گرفتند. به این منظور الحاقی‌های با عنوان ArcCN-Runoff را

همچنین نقشه شماره منحنی بیانگر آن است که بیشترین و کمترین مقدار شماره منحنی در حوضه ۹۸ و صفر است. در مناطق با شماره منحنی بالا پتانسیل تولید رواناب بالا بوده و این نواحی مربوط به مناطق با پوشش گیاهی ضعیف در حوضه است. مناطق با مقدار بالای شماره منحنی و تولید رواناب زیاد بیشتر مربوط به سازندهای آهکی حوضه شامل سازندهای آهکی بختیاری و آسماری است که ارتفاعات بالای حوضه از جمله کوه‌های دنا را تشکیل داده است. همچنین مناطق با CN متوسط و پایین بیشتر مربوط به کاربری‌های جنگل و مراتع است که پتانسیل تولید رواناب در این کاربری‌ها متوسط است. از طرفی با توجه به اینکه اغلب بارش در ارتفاعات حوضه به صورت برف است فرصت نفوذ به داخل خاک فراهم است و در نتیجه مقدار تولید رواناب کمتر است. سازندهای آهکی موجود در حوضه که اغلب ارتفاعات زاگرس را تشکیل داده است از طریق منافذ و شکستگی‌ها بارش در آن‌ها نفوذ پیدا کرده و آب‌های زیرزمینی را تغذیه می‌نماید به همین دلیل است که اغلب در این مناطق با تعداد زیاد چشمه‌ها مواجه هستیم. از طرفی نتایج نقشه رواناب بیانگر این است که ارتفاعات زاگرس که دارای شیب بالایی هستند در تولید رواناب نقش عمده دارند، این مناطق بیشتر در مناطق جنوبی حوضه و جنوب شرق و همچنین شمال غرب حوضه واقع شده‌اند و بر روی نقشه شماره منحنی به رنگ زرد قابل مشاهده هستند.

**نتیجه‌گیری** سطح وسیعی از حوضه دارای پتانسیل تولید رواناب متوسط است که می‌تواند منجر به ایجاد سیلاب در پایین‌دست حوضه شود. بنابراین لازم است اقدامات حفاظتی و آبخیزداری در سرشاخه‌ها و مناطقی که شروع جریان رخ داده اجرا شوند. با توجه به اینکه مبنای محاسبات در تهیه نقشه‌های شماره منحنی و ارتفاع رواناب، لایه‌های رستری بوده که هر پیکسل آن دارای ارزش است لذا محاسبات انجام شده و نتایج آن خیلی به واقعیت نزدیک‌تر بوده و در هزینه و زمان صرفه‌جویی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** تخمین رواناب، خصوصیات هیدرولوژیکی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه کارون شمالی

طراحی که قابلیت اضافه شدن به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی را دارد. هدف این مطالعه تولید نقشه شماره منحنی (CN) و برآورد ارتفاع رواناب در سطح حوضه کارون شمالی با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش SCS-CN است.

**مواد و روش‌ها** حوضه آبخیز کارون شمالی یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبخیز کشور در تأمین منابع آبی است که در موقعیت جغرافیایی ۳۵° ۴۹' تا ۴۷° ۵۱' طول شرقی و ۲۸° ۳۰' تا ۴۰° ۳۲' عرض شمالی قرار دارد. این حوضه دارای مساحتی حدود ۲۳۲۹۹/۳۱ کیلومترمربع است که در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، خوزستان و بخشی از استان فارس گستره دارد. به منظور تولید نقشه‌های شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI مربوط به سال ۱۳۹۶ به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال به دست آمد. سپس لایه خاک و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه بر اساس نقشه خاک جهانی تولیدشده توسط سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (فائو) و جدول استاندارد SCS برای گروه‌های مختلف هیدرولوژیکی خاک تهیه گردید. با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با دستور Perform Intersect در الحاقی ArcCN-Runoff محیط GIS، نقشه شماره منحنی (CN) تولید و بر اساس جدول SCS-CN ویرایش و نهایی گردید. سرانجام، با تولید نقشه توزیع مکانی بارش با روش IDW در سطح حوضه، ارتفاع رواناب یا ارتفاع بارش مازاد از روش SCS-CN به دست آمد. نقشه نهایی ارتفاع رواناب در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی گردید.

**نتایج و بحث** نتایج نشان داد که سطحی زیادی از حوضه دارای شیب بالای ۳۰ درصد است. شیب را می‌توان مهم‌ترین عامل فیزیوگرافی در تولید رواناب در حوضه‌های آبخیز دانست. بر اساس نقشه کاربری اراضی بیشترین سطح کاربری مربوط به جنگل‌های بلوط زاگرس و مراتع است. با توجه به نوع جنگل‌های بلوط که دارای تراکم کمی هستند و همچنین مراتع ضعیف حوضه به دلیل چرای بیش‌ازحد دام، تولید رواناب در این کاربری‌ها زیاد است.

## مقدمه

مهمترین گام در مدیریت پایدار منابع آب و پیشگیری از وقوع سیلاب در حوضه‌های آبخیز، پیش‌بینی میزان رواناب سطحی است. مخاطره طبیعی سیلاب از جمله فرآیندهای هیدرولوژیکی است که متأثر از شرایط طبیعی و غیرطبیعی حوضه و شرایط اقلیمی آن است. فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی بر میزان تولید رواناب در حوضه اثر بسزائی دارند (۴، ۳۰ و ۳۲). تولید رواناب در حوضه آبخیز و ارتباط آن با بارندگی از جمله قرآیندهای پیچیده هیدرولوژیکی حوضه آبخیز است که درک آن نیازمند شناخت اجزای محیط و پدیده‌های مؤثر بر ایجاد رواناب است (۱۷). ایجاد رواناب به عواملی مختلفی از جمله خصوصیات فیزیکی حوضه، میزان بارش و نفوذ بستگی دارد (۵ و ۳۲). رابطه بارندگی و رواناب اولین بار توسط شرم (۲۷) بطور تجربی و در قالب هیدروگراف واحد پیشنهاد شد سپس سرویس حفاظت خاک آمریکا در سال ۱۹۵۴ روشی را برای محاسبه بارش مازاد ارائه نمود و به روش شماره منحنی (CN) معروف شد. بر اساس این روش در یک رگبار همیشه بارش مازاد یا رواناب مستقیم کوچکتر یا مساوی بارش کل است (۷). در این روش تعیین شماره منحنی تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی است (۱۱). ایجاد رواناب در حوضه آبخیز می‌تواند منجر به افزایش فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، رسوبگذاری در مخازن، کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها (۸)، افزایش رخساره‌های فرسایش‌های آبراه‌های، شیاری و خندقی (۱۰) و همچنین در صورت بالا بودن مقدار رواناب تولیدی شرایط وقوع سیلاب فراهم شود و منجر به وقوع مشکلات اجتماعی و اقتصادی شود (۹). برآورد میزان تولید رواناب در یک حوضه به منظور برنامه‌ریزی در حفاظت خاک و فرسایش و مدیریت حوضه‌های آبخیز (۲۴)، طراحی سازه‌های هیدرولیکی و محاسبه دبی پیک سیلاب (۱) بسیار حائز اهمیت است. جهت برآورد رواناب سطحی روش‌های مختلفی از جمله برآورد با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روش‌های تجربی مانند روش مبتنی بر سطح حوضه، روش

