کارایی روش شماره منحنی رواناب (SCS -CN) در برآورد رواناب در حوزه آبخیز تهم چای، شمال غرب زنجان

علیرضا واعظی* و محمد عباسی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۳)

چکیده

روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) به‌طور گسترده جهت پیش‌بینی رواناب مستقیم از رخدادهای باران استفاده می‌شود. در این روش نسبت نگهداشت اولیه (λ=Ia/S) به حداکثر ظرفیت نگهداشت (S) برابر ۰/۲ فرض شده است (λ=Ia/S=۰/۲). استفاده از نسبت نگهداشت اولیه (۰/۲) در خارج از منطقه ارائه مدل ممکن است منجر به برآورد غیرمنطقی از رواناب شود. بنابراین این مطالعه به منظور تعیین نسبت نگهداشت اولیه (λ=Ia/S) براساس تجزیه رخدادهای باران - رواناب انجام گرفت. داده‌ها شامل ۵۸ رخداد باران - رواناب طی ۱۵ سال (۱۳۸۰-۱۳۶۶) از اندازه‌گیری‌های رواناب در حوزه آبخیز تهم در شمال غرب زنجان بود. براساس نتایج، میزان رواناب برآورد شده برمبنای λ=Ia/S=۰/۲، ۲۶/۷ برابر میزان رواناب مشاهده‌ای بود. رابطه ضعیفی بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی مشاهده شد (R^2=۰/۰۹) و میزان خطای برآورد مدل ۰/۱۳ بود. مقدار نسبت نگهداشت اولیه (Ia/S) از ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۰۸ و میانگین آن ۰/۰۰۶ بود. به منظور واسنجی مدل، شاخص ضریب نگهداشت اولیه به صورت ۰۸ /۰ اصلاح شد (Ia=۰/۰۸S). نتایج نشان داد که میزان رواناب مشاهده‌ای ۱/۴ برابر مقدار برآوردی با مدل واسنجی شده بود. رابطه نسبتاً قوی بین رواناب برآورد شده با مدل واسنجی شده و رواناب مشاهده‌ای بود (P<۰/۰۱ و R^2= ۰/۴۱). زمانی‌که هفت رخداد بارندگی به دلیل شدت بارندگی کم (کمتر از ۰/۱۴ میلی‌متر در ساعت) و دو رخداد به دلیل بالاترین میزان بارندگی پنج روز پیش (بیشتر از ۱۰/۴۷ میلی‌متر)، از تحلیل آماری حذف شدند، نسبت میزان رواناب برآوردی به مشاهده‌ای به ۱/۳ کاهش یافت و ضریب تعیین (R^2) به ۹۰ درصد (p<۰/۰۱ و R^2= ۰/۹۰) افزایش یافت. میزان خطای برآورد مدل به ۰/۰۰۷ کاهش یافت. میزان کارایی مدل در نسبت نگهداشت اولیه اصلاح شده (λ=Ia/S=۰/۰۸) برابر ۸۹٪ - بود.

واژه‌های کلیدی: رواناب مستقیم، پیش‌بینی رواناب، نسبت نگهداشت اولیه، کارایی مدل

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vaezi.alireza@gmail.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

مقدمه

پیش‌بینی رواناب حاصل از بارش‌های جوی و درک کمی فرآیندهای مختلف تولید آن به عنوان یکی از مباحث مهم و بنیادی در دانش هیدرولوژی به شمار می‌رود. تعیین کمی و کیفی رواناب به عنوان مبنای مطالعاتی طرح‌های عمرانی به منظور توسعه و بهره‌برداری از منابع آب در حوضه‌های آبخیز می‌باشد (۲۰). یکی از فعالیت‌های اصلی در هیدرولوژی، تخمین دبی حداکثر رواناب در آبخیزهای فاقد ایستگاه هیدرومتری است که برای طراحی بندهای اصلاحی و برنامه‌ریزی‌های منابع طبیعی مورد نیاز می‌باشد. به منظور برآورد رواناب سطحی روش‌های مختلفی وجود دارد از جمله این روش‌ها، استفاده از معیار نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روابط تجربی مبتنی بر سطح حوضه، رابطه کریگر، رابطه دایکن، منحنی بوش، رابطه تجربی فولر، روش کوک و روش شماره منحنی(SCS-CN)رواناب می‌باشد (۵). روش شماره منحنی یکی از کاربردی‌ترین روش‌های برآورد رواناب و دبی اوج در حوزه‌های آبخیز است. این روش به‌وسیله دپارتمان کشاورزی آمریکا (USDA) و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارائه شده است. بسیاری از حوزه‌های آبخیز در ایران دارای ایستگاه هیدرومتری نیستند. بنابراین کارشناسان به ناچار از روش SCS برای برآورد رواناب استفاده می‌کنند.

در مورد کاربرد روش شمار منحنی در برآورد رواناب، تحقیقات گسترده‌ای در سراسر دنیا صورت گرفته است. هلمفلت و همکاران (۱۲) با انجام مطالعاتی در حوضه‌های آبخیز ایالت‌های اوهایو و میسوری آمریکا پیشنهاد نمودند که در روش شماره منحنی می‌توان شرایط رطوبت پیشین خاک را از روی حداکثر ضریب نگهداشت حوضه به‌صورت آماری و با حدود اطمینان ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد تعیین کرد که به‌ترتیب نشان دهنده شرایط رطوبت پیشین خشک، متوسط و مرطوب بودند. آنان با این روش، شماره منحنی هر رگبار را محاسبه و با روش استاندارد (SCS-CN) مقایسه کردند. نتایج نشان داد که شماره منحنی واسنجی شده مناسب‌تر از روش شماره منحنی SCS-CN در برآورد عمق رواناب در منطقه مورد تحقیق است. مان و همکاران (۱۷) روش شماره منحنی را برای حوضه‌های آبخیز کشاورزی در ایالت ماهار شترای هند مورد استفاده قرار داده و مشاهده نمودند که مقادیر محاسباتی شماره منحنی برای شرایط رطوبتی خشک بسیار بیشتر از مقادیرمحاسبه شده شماره منحنی براساس جداول ارائه شده در روش شماره منحنی (SCS-CN) می‌باشد. سیمانتون و همکاران (۱۹) مدل شماره منحنی را به عنوان ابزاری برای تعیین عکس العمل حوزه در برابر رگبار در ۱۸ حوزه آبخیز نیمه‌خشک در جنوب شرقی ایالت آریزونا استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح حوضه، شماره منحنی کاهش می‌یابد. لویس و همکاران (۱۴) میزان رواناب یک حوضه جنگلی را در ایالت کالیفرنیا از طریق سه شیوه مختلف (رابطه دایکن، روش کوک و شماره منحنی) تعیین و مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که شماره منحنی تعیین شده از طریق جدول دارای کمترین دقت ممکن در برآورد رواناب بوده و مقدار رواناب را کمتر از حد واقعی برآورد می‌کند.

