نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷.
صفحات ۹۱ تا ۱۰۶

برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc- CN Runoff در حوضه آبخیز افجه

محمد مهدی حسین زاده[1]، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران،ایران.
سپیده ایمنی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران،ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۰۶/۱۲ پذیرش نهایی۱۳۹۷/۰۳/۲۴

چکیده

رواناب و سیلاب یکی از مهمترین و پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی ایران می باشند که در سال‌های اخیر تکرار و شدت وقوع آن بیشتر شده است. رواناب‌هایی که تبدیل به سیلاب می‌شوند بالاترین نرخ تلفات جانی را به همراه دارند و به لحاظ وسعت بعد از خشکسالی دومین بلای طبیعی محسوب می‌شوند. به همین منظور برآورد پتانسیل تولید رواناب و پیش‌بینی رواناب و سیلاب در یک حوضه، جهت برنامه‌ریزی در حفاظت خاک و فرسایش و نیز مدیریت حوضه‌های آبخیز از لحاظ تولید رواناب بسیار حائز اهمیت است. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و سنجش از دور، در تسهیل تخمین رواناب حوضه آبخیز در قرن اخیر رواج یافته است. این عمل با استفاده از مدل بارش رواناب که شامل تغیرات اقلیمی و ژئومورفولوژیکی است انجام می‌گیرد. به منظور برآورد ارتفاع رواناب در حوضه آبخیز افجه، به نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی و بارندگی ۲۴ ساعته در فصل‌های مختلف نیاز است. نقشه شماره منحنی رواناب براساس تلفیق نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی با استفاده از ابزار Arc- CN Runoff در محیط نرم افزار GIS تهیه شد. هدف از این مطالعه برآورد ارتفاع رواناب از ابزار Arc- CN Runoff در حوضه افجه و پهنه‌بندی پتانسیل تولید رواناب در حوضه آبخیز است. به همین منظور مقادیر بارندگی در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان انتخاب شدند. نتایج تحقیق نشان داد که نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک در عکس العمل هیدرولوژیکی حوضه آبخیز افجه مؤثر بوده است. این نکته بیانگر این بود که در مناطقی از حوضه آبخیز افجه که برون‌زدگی‌های سنگی وجود دارد (گروه هیدرولوژیکی D) شماره منحنی بالاتر و در نتیجه پتانسیل تولید رواناب بیشتر می‌باشد. در نهایت مقادیر دبی برآوردی با دبی مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفتند که مشخص شد در فصل تابستان و بهار، بین مقادیر دبی برآوردی و مشاهداتی انطباق بیشتری نسبت به فصل زمستان و تابستان وجود دارد.

واژگان کلیدی: مخاطره، Arc- CN Runoff، GIS، ارتفاع رواناب، حوضه آبخیز افجه.

[1] - نویسنده مسئول Email:m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

مقدمه

در ایران مخاطره رواناب و سیلاب عمومیت داشته و از آنجاییکه این کشور دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک بوده و بارش اندک و غالباً رگباری سالیانه آن از لحاظ زمانی و مکانی توزیع یکنواختی ندارد (پرنده خوزانی و لشکری، ۱۳۸۶)، بنابراین همه ساله شاهد وقوع این مخاطره با شدت مختلف خواهیم بود. شناخت اقلیم و سپس برآورد رواناب یک منطقه به عنوان نخستین گام و ضروری‌ترین اقدام مطالعاتی برای طرح‌های عمرانی و کاهش بلایای طبیعی برای محققان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). جریان رواناب در سطح زمین باعث ایجاد مخاطراتی مانند پایین رفتن سطح آب زیرزمینی، مسائل اجتماعی از جمله مهاجرت جمعیت، فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، رسوب‌گذاری در مخازن و کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین آسیب رساندن به بخش کشاورزی، دامداری، آب‌گرفتگی معابر و خیابان‌ها، نشست زمین، تخریب منازل مسکونی و به هم‌خوردن نظم شهری، روستایی و عشایری، همگی نمونه‌ای چند و قابل بحث از مخاطراتی است که رواناب و جریان سیلاب‌ها علت آن‌هاست. شدت این مخاطرات در حوضه آبخیز افجه به دلیل موقعیت جغرافیایی، شرایط خاص اقلیمی، زمین‌شناسی و عوامل حوضه‌ای بیشتر بوده و همه‌ساله حجم عظیمی از جریان سیلاب باعث تخریب اماکن مسکونی، اراضی کشاورزی و خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد (سازمان جنگل ها و مراتع تهران، ۱۳۹۲). به همین منظور برآورد پتانسیل تولید رواناب و پیش‌بینی سیلاب در یک حوضه، جهت برنامه‌ریزی در حفاظت خاک و فرسایش و نیز مدیریت حوضه‌های آبخیز از لحاظ تولید رواناب و رسوب بسیار حائز اهمیت است (صفاری و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های مرسوم اندازه‌گیری رواناب در ایران به خاطر دسترس نبودن اکثر حوضه‌های آبخیز، یک امر پرهزینه، وقت‌گیر و مشکل است. علاوه بر این در بیشتر حوضه‌های آبخیز ایران، ایستگاه‌های اندازه گیری بارش یا رواناب وجود ندارد و یا داده‌های موجود ناقص می‌باشند. لذا مدل‌های هیدرولوژیکی و روش‌های مختلفی برای برآورد ارتفاع رواناب و پیشگیری از بلایا، تشخیص فرایند عناصر مخاطره آمیز و تقویت ایمنی حوضه های آبخیز وجود دارد. در دهه‌های اخیر توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در جهان مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفت. یکی از این ابزارها، Arc- CN Runoff است که توسط ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۴ جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب براساس روش SCS ارائه شده است. از ویژگی‌های این ابزار محاسبه شماره منحنی و رواناب برای هر پلی‌گون به صورت مجزا است. در زمینه تعیین شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب یک حوضه آبخیز نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است مانند: در مطالعه‌ای میزان رواناب یک حوضه جنگلی را در ایالت کالیفرنیا از طریق سه شیوه مختلف (رابطه دایکن، روش کوک و روش شماره منحنی) تعیین و مقایسه شد (Lewis et al., 2000). شای و همکاران در تحقیقی میزان نگهداشت اولیه مدل SCS- CN را در تجزیه و تحلیل بارش و رواناب در سه منطقه گورجیس چین ۲۹ رخداد بارندگی را مورد مطالعه قرار دادند (Shi et al., 2003). در پژوهشی ژانگ و هوآنگ به منظور تعیین شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب در ایالت کانزاس در آمریکا از ابزار Arc- CN Runoff استفاده کردند و نتایج مطالعه نشان داد که اراضی کشاورزی کم‌ترین مقدار روناب و اراضی شهری بیشترین مقدار رواناب را تولید می‌کنند (Zhan and Huang, 2004). اینسی تکل و همکاران در مطالعه‌ای اعداد شماره منحنی برای حوضه گوونس در هندوستان با استفاده از ابزارهای Rs و GIS مشخص کردند و همچنین برای تعیین تراکم پوشش گیاهی نیز از شاخص NDVI استفاده کردند و اثرات تغییر شماره منحنی‌ها روی دبی سیلاب حوضه آبریز مشخص گردید (Inci Tekeli et al., 2006). در پژوهشی تأثیر تغییرات پوشش گیاهی بر روی رواناب سطحی منطقه شنزه در چین را مورد بررسی قرار گرفت. تأثیرات رشد شهرنشینی را در از بین بردن پوشش گیاهی و افزایش رواناب را مورد توجه قرار گرفت و با استفاده از مدل SCS- CN و طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به کلاس‌های مختلف کاربری اراضی به بررسی پتانسیل هر کلاس در تولید رواناب پرداخته شد و به یک رابطه معنی‌داری دست یافته شد (June et al., 2007). در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS-1B، نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز رمی را طراحی شد