کریگر، رابطه دیکن، منحنی بوش، رابطه تجربی فولر و روش کوک و همچنین برآورد رواناب به وسیله شماره منحنی CN وجود دارد. در بین این روش‌ها روش شماره منحنی به صورت دقیق‌تر و مطمئن‌تر کاربرد فراوانی در اقالیم مختلف دنیا دارد (۲). استفاده از روش SCS-CN مبتنی بر سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیوگرافی، خاک و کاربری اراضی حوضه آبخیز به منظور تخمین ارتفاع رواناب قابل قبول جوامع بین‌المللی است (۱۲). به منظور تسهیل در بکارگیری فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی افزونه ArcCN-Runoff ایجاد و توسعه یافته است (۳۳)، که بستری مناسب برای تولید نقشه‌های شماره منحنی و ارتفاع رواناب بوده و توسعه مدیریت منابع آب و طراحی سازه‌های هیدرولوژیکی و آبخیزداری در حوضه آبخیز را فراهم می‌کند (۱۸ و ۲۹). محرم‌پور و همکاران (۲۱) به منظور برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب حوضه آبخیز نازلوچای ارومیه از ابزار ArcCN-Runoff استفاده کردند. آنها ابتدا نقشه کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ تهیه کردند، سپس نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک بر اساس نقشه خاک، شیب و کاربری تهیه شد در نهایت به منظور تخمین مقدار شماره منحنی و ارتفاع رواناب به ترتیب از الحاقیه ArcCN-Runoff و روش SCS-CN بهره گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد متوسط وزنی شماره منحنی حوضه مورد مطالعه ۷۷/۹۶ است و همچنین بیشترین و کمترین مقدار CN در شرایط رطوبتی متوسط در حوضه ۱۰۰ و ۵۶ بوده است. آنها بیان داشتند که زیاد بودن مقدار متوسط وزنی شماره منحنی حوضه نشانه نفوذپذیری کم آن، و افزایش احتمال وقوع سیل است. حسین‌زاده و همکاران (۹) با استفاده از ابزار ArcCN-Runoff و روش شماره منحنی (SCS-CN) اقدام به برآورد ارتفاع رواناب حوضه آبخیز افجه در استان تهران کردند. آنها با تلفیق نقشه کاربری و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نقشه شماره منحنی را استخراج و سپس با تلفیق آن با نقشه بارندگی ۲۴ ساعته در محیط ArcGIS نقشه نهایی ارتفاع رواناب را بدست

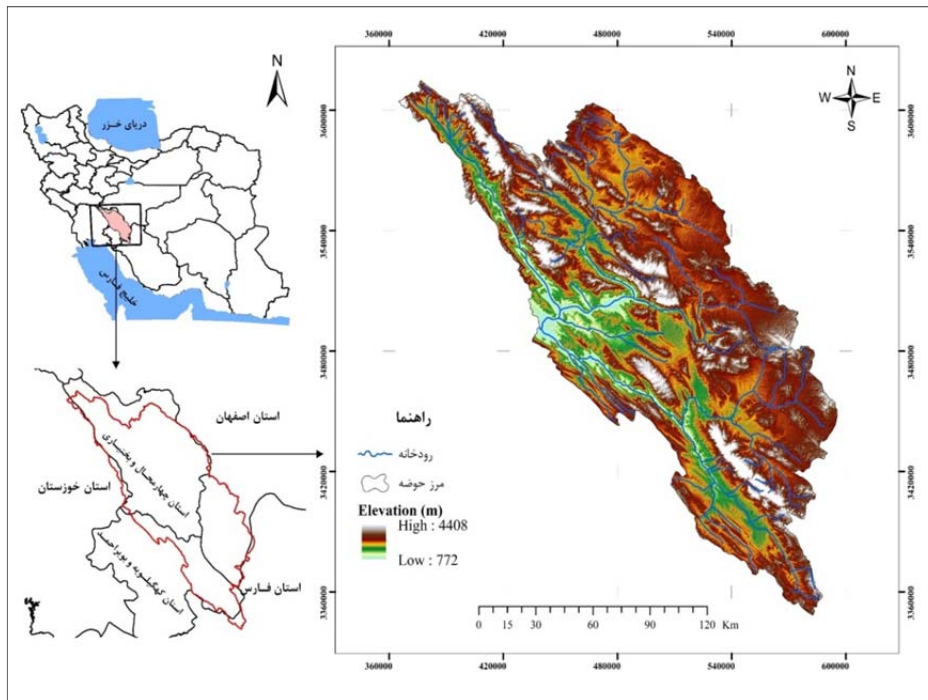
زیرحوضه‌های مهم کارون بزرگ است که هر ساله شاهد سیلاب‌های عظیمی در آن هستیم. از آنجائیکه نقشه شماره منحنی و ارتفاع رواناب از مؤثرترین پارامترهای در تولید نقشه‌های حساسیت و خطر سیلاب هستند و تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در حوضه کارون شمالی انجام نشده است. هدف این مطالعه تولید این دو نقشه با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش SCS-CN در حوضه مذکور است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

حوضه کارون شمالی یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبخیز کشور در تأمین منابع آبی است که در موقعیت جغرافیایی  $35^{\circ}$   $49^{\circ}$  تا  $47^{\circ}$   $51^{\circ}$  طول شرقی و  $28^{\circ}$   $30^{\circ}$  تا  $40^{\circ}$   $32^{\circ}$  عرض شمالی قرار دارد. این حوضه بخشی از حوضه کارون بزرگ بوده و دارای مساحتی حدود  $23299/31$  کیلومتر مربع است که در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، خوزستان و بخشی از استان فارس گستره دارد. حوضه آبخیز کارون شمالی یکی از زیرحوضه‌های مهم آبریز خلیج فارس است. این حوضه به عنوان یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبخیز کشور در تأمین منابع آب به شمار می‌آید. متوسط آبدهی حدود ۹ میلیارد مترمکعب و حدود ۱۰ درصد آب‌های جاری کشور را در برمی‌گیرد که در تقسیم‌بندی‌های دفتر مطالعات پایه منابع آب با کد ۲۳ مشخص شده است (۱۳). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی این حوضه آبخیز را نشان می‌دهد.

آوردند. نتایج آنها بیانگر این بود که نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک در عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوضه مورد مطالعه مؤثر بوده است. همچنین شماره منحنی بالاتر مربوط به گروه هیدرولوژیکی D بوده که مناطق با پوشش اراضی صخره‌ای حوضه را شامل می‌شد. سیبک و همکاران (۲۸) در مطالعه خودشان رواناب سطحی را بر اساس روش SCS-CN برای زیرحوضه وارخادی (Varekhadi) در کشور هند پیش‌بینی کردند. آنها نقشه کاربری را از تصاویر ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> استخراج کردند و با تلفیق با نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک منطقه، نقشه شماره منحنی را بدست آوردند و جهت تولید نقشه رواناب از روابط روش SCS-CN بهره گرفتند. میزان رواناب بدست آمده برای مدلسازی فرآیند بارش-رواناب مورد استفاده قرار گرفت. آنها بیان داشتند که حدود ۷/۵ درصد رواناب پیش‌بینی شده تحت تأثیر کاربری اراضی و شدت بارندگی قرار داشته است. محمد و آداموسکی (۲۰) با استفاده از فناوری‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) به همراه روش شماره منحنی، سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS-CN) اقدام به تخمین شماره منحنی و حجم رواناب در منطقه عسیر (Asir) در کشور عربستان سعودی کردند. تعداد منحنی رواناب بر اساس فاکتورهای گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری زمین و پوشش زمین و شیب با GIS تعیین شد. نتایج نشان داد که رواناب سالانه برای منطقه مورد مطالعه از ۲۷ تا ۶۹ درصد از کل بارندگی، با تغییر از ۸۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در سال متفاوت است. نتایج آنها نشان داد که حجم رواناب در منطقه عسیر از کمترین مقدار ۲۳۷۰۰۰ متر مکعب تا حداکثر ۲۱۴۰۰۰۰ متر مکعب متغیر است. حوضه کارون شمالی یکی از