بررسی‌های مختلف درباره میزان دقت ضریب نگهداشت اولیه (λ=Ia/S =۰/۲) در حوزه‌های آبخیز انجام گرفته است. هاوکینز و همکاران (۱۱) در مطالعه‌ای بیان کردند که ضریب نگهداشت اولیه (λ=Ia/S) مدل SCS-CN نمی‌تواند برآورد درستی از رواناب را ارائه نماید. آنها برای حداکثر ظرفیت نگهداشت اولیه ضریب اصلاح شده ۰/۰۵را پیشنهاد نمودند. وودوارد و همکاران (۲۲) فرض اولیه روش شماره منحنی (λ=Ia/S=۰/۲) را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که مقدار عددی ۰/۰۵ برای محاسبه رواناب در معادله مناسب‌تر بود. هم‌چنین کاهش ضریب نگهداشت اولیه از ۰/۲ به ۰/۰۵ در بارندگی‌ها با عمق و شماره منحنی کمتر نتیجه مناسب‌تری برای محاسبه رواناب داد. شای و همکاران (۱۸) در تحقیقی میزان نگهداشت اولیه مدل SCS-CN را در تجزیه و تحلیل بارش و رواناب در سه منطقه گورجیس چین مورد مطالعه قرار دادند. برای بررسی این موضوع ۲۹ رخداد بارندگی انتخاب شد. نتایج نشان داد که رابطه بین رواناب مشاهده‌ای با مقدار برآوردی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

براساس ضریب نگهداشت اولیه ۰/۲، دارای همبستگی (R^2) ۰/۷۷ بوده و با ضریب نگهداشت اولیه اصلاح شده برابر ۰/۰۵، دارای همبستگی ۰/۸۰ بود.

پژوهشگران در ایران نیز، روش شماره منحنی را در برخی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار دادند. در پژوهشی، ملکیان و همکاران (۶) روش شماره منحنی را در حوزه آبخیز معرف لیقوان در شمال غرب ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش مجانبی، شماره منحنی و دبی اوج را با دقت بالاتر و خطای کمتری برآورد می‌نماید. براساس نتایج روش شماره منحنی (SCS-CN) به دلیل دارا بودن خطای بسیار زیاد در برآورد دبی اوج، بدون انجام فرآیند منطقه‌ای نمودن قابل توصیه برای حوزه آبخیز مورد مطالعه و نواحی مشابه نبود. نساجی زواره و همکاران (۷) در حوزه آبخیز امامه با مقایسه روش شماره منحنی و کوک نشان دادند که روش شماره منحنی نسبت به روش کوک نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. قهرودی تالی (۳) در مطالعه‌ای، مدل SCS-CN را در تخمین رواناب در حوضه آبریز سد امیرکبیر کرج مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که استفاده از مدل وزنی در محاسبه شماره منحنی این امکان را فراهم می‌سازد که تمام عوامل موثر در تولید رواناب در نظر گرفته شود و در نتیجه تخمین مطمئن‌تری از رونـاب ناشی از بارندگی به‌دست آید. گلپایگانی و همکاران (۴) مقدار رواناب در زیر حوضه سعید آباد از حوزه آبخیز تجن در استان مازندران با روش‌های شماره منحنی و استدلالی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر برآورد شده با روش شماره منحنی در مقایسه با روش استدلالی، مقدار رواناب را کمتر برآورد می‌کند. علت اصلی این موضوع تاثیر نگهداشت اولیه در برآورد رواناب بود. رضوی و همکاران (۲) نشان دادند که همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی با مدل SCS-CN درحوضه‌های کلیسیان و خانمیرزا به‌ترتیب برابر ۰/۰۱۸ و ۰/۰۰۵ به‌دست آمد. به‌طورکلی مطالعه تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که با وجود انجام برخی تحقیقات در کشور در ارتباط با به‌کارگیری روش شماره منحنی (SCS-CN) در برآورد رواناب، هنوز مطالعه‌ای دقیق درباره ارزیابی کارایی این مدل و دقت نسبت نگهداشت اولیه(λ=Ia/S=۰/۲) انجام نگرفته است. از این‌رو این تحقیق به منظور بررسی کارایی روش شماره منحنی در برآورد ارتفاع رواناب در حوزه آبخیز تهم در استان زنجان و در صورت امکان واسنجی مدل از طریق اصلاح نسبت نگهداشت اولیه (λ=۰/۲) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

حوزه آبخیز تهم در شمال غرب زنجان در عرض جغرافیایی ´۴۶ °۳۶ تا ´۵۳ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´۷۱ °۴۸ تا ´۳۷ °۴۸ واقع شده است(شکل-۱). این حوزه یکی از زیر حوضه‌های سفیدرود می‌باشد و مساحت آن حدود ۲۲۸۱۶ هکتار است. مرتفع‌ترین قسمت حوضه در آب پخشان تهم‌چای با ارتفاع ۳۱۰۰ متر از سطح دریا و در محدوده شمال شرقی حوضه قرار دارد. پست‌ترین نقطه آن بستر رودخانه سارمساقلو با ارتفاع ۱۴۸۰ متر در محل اتصال آن به زنجانرود در محدوده غربی حوزه می‌باشد. این حوزه دارای میانگین بارندگی سالانه ۳۷۸ میلی‌متر بوده و از لحاظ اقلیمی براساس روش دومارتن جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود. با توجه به ضریب فشردگی یا گراولیوس (۱/۷۴) ۱/۷۴ و ضریب شکل (۰/۲۱)، حوزه دارای شکلی کشیده است. طول کل آبراهه‌های حوزه ۹۷۸/۸ کیلومتر بوده و آبراهه درجه یک، بیشترین طول (۶۲۰/۴ کیلومتر) را در این بین دارا می‌باشند. بلندترین آبراهه حوزه دارای طول ۳۵/۳۹ کیلومتر و شیب خالص ۱/۵ درصد می‌باشد.

