

# نقش خصوصیات باران بر دقت تخمین روان آب مدل SCS

سیدحمیدرضا صادقی<sup>۱</sup>، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس  
سیده لاله رضوی، دانش‌آموخته دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس  
محمد مهدوی، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۳/۱۶

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۱۵

## چکیده

برای برآورد روان آب در حوزه‌های آبخیز، از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود که در این میان، مدل سرویس حفاظت خاک (SCS) کاربردی جهانی یافته است، بنابراین با توجه به استفاده گسترده از مدل SCS ارزیابی شرایط و خصوصیات متغیرهای ورودی به آن اهمیت زیادی در دقت برآورد مدل مزبور دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش خصوصیات اصلی رگبار در دقت تخمین روان آب مدل SCS، در حوزه‌های آبخیز کسلیان و درجزین انجام شد. به‌همین منظور، رگبارهای واجد اطلاعات هم‌زمان بارش - روان آب انتخاب و مقدار روان آب ناشی از هر رگبار پس از تعیین خصوصیات مختلف آن‌ها و نقشه شماره منحنی حوضه‌ها و با اعمال واسنجی‌های لازم تخمین زده شد. به‌منظور تعیین تأثیر خصوصیات رگبار در خروجی مدل، از تحلیل ضرایب همبستگی استاندارد شده در بهترین رگرسیون چندمتغیره برازش داده شده به ضرایب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره مدل، و خصوصیات رگبار استفاده شد. نتایج به‌دست آمده در حوضه‌های مورد تحقیق نشان داد که مقدار، بیشینه مقدار بارش در زمان تمرکز، بیشینه شدت ۳۰ دقیقه‌ای، مقادیر بارندگی چارک دوم و چارک اول، به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر را در دقت خروجی مدل دارد.

واژه‌های کلیدی: درجزین، روان آب سطحی، شماره منحنی، کسلیان، هدررفت اولیه

## مقدمه

به‌منظور برآورد دبی اوج و ارتفاع روان آب در حوزه‌های آبخیز، روش‌های تجربی و غیر مستقیم متعددی ابداع شده است. در این میان، یکی از روش‌های تجربی که بیش‌تر مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته، روش شماره منحنی<sup>۲</sup> است که به‌وسیله‌ی سرویس حفاظت خاک امریکا<sup>۳</sup> و در حال حاضر سرویس حفاظت منابع طبیعی<sup>۴</sup> ارائه می‌شود؛ این روش، که از اواسط سال ۱۹۵۰ به‌طور عموم مورد استفاده قرار گرفته، حاصل بررسی ارتباط بارندگی - روان آب در حوزه‌های آبخیز کوچک زراعی بوده، اساس کاملاً تجربی دارد و امروزه به‌طور گسترده‌ای به‌وسیله‌ی آب‌شناسان برای شرایط مختلف کاربری اراضی و در انواع خاک‌ها به‌طور گسترده به‌وسیله‌ی هیدرولوژیست‌ها به‌کار می‌رود (Walker و Hawkins، ۲۰۰۳). کاربرد این روش، با توجه به نیاز آن به داده‌های قابل حصول در بیش‌تر حوزه‌های آبخیز، ساده بوده، دامنه کاربرد آن گسترده است (Das، ۲۰۰۰).

در روش شماره منحنی، از شدت، مدت و نحوه توزیع بارندگی به‌عنوان عوامل مؤثر در تولید روان آب صرف‌نظر شده و تنها مقدار ریزش در طول مدت زمانی معین دارای اهمیت است (US Department of Agriculture، ۱۹۸۶؛ Ponce و Hawkins، ۱۹۹۶). در صورتی که این مشخصات می‌تواند بر خروجی آبخیز تأثیر داشته باشد و بعضاً اختلافات معنی‌داری را در تخمین‌ها ایجاد کند که مورد تأیید پژوهش‌گران زیادی نیز بوده است. Hawkins (۱۹۷۸)، تأثیر شدت بارندگی را در روش شماره منحنی در ایالت‌های جنوب غربی امریکا مورد تحقیق قرار داد؛ از آنجایی که در