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کارون شمالی

Fig 1. Geographic Location of North Karun Basin

لازمه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای این است که کیفیت

داده‌ها از نظر رادیومتریکی و هندسی قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرد و اطمینان حاصل شود که این تصاویر عاری از هر گونه خطای رادیومتریکی و هندسی هستند. با توجه به اینکه تصاویر ماهواره لندست ۸ قبل از رسیدن به دست کاربر تصحیحات هندسی روی آنها انجام گرفته است، در این تحقیق از انجام این تصحیحات خودداری شد. در مرحله بعد لازم است تا تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری روی تصاویر انجام شود. به منظور انجام تصحیحات رادیومتریکی از دستور Radiometric Correction در نرم‌افزار ENVI<sup>®</sup>5.3 استفاده گردید. سپس تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر از روش تصحیح اتمسفری تجزیه و تحلیل سریع خط دید اتمسفر از طریق طیف ابر مکعب (FLAASH) استفاده گردید. در روش FLAASH فرض بر اینست که حضور پیکسل‌های تیره می‌تواند به عنوان پیکسل مرجع با بازتاب سطحی مشخص در نظر گرفته شود (۱۴). در این روش مقدار غبار، مه و ذرات معلق در جو، برآورد و بازیابی می‌شوند (۳۱). بعد از انجام

## روش تحقیق

شماره منحنی و میزان رواناب در حوزه آبخیز نقش مهمی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی، کنترل فرسایش خاک و ارزیابی پتانسیل تولید جریان رودخانه‌ای دارد. جهت تولید نقشه شماره منحنی و ارتفاع رواناب ابتدا داده‌های مورد نیاز شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، طبقات ارتفاعی، مقدار شیب، داده‌های هیدرواقليمی طبق مراحل زیر جمع‌آوری و لایه آنها تولید گردید.

## نقشه کاربری اراضی

به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI (Operational Land Imager) استفاده گردید. بدین ترتیب ابتدا تصاویر از پایگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا اخذ و برای استخراج نقشه کاربری سال ۱۳۹۶ استفاده شد (جدول ۱).

بازدیدهای میدانی که به صورت سیستماتیک و به تعداد ۳۰ نمونه برای هر کاربری با دستگاه GPS برداشت شد مقایسه شد و درستی نمونه‌ها تأیید شد. نقشه‌های تولیدی در محیط نرم‌افزار ArcGIS<sup>®</sup> 10.8 اصلاح و در نهایت نقشه کاربری اراضی تهیه گردید. به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی از ضریب کاپا استفاده گردید.

تصحیحات اقدام به موزاییک کردن تصاویر شد و سپس ترکیب رنگی مناسب انتخاب گردید. در مرحله بعدی پس از انتخاب مناطق تعلیمی از تصاویر سال ۱۳۹۶ با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) که دقت بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد طبقه‌بندی تصاویر انجام شد. نقاط کنترل زمینی حاصل از

جدول ۱. مشخصات تصاویر لندست ۸ استفاده شده

Table 1. Specifications of used satellite images

نام ماهواره	سنجنده	تعداد باندها	ردیف	گذر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
			۳۸	۱۶۳	۲۰۱۷/۰۵/۱۵	۱۳۹۶/۰۲/۲۵
			۳۹	۱۶۳	۲۰۱۷/۰۵/۱۵	۱۳۹۶/۰۲/۲۵
			۳۷	۱۶۴	۲۰۱۷/۰۵/۲۲	۱۳۹۶/۰۳/۰۱
لندست ۸	OLI	۱۱	۳۸	۱۶۴	۲۰۱۷/۰۵/۲۲	۱۳۹۶/۰۳/۰۱
			۳۹	۱۶۴	۲۰۱۷/۰۵/۲۲	۱۳۹۶/۰۳/۰۱
			۳۷	۱۶۵	۲۰۱۷/۰۵/۲۲	۱۳۹۶/۰۳/۰۱
			۳۸	۱۶۵	۲۰۱۷/۰۵/۲۶	۱۳۹۶/۰۳/۰۵

جدول ۲. مشخصات نقشه خاک‌شناسی مورد استفاده

Table 2. Used Soil Map Characteristics

ردیف	کد نوع خاک	نام	بافت خاک	مقدار پارامتر k
۱	۳۱۲۲	I-Rc-Xk-c-3122	Loam	۰/۳۲۰۴
۲	۳۵۰۸	I-Rc-Yk-c-3508	Loam	۰/۳۰۶۱
۳	۳۵۷۸	Xk5-2-3a-3578	Clay-Loam	۰/۳۶۰۱
۴	۳۲۵۴	Rc33-3bc-3254	Loam	۰/۳۲۴۴
۵	۳۳۰۴	Xk5-3ab-3304	Clay-Loam	۰/۳۵۶۲

#### نقشه شیب

یکی از فاکتورهای مؤثر بر میزان رواناب و هدررفت خاک در سطح حوضه آبخیز درصد شیب زمین است. مقدار شیب با تأثیر بر روی درصد پوشش گیاهی، عمق خاک، سرعت جریان و نگهداشت سطحی می‌تواند بر روی تولید رواناب مؤثر باشد. به منظور تولید نقشه شیب ابتدا مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوضه در اندازه پیکسل ۱۲/۵ متر از پایگاه

#### نقشه خاک‌شناسی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تولید رواناب در سطح حوضه آبخیز مؤثر هستند از جمله آنها می‌توان به بافت خاک، ساختمان خاک، مقدار مواد آلی و رطوبت اولیه خاک اشاره کرد. رطوبت اولیه خاک متغیری پویا است که نقش مهمی در بسیاری از فرآیندها در سطح حوضه آبخیز از جمله نفوذپذیری و تولید رواناب و رسوب دارد. لایه خاک حوضه مورد مطالعه بر اساس نقشه خاک جهانی تولید شده توسط سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (فائو) در ۵ طبقه خاک (بر اساس تعداد لایه‌های خاک، بافت خاک، و مواد آلی خاک) بدست آمد. مشخصات نقشه خاک‌شناسی سطح حوضه آبخیز کارون شمالی در زیر آمده است (جدول ۲).

بودن طولانی مدت خاک است و به صورت گروه هیدرولوژیکی خاک قابل بیان است. گروه هیدرولوژیکی خاک و به دنبال آن شماره منحنی سطح هر حوضه، بیانگر رفتار هیدرولوژیکی آن حوضه و رژیم آبدهی آن در مواقع بارندگی است. بر این اساس، تمام خاکها بر اساس تولید رواناب طبق روش سازمان حفاظت خاک آمریکا در چهار گروه تقسیم بندی می شوند (جدول ۳).