برآورد عمق (ارتفاع) رواناب

براساس روش شماره منحنی(SCS-CN) که در آن فرض بر این است که مقدار نگهداشت اولیه پیش از آغاز آبدوی (Ia) برابر ۲۰ درصد حداکثر ظرفیت نگهداشت حوزه (S) است (λ=Ia/S=۰/۲) (۲۱). عمق (ارتفاع) رواناب از رابطه زیر حساب شد:

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

$$Q = \frac{(P - ۰/۲۵)^۲}{P + ۰/۸S} \quad [۱]$$

که در آن: P و Q به‌ترتیب ارتفاع بارندگی و رواناب برحسب میلی‌متر یا اینچ و S حداکثر ظرفیت (پتانسیل) نگهداشت آب در حوزه برحسب میلی‌متر یا اینچ است. مقدار S براساس شمار منحنی (CN) برحسب میلی‌متر از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$S = \frac{۲۵۴۰۰}{CN} - ۲۵۴ \quad [۲]$$

تعیین شماره منحنی رواناب (CN)

شماره منحنی رواناب براساس نوع کاربری، روش کشت، وضعیت هیدرولوژیکی و گروه هیدرولوژیکی خاک به‌دست آمد. برای این منظور لازم بود نوع کاربری‌ها و مساحت هریک در حوزه آبخیز مشخص گردد. از این رو ابتدا براساس نقشه کاربری اراضی حوزه (شکل ۱)، مساحت کاربری‌های مختلف (مرتع، زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی مسکونی) استخراج شد. سپس درصد وزنی مساحت هر کاربری به‌دست آمد. روش کشت هر کاربری با بازدید از حوزه مشخص گردید. وضعیت هیدرولوژیکی هر کاربری نیز براساس مشاهده وضعیت پوشش گیاهی در آن، از جدول SCS تعیین شد. برای تعیین گروه هیدرولوژیکی خاک نیاز به اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک بود. برای این منظور ابتدا بر مبنای درصد وزنی مساحت هر کاربری، تعداد مکان (زمین) لازم برای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک مشخص شد. بر این اساس، تعداد ۱۰ ، ۳ و ۷ قطعه زمین (مجموعا ۲۰ قطعه زمین) به‌ترتیب در کاربری‌های مرتع، زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی مسکونی در نظر گرفته شد (شکل ۱). سرعت نفوذ آب به خاک با استفاده از استوانه مضاعف به روش بار ثابت، با دو تکرار در هر زمین اندازه‌گیری شد(۱۳). در کاربری مسکونی که ۰/۰۷ درصد سطح حوزه (حدود ۱۶ هکتار) را پوشش داده بود، میزان نفوذ برابر صفر در نظر گرفته شد. با استفاده از مقدار نفوذپذیری هر کاربری، گروه هیدرولوژیک خاک آن کاربری مطابق روش SCS مشخص شد. شماره منحنی حوزه آبخیز در شرایط رطوبتی متوسط (CNII) براساس میانگین وزنی شماره منحنی کاربری‌ها به‌دست آمد. برای این کار شماره منحنی هر کاربری در مساحت تحت پوشش آن کاربری ضرب شد و مجموع اعداد بر مساحت کل حوزه تقسیم شد (۲۱). برای تصحیح شماره منحنی به شرایط رطوبتی خشک (CNI) یا مرطوب (CNIII) از داده‌های بارندگی پنج روز پیش استفاده گردید (۱۶).

مقایسه رواناب برآوردی و اندازه‌گیری شده

برای مقایسه مقدار رواناب برآورد شده و اندازه‌گیری شده، ۵۸ رخداد بارندگی بین سال‌های (۱۳۸۰-۱۳۶۶) انتخاب شد. میزان دبی رواناب خارج شده از حوضه برای هر رخداد بارندگی از اطلاعات ایستگاه هیدرومتری پالتی واقع در جنوب غربی حوضه به‌دست آمد. اطلاعات بارندگی از ایستگاه هواشناسی شهرستان زنجان اخذ شد. براساس میزان بارندگی پنج روز پیش از هر رخداد باران، مقدار شماره منحنی برای آن رخداد مطابق جدول SCS تصحیح شد.

ارزیابی و واسنجی مدل SCS-CN

برای ارزیابی مدل، ضریب تعیین (R^2) بین رواناب برآوردی و مشاهده شده و نیز خطای برآورد (E) تعیین شد. مقدار E از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$E = \frac{Q_{est} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \times \frac{۱}{n} \quad [۳]$$

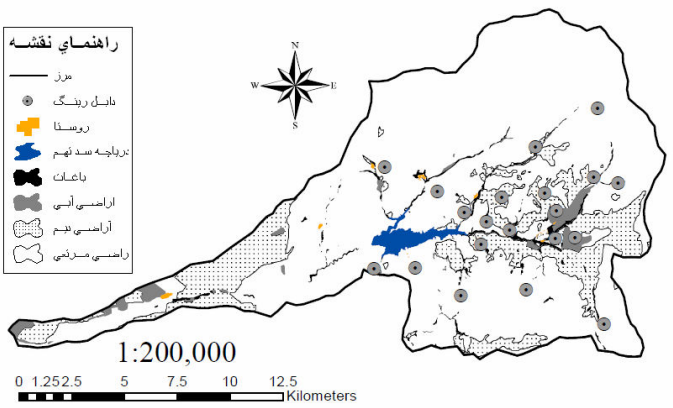
که در آن: E، میزان خطا، Q_{est} مقدار رواناب برآورد شده، Q_{obs} مقدار رواناب مشاهده‌ای و n تعداد رخداد بارندگی (۵۸ مورد) هستند. هم‌چنین از سایر شاخص‌های آماری شامل میانگین خطا (AE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ریشه میانگین مربعات (RMS)، کارایی مدل (EF) و ضریب مجموع باقی‌مانده (CRM) مطابق با روابط زیر برای ارزیابی مدل استفاده گردید (۱۵):

$$AE = \sum_{i=۱}^{n} \frac{Q_{obs} - Q_{est}}{n} \quad [۴]$$

$$RMSE = \frac{(\sum_{i=۱}^{n} (Q_{obs} - Q_{est})^۲ / n)^{\frac{۱}{۲}}}{\bar{O}} \times ۱۰۰ \quad [۵]$$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]



شکل ۱. نقشه کاربری اراضی و نقاط مورد مطالعه در حوضه آبخیز تهم چای

جدول ۱. شماره منحنی (CN) در کاربری‌های مختلف و میانگین وزنی آن در حوزه آبخیز تهم‌چای