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

و سپس با تلفیق نقشه کاربری اراضی، پوشش زمین و نقشه خاک منطقه، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را تعیین کرده و نهایتاً با توجه به اطلاعات موجود و جدول استاندارد CN، شماره منحنی وزنی حوضه با توجه به مساحت تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که چون شرایط لازم برای پایش رواناب در حوضه آبخیز رمی وجود ندارد بنابراین می‌توان از روش شماره منحنی SCS برای پیش‌بینی رواناب استفاده نمود (Pandy et al., 2009). رشما و همکاران در پژوهشی روش SCS را با Rs و Gis تعیین و سیلاب را در حوضه مادی کوندا و زیرحوضه‌های آن مورد بررسی قرار دادند (Reshma et al., 2010). ساهو و همکاران در تحقیقی که در ۷۶ حوضه کشاورزی کوچک در کشور آمریکا انجام دادند. در این تحقیق مدل اولیه SCS-CN با سایر متغیرهای موجود مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت یک مدل بهبود یافته شده توسط نگارندگان ارائه شد (Sahu et al., 2010). ملکیان و همکاران (۱۳۸۳)، روش شماره منحنی را در حوضه آبخیز لیقوان در شمال غرب ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش شماره منحنی به دلیل خطای بسیار زیاد در برآورد دبی اوج، بدون انجام فرآیند منطقه‌ای نمودن، قابل توصیه برای حوضه آبخیز مورد مطالعه و نواحی مشابه نمی‌باشد. مریانجی و معروفی (۱۳۸۴)، با استفاده از روش SCS و GIS، رواناب ناشی از بارش ۲۴ ساعته در حوضه آبخیز قره چای را مطالعه کردند. یعقوب زاده و همکاران (۱۳۸۹) به تعیین شماره منحنی رواناب حوضه آبریز با استفاده از RS وGIS پرداخته اند. در این تحقیق، نقشه شماره منحنی رواناب با استفاده از GIS و تصاویر ماهواره لندست ۸ در زیرحوضه از استان گلستان تهیه شده است. شماره منحنی رواناب بر اساس فاکتورهایی مانند گروه هیدرولوژیکی خاک،کاربری اراضی، پوشش زمین و شرایط هیدرولوژیکی استفاده شده است. ثروتی و اردوان (۱۳۹۰)، در مقاله ای توان سیلخیزی حوضه های آبخیز زیلکی و فیره رود را با استفاده از روش شماره منحنی مطالعه کردند. نتایج نشان داد که توان سیلخیزی حوضه آبخیز فیره رود نسبت به حوضه زیلکی بیشتر می باشد. جوادی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از ابزار Arc- CN Runoff در محیط نرم‌افزار GIS، ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی ۶ ساعته در حوضه آبخیز آزادرود را برآورد کردند. نتایج نشان داد که استفاده از ابزار Arc- CN Runoff برای تعیین رواناب، از دقت بالاتری نسبت به روش‌های سنتی برخوردار می باشد.

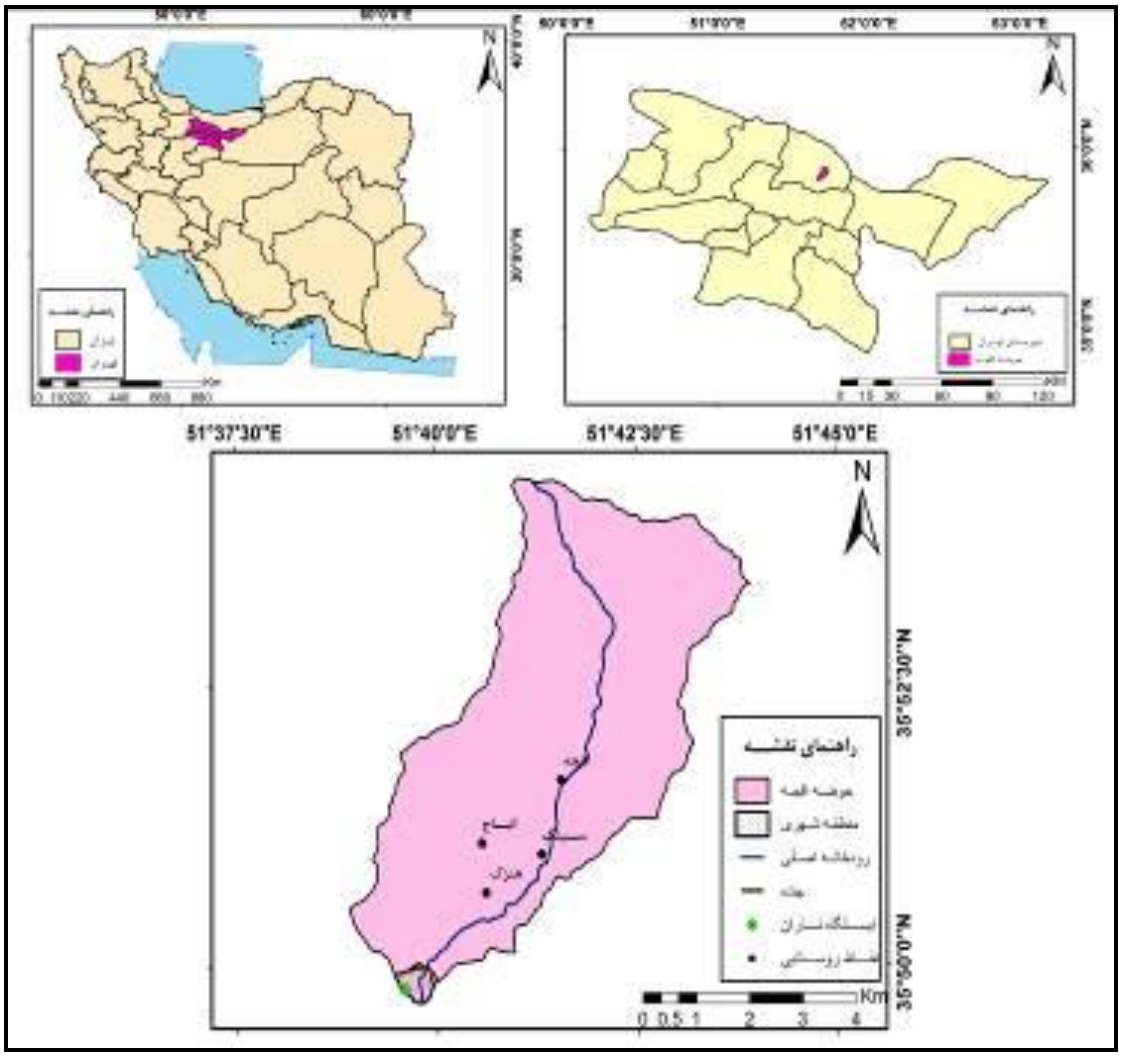
بنابراین هدف این پژوهش، برآورد ارتفاع رواناب در واحدهای مختلف تشکیل‌دهنده حوضه آبخیز افجه و همچنین پهنه‌بندی پتانسیل تولید رواناب در حوضه آبخیز به منظور پیش‌بینی سیلاب و کاهش خطرات ناشی از آن می‌باشد. در راستای این مطالعه ضرورت شناخت ویژگی‌های محیطی مؤثر بر رواناب احساس می‌شود.

داده ها و روش پژوهش

حوضه آبخیز افجه از شاخه‌های رودخانه جاجرود می‌باشد که در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی تهران و در ´´۳۰ ´۴۳ °۵۱ تا´۳۸ °۵۱ طول شرقی و ´´۳۰ ´۵۴ °۳۵ تا ´۴۹ °۳۵ عرض شمالی واقع شده و مساحت آن ۳۰/۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد. حوضه افجه از شمال با حوضه آبخیز سد لار (شاخه آب چهل بره)، از جنوب با دریاچه سد لتیان، از شرق با حوضه آبخیز برگ جهان و از غرب با حوضه آبخیز کند هم مرز است. سرشاخه اصلی این رودخانه دائمی از کوه لاربابوچال که دارای ۳۷۲۰ متر ارتفاع بوده و در ۳۴ کیلومتری شمال شرق تهران واقع می‌باشد، سرچشمه می‌گیرد و در جهت جنوب جریان یافته و روستاهای افجه، سنیک و هنزک را مشروب می‌کند و به دریاچه سد لتیان می‌ریزد. حداقل ارتفاع حوضه مورد مطالعه، ۱۷۴۲ متر و حداکثر ارتفاع موجود در این حوضه ۳۷۰۲ متر می‌باشد (شکل ۱).

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان تهران

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی، بر روی واحدهای سنگ‌شناسی مادستون آهکی، توف و گچ و سنگ بستر سازند کرج واقع شده است. بخش وسیعی از سنگ‌های حوضه آبخیز از نظر حساسیت دارای فرسایش متوسط است. به طور کلی رژیم بارندگی منطقه مورد مطالعه دارای رژیم مدیترانه‌ای (یک فصل مرطوب و یک فصل خشک) است (صفاری، ۱۳۸۷). برای انجام محاسبات آماری از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های بارانسنجی و هیدرومتری که در مجاور منطقه مورد مطالعه است، استفاده گردید. با توجه به دوره آماری ۱۳۹۲- ۱۳۷۹، متوسط بارندگی سالانه ۵۸۸/۵ میلیمتر می‌باشد. حداکثر بارش‌های ماهانه ۱۰۴/۸۱ میلیمتر در اسفند ماه می‌باشد و حداقل بارش ۸/۱۶ میلیمتر در مرداد ماه رخ می‌دهد. همچنین حداکثر و حداقل دمای متوسط به ترتیب، ۱۵/۳۲ و ۴/۰۷ درجه سانتیگراد است.