داده های زمین سازمان هوا و فضای آمریکا دانلود شد و سپس در محیط نرم افزار ArcGIS با استفاده از دستور Spatial Analysis نقشه شیب حوضه بر حسب درصد بدست آمد.

### نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک

خصوصیات خاک می تواند با یک عامل هیدرولوژیکی بیان شود که آن، حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب

جدول ۳. طبقه بندی هیدرولوژیکی خاکها در روش SCS (۶)

Table 3. Soil Hydrological Categories in SCS Method (6)

پتانسیل تولید رواناب	بافت خاک	نفوذپذیری	گروه هیدرولوژیک
ضعیف	ماسه‌ای درشت‌دانه / ماسه‌ای ریزدانه / ماسه / ماسه تا ماسه لومی / ماسه لومی	۷/۶۲ - ۱۱/۴۳	A
متوسط	ماسه‌ی لومی تا لوم ماسه‌ای / لوم ماسه‌ای تا لوم / لوم تا ماسه و گراول / لوم / لوم تا رس / لوم تا لوم سیلتی / لوم تا رس لومی سیلتی / لوم رسی / ماسه و گراول	۳/۸۱ - ۷/۶۲	B
زیاد	رس لومی / رس لومی تا رس لومی سیلتی / سیلت لومی / رس لومی سیلتی / سیلت لومی تا رس لومی سیلتی / رس ماسه‌ای لومی / رس لومی سیلتی تا رس سیلتی / رس سیلتی / رس	۱/۲۷ - ۳/۸۱	C
خیلی زیاد	سیلتی تا رس / رس / تورب	۰/۰ - ۱/۲۷	D

### نقشه توزیع مکانی بارندگی

جهت تولید این نقشه از داده های ایستگاه های باران سنجی و سینوپتیک موجود در حوضه در بازه آماری سال های ۱۳۹۶- و ۱۳۷۶ استفاده گردید. ابتدا داده های مورد نظر از اداره کل هواشناسی کشور اخذ و سپس صحت و همگنی داده ها در هر ایستگاه با استفاده از آزمون ران تست مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW) در نرم افزار ArcGIS نقشه توزیع مکانی بارندگی در حوضه بدست آمد.

### نقشه ارتفاع رواناب بر اساس روش SCS-CN

جهت بدست آوردن ارتفاع رواناب یا ارتفاع بارش مازاد از روش SCS-CN استفاده گردید. روش شماره منحنی که قبلا تحت عنوان روش شماره منحنی رواناب سرویس حفاظت منابع طبیعی (NRCS-CN) نامیده می شد، اکنون به روش

نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک با استفاده از ترکیب نقشه های کاربری اراضی، نقشه خاک شناسی و نقشه شیب حوضه در محیط نرم افزار ArcGIS بدست آمد.

### نقشه شماره منحنی رواناب

شماره منحنی یک عدد بدون بعد است که بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می کند، که CN صفر مربوط به خاکی است که بارندگی هیچ گونه روانابی را تولید نمی کند و CN برابر با ۱۰۰ مربوط به خاکی است که کلیه مقادیر بارندگی به رواناب تبدیل می شود و مقدار نفوذ برابر با صفر است. نقشه شماره منحنی بر اساس نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از الحاقیه ArcCN-Runoff در محیط نرم افزار ArcGIS تهیه گردید.

## نتایج

مدل SCS-CN، مدل یکپارچه‌ای است که در فرآیند شبیه‌سازی بارش- رواناب مورد استفاده قرار می‌گیرد. ورودی این مدل بارندگی و خروجی آن مقدار رواناب است. اخیراً از فناوری‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنسور از دور (RS) جهت تولید توزیع مکانی پتانسیل تولید رواناب در حوضه‌های آبخیز استفاده می‌گردد. به این منظور الحاقیه‌ای تحت عنوان ArcCN-Runoff تولید شده که به محیط GIS اضافه می‌گردد. جهت تولید نقشه تولید رواناب در سطح حوضه ابتدا بایستی نقشه شماره منحنی (CN) آن حوضه تولید شود. نقشه شماره منحنی با استفاده از این الحاقیه نیز قابل محاسبه است بدین ترتیب که ابتدا نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از دستور Perform Intersect در محیط GIS و الحاقیه ArcCN-Runoff تلفیق شده و بر اساس جدول SCS-CN نقشه نهایی ویرایش و تولید گردید. نقشه کاربری اراضی حوضه مورد نظر با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI سال ۱۳۹۶ به روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال تهیه گردید (شکل ۲). نقشه شیب حوضه از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استخراج گردید (شکل ۳) و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک بر اساس نقشه خاک جهانی FAO و با توجه به ویژگی‌های بافت خاک، نفوذپذیری و مقدار مواد آلی بدست آمد (شکل ۴).

شماره منحنی سرویس حفاظت خاک (SCS-CN) معروف است و یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای تخمین رواناب مستقیم سطح زمین است (۱۹، ۲۵ و ۲۶). در این روش ارتفاع رواناب از رابطه ۱ قابل محاسبه است.

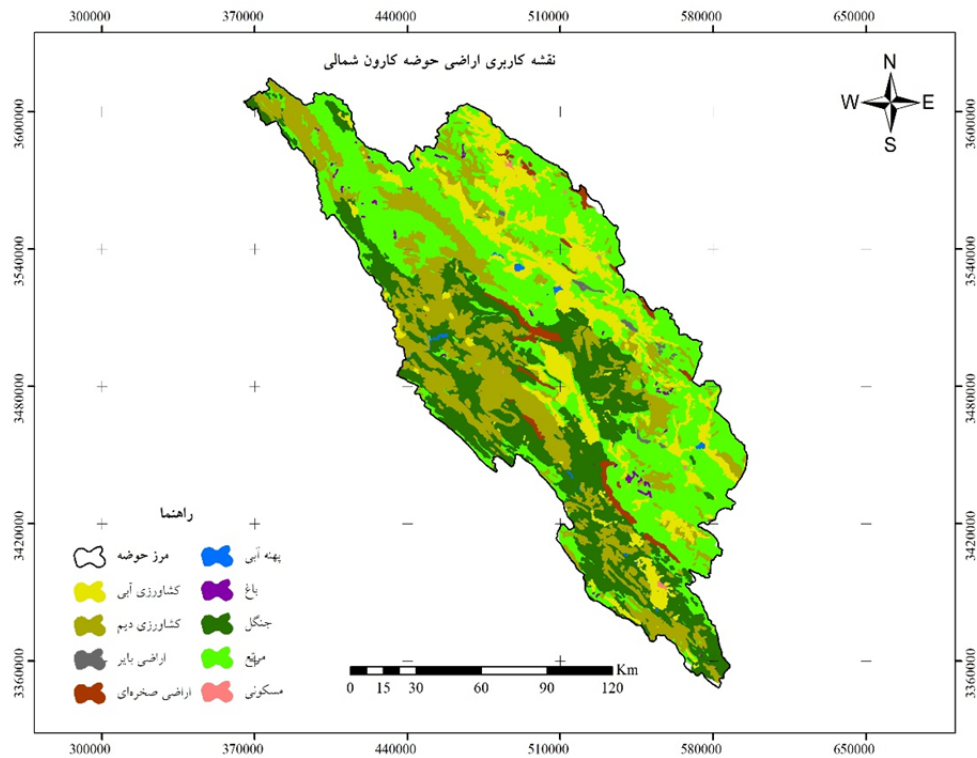
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad [1]$$