نوع استفاده از زمین	مساحت کاربری (هکتار)	گروه هیدرولوژیکی	CNII	CNI	متوسط وزنی CN حوزه آبخیز
مرتع	۱۴۳۰۸	C	۷۱	۵۲	
باغاها و زراعت آبی	۱۱۲۱	A	۲۵	۱۹	
زراعت دیم	۷۳۷۰	B	۷۶	۵۸	۶۵/۸
مسکونی	۱۶	D	۱۰۰	۱۰۰	
جمع	۲۲۸۱۶				

$$RMS = \left(\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Q_{obs} - Q_{est}}{n}\right)^{2}\right)^{\frac{1}{2}} \times 100 \quad [6]$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs} - \overline{O})^{2} - \sum_{i=1}^{n}(Q_{obs} - Q_{est})^{2}}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{est} - \overline{O}} \quad [7]$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{est} - \sum_{i=1}^{n} Q_{obs}}{\sum_{i=1}^{n} Q_{est}} \quad [8]$$

که در آنها: Qobs، Qest و $\overline{Q}$ به‌ترتیب مقدار رواناب برآورد شده، مقدار رواناب مشاهده‌ای (اندازه‌گیری شده) و متوسط رواناب اندازه‌گیری شده بوده و n نیز تعداد رخداد بارندگی است. بهترین مقادیر برای این شاخص‌ها به‌ترتیب صفر، صفر، یک، یک و یک محسوب می‌شوند. مقدار منفی CRM مشخص می‌کند که مدل بیش از مقدار واقعی تخمین زده است و مقدار مثبت آن نشان می‌دهد که مدل میزان رواناب را کمتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. شاخص EF کارایی مدل را بیان می‌کند که چه مقدار رواناب برآورد شده در مقابل مقادیر مشاهده شده به خط یک به یک نزدیک است (۱۰).

نتایج و بحث

بررسی مجموع بارندگی پنج روز قبل از هر رخداد نشان داد که به جز در دو رخداد بارندگی در سایر رخدادها شرایط خاک قبل از وقوع باران خشک بود. از این رو مقدار شماره منحنی به‌دست آمده از شرایط متوسط (CNII) به شرایط خشک منطقه (CNI) تصحیح شد. جدول۱ شماره منحنی در کاربری‌های مختلف و میانگین وزنی آن در حوزه آبخیز تهم‌چای را نشان می‌دهد. جدول ۲ مقدار رواناب مشاهده‌ای و برآوردی در ۵۸

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

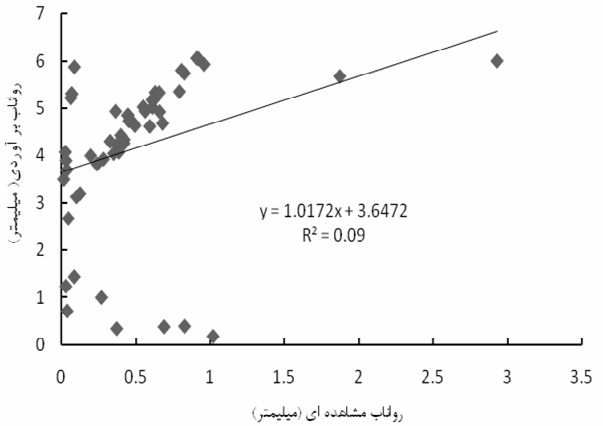
[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

جدول۲. مقدار رواناب مشاهده‌ای و برآوردی با روش عدد منحنی رواناب (SCS-CN) با فرض λ=Ia/S=0.2 در ۵۸ رخداد بارندگی در حوزه آبخیز تهم‌چای (۱۳۸۰-۱۳۶۶)