در این تحقیق جمع‌آوری داده‌ها از طریق منابع کتابخانه‌ای و میدانی است. ابزارهای اصلی این تحقیق، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ (سازمان نیروهای مسلح) که با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS رقومی گردید تا بتوان مرز حوضه را استخراج کرد و سپس اطلاعات مورد لزوم را، سازماندهی، آنالیز، مدل‌سازی و نمایش داد. همچنین به منظور برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc- CN Runoff، از نقشه‌ها و اطلاعات کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه مورد مطالعه استفاده شد. سپس از ابزار Arc- CN Runoff به منظور

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

تهیه لایه‌ها و نقشه شماره منحنی (CN) استفاده گردید. در نهایت نقشه ارتفاع رواناب حوضه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شد.

کاربری اراضی: برای نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز افجه ابتدا با استفاده از لایه شیپ فایلکاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران و بهره‌گیری از نرم‌افزار Google Earth محدوده اولیه کاربری‌های موجود در حوضه مشخص گردید. در ادامه برای بعضی مناطق با بازدید میدانی نوع کاربری محدوده‌های مشخص شده کنترل شد. در نهایت نقشه کاربری اصلاح شده شامل پنج نوع کاربری متفاوت به دست آمد. بیشترین سطح کاربری مربوط به مرتع می‌باشد که ۱۶/۵۲ کیلومترمربع وسعت دارد.

گروه هیدرولوژیکی خاک: در این تحقیق جهت تعیین گروه‌های هیدرولوژیک خاک[1] از مطالعات انجام شده و از لایه شیپ فایلگروه هیدرولوژیکی خاک سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران استفاده شد و در محیط نرم افزار Arc Gis حوضه آبخیز مورد مطالعه رقومی گردید. در واقع این گروه‌های هیدرولوژیک نشان دهنده وضعیت نفوذپذیری خاک حوضه آبخیز می‌باشند. براساس مطالعات انجام شده، حوضه آبخیز افجه دارای سه گروه خاک شامل B، C و D است که از نظر وسعت و گستردگی گروه C دارای بیشترین مساحت می‌باشد که پتانسیل تولید رواناب نسبتاً زیاد دارد (جدول ۱).

شماره منحنی (CN): به منظور تهیه نقشه شماره منحنی (CN) حوضه آبخیز افجه، نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط GIS، با استفاده از ابزار Arc- CN Runoff و دستور Perform Intersect با یکدیگر تلفیق شده و در نتیجهٔ آن، نقشه‌هایی با واحدهای کوچکتر به دست آمد که هر واحد کوچک دارای یک نوع گروه هیدرولوژیکی با کاربری مشخص است سپس با استفاده از جدول شاخص (Index) مقدار شماره منحنی (CN) برای هر یک از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با توجه به نوع کاربری اراضی براساس جداول مربوطه از منابع موجود استخراج گردید. در واقع CN یک عدد بی بعد است که بین ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. CN ۱۰۰ یعنی تمام بارش تبدیل به رواناب می‌شود.

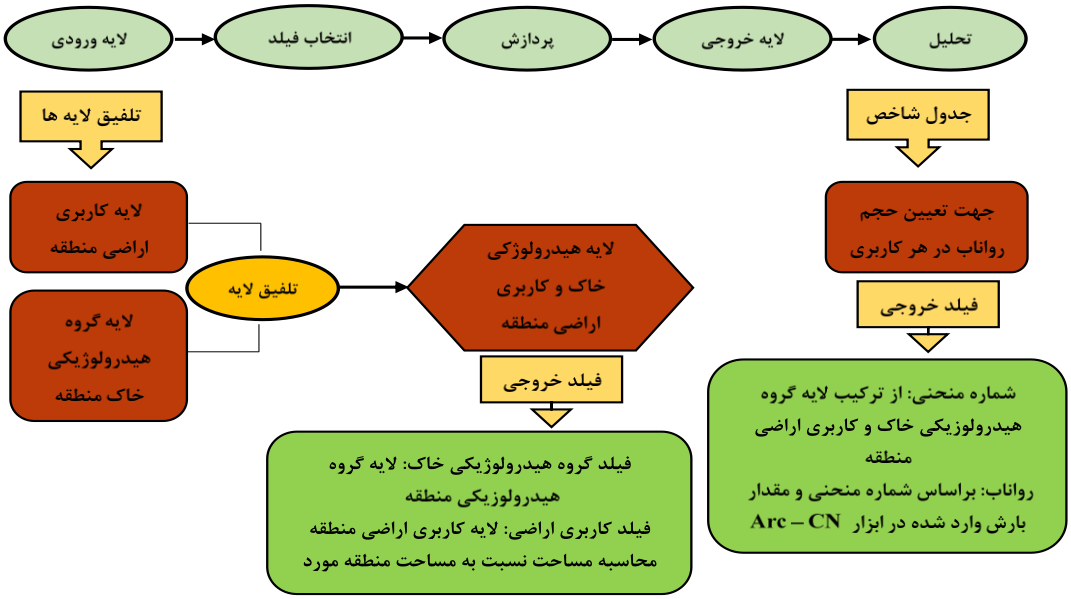
برآورد ارتفاع رواناب: بعد از تعیین شماره منحنی (CN) حوضه آبخیز، برای محاسبه ارتفاع رواناب تولید شده در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان؛ مقادیر بارندگی، فصل بهار در ۲۲ فروردین سال ۱۳۸۰ با مقدار بارش ۱۰/۷۹ میلی‌متر، فصل تابستان در ۱۳ شهریور سال ۱۳۸۶با مقدار بارش ۳/۲۴ میلی‌متر، فصل پاییز در ۱۱ آذر سال ۱۳۹۰با مقدار بارش ۱/۶۱ میلی‌متر و فصل زمستان در ۳ اسفند سال ۱۳۸۳ با مقدار بارش ۴/۰۴ میلی‌متر تعیین شد. سپس بین مقادیر بارش هر فصل برای هر ایستگاه و ارتفاع هر ایستگاه معادله رگرسیون گرفته شد و نقشه بارش هر فصل تهیه گردید (اشکال ۶ تا ۹ و جداول ۴ تا ۷). در نهایت به منظور محاسبه ارتفاع رواناب و تهیه نقشه رواناب، از میانگین وزنی بارش هر فصل در طبقات مختلف و ابزار Arc- CN Runoff و دستور Runoff استفاده شد. لازم به ذکر است که در نرم‌افزارArc- CN Runoff مقدار بارش به واحد اینچ وارد می‌شود و در نتیجه مقدار رواناب را براساس واحد اینچ برآورد می‌کند (شکل ۲).

.

[1]. Hydrologic Soil Groups

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل ۲ : مراحل اجرای کار در ابزار Arc-CN Runoff (ژانگ و هوآنگ، ۲۰۰۴)

بعد از تعیین ارتفاع رواناب سطحی ناشی از رگبار، دبی حداکثر (اوج سیل) با استفاده از رابطه ۱ بدست آمد:

$$QP = \frac{2.083\ A.R}{0.6TC+\sqrt{TC}}$$ (رابطه۱)

که در آن A مساحت حوضه به کیلومترمربع، R ارتفاع رواناب به سانتیمتر، Tc زمان تمرکز به ساعت و Qp دبی اوج (حداکثر) رواناب به مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. در این پژوهش برای محاسبه زمان تمرکز از روش کرپیچ[1] به واسطه‌ی تأیید عملکرد آن در منطقه مورد مطالعه (براساس مطالعات سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران)، استفاده شده است و مقدار آن برای حوضه آبخیز افجه ۱/۰۸ ساعت محاسبه گردیده است.