در این رابطه، Q ارتفاع رواناب بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته بر حسب اینچ، S عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین است که مقدار آن برابر است؛

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad [2]$$

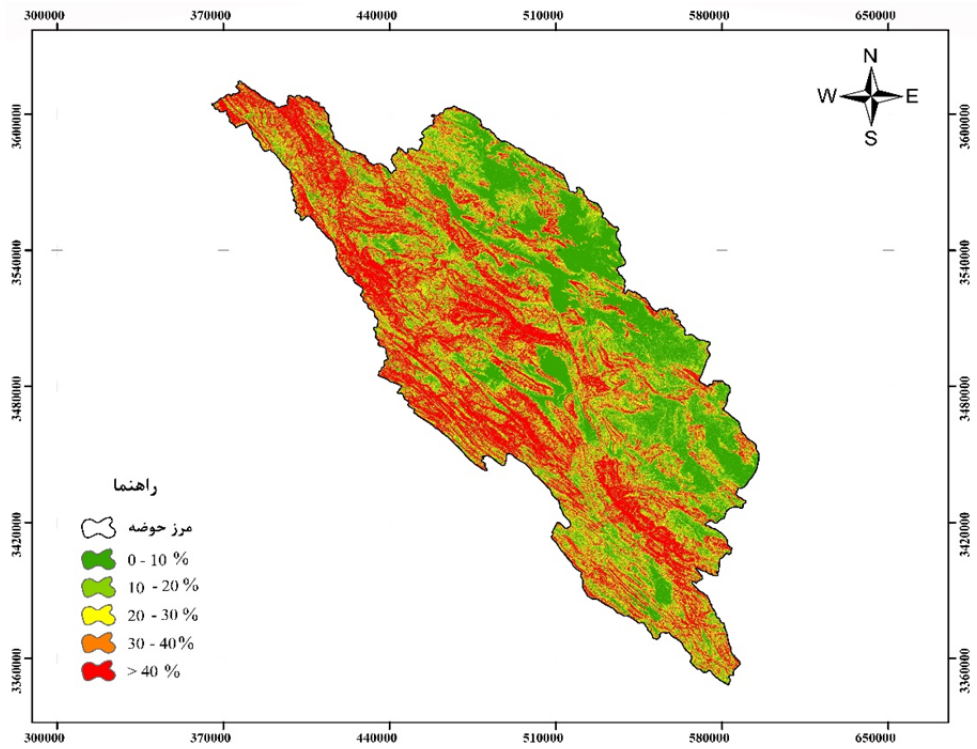
در این رابطه؛ CN شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب است. سپس با تلفیق لایه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از الحاقیه ArcCN-Runoff در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از جدول SCS نقشه نهایی شماره منحنی بدست آمد (۳۳). جهت برآورد بارش مازاد و ارتفاع رواناب نیز از رابطه‌های ۱ و ۲ با داشتن نقشه بارندگی و نگه‌داشت سطحی در محیط ArcGIS با استفاده از دستور Raster Calculation و معادله ارتفاع رواناب در روش SCS نقشه ارتفاع رواناب بدست آمد. نقشه نهایی ارتفاع رواناب در پنج طبقه‌ی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی گردید.





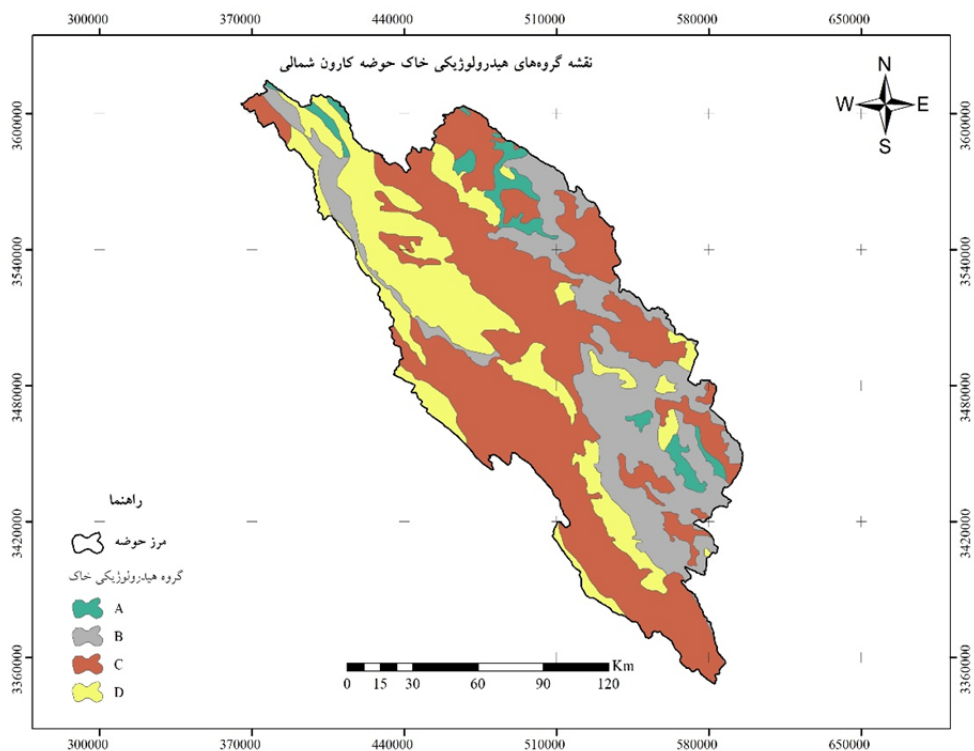
شکل ۲. نقشه کاربری اراضی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