تاریخ رخداد	ارتفاع بارندگی (mm)	رواناب مشاهده شده(mm)	رواناب برآورد شده (mm)	تاریخ رخداد	ارتفاع بارندگی (mm)	رواناب مشاهده شده(mm)	رواناب برآورد شده (mm)
۱۳۶۶/۰۱/۱۴	۳/۲۳	۰/۵۶	۴/۹۴	۱۳۷۴/۱۱/۱۲	۳/۷۷	۰/۴۸	۴/۶۸
۱۳۶۶/۰۲/۱۵	۲۱/۶۵	۱/۰۲	۰/۱۸	۱۳۷۴/۱۲/۲۳	۲/۶۶	۰/۶۳	۵/۲۱
۱۳۶۶/۰۲/۲۲	۴/۸۵	۰/۳۸	۴/۲۱	۱۳۷۵/۰۱/۲۱	۱/۰۲	۰/۹۲	۶/۰۴
۱۳۶۶/۱۱/۱۳	۷/۴۱	۰/۱۲	۳/۱۹	۱۳۷۵/۰۴/۱۸	۱/۰۵	۰/۰۴	۰/۷۱
۱۳۶۷/۰۱/۲۵	۳/۰۵	۰/۶۱	۵/۰۲	۱۳۷۵/۰۷/۲۲	۱/۰۰	۰/۹۱	۶/۰۶
۱۳۶۷/۰۲/۰۷	۵/۱۷	۰/۰۲	۴/۰۷	۱۳۷۵/۱۰/۲۱	۴/۷۳	۰/۴۲	۴/۲۶
۱۳۶۷/۰۲/۱۲	۲/۳۷	۰/۷۹	۳/۳۵	۱۳۷۵/۱۰/۲۶	۲/۷۶	۰/۶۱	۵/۱۶
۱۳۶۷/۰۷/۲۵	۳/۹۲	۰/۵۹	۴/۶۲	۱۳۷۶/۰۱/۰۱	۳/۷۷	۰/۶۸	۴/۶۸
۱۳۶۷/۰۷/۲۷	۱/۱۰	۲/۹۳	۶/۰۰	۱۳۷۶/۰۲/۰۸	۲/۶۳	۰/۰۶	۵/۲۲
۱۳۶۷/۰۸/۱۹	۴/۶۱	۰/۴۰	۴/۳۱	۱۳۷۶/۰۶/۲۸	۱۴/۲۴	۰/۰۳	۱/۲۴
۱۳۶۷/۰۸/۲۰	۴/۵۸	۰/۴۱	۴/۳۲	۱۳۷۶/۰۹/۱۰	۱/۳۴	۰/۰۹	۵/۸۷
۱۳۶۷/۰۸/۲۸	۷/۶۱	۰/۱۰	۳/۱۲	۱۳۷۶/۰۹/۱۸	۸/۹۲	۰/۰۴	۲/۶۷
۱۳۶۷/۰۹/۲۶	۱۹/۴۲	۰/۸۳	۰/۳۹	۱۳۷۶/۱۲/۰۸	۱/۴۸	۰/۸۱	۵/۸۰
۱۳۶۷/۱۲/۱۳	۳/۲۳	۰/۳۶	۴/۹۳	۱۳۷۶/۱۲/۱۷	۳/۰۴	۰/۵۵	۵/۰۳
۱۳۶۷/۱۲/۲۰	۴/۶۴	۰/۳۳	۴/۳۰	۱۳۷۷/۰۸/۱۶	۲/۴۵	۰/۰۷	۵/۳۱
۱۳۶۷/۱۲/۲۳	۶/۰۹	۰/۰۴	۳/۶۹	۱۳۷۷/۰۸/۱۹	۳/۴۰	۰/۴۵	۴/۸۵
۱۳۶۷/۱۲/۲۵	۱/۷۳	۱/۸۷	۵/۶۷	۱۳۷۶/۱۰/۲۶	۳/۴۰	۰/۴۴	۴/۸۵
۱۳۶۸/۰۱/۰۸	۱/۶۰	۰/۸۳	۵/۷۴	۱۳۷۷/۱۲/۲۵	۲/۴۰	۰/۶۳	۵/۳۳
۱۳۶۷/۰۱/۰۹	۴/۵۵	۰/۴۲	۴/۳۳	۱۳۷۸/۰۱/۰۱	۴/۳۴	۰/۴۰	۴/۴۳
۱۳۶۸/۱۰/۱۱	۵/۳۵	۰/۲۰	۳/۹۹	۱۳۷۸/۰۹/۱۹	۵/۵۲	۰/۲۸	۳/۹۲
۱۳۶۹/۱۲/۲۸	۵/۲۴	۰/۳۵	۴/۰۴	۱۳۷۸/۱۲/۲۹	۳/۸۸	۰/۴۹	۴/۶۳
۱۳۷۱/۰۱/۲۵	۲۶/۷۴	۰/۳۷	۰/۳۴	۱۳۷۵/۰۱/۰۵	۵/۱۷	۰/۳۹	۴/۰۷
۱۳۷۱/۰۲/۲۷	۱/۲۴	۰/۹۶	۵/۹۳	۱۳۷۹/۰۸/۱۱	۵/۶۰	۰/۰۳	۳/۸۹
۱۳۷۱/۰۸/۱۶	۵/۷۸	۰/۲۴	۳/۸۲	۱۳۸۰/۰۱/۲۴	۲/۴۷	۰/۰۷	۵/۳۰
۱۳۷۹/۰۹/۰۳	۱۵/۴۱	۰/۲۷	۱/۰۰	۱۳۸۰/۰۲/۱۷	۲/۴۱	۰/۶۶	۵/۳۳
۱۳۷۳/۰۲/۲۳	۶/۶۰	۰/۰۱	۳/۴۹	۱۳۸۰/۰۸/۲۰	۳/۷۷	۰/۴۲	۴/۶۳
۱۳۷۳/۰۸/۱۵	۱۹/۵۲	۰/۶۹	۰/۳۸	۱۳۸۰/۰۸/۲۱	۲/۶۶	۰/۵۱	۵/۲۸
۱۳۷۴/۰۲/۲۲	۴/۶۹	۰/۳۹	۴/۲۷	۱۳۸۰/۰۹/۱۰	۱/۰۲	۰/۵۶	۴/۱۳
۱۳۷۴/۰۷/۲۹	۱۳/۳۵	۰/۰۸	۱/۴۳	۱۳۸۰/۰۹/۲۸	۱/۰۵	۰/۳۸	۵/۶۸

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]



شکل ۲. رابطه بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی با روش شماره منحنی با فرض λ=Ia/S=0.2 در ۵۸ رخداد بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای (۱۳۸۰-۱۳۶۶)

رخداد بارندگی را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان رواناب برآورد شده با روش شماره منحنی (SCS-CN) با فرض λ=Ia/S=۰/۲ به‌طور متوسط ۲۶/۷ برابر بزرگ‌تر از مقدار رواناب مشاهده‌ای بود. بین رواناب‌های مشاهده‌ای و برآورد شده رابطه‌ای معنی‌دار وجود نداشت (R^2= ۰/۰۹) و میزان خطا (AE) برآورد مدل برابر ۰/۱۳ بود. شکل ۲ رابطه بین رواناب مشاهده‌ای و رواناب برآوردی با روش شماره منحنی را نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد که مدل SCS-CN توانایی لازم در برآورد رواناب در حوزه آبخیز تهم‌چای را ندارد. نتایج تحقیقات هاوکینز و همکاران (۱۱) و شای و همکاران (۱۸) در منطقه گواکس چین، خوجینی (۱) در سلسله جبال البرز، ملکیان و همکاران (۶) در حوزه آبخیز لیقوان در شمال غرب ایران، رضوی و همکاران (۲) در گلستان و گلپایگانی و همکاران (۴) در حوزه آبخیز تجن در مازندران نیز بیانگر عدم دقت مدل SCS-CN در برابر رواناب حاصل از بارندگی‌ها بود. بنابراین به دلیل عدم قطعیت داده‌های حاصل از برآورد مدل، واسنجی مدل قبل از استفاده از آن در منطقه ضروری بود. با توجه به تأثیر قابل ملاحظه‌ای که مقدار نگهداشت اولیه پیش از آغاز آبدوی (Ia) بر شماره منحنی (CN) و به تبع آن بر میزان رواناب برآوردی دارد، واسنجی‌های انجام شده در مورد مدل در تحقیقات پیشین غالباً در مورد نسبت نگهداشت اولیه حوزه (λ=Ia/S=۰/۲) بود. از این رو به منظور افزایش دقت مدل، نسبت نگهداشت اولیه (λ) در حوزه آبخیز تهم چای به روش سعی و خطا برای رسیدن به بالاترین همبستگی بین رواناب برآوردی و مشاهده‌ای و کاهش خطای برآورد واسنجی شد. مقدار- نگهداشت اولیه (Ia) برابر با ۸ درصد حداکثر ظرفیت نگهداشت حوزه (S) به‌دست آمد (λ=Ia/S=۰/۰۸). این مقدار در دامنه پیشنهادی یافته‌های هاوکینز و همکاران (۱۱)، وود وارد و همکاران (۲۲) و شای و همکاران (۱۸) قرار داشت. براساس λ=Ia/S=۰/۰۸ رابطه SCS-CN به‌صورت زیر اصلاح گردید:

$$Q=\frac{(P-0/08S)^2}{P+0/92S} \qquad [9]$$

که در آن: P و Q به‌ترتیب ارتفاع بارندگی و رواناب برحسب میلی‌متر و S حداکثر پتانسیل نگهداشت حوضه (میلی‌متر) بود. بر این اساس مقدار رواناب در ۵۸ رخداد بارندگی دوباره برآورد شد (جدول ۳).