شرح و تفسیر نتایج

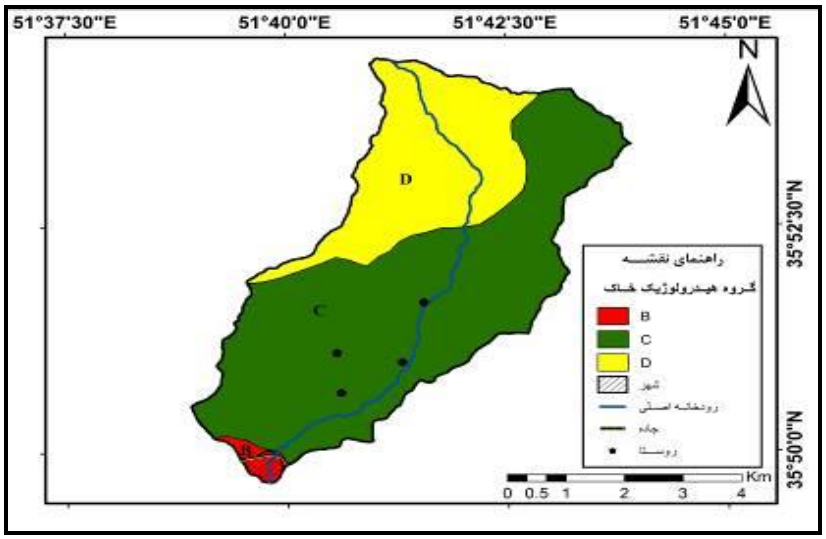
گروه هیدرولوژیک خاک: براساس مطالعات انجام شده، از نظر وسعت و گستردگی گروه C دارای بیشترین مساحت می‌باشد که پتانسیل تولید رواناب نسبتاً زیاد دارد (جدول۱). با تطبیق نقشه گروه هیدرولوژیک خاک و واحدهای سنگ‌شناسی حوضه می‌توان بیان نمود لایه‌های سنگی توف سبز توده‌ای و کنگلومرای ضخیم در گروه هیدرولوژیک D قرار می‌گیرند و لایه‌های سنگی توف سبز ضخیم، مارن و ماسه‌سنگ در گروه هیدرولوژیک C و لایه سنگی مادستون آهکی ضخیم در گروه هیدرولوژیک B جای دارند (شکل ۳).

جدول (۱). معیار طبقه بندی گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه آبخیز افجه

گروه هیدرولوژیک خاک		B	C	D
ویژگی	نرخ نفوذ	متوسط	کم	خیلی کم
	توانایی تولید رواناب	متوسط	نسبتاً زیاد	زیاد
	مساحت (کیلومترمربع)	۰/۵	۲۱/۰۹	۹/۳۱

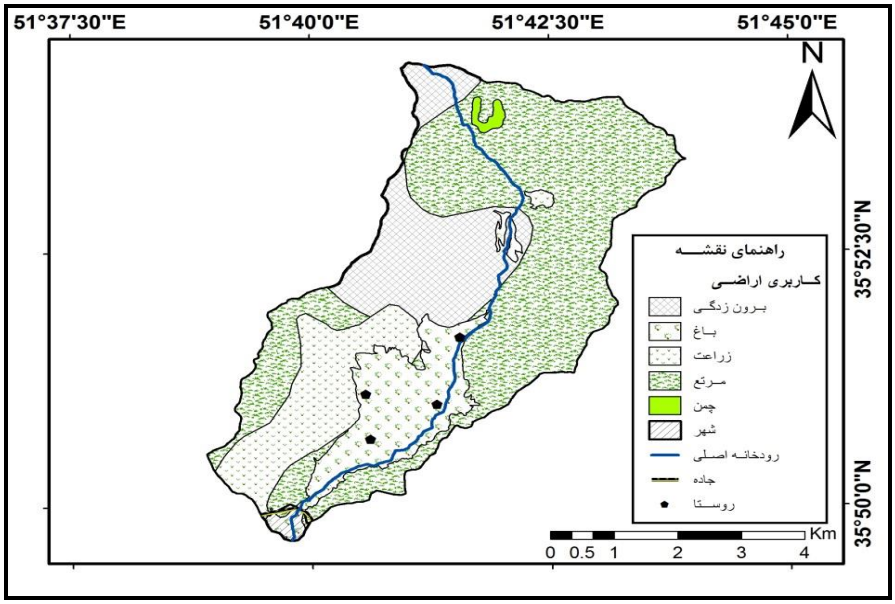
1 - Kirpich

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل (۳). نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی حوضه آبخیز افجه (مأخذ: سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران)

کاربری اراضی: وضعیت هیدرولوژیک اراضی و انواع کاربری‌ها در حوضه آبخیز افجه براساس نتایج حاصل شده به صورت زیر می‌باشد (شکل ۴). بیشتر مساحت حوضه آبخیز متعلق به مراتع با پوشش متوسط است که ۵۳/۳۷ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود و در گروه هیدرولوژیکی C که از لحاظ تولید رواناب، دارای پتانسیل نسبتاً بالایی هستند، قرار دارد. کاربری برون‌زدگی سنگی در رتبه بعدی قرار می‌گیرد که در گروه هیدرولوژیکی D قرار دارد (جدول ۲).



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز افجه (مأخذ: سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران)

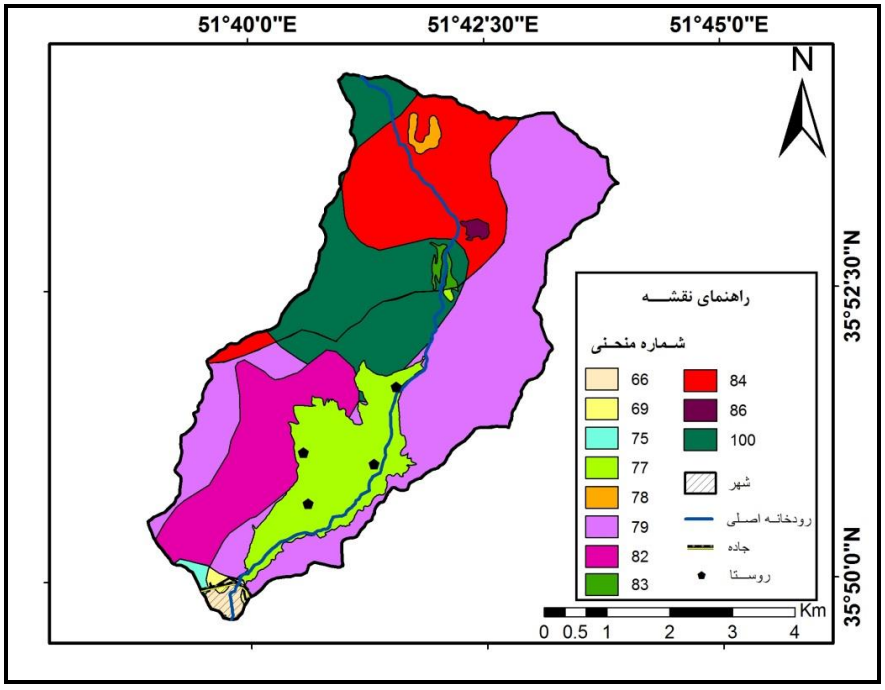
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

جدول(۲). مساحت کاربری های موجود در حوضه آبخیز افجه

نوع کاربری	مساحت (کیلومترمربع)	نوع کاربری	مساحت (کیلومترمربع)
باغ	۴/۴۱	زراعت	۴/۲۲
مرتع	۱۶/۵۲	چمن‌زار	۰/۱۸
برون‌زدگی سنگی	۵/۵۹		
مجموع	۳۰/۹۵		

شماره منحنی رواناب (CN): نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با یکدیگر تلفیق شدند و برای هر محدوده شماره منحنی (CN) استخراج و نقشه CN تهیه شد. براساس شکل ۵ و جدول ۳، حوضه افجه دارای شماره منحنی ۶۶ تا ۱۰۰ است. بالاترین ارزش شماره منحنی ۱۰۰ است که مربوط به برون‌زدگی سنگی حوضه آبخیز افجه می‌باشد که عملاً غیر قابل نفوذ می‌باشند به همین دلیل تمام بارش تبدیل به رواناب می‌شود. در واقع شماره منحنی ۱۰۰ در برون‌زدگی های سنگی ۵/۵۹ کیلومتر مربع از مساحت حوضه آبخیز افجه را شامل می‌شود. اما باغ‌ها و زمین زراعی کم‌ترین میزان CN (شماره منحنی ۶۶ تا ۷۷) را در حوضه افجه دارند و ۴/۵۳ کیلومترمربع از مساحت حوضه را در بر می‌گیرد. بنابراین قسمت‌های پایین دست دارای CN کم‌تری نسبت به بالادست حوضه می‌باشد.