Fig. 2. Landuse map extracted from Landsat 8 Satellite



شکل ۳. نقشه شیب (برحسب درصد) بدست آمده از مدل رقومی ارتفاع

Fig. 3. Slope map extracted from Digital Elevation Model

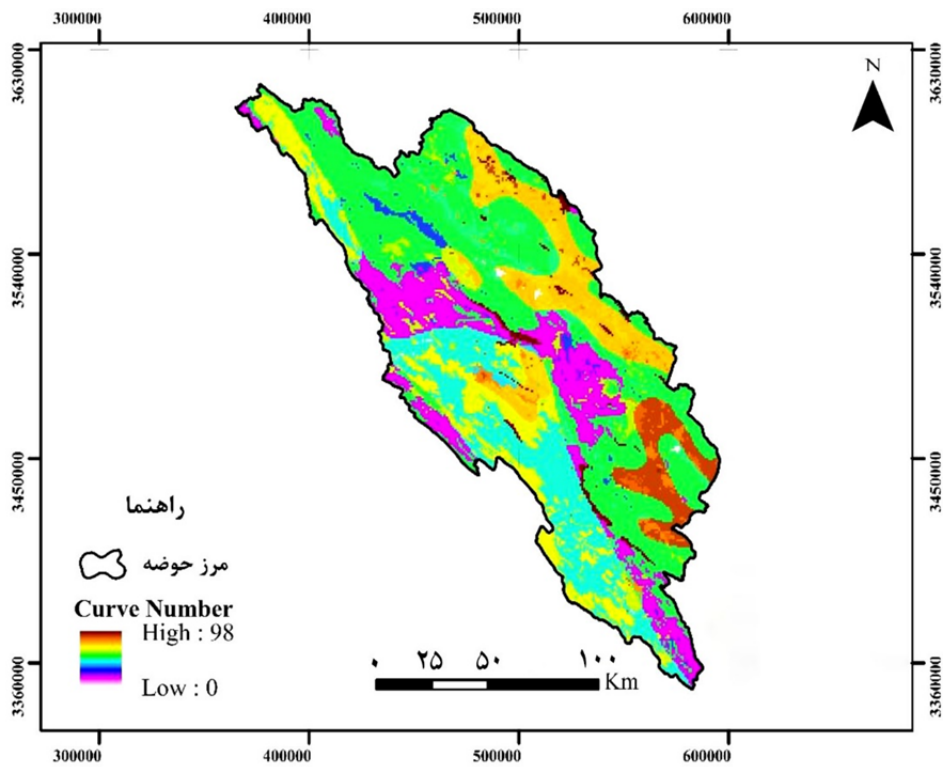


شکل ۴. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

Fig. 4. Hydrologic Soil Groups Map

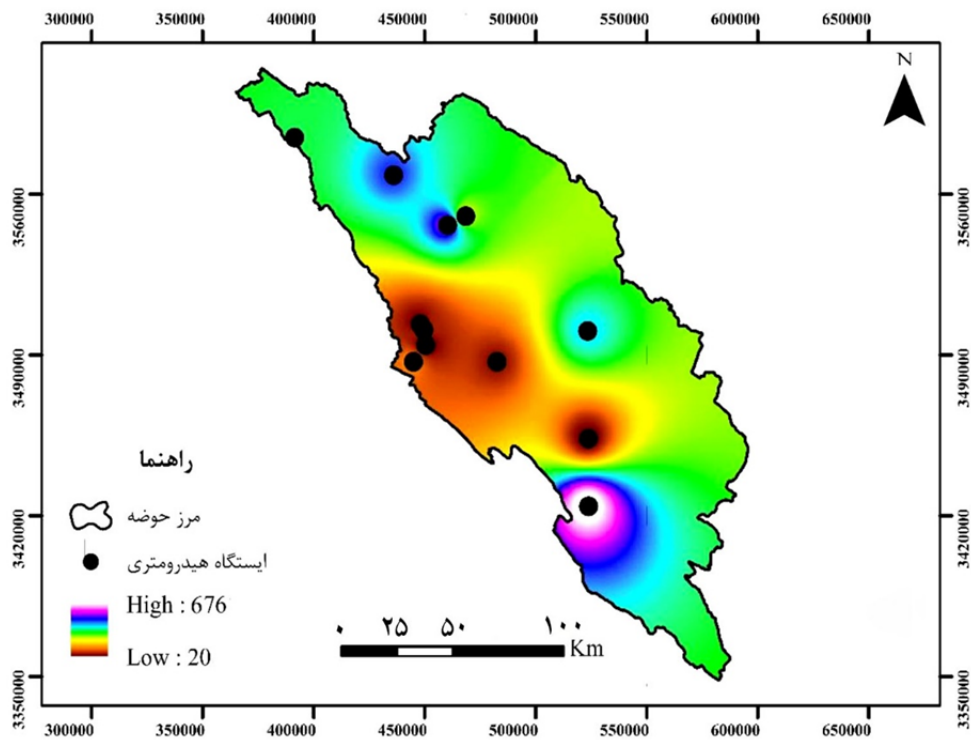
سطح کاربری مربوط به جنگل‌های بلوط زاگرس و مراتع است. با توجه به نوع جنگل‌های بلوط که دارای تراکم کمی هستند و همچنین مراتع ضعیف حوضه بدلیل چرای بیش از حد توسط دام تولید رواناب در این کاربری‌ها زیاد است. نقشه شماره منحنی از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از الحاقیه ArcCN-Runoff انجام گردید. نتایج نهایی این نقشه در شکل ۵ ارائه شده است.

نقشه شیب حوضه برحسب درصد در پنج طبقه (۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰ و بیشتر از ۴۰ درصد) تهیه گردید و نشان دهنده اینست که سطحی زیادی از حوضه دارای شیب بالای ۳۰ درصد است. شیب را می‌توان مهمترین عامل فیزیوگرافی در تولید رواناب ر حوضه‌های آبخیز دانست. نقشه کاربری اراضی نیز در هشت طبقه (کشاورزی آبی، باغات، کشاورزی دیم، جنگل، مراتع، اراضی صخره‌ای، مسکونی و پهنه آبی) بدست آمد. بر اساس نقشه کاربری اراضی بیشترین



شکل ۵. نتایج نقشه شماره منحنی (CN) در حوضه مورد مطالعه

Fig. 5. Results of the curve number map (CN) in the study basin



شکل ۶. نتایج نقشه نهایی تولید رواناب در حوضه

Fig. 6. Results of the final runoff generation map in the basin

## بحث و نتیجه گیری

عوامل زیادی از حوضه آبخیز در تبدیل بارش به رواناب مؤثر هستند در این میان نقش کاربری اراضی و خصوصیات خاک از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۶). مهمترین تأثیر این عوامل بر روی فرآیند نفوذ جریان به خاک است که موجب تغییرپذیری توزیع مکانی تولید رواناب در سطح حوضه می شود. مدل SCS-CN به عنوان مدل هیدرولوژیکی مهم در شبیه سازی بارش-رواناب در بسیاری از مطالعات بکار گرفته شده است. این مدل بر اساس مقدار شماره منحنی (CN) در سطح حوضه و بارش مقدار رواناب را محاسبه می کند. تعیین دقیق مقدار شماره منحنی در مقدار رواناب حاصل از بارش بسیار حائز اهمیت است. تهیه نقشه شماره منحنی با استفاده از نقشه های کاربری اراضی و گروه های هیدرولوژیکی خاک در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و الحاقیه ArcCN-Runoff کار را برای محققین در این زمینه تسهیل کرده است. نتایج تهیه نقشه شماره منحنی نشان می دهد که سطح زیادی از حوضه از نظر تولید رواناب در طبقه متوسط قرار می گیرد. بیشترین مقدار CN در حوضه عدد ۹۸ بدست آمد که نشان دهنده مناطقی است که دارای پتانسیل بالایی در تولید رواناب دارند و سطح کمی از حوضه را پوشش داده است. همانطور که در شکل های ۵ و ۶ مشخص است این مناطق بیشتر مربوط به سازندهای آهکی حوضه شامل سازندهای آهکی بختیاری و آسماری است که ارتفاعات بالای حوضه از جمله کوه های دنا را تشکیل داده است که با نتایج الغبری و همکاران (۳) مطابقت دارد. همچنین مناطق با CN متوسط و پایین بیشتر مربوط به کاربری های جنگل و مراتع است که پتانسیل تولید رواناب در این کاربری ها متوسط است. از طرفی با توجه به اینکه اغلب بارش در ارتفاعات حوضه به صورت برف است فرصت نفوذ به داخل خاک فراهم است و در نتیجه مقدار تولید رواناب کمتر است. سازندهای آهکی موجود در حوضه که اغلب ارتفاعات زاگرس