<sup>۱</sup> sadeghi@modares.ac.ir

<sup>۲</sup> Curve Number (CN)

<sup>۳</sup> Soil Conservation Service (SCS)

<sup>۴</sup> Natural Resources Conservation Service (NRCS)

روش استاندارد شماره منحنی، فقط مقدار بارندگی مد نظر بوده و شدت آن در نظر گرفته نمی‌شود، بنابراین وی روشی را ابداع کرد که شدت بارندگی را در تعیین شماره منحنی از طریق شاخص فی<sup>۱</sup> برای دوره بازگشت‌های مختلف ارائه می‌دهد. Aron (۱۹۹۲)، سعی نمود تا با افزودن پارامترهای زمانی معادله هورتون به روش شماره منحنی، مشکلات ناشی از عدم دخالت زمان در این روش (شماره منحنی) را برطرف نماید؛ نتایج به دست آمده، همبستگی خوبی را با روان‌آب‌های مشاهداتی نشان داد.

در تحقیقی Bofu (۱۹۹۸) به توجیه نظری مدل (SCS) برای تخمین روان‌آب پرداخت. و ارتباط بین بارش و روان‌آب در روش (SCS) را با در نظر گرفتن توزیع نمایی تغییرات نفوذ با زمان بررسی کرد؛ وی با آزمایش چگونگی تغییرات زمانی و مکانی شدت بارش و ظرفیت واقعی نفوذ، اساس علمی روش SCS را مورد تأیید قرار داد. Hawkins و همکاران (۱۹۹۹)، روابط بین ویژگی‌های بارندگی و روان‌آب در حوزه‌های آبخیز بیابانی جنوب غربی آمریکا را با روش شماره منحنی مورد بررسی قرار داده و دریافتند که عکس‌العمل این حوضه‌ها از نظر تولید روان‌آب بسیار شدید بوده و هیدروگراف حاصله از آن‌ها، رفتارهای متفاوت و غیر خطی دارد؛ Ponce و Hawkins (۱۹۹۶)، اصول تجربی و مفهومی روش شماره منحنی را مورد بررسی کرده و نقاط قوت و ضعف آن را بر شمرند؛ آن‌ها با ذکر این نکته که شماره منحنی تغییرات مکانی و زمانی نفوذ و سایر تلفات را در نظر نگرفته و فقط مجموع تلفات یک رگبار معین را لحاظ می‌کند، پیشنهاد کردند که مسائلی، نظیر حساسیت مقادیر به تغییرات شماره منحنی، شرایط رطوبت پیشین و تأثیر تغییرات مکانی و زمانی بایستی با انجام تحقیقات بیش‌تر مورد بررسی و اصلاح قرار گیرد.

صادقی و همکاران (۲۰۰۰)، ضمن تأیید عدم توانایی مدل (SCS) در تخمین روان‌آب حوزه آبخیز امامه، ارتباط برخی از خصوصیات شدت، مدت و مقدار بارش را با حجم، پیک و زمان وقوع روان‌آب در حوزه آبخیز امامه آنالیز کرده و به یک مدل مناسب دست یافتند. Woodward و Hawkins (۲۰۰۲) نیز، به عدم توانایی مدل مذکور در برآورد روان‌آب در ۲۳ ایالت در آمریکا اشاره داشته، دلیل آن را تغییرپذیری زیاد ضریب شاخص بیشینه ذخیره، به واسطه تأثیر خصوصیات مختلف رگبار و CN می‌دانند.