شکل(۵). نقشه شماره منحنی (CN) حوضه آبخیز افجه

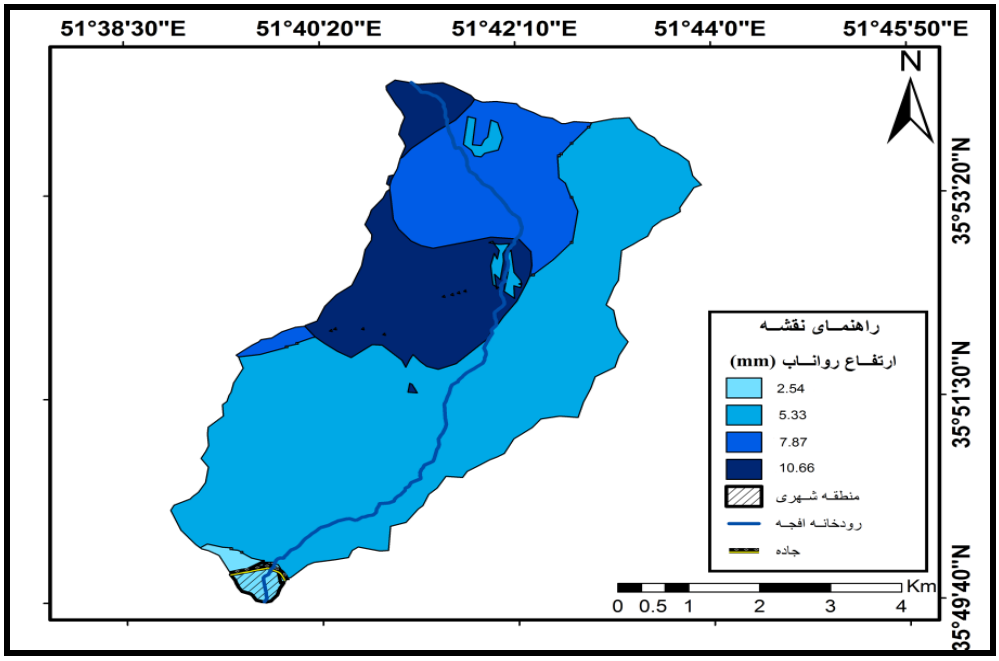
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

جدول (۳). مقادیر شماره منحنی حوضه آبخیز افجه براساس جدول شاخص (Index)

گروه خاک کاربری	A	B	C	D	گروه خاک کاربری	A	B	C	D
زراعت	۶۵	۷۵	۸۲	۸۶	مرتع	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
بلوک ساختمانی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	باغ	۴۵	۶۶	۷۷	۸۳
چمن‌زار	۳۰	۵۸	۷۱	۷۸					

ارتفاع رواناب تولید شده در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان؛ مقادیر بارندگی، فصل بهار در ۲۲ فروردین سال ۱۳۸۰ با مقدار بارش ۱۰/۷۹ میلی‌متر، فصل تابستان در ۱۳ شهریور سال ۱۳۸۶با مقدار بارش ۳/۲۴ میلی‌متر، فصل پاییز در ۱۱ آذر سال ۱۳۹۰با مقدار بارش ۱/۶۱ میلی‌متر و فصل زمستان در ۳ اسفند سال ۱۳۸۳ با مقدار بارش ۴/۰۴ میلی‌متر تعیین شد. به همین ترتیب مقادیر بارندگی روزانه در چهار فصل سال انتخاب گردید، سپس ارتفاع رواناب حوضه افجه محاسبه شد (اشکال ۶ تا ۹ جداول ۴ تا ۷).



شکل(۶). شه ارتفاع رواناب حاصل از میانگین بارندگی روزانه فصل بهار حوضه آبخیز افجه

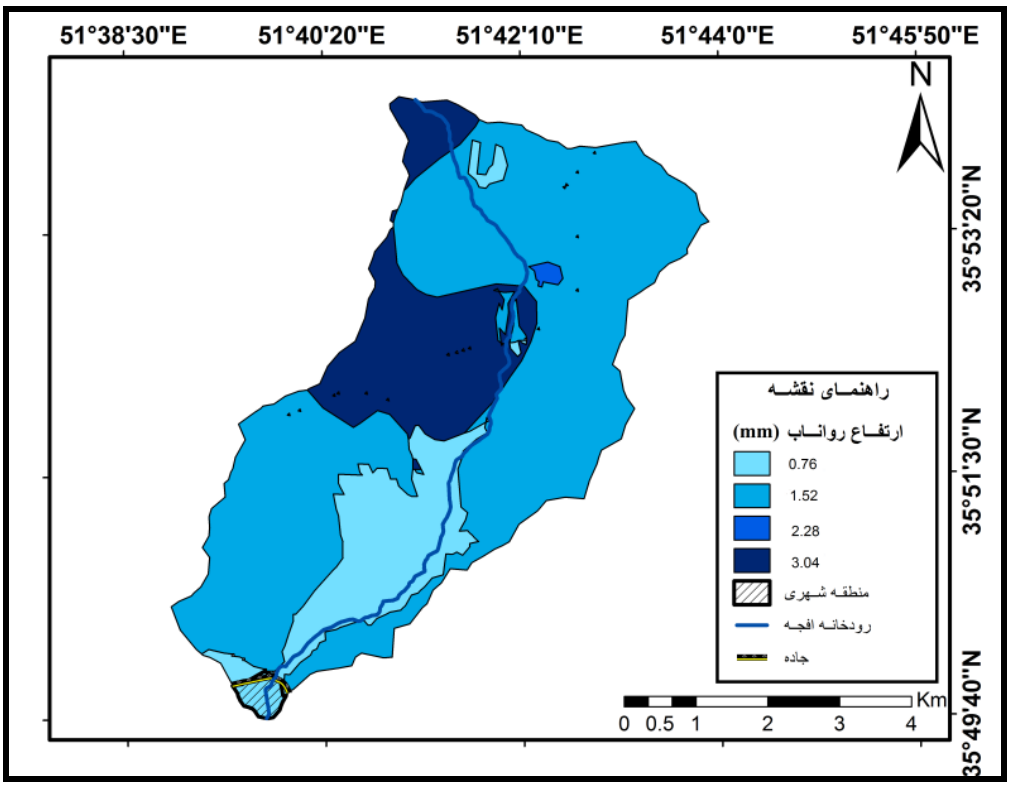
جدول ۴: مساحت و حجم رواناب فصل بهار در واحدهای تولیدکننده رواناب حوضه آبخیز افجه (دوره آماری ۱۳۹۲- ۱۳۷۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران)

تاریخ رویداد	میانگین وزنی بارش فصل بهار (میلیمتر)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	مساحت (مترمربع)	ضریب رواناب (درصد)	حجم رواناب (مترمکعب در روز)	گروه هیدرولوژیک خاک	دبی اوج M^3/S
۱۳۸۰/۰۱/۲۲	۱۰/۷۹	۲/۵۴	۲۰۵۳۰۰/۸۸	۲۳/۵۴	۵۲۱۴/۶۴	B	۰/۶۴
		۵/۳۳	۱۹۵۵۶۳۲۵/۴۸	۴۹/۳۹	۱۰۴۲۳۵۲/۱۴	C	۱۲/۹۹
		۷/۸۷	۵۲۴۳۹۱۷/۶۵	۷۲/۹۳	۴۱۲۶۹۶/۳۱	D	۵/۱۴
		۱۰/۶۶	۵۵۸۴۱۷۵/۴۶	۹۸/۷۹	۵۹۵۲۷۳/۱	D	۷/۴۱

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

با توجه به شکل ۶ و جدول ۴، براساس میانگین روزانه بارش فصل بهار با مقدار ۱۰/۷۹ میلی‌متر و طبقه‌بندی رواناب، در قسمت کوچکی از اراضی باغ حوضه آبخیز به دلیل بالا بودن نفوذپذیری خاک ۲/۵۴ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است درصورتی که در برون زدگی‌های سنگی به دلیل نفوذناپذیر بودن سطح ۱۰/۶۶ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است.