را تشکیل داده است از طریق منافذ و شکستگی ها بارش در آنها نفوذ پیدا کرده و آبهای زیرزمینی را تغذیه می نماید به همین دلیل است که اغلب در این مناطق با تعداد زیاد چشمه ها مواجه هستیم. از طرفی نتایج نقشه رواناب بیانگر اینست که ارتفاعات زاگرس که دارای شیب بالایی هستند در تولید رواناب نقش عمده دارند، این مناطق بیشتر در مناطق جنوبی حوضه و جنوب شرق و همچنین شمال غرب حوضه واقع شده اند و بر روی نقشه شماره منحنی به رنگ زرد قابل مشاهده هستند. در حالیکه هر چه به سمت پایین دست حوضه می رویم تولید رواناب کاهش می یابد. سطح وسیعی از حوضه دارای پتانسیل تولید رواناب متوسط است. با توجه به اینکه مبنای محاسبات در تهیه نقشه های شماره منحنی و ارتفاع رواناب، لایه های رستری بوده که هر پیکسل آن دارای ارزش است لذا محاسبات انجام شده و نتایج آن خیلی به واقعیت نزدیک تر بوده و در هزینه و زمان صرفه جویی می شود نتایج این بخش با مطالعه پاتاکی و همکاران (۲۳) و لال و همکاران (۱۵) مطابق دارد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که استفاده از فناوری های سنسجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری مهم در تولید نقشه های خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبخیز به شمار می روند و ضمن کاهش وقت و هزینه می توانند جایگزین روش های دستی و سنتی شوند. نتایج این قسمت با مطالعه ملایی (۲۲) که بر توانایی GIS در تعیین سریع تر و دقیق تر نقشه شماره منحنی تأکید دارد مطابقت دارد.

## تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل پایان نامه با عنوان تجزیه و تحلیل سیلاب با استفاده از تکنیک های داده کاوی و مدل SWAT در حوضه کارون شمالی در مقطع دکترا در سال ۱۳۹۹ است که با حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شده است.

## References

- Ajmal M, Moon GW, Ahn JH, Kim TW. 2015. Investigation of SCS-CN and its inspired modified models for runoff estimation in South Korean watersheds. *Journal of Hydro-environment Research*, (1-2): 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jher.2014.11.003>.
- Akhavan Foumani S, and Ali Nia H, Vazefehdoost M. 2011. Determining the number of runoff curve using remote sensing, *Geomatics Conference*, 15-19 May, National Cartographic Center, Tehran, 1-9. (In Persian).
- Al-Ghobari H, Dewidar A, Alataway A. 2020. Estimation of surface water runoff for a semi-arid area using RS and GIS-based SCS-CN method. *Water*, 12(7):1924. doi:<https://doi.org/10.3390/w12071924>.
- Anusree K, Varghese KO. 2016. Streamflow Prediction of Karuvannur River Basin Using ANFIS ,ANN and MNLr Models. *Procedia Technology*, 24: 101-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.015>.
- Chandler DG, Walter MF. 1998. Runoff responses among common land uses in the uplands of Matalom, Leyte, Philippines. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41(6): 1635-1641.
- Chauhan, N. B., Gadhavi, M. S., Prakash, I. and Mehmood, K. 2016. Determination of Surface Runoff in Amreli District Gujarat, India using GIS based SCS Curve Number Method. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 2(11): 367-372.
- Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W. 1988. *Applied Hydrology*. First Edition, McGraw-Hill international editions civil Engineering series, 572. ISBN: 0-07-100174-3.
- Goodarzi, MR, Zahabiyoun B, Massah Bavani AR, Kamal AR. 2012. Performance comparison of three hydrological models SWAT, IHACRES and SIMHYD for the runoff simulation of Gharesou basin. *Journal of Water and Irrigation Management*, 2(1): 25-40. doi: <https://dx.doi.org/10.22059/jwim.2012.25090>. (In Persian).
- Hosseinzadeh MM, Nosrati K, Imeni S. 2018. Determining Curve Number and Estimating Runoff Yield in HESARAK Catchment. *Scientific Journals Management System*, 18(51): 133-150. doi:<https://doi.org/10.29252/jgs.18.51.133>. (In Persian).
- Hosseinzadeh MM. 2012. Estimated height and peak runoff rate in a stream erosion in Kojoor region Nowshahr-North Alborz. *Scientific-Research Quarterly Journal of Environmental Erosion Researches*, 2 (7):1-15. (In Persian).
- Inci Tekel, Y., Akguul, S., Dengiz, O. and Akuzum, T. 2006. Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curve number and geographic information system. *River Basin Flood Management Journal*, 527-538.
- Jahan K, Pradhanang SM and Bhuiyan M.A.E. 2021. Surface Runoff Responses to Suburban Growth: An Integration of Remote Sensing, GIS, and Curve Number. *Land*, 10(5): 452-460.
- Jamab consulting Engineers Co. 2009. Review of Comprehensive Water Studies, Karun Basin, Ministry of Energy. (In Persian).
- Kaufman YJ, A. Wald AE, Remer LA, Gao BC, Li RR, Flynn L. 1997. The MODIS 2.1-/spl mu/m channel-correlation with visible reflectance for use in remote sensing of aerosol. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(5): 1286-1298. doi: <https://doi.org/10.1109/36.628795>.
- Lal M, Mishra SK, Pandey A, Pandey RP, Meena PK, Chaudhary A, Jha RK, Shreevastava AK, Kumar Y. 2017. Evaluation of the Soil Conservation Service curve number methodology using data from agricultural plots. *Hydrogeology Journal*, 25(1):151-67. doi:<https://doi.org/10.1007/s10040-016-1460-5>.
- Li, F., Zhang, Y., Xu, Z., Teng, J., Liu, C., Liu, W. and Mpelasoka, F. 2013. The impact of climate change on runoff in the southeastern Tibetan Plateau. *Journal of Hydrology*, 505: 188-201. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.052>.
- Malekian A, Mohseni Saravi M, Mahdavi M. 2004. Evaluation of the efficiency of the curve number method in estimating runoff depth. *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 57(4): 621-633. (In Persian).
- Mir Alizadeh SR, Mansouri S. 2019. Evaluation of indicators of remote sensing measurement in quantitative and qualitative studies of surface water with Landsat-8 satellite images (Case study: South of Khuzestan province). *RS & GIS for Natural Resources*, 10(2): 63-84. (In Persian).
- Mishra, S. K. and Singh, V. P. 2013. *Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology (Vol. 42)*. Springer Science & Business Media.
- Mohammad, F.S. and Adamowski, J. 2015. Interfacing the geographic information system, remote sensing, and the soil conservation service-curve number method to estimate curve number and runoff volume in the Asir region of Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(12):11093-11105. doi:<https://doi.org/10.1007/s12517-015-1994-1>.
- Moharampour E, Nazarnejad H, Babaei S. 2018. Estimation of the Curve Number and Runoff Height Using Arc GIS Software with the Arc CN-