نتایج برآورد رواناب در ۵۸ رخداد بارندگی بر مبنای λ=Ia/S=۰/۰۸ نشان داد که میزان رواناب مشاهده‌ای به‌طور متوسط ۱/۴ برابر میزان رواناب برآوردی بود. بین رواناب مشاهده‌ای و رواناب برآوردی رابطه‌ای معنی‌دار ($p<0/01$ و R^2= ۰/۴۱) وجود داشت (شکل ۳). براساس نتایج میزان خطای برآورد مدل نیز از ۰/۱۳ (در مدل اصلی) به ۰/۰۱۵ (در مدل واسنجی شده) کاهش یافت.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

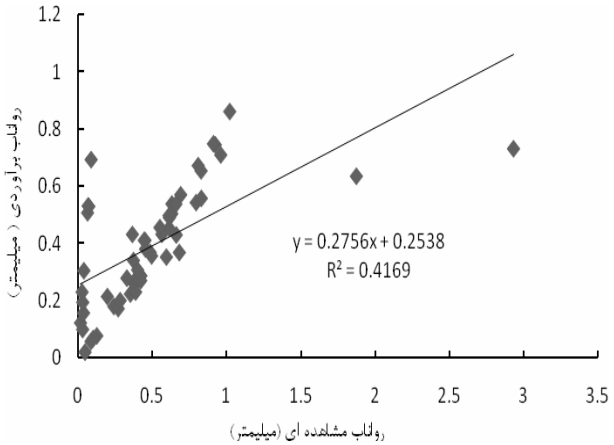
[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

جدول ۳. مقدار رواناب مشاهده شده و برآوردی با روش SCS-CN با فرض λ=Ia/S=۰/۰۸ در ۵۸ رخداد بارندگی در حوزه آبخیز تهم‌چای (۱۳۶۶-۱۳۸۰)

شماره رخداد	تاریخ رخداد	رواناب مشاهده شده(mm)	رواناب برآورد شده (mm)	شماره رخداد	تاریخ رخداد	رواناب مشاهده شده(mm)	رواناب برآورد شده (mm)
۱	۱۳۶۶/۰۱/۱۴	۰/۵۶	۰/۴۳	۳۰	۱۳۷۴/۱۱/۱۲	۰/۴۸	۰/۳۷
۲	۱۳۶۶/۰۲/۱۵	۱/۰۲	۰/۸۶	۳۱	۱۳۷۴/۱۲/۲۳	۰/۶۳	۰/۵۰
۳	۱۳۶۶/۰۲/۲۲	۰/۳۸	۰/۲۶	۳۲	۱۳۷۵/۰۱/۲۱	۰/۹۲	۰/۷۴
۴	۱۳۶۶/۱۱/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۸	۳۳	۱۳۷۵/۰۴/۱۸	۰/۰۴	۰/۳۰
۵	۱۳۶۷/۰۱/۲۵	۰/۶۱	۰/۴۵	۳۴	۱۳۷۵/۰۷/۲۲	۰/۹۱	۰/۷۵
۶	۱۳۶۷/۰۲/۰۷	۰/۰۲	۰/۲۳	۳۵	۱۳۷۵/۱۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۲۷
۷	۱۳۶۷/۰۲/۱۲	۰/۷۹	۰/۵۴	۳۶	۱۳۷۵/۱۰/۲۶	۰/۶۱	۰/۴۹
۸	۱۳۶۷/۰۷/۲۵	۰/۵۹	۰/۳۵	۳۷	۱۳۷۶/۰۱/۰۱	۰/۶۸	۰/۳۷
۹	۱۳۶۷/۰۷/۲۷	۲/۹۳	۰/۷۳	۳۸	۱۳۷۶/۰۲/۰۸	۰/۰۶	۰/۵۱
۱۰	۱۳۶۷/۰۸/۱۹	۰/۴۰	۰/۲۸	۳۹	۱۳۷۶/۰۶/۲۸	۰/۰۳	۰/۱۰
۱۱	۱۳۶۷/۰۸/۲۰	۰/۴۱	۰/۲۸	۴۰	۱۳۷۶/۰۹/۱۰	۰/۰۹	۰/۶۹
۱۲	۱۳۶۷/۰۸/۲۸	۰/۱۰	۰/۰۷	۴۱	۱۳۷۶/۰۹/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۲
۱۳	۱۳۶۷/۰۹/۲۶	۰/۸۳	۰/۵۶	۴۲	۱۳۷۶/۱۲/۰۸	۰/۸۱	۰/۶۷
۱۴	۱۳۶۷/۱۲/۱۳	۰/۳۶	۰/۴۳	۴۳	۱۳۷۶/۱۲/۱۷	۰/۵۵	۰/۴۵
۱۵	۱۳۶۷/۱۲/۲۰	۰/۳۳	۰/۲۸	۴۴	۱۳۷۷/۰۸/۱۶	۰/۰۷	۰/۵۳
۱۶	۱۳۶۷/۱۲/۲۳	۰/۰۴	۰/۱۶	۴۵	۱۳۷۷/۰۸/۱۹	۰/۴۵	۰/۴۱
۱۷	۱۳۶۷/۱۲/۲۵	۱/۸۷	۰/۱۶	۴۶	۱۳۷۶/۱۰/۲۶	۰/۴۴	۰/۴۱
۱۸	۱۳۶۸/۰۱/۰۸	۰/۸۳	۰/۶۳	۴۷	۱۳۷۷/۱۲/۲۵	۰/۶۳	۰/۵۴
۱۹	۱۳۶۷/۰۱/۰۹	۰/۴۲	۰/۶۵	۴۸	۱۳۷۸/۰۱/۰۱	۰/۴۰	۰/۳۱
۲۰	۱۳۶۸/۱۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۲۹	۴۹	۱۳۷۸/۰۹/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۰
۲۱	۱۳۶۹/۱۲/۲۸	۰/۳۵	۰/۲۱	۵۰	۱۳۷۸/۱۲/۲۹	۰/۴۹	۰/۳۶
۲۲	۱۳۷۱/۰۱/۲۵	۰/۳۷	۰/۲۲	۵۱	۱۳۷۵/۰۱/۰۵	۰/۳۹	۰/۲۳
۲۳	۱۳۷۱/۰۲/۲۷	۰/۹۶	۰/۳۴	۵۲	۱۳۷۹/۰۸/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۹
۲۴	۱۳۷۱/۰۸/۱۶	۰/۲۴	۰/۷۱	۵۳	۱۳۸۰/۰۱/۲۴	۰/۰۷	۰/۵۳
۲۵	۱۳۷۹/۰۹/۰۳	۰/۲۷	۰/۱۸	۵۴	۱۳۸۰/۰۲/۱۷	۰/۶۶	۰/۳۶
۲۶	۱۳۷۳/۰۲/۲۳	۰/۰۱	۰/۱۷	۵۵	۱۳۸۰/۰۸/۲۰	۰/۴۲	۰/۴۸
۲۷	۱۳۷۳/۰۸/۱۵	۰/۶۹	۰/۱۲	۵۶	۱۳۸۰/۰۸/۲۱	۰/۵۱	۰/۴۲
۲۸	۱۳۷۴/۰۲/۲۲	۰/۳۹	۰/۵۷	۵۷	۱۳۸۰/۰۹/۱۰	۰/۵۶	۰/۴۲
۲۹	۱۳۷۴/۰۷/۲۹	۰/۰۸	۰/۲۷	۵۸	۱۳۸۰/۰۹/۲۸	۰/۳۸	۰/۳۲