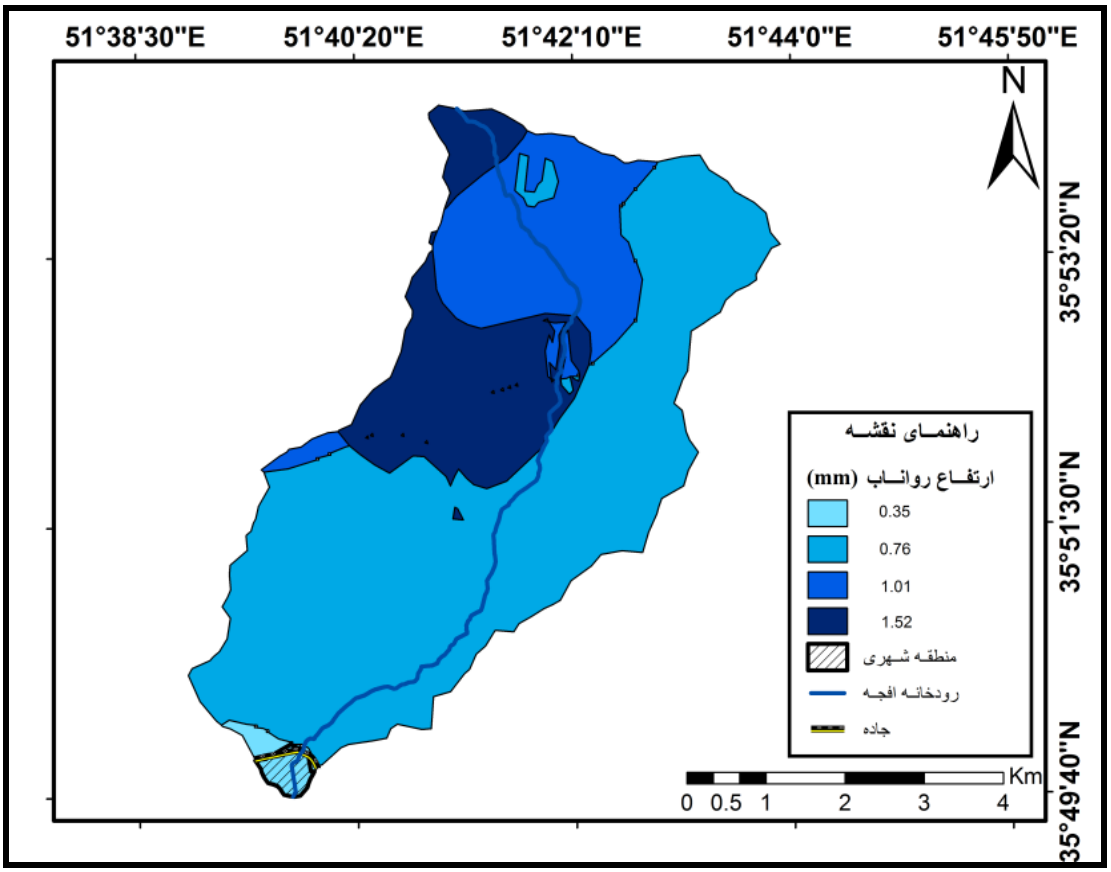
شکل(۷). نقشه ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی روزانه فصل تابستان حوضه آبخیز افجه

جدول (۵). مساحت و حجم رواناب فصل تابستان در واحدهای تولیدکننده رواناب حوضه آبخیز افجه (دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۷۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران)

تاریخ رویداد	میانگین وزنی بارش فصل تابستان (میلیمتر)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	مساحت (مترمربع)	ضریب رواناب (درصد)	حجم رواناب (مترمکعب در روز)	گروه هیدرولوژیک خاک	دبی اوج M^3/S
۱۳۸۳/۰۶/۱۳	۳/۲۴	۰/۷۶	۴۷۲۷۴۰۸/۶۲	۲۳/۵۱	۳۵۹۲/۸۳	B	۰/۴۴
		۱/۵۲	۲۰۴۷۶۶۳۱/۱۳	۴۷/۰۳	۳۱۱۲۴/۴۷	C	۳/۸۸
		۲/۲۸	۱۰۲۳۶۰/۷۸	۷۰/۵۵	۲۳۳/۳۸	D	۰/۲۹
		۳/۰۴	۵۵۸۴۸۸۹/۱۵	۹۴/۰۷	۱۶۹۷۸/۰۶	D	۲/۱۱

با توجه به شکل ۷ و جدول ۵، براساس میانگین روزانه بارش فصل تابستان با مقدار ۳/۲۴ میلی‌متر و طبقه‌بندی رواناب، در اراضی باغ حوضه آبخیز به دلیل بالا بودن نفوذپذیری خاک ۰/۷۶ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است و بیشتر بارش در خاک نفوذ کرده است درصورتی که در برون زدگی‌های سنگی به دلیل نفوذناپذیر بودن سطح ۳/۰۴ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل(۸). نقشه ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی روزانه فصل پاییزحوضه آبخیز افجه

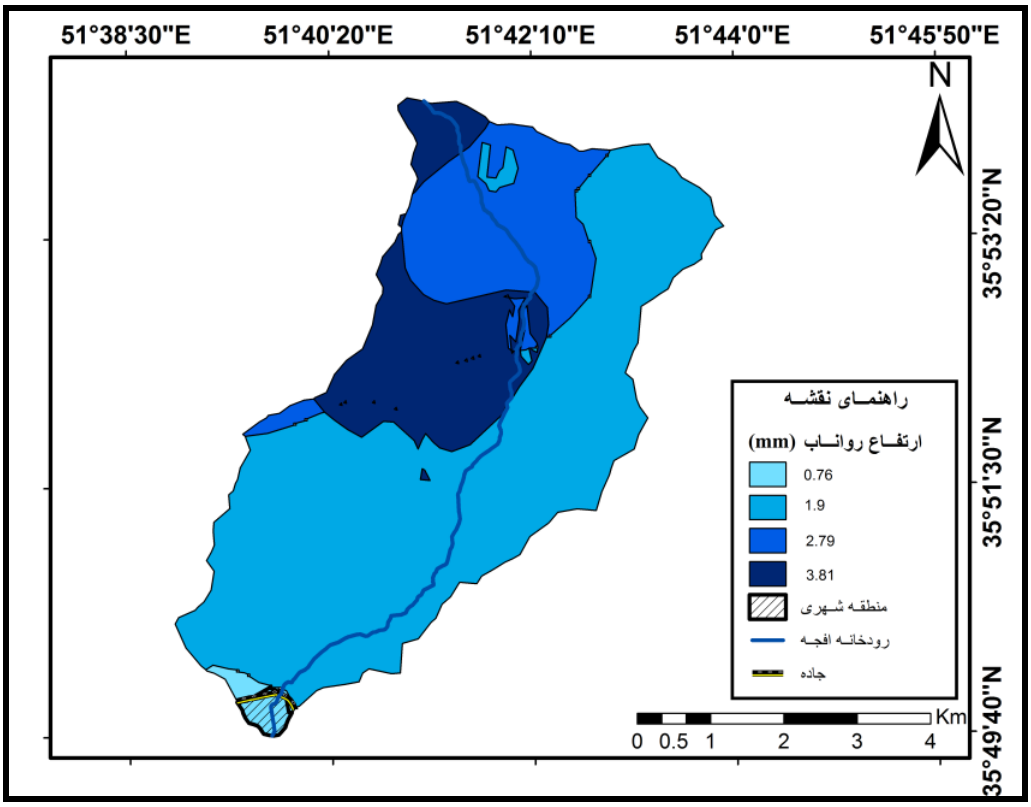
جدول (۶). مساحت و حجم رواناب فصل پاییز در واحدهای تولیدکننده رواناب حوضه آبخیز افجه (دوره آماری ۱۳۹۲- ۱۳۷۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران)

تاریخ رویداد	میانگین وزنی بارش فصل پاییز (میلیمتر)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	مساحت (مترمربع)	ضریب رواناب (درصد)	حجم رواناب (مترمکعب در روز)	گروه هیدرولوژیک خاک	دبی اوج M^3/S
۱۳۹۱/۰۹/۱۱	۱/۶۱	۰/۲۵	۵۰۵۳۰۰/۸۸	۱۵/۷۷	۱۲۶/۳۲	B	۰/۱۵
		۰/۷۶	۱۹۴۱۴۹۶۴/۷۷	۴۷/۳۲	۱۴۷۵۵/۳۷	C	۱/۸۳
		۱/۰۱	۵۳۸۵۰۷۴/۰۸	۶۱/۱	۵۴۳۸/۹۲	D	۰/۶۷
		۱/۵۲	۵۵۸۴۰۵۹/۳۷	۹۴/۶۵	۸۴۸۷/۷۷	D	۱/۰۵

با توجه به شکل ۸ و جدول ۶، براساس میانگین روزانه بارش فصل پاییز با مقدار ۱/۶۱ میلی‌متر و طبقه‌بندی رواناب، در قسمت کوچکی از اراضی باغ پایین‌دست حوضه آبخیز به دلیل بالا بودن نفوذپذیری خاک ۰/۲۵ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است و بیشتر بارش در خاک نفوذ کرده است درصورتی که در برون زدگی‌های سنگی به دلیل نفوذناپذیر بودن سطح ۱/۵۲ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است.