- Runoff Tool (Case study: Nazluchai Basin of Urmia). *Watershed Management Research*, 31(2): 41-49. doi: <https://dx.doi.org/10.22092/wmej.2018.120753.1083>. (In Persian).
22. Molayi A. 2003. Assessment of curve number for estimation of runoff volume using GIS. *Proceeding of 6th International Conference on River engineering*. Shahid Chamran University, 1139-1144. (In Persian).
23. Pathak S, Ojha CS, Garg RD, Liu M, Jato-Espino D, Singh RP. 2020. Spatiotemporal Analysis of Water Resources in the Haridwar Region of Uttarakhand, India. *Sustainability*, 12(20):8449. doi:<https://doi.org/10.3390/su12208449>.
24. Saffari A, Qanavati A, Beheshti Javid, AA, Hosseini H. 2013. Estimate and zoning of runoff due 24-hour rainfall with use SCS-CN model (case study: dam catchment Yamchi, Ardabil, Iran). *Geography*, 11(8): 217-201. (In Persian).
25. SCS. 1985. National engineering handbook, section 4: Hydrology. Washington, DC :US Soil Conservation Service, USDA.
26. Shadeed, S. and Almasri, M. 2010. Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments, Palestine. *Water Science and Engineering*, 3(1): 1-13. doi:<https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2010.01.001>.
27. Sherman LK. 1949. The unit hydrograph method. *Physics of the Earth*, Dover Publications, Inc., New York, 514-525.
28. Singh AK, Sharma S, Jain AO. 2011. Mapping and Prediction of surface Run-off using SCS CN Method. *Geomatics-2011 National Conference on Impact of Climate Chang with Special Emphasis on Desertification*, February 3-5, 2011 Ajmer, India.
29. Valizadeh Kamran K, Delire Hasannia R, Azari Amgani Kh. 2019. Flood zoning and its impact on land use in the surrounding area using unmanned aerial vehicles (UAV) images and GIS. *RS & GIS for Natural Resources*, 10(3): 59-75. (In Persian).
30. Xia J, Wang GS, Ye AZ. 2005. A distributed monthly water balance model for analyzing impacts of land cover change on flow regimes. *Pedosphere*, 15(6): 761-767. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-017-6512-1>.
31. Yuan J, Niu Zh. 2008. Evaluation of atmospheric correction using FLAASH. *International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications*, 30 June-2 July 2008. Beijing, China. 1-6. doi:<https://doi.org/10.1109/EORSA.2008.4620341>
32. Zhang S, Pan B. 2014. An urban storm-inundation simulation method based on GIS. *Journal of Hydrology*, 517: 260-268. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.044>.
33. Zhang Xi, Huang ML. 2004. ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. *Environmental Modelling and Software*, 19: 875-879. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.03.001>.



## Preparation of curve number map and estimation of runoff height using geographic information system and remote sensing in North Karun Basin

Sayed Hussein Roshun, Mahmoud Habibnejad Roshan, Kaka Shahedi, Jaroslaw Chormański

Received: 31 July 2021 / Received in revised form 29 August 2021 / Accepted: 18 September 2021  
Available online September 2021 / Available print 23 September 2022

### Abstract

**Background and Objective** North Karun watershed is one of the important sub-basins of the Great Karun River basin. In recent years, the occurrence of severe downstream floods in this basin has caused a lot of human and financial losses. Estimating the amount of runoff produced by rainfall is the main step in conducting a study on flood control and mitigation. Runoff estimation is one of the most important steps in the study of watershed hydrology for flood management, water resources management and soil conservation activities. Runoff is produced as a result of excess rainfall on soil infiltration and surface maintenance and depends on various factors such as physical characteristics of the basin, rainfall and

infiltration. The rainfall-runoff relationship has been studied by scientists and researchers and many models have been proposed to simulate this process. One of the basic models in this field is the curved number method model that was proposed by the US Soil Conservation Service and was named the Soil Conservation Service Curve Number or SCS-CN. The SCS-CN model is one of the simple and empirical models in the field of rainfall-runoff that is widely used in estimating runoff height around the world. The curve number (CN) of each basin indicates the hydrological behaviour and runoff generation capacity of that basin during rainfall and its value is estimated from the standard table in which the soil properties with a hydrological factor that indicates the minimum infiltration rate in the long-wet state. It is the duration of the soil, it is expressed. Accordingly, the US Soil Conservation Service has divided all soils into four main groups, A, B, C and D, with high, medium, low and very low infiltration rates, respectively. Due to the high time consumed in calculating this method, traditionally and manually, researchers used remote sensing and geographical information systems technologies to calculate it. To do this, they designed an extension called ArcCN-Runoff that can be added to the GIS environment. The purpose of this study is to generate a curve mapping (CN) and estimate the runoff height in the North Karun Basin using Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) technologies and the SCS-CN method.

S. H. Roshun<sup>1</sup>, M. Habibnejad Roshan<sup>2</sup>, K. Shahedi<sup>3</sup>, J. Chormański<sup>4</sup>

1. Ph.D. Graduate of Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4. Professor, Department of Remote Sensing and Environmental Research, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Warsaw University of Life Science, Warsaw, Poland

e-mail: [roshanbah@yahoo.com](mailto:roshanbah@yahoo.com)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.685143>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.2.4>

**Materials and Methods** North Karun watershed is one of the most important watersheds in the country in providing water resources, which is located in the geographical position of 49° 35' to 51° 47' E longitude and 30° 28' to 32° 40' N latitude. This basin has an area of 23299.31 Km<sup>2</sup>, which is located in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Chaharmahal and Bakhtiari, Isfahan, Khuzestan and part of Fars province. In order to produce curve number maps and estimate runoff height, first land use maps were generated using a supervised classification method using Landsat 8 satellite images of OLI sensors related to 2017 and the maximum likelihood algorithm was obtained. Then, the soil layer and soil hydrological groups of the basin were prepared based on the global soil map produced by the Food and Agriculture Organization (FAO) and the SCS standard table for different soil hydrological groups. By combining land use maps and soil hydrological groups with the Perform Intersect command in the ArcCN-Runoff GIS environment, a curved number (CN) map was generated and edited and finalized based on the SCS-CN table. Finally, by generating a spatial distribution map of precipitation by IDW method at the basin level, runoff height or excess precipitation height was obtained by the SCS-CN method. The final runoff height map was divided into five categories: very low, low, medium, high and very high.

**Results and Discussion** The results showed that a large area of the basin has a slope of more than 30%. Slope can be considered the most important physiographic factor in runoff production in watersheds. According to the land use map, the highest level of use is related to the oak forests of Zagros and rangelands. Due to the type of oak forests that have low density and also poor pastures in the basin due to overgrazing, runoff production is high in these uses. The curve number map also indicates that the maximum and minimum curve number values are

in basins 98 and zero. In areas with high curve numbers, the potential for runoff production is high and these areas are related to areas with poor vegetation in the basin. Areas with high curve numbers and high runoff production are mostly related to the calcareous formations of the basin, including the Bakhtiari and Asmari formations, which have formed the high altitudes of the basin, including the Dena Mountains. Also, areas with medium and low CN are mostly related to forest and pasture uses, in which the potential for runoff production is moderate. On the other hand, due to the fact that most of the precipitation in the basin heights is snow, there is an opportunity to penetrate into the soil and as a result, the amount of runoff production is less. The calcareous formations in the basin, which form most of the Zagros highlands, penetrate rainfall through pores and fractures and feed groundwater, which is why we often encounter a large number of springs in these areas. On the other hand, the results of the runoff map indicate that the Zagros heights, which have a high slope, play a major role in runoff production. These areas are mostly located in the southern and southeastern areas of the basin, as well as northwest of the basin.

**Conclusion** A large area of the basin has the potential to produce moderate runoff, which can lead to flooding downstream of the basin. Therefore, it is necessary to implement conservation and watershed management measures in the branches and areas where the flow occurred. Due to the fact that the basis of calculations in preparing maps of curve number and runoff height are raster layers, each pixel of which has a value, the calculations are done and the results are much closer to reality and save time and money.

**Keywords:** Runoff estimation, Hydrological characteristics, Geographic information system (GIS), North Karun Basin