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]



شکل ۳. رابطه بین رواناب مشاهده‌ای و رواناب برآوردی با مدل SCS -CN با فرض λ=Ia/S=۰/۰۸ در ۵۸ رخداد بارندگی حوزه آبخیز تهم چای (۱۳۸۰-۱۳۶۶)

برای تقویت رابطه بین رواناب برآوردی و مشاهده‌ای و کاهش خطای برآورد در مدل واسنجی شده، تعداد ۹ رخداد باران (رخدادهای شماره ۹، ۱۷، ۳۳، ۳۷، ۳۸، ۴۰، ۴۴، ۵۳ و ۵۸) از فرآیند تحلیل داده‌ها حذف شدند. رخدادهای شماره ۹ و ۱۷ به دلیل داشتن بیشترین میزان بارندگی پنج روز پیش (به‌ترتیب ۱۰/۷۳ و ۳/۹۲ میلی‌متر) از فرایند تحلیل حذف شدند چرا که وجود این میزان بارندگی پیشین موجب شده بود که مقدار CN متوسط جدول برخلاف سایر رخدادها به CN شرایط اشباع (CNIII) تصحیح شود و میزان رواناب بیش از حد برآورد گردد. رخدادهای ۳۳، ۳۷، ۳۸، ۴۰، ۴۴، ۵۳، و ۵۸ نیز به دلیل داشتن کمترین شدت بارندگی طی دوره تحقیق (کمتر ۰/۱۴ میلی‌متر بر ساعت) از فرآیند تحلیل داده‌های حذف شدند. تحلیل دوباره داده‌های رواناب (۴۹ رخداد) نشان داد که نسبت رواناب برآورد شده به مشاهده‌ای برابر با ۱/۳ شود. در حقیقت با کاربرد مدل واسنجی شده (λ=Ia/S=۰/۰۸) در ۴۹ رخداد بارندگی، مقدار رواناب ۳۰ درصد بیش از مقدار مشاهده‌ای برآورد شد. رابطه بین رواناب برآوردی و مشاهده‌ای افزایش قابل توجهی یافت (R^2=۰/۹۰) و میزان خطای مدل بسیار کمتر(۰/۰۰۷) شد. شکل ۴ رابطه بین رواناب مشاهده‌ای رواناب برآورد شده با مدل واسنجی شده SCS-CN در ۴۹ رخداد بارندگی را نشان می‌دهد. ابراهیمیان و همکاران (۹) در تحقیقات خود همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی را برابر ۰/۵۶ به‌دست آوردند. یافته‌های هاوکینز و همکاران (۱۱)، وود وارد و همکاران (۲۲) و شای و همکاران (۱۸) نیز نشان داد که با اصلاح ضریب نگهداشت اولیه از ۰/۲ به‌ترتیب به ۰/۰۵، مقدار همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی به‌ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۸ و ۰/۸۰ افزایش یافت.

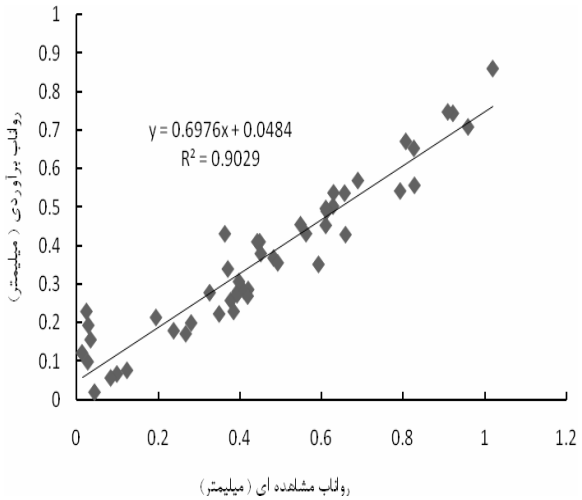
ارزیابی مدل اصلاح شده (λ=Ia/S=۰/۰۸) برای ۴۹ رخداد بازرندگی براساس معیارهای آماری میانگین خطا (AE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ریشه میانگین مربعات (RMS)، کارایی مدل (EF) و ضریب مجموع باقی‌مانده (CRM) نشان داد که این مقادیر به‌ترتیب برابر ۰/۰۸۹-، ۱۳۸/۵، ۶۲/۳، ۰/۹۶ و ۰/۲ بودند. نتایج تحقیقات چانسکی و همکارن (۸) در حوزه آلبرتا در کانادا نشان داد که مقدار شاخص‌های AE، RMSE، EF و CRM به‌ترتیب برابر ۰/۰۱۳۹-، ۳۹۶۸، ۰/۰۵۵۰- و ۰/۷۳ بود.