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل۹: نقشه ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی روزانه فصل زمستان حوضه آبخیز افجه

جدول ۷: مساحت و حجم رواناب فصل زمستان در واحدهای تولیدکننده رواناب حوضه آبخیز افجه (دوره آماری ۱۳۹۲- ۱۳۷۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران)

تاریخ رویداد	میانگین وزنی بارش فصل زمستان (میلیمتر)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	مساحت (مترمربع)	ضریب رواناب (درصد)	حجم رواناب (مترمکعب در روز)	گروه هیدرولوژیک خاک	دبی اوج M^3/S
۱۳۸۳/۱۲/۳	۴/۰۴	۰/۷۶	۵۰۵۳۰۰/۸۸	۱۸/۸۱	۳۸۴/۰۲	B	۰/۴۷
		۱/۹	۱۹۴۱۴۹۶۴/۷۷	۴۷/۱۵	۳۶۸۸۸/۴۳	C	۴/۵۹
		۲/۷۹	۵۳۸۵۰۷۴/۰۸	۶۹/۱۵	۱۵۰۲۴/۳۵	D	۱/۸۷
		۳/۸۱	۵۵۸۴۰۵۹/۳۷	۹۴/۳	۲۱۲۷۵/۲۶	D	۲/۶۵

با توجه به شکل ۹ و جدول ۷، براساس میانگین روزانه بارش فصل زمستان با مقدار ۴/۰۴ میلی‌متر و طبقه‌بندی رواناب، در بخش کوچکی از اراضی باغ حوضه آبخیز به دلیل بالا بودن نفوذپذیری خاک ۰/۷۶ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است و بیشتر بارش در خاک نفوذ کرده است درصورتی که در برون زدگی‌های سنگی به دلیل نفوذناپذیر بودن سطح ۳/۸۱ میلی‌متر از بارش تبدیل به رواناب شده است.

به طور کل می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به نقشه‌های پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز افجه در طول سال، برون‌زدگی‌های سنگی واقع در پایین بالادست حوضه آبخیز و بخش‌های میانی حوضه به دلیل قابلیت نفوذپذیری کم، بیشترین رواناب حوضه آبخیز افجه را تولید می‌کنند. اما اراضی کشاورزی و باغ واقع در پایین‌دست حوضه آبخیز افجه به دلیل نفوذپذیری بالا، کم‌ترین میزان رواناب را تولید می‌کند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

امروزه مطالعات پیرامون مخاطرات محیطی و رصد عوامل تأثیرگذار از مشخصه‌های مدیریت شناخت بحران تلقی می‌شود. بی شک نقش رواناب و سیلاب در توازن و تعادل اکولوژیکی جغرافیایی نقش بسیار مؤثر و تأثیرگذاری دارد. چنانچه بتوان در این زمینه رفتار عناصر اقلیمی با پارامترهای مؤثر را شناخت؛ می‌توان با اعمال مدیریت نسبت به کاهش مخاطرات، کمترین هزینه را به خوبی مدیریت نمود. لذا بررسی نتایج تحقیقات مختلف در زمینه برآورد رواناب با روش‌های و مدل‌های هیدرولوژکی انجام شده است؛ در تحقیقی که توسط جوادی و همکاران در حوضه آبخیز آزادرود انجام شد، نشان داد که مقدار ارتفاع رواناب در کاربری‌های مختلف متفاوت است و در مراتع با پوشش متوسط بیشترین مقدار رواناب تولید می‌شود در حالیکه در جنگل‌های انبوه میزان تولید رواناب ناچیز است (جوادی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه بیش تر سطح منطقه، پتانسیل تولید رواناب متوسط می‌باشد، به همین دلیل باید اقدامات اساسی برای جلوگیری از ایجاد رواناب و سیل در مواقع بارندگی صورت گیرد. از جمله اقدامات اساسی در راستای افزایش نفوذ آب، استقرار سیستم جمع‌آوری آب باران، افزایش پوشش گیاهی از طریق بوته کاری گیاهان مرتعی ضروری است. اجرای این اقدامات اصلاحی می‌تواند شرایط را برای گسترش پوشش گیاهی و کاهش رواناب حوضه آبخیز مساعدتر کند. بنابراین نوع کاربری اراضی مهم‌ترین پارامتر بر روی رواناب حوضه می‌باشد و در یک دید کلی بخش‌های بالادست حوضه، به دلیل اینکه برون‌زدگی‌های سنگی وجود دارند، بیشترین رواناب منطقه را ایجاد می‌کنند.

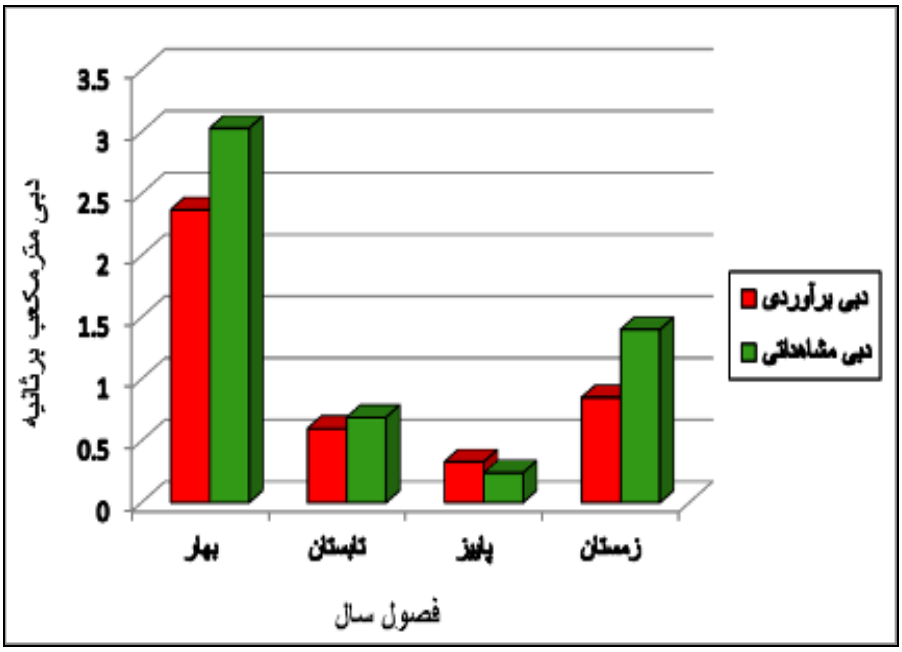
همچنین به منظور صحت‌سنجی مقادیر رواناب برآورد شده توسط ابزار Arc- CN Runoff، از داده‌های دبی ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری مجاور منطقه به منظور مقایسه مقدار دبی برآورد شده و دبی مشاهداتی، استفاده گردید. در نهایت میزان اختلاف دبی برآورد شده و دبی مشاهداتی تعیین گردید (جدول ۸ و شکل ۱۰).

جدول (۸). مقایسه درصد اختلاف مقادیر دبی برآورده شده و دبی مشاهداتی حوضه آخیز افجه (دوره آماری ۱۳۹۲- ۱۳۷۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران)

فصل	مجموع رواناب برآوردی (مترمکعب)	رواناب مشاهداتی		درصد اختلاف بین مقادیر برآوردی و مشاهداتی
		دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم آب (مترمکعب)	
بهار	۲۰۵۵۵۳/۶۱	۳/۰۳	۲۶۱۷۹۲	۲۷/۳۵
تابستان	۵۱۹۲۸/۷۴	۰/۶۹	۵۹۶۱۶	۱۴/۸
پاییز	۲۸۸۰۸/۳۸	۰/۲۴	۲۰۷۳۶	۷۱/۹۷
زمستان	۷۳۵۷۲/۰۶	۱/۴	۱۲۰۹۶۰	۶۴/۴۲

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]