نتیجه‌گیری

بررسی میزان رواناب ناشی از ۵۸ رخداد بارندگی با استفاده از روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) در حوزه آبخیز تهم

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]



شکل ۴. رابطه بین رواناب مشاهده‌ای و برآوردی شده با مدل SCS-CN با فرض λ=Ia/S=۰/۰۸ در ۴۹ رخداد بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای (۱۳۸۰-۱۳۶۶)

چای در شمال غرب زنجان نشان داد که مقدار رواناب برآوردی به‌طور متوسط ۲۷/۸ برابر بزرگ تر از مقدار مشاهده‌ای بود. رابط ضعیفی بین مقدار رواناب برآوردی و مشاهده‌ای مشاهده شد (R^2= ۰/۰۹). در این مدل نسبت نگهداشت اولیه از فرض ۰/۲ به فرض ۰/۰۸ اصلاح شد(λ=Ia/S=۰/۰۸). نتایج نشان داد که مقدار رواناب مشاهده‌ای ۱/۴ برابر بزرگ تر از مقدار برآوردی بود و ضریب تعیین (R^2) بین آن دو ۰/۴۱ بود. با حذف ۹ رخداد باران، ضریب تعیین بین مقدار رواناب برآوردی و مشاهده‌ای به ۰/۹۰ افزایش یافت و خطای مدل به ۰/۰۰۷ کاهش یافت. این رخدادها شامل باران‌های بودند که دارای بیشترین میزان بارندگی پنج روز قبل بودند (بیشتر از ۳/۹۲ میلی‌متر) و یا کمترین شدت (کمتر از ۰/۱۴ میلی‌متر بر ساعت) را برخوردار بودند به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که در حوزه آبخیز نیمه خشک مورد بررسی مقدار نسبت نگهداشت اولیه (λ=Ia/S) بسیار کمتر از مقدار فرض شده در مدل (λ=۰/۲) بوده و به‌طور اصلاحی برابر ۸ ٪ بود(λ=۰/۰۸). از این‌رو پیشنهاد می‌شود قبل از به‌کارگیری روش SCS-CN جهت برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز کشور، نسبت به اصلاح نسبت نگهداشت اولیه (λ=Ia/S) اقدام شود.

منابع مورد استفاده

۱. خوجینی، ع. ۱۳۷۷. بررسی شماره منحنی روش SCS در بر آورد عمق رواناب و دبی اوج در حوزه‌های آبخیز سلسه جبال البرز. پژوهش و سازندگی ۳۸: ۲۰-۲۷.

۲. رضوی، ل.، ح. صادقی و م. مهدوی. ۱۳۸۹. افزایش دقت تخمین مدل SCS از طریق جایگزینی مقدار کل بارش بارواناب در زمان متمرکز حوزه آبخیز خانمیرزا و کلسیلیان. مجوعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۳. قهرودی تالی، م. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب، مطالعه موردی حوضه آبریز سد امیرکبیر. جغرافیا و توسعه ۴: ۱۸۵- ۱۹۸.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]

۴. گلپایگانی، ف.، م. قنبرپور، و آ. ملکیان. ۱۳۸۶. برآورد ارتفاع و دبی اوج رواناب در دورهای بازگشت مختلف برای حوزه‌ای کوچک با استفاده از روش‌های تجربی. چهارمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری ایران، مدیریت حوضه‌های آبخیز، کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۵. محمدی، ح.و ع. پناهی. ۱۳۸۵. برآورد میزان رواناب با استفاده از روش SCS و GIS در حوضه آبخیز قلعه چای (استان آذربایجان). نشریه پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران ۴ (۱۰ و ۱۱): ۱۰۹-۱۲۳.

۶. ملکیان ، آ.، م. محسنی ساروی و م. مهدوی. ۱۳۸۳ . بررسی کارایی روش شماره منحنی در برآورد عمق رواناب. مجله منابع طبیعی ایران ۵۷ :۶۲۱-۶۳۳.

۷. نساجی زواره، م. و م. مهدوی. ۱۳۸۴. برآورد دبی حداکثر سیل با استفاده از روش‌های مختلف شماره منحنی، مطالعه موردی در البرز مرکزی. مجله منابع طبیعی ۵۸: ۳۱۵-۳۲۴.

8. Chanasyk, D.S., E. Mapfumo and W. Willms. 2003. Quantification and simulation of surface runoff from Fescue grassland watersheds. Agric. Water Manage. 59: 137-153.
9. Ebrahimian, M., M. H. Ismail and I. A. Malek. 2009. Application of natural resources conservation service–curve number method for runoff estimation with GIS in the Kardeh Watershed, Iran. Eur. J. Sci. Res. 34 (4).575-590.
10. Elmaloglou, S. and. N. Malamos. 2000. Simulation of soil moisture content of a prairie field with SWAP93. Agric. Water Manage. 43: 139-149.
11. Hawkins, R. H., R. Jiang., D. E. Woodward., A. T. Hjelmfelt., J. A. Mullem. and Q. D. Quan. 2002. Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio. Proceedings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, Nevada, U.S. Geological Survey, Lakewood, Colorado, USA.
12. Hjelmfelt, A., L. A. Krammer and R. E. Burwell. 1981. Curve number as random variables. Proc. of the Int. Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi State University, USA, pp. 365-370.
13. Klute, A. and C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. PP. 687-734. *In:* A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, Agronomy Monog. No. 9 Soil Science Society of America Madison, WI.
14. Lewis, D., M. J. Singer and K. W. Kate. 2000. Applicability of SCS curve number method for a California Oak Woodlands Watershed, Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter, 48-55.
15. Loague, K. and R. E. Green, 1991. Statistical and graohical methods for evaluating solute transport models. Overview and application. J. Contamin. Hydrol. 7: 51-73.
16. Maidment, D. 1992. Handbook of Hydrology. McGraw Hill Book Company, USA.
17. Mane, R. V., A. A. Atre and G. R. Bagnal. 1994. Runoff curve number for agricultural watersheds in Ahmednagar District, Maharashtra, 8th ISCO Conference, India, 644-647.
18. Shi, Z. H., L. D. Chen., N. F. Fang, D. F. Qin and C. F. Cai. 2009. Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the three Gorges area, China. Catena 77: 1–7.
19. Simanton, J. R., R. H. Hawkins and M. Mohseni Saravi. 1996. The relationships between watershed area and curve number. Trans. ASAE, 39(4): 1391-1394.
20. Singh, V. P. 1998. Hydrologic System, Rainfall Runoff Modeling. Vol.1, John Wiley and Sons, UK.
21. Soil Conservation Service. 1973. A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds SCS, Tech. pap. 149, Water Resources Pub., Washington, D C.
22. Woodward, D. E., R. H. Hawkins., R. Jiang., A. T. Hjemfelt., J. A. Van Mullem and Q. D. Quan. 2003. Runoff Curve Number Method: Examination of the initial abstraction ratio. Proc. The World Water & Environmental Resources Congress and Related Symposia, PP. 111-118.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.16.3]