شکل (۱۰). نمودار مقایسه اختلاف دبی برآوردی و مشاهداتی حوضه آبخیز افجه

براساس جدول ۸ و شکل ۱۰، مقادیر دبی برآوردی و مشاهداتی حوضه آبخیز افجه در فصل پاییز و زمستان انطباقی با هم ندارند زیرا این احتمال وجود دارد که در فصل پاییز و زمستان بخشی از بارش‌ها به شکل برف است و به همین دلیل میزان اختلاف دبی برآوردی و مشاهداتی زیاد می‌باشد اما در فصل‌های بهار و تابستان به دلیل اینکه خاک خشک و بدون رطوبت پیشین می‌باشد، گیاهان کمتر هستند و حالت نگهداری آب باران را ندارند لذا بین مقادیر دبی برآوردی و مشاهداتی انطباق بیشتری نسبت به فصل پاییز و زمستان وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه عوامل زیادی در مقدار CN تأثیر گذارند و در روش‌های دستی در گذشته برای هر واحد کوچک (پلی‌گون) یک CN فرض می‌شد که دور از واقعیت بود لذا در این تحقیق با استفاده از GIS و سنجش از دور و خاصیت سلولی، شماره منحنی رواناب برای هر پیکسل محاسبه گشته که به واقعیت نزدیکتر است. با توجه به اینکه شماره‌های منحنی در مقدار رواناب و بارندگی مؤثر حائز اهمیت هستند لذا تعیین دقیق مقدار آنها لازم می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که نوع کاربری اراضی در سطح حوضه آبخیز مهمترین پارامتر تعیین کننده نفوذ بوده و بر روی رواناب حوضه تأثیرگذار است. بر اساس مطالعات انجام شده و با توجه به نقشه‌های پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز افجه (اشکال ۶ تا ۹)، در کاربری باغ با مقدار شماره منحنی ۶۶ و بارش روزانه (به عنوان مثال در فصل زمستان با مقدار بارش ۴/۰۴ میلی‌متر)، ارتفاع رواناب ۰/۷۶ میلی‌متر و دبی اوج ۰/۴۷ مترمکعب بر ثانیه بوده و دارای کم‌ترین پتانسیل تولید رواناب می‌باشد و در فصل زمستان برون‌زدگی‌های سنگی بالادست حوضه مورد مطالعه با شماره منحنی ۱۰۰، ارتفاع رواناب ۳/۸۱ میلی‌متر و دبی اوج ۲/۶۵ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد یعنی بیشترین پتانسیل تولید رواناب را دارا است و تقریباً کل بارندگی تبدیل به رواناب می‌شود. بنابراین کمبود منابع آب، وجود اقلیم خشک و نیمه‌خشک در کشور و دستیابی به توسعه پایدار سبب استفاده بهینه‌ای از منابع آب می‌گردد. یکی از مشکلات عمده در جوامع و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

مراکز صنعتی و شهری، رواناب ناشی از بارندگی در این مناطق و به تبع آن ایجاد آب‌گرفتگی در این گونه مراکز و وقوع رواناب و سیلاب می‌باشد. مسئله و مخاطره اصلی بعد از هر بارندگی ایجاد رواناب در سطح آن منطقه می‌باشد. با گسترش شهرنشینی و روند رو به رشد آن، با وقوع هر بارش و تولید رواناب، معابر شهری دچار گرفتگی می‌شود. با توجه به سطوح زیاد معابر شهری و پوشش غیرقابل نفوذ آسفالت، در هر نوبت بارش حجم قابل توجهی رواناب تولید می‌شود که در صورت عدم استفاده به سرعت در مسیر زهکش‌های شهری از دسترس خارج می شود. در کشور ما بیشتر سعی بر آن است تا رواناب به خارج از شهر منتقل گردد. در صورتی که می توان از این رواناب استفاده سودمندتری داشت.

منابع

احمدی، محمود؛ حسن لشکری و پرستو عظیمی. ۱۳۹۴. بالاترین بارش محتمل ۲۴ ساعته و تاثیر آن در مخاطرات هیدرولوژیکی منطقه جنوب غرب خزر، *مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۲**؛ ۶۳- ۸۹.

پرنده خوزانی، اکرم و حسن لشکری. ۱۳۸۹. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب ایران، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، **۲**؛ ۶۶- ۷۳.

جوادی، محمدرضا؛ فرشاد میردار هریجانی و زهرا چترسیماب. ۱۳۹۰. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff، *فصلنامه کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی* ، **۳**؛ ۶۲- ۵۵.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۷۵. نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰ تهران، شمال تهران.

سازمان منابع آب کشور. تماب. داده‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی ایستگاه‌های وزارت نیرو ۱۳۹۲-۱۳۷۹.

سازمان جنگل ها و مراتع استان تهران. ۱۳۹۲. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، تهران، شمال تهران.

سازمان جنگل ها و مراتع استان تهران. ۱۳۹۰. نقشه کاربری اراضی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، تهران، شمال تهران.

سازمان جنگل ها و مراتع استان تهران. ۱۳۹۲. گزارش هیدرولوژی شمال تهران.

صفاری، امیر. ۱۳۸۷. قابلیت ها و محدودیت های ژئومورفولوژیکی کلان شهر تهران به منظور توسعه و ایمنی، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران؛ ۲۱۵.

صفاری، امیر؛ عزت الله قنواتی؛ جاوید بهشتی و ابراهیم حسینی. ۱۳۹۱. برآورد پهنه بندی رواناب ناشی از بارش ۲۴ ساعته با استفاده از روش SCS- CN حوضه سد یامچی اردبیل، *فصلنامه بین المللی انجمن جغرافیایی ایران*، **۲۸**؛ ۲۱۷- ۲۰۱ .

ثروتی، محمدرضا و بهزاد اردوان. ۱۳۹۰. برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی های ژئومورفولوژیک در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره‌رود با استفاده از روشSCS ، *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، **۳۰**؛ ۴۷-۳۳.

گودرزی، محمدرضا؛ باقر ذهبیون؛ علیرضا مساح برانی و علیرضا کمال. ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد سه مدل SWAT, IHACRES, SIMHYD در شبیه‌سازی رواناب حوضه قره سو، *مجله مدیریت آب و آبیاری*، **۱**؛ ۴۰- ۲۵.

مریانجی، زهره و صفر معروفی.۱۳۸۴. بررسی رواناب ناشی از بارش حداکثر ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره‌چای با استفاده از روش SCS و کاربرد GIS، *مجله پژوهش کشاورزی*، **۵**؛ ۸۳- ۷۱.

ملکیان، آرش؛ محمد محسنی ساروی و محمد مهدوی. ۱۳۸۴. برآورد دبی حداکثر سیل با استفاده از روش‌های مختلف شماره منحنی (مطالعه موردی البرز مرکزی)، *مجله منابع طبیعی*، **۵۸**؛ ۳۲۴- ۳۱۵.

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]

یعقوب زاده، مصطفی؛ شیرین صاحبدل و مسعود جعفری رودسری. ۱۳۸۹. تعیین شماره منحنی رواناب حوضه آبریز با استفاده از GIS و RS، همایش ملی ژئوماتیک؛ ۸-۱.

Inci Tekeli, Y; Akguül, S; Dengiz, O and Aküzüm, T. ۲۰۰۶. Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curves number and geographic Information System. *River basin flood management journal*, **۲;** ۵۲۷ -۵۳۸.

Jun, S.H; Yuan. Y and Jing, Zh. ۲۰۰۷. The effect of landuse/ cover change on surface Runoff in Shenzheh Region, china, *Institute of Resouecess Science Beigining normal university*, **Vol ۶۹;** ۳۱ -۳۵.

Lewis, D; Singer, M. J and Kate, K. W. ۲۰۰۰. Applicability of SCS curve number method for a California Woodlands Watershed, *Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter*, **۳;** ۴۸ -۵۵

Pandey, A. and Sahu, A.K. ۲۰۰۹. Generation of Curve number using remote sensing and Geographic Information system, north eastern regional institute of science and technology, Department of agricultural engineering, India. Letter, **۲;** ۱ -۱۵

R.K. Sahu; S.K. Mishra and T.I. Eldho. ۲۰۱۰. Comparative evaluation of SCS-CN-inspired models in applications to classified datasets. *Agricultural Water Management*, **Vol ۹۷;** ۷۵۶ p.

Shi, Z. H; L. D. Chen; N. F. Fang; D. F. Qin and C. F. Cai. ۲۰۰۳. Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the three Gorges area, China. Catena, **Vol ۷۷;** ۱ -۷

T. Reshma; P.Sundara, Kumar; M.J. Ratna; Kanth, Babu and K. Sundara Kumar .۲۰۱۰. Simulation of runoff in watersheds using SCS – CN Muskingum – Gunge method's using Remote Sensing and Geographical Information Systems, *International Journal of Advanced Science and Technology* , Vol **۲۵;** ۳۱ -۴۲.

Zhan, X and Huang, M.L. ۲۰۰۴. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, *Environmental Modelling & Software*; **Vol ۱۹;** ۸۷۵ -۸۷۹.

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

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.91]