در تحقیق دیگر Krikby و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی نقش توزیع زمانی بارندگی و عوامل مورفولوژیکی بر تولید روان‌آب در آبخیزهای خشک حوزه آبخیز گودالتین در اسپانیا پرداختند؛ آن‌ها با کاربرد مفهوم حد آستانه روان‌آب در رابطه اصلاح شده گرین-آمیت و تعیین دقیق مقادیر شماره منحنی در حوضه مورد تحقیق، زمینه‌های افزایش دقت برآوردهای ناشی از مدل (SCS) را فراهم آوردند. Carleton و Young (۲۰۰۶)، توانایی مدل شماره منحنی را با استفاده از برازش یک توزیع احتمالی بر میزان نگهداشت اولیه روزانه رطوبت، علاوه بر مقدار رطوبت پیشین خاک در مدل PRZM<sup>۲</sup> در آبخیزهای کشاورزی ارتقا دادند؛ نتایج کاربرد مدل اصلاح شده بر داده‌های موجود آبخیزهای کشاورزی، در سایر مطالعات، دلالت بر توانایی مدل اصلاح شده در برآورد روان‌آب داشت. در ایران نیز تحقیقات متنوعی (نایب‌عباسی، ۱۳۷۲؛ خوجینی، ۱۳۷۷؛ رهنما، ۱۳۷۸؛ نساجی‌زواره، ۱۳۷۸؛ یزدانی، ۱۳۸۰؛ ملکیان، ۱۳۸۱؛ مریانجی و معروفی، ۱۳۸۴؛ قهرودی‌تالی، ۱۳۸۵؛ نشاط و صدقی، ۱۳۸۵) صورت گرفته که اغلب بر واسنجی مدل (SCS) و ضرورت اصلاح ضریب بیشینه شاخص ذخیره در نقاط مختلف کشور تأکید داشته است.

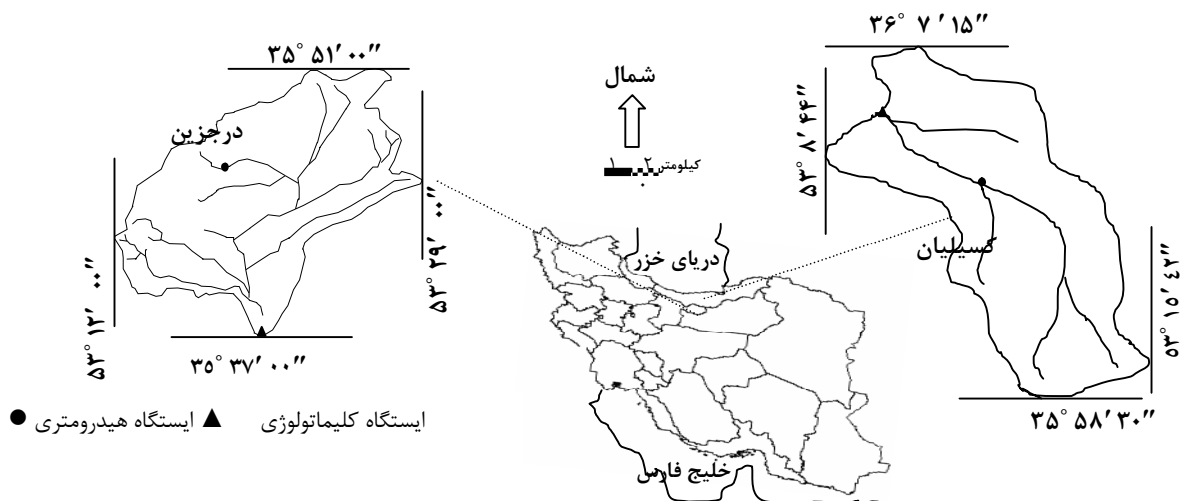
از بررسی سوابق تحقیق مرتبط با مدل (SCS)، می‌توان جمع‌بندی کرد که سایر خصوصیات رگبار، علاوه بر مقدار بارش، تغییرات زمانی و مکانی نفوذ و سایر تلفات، بر دقت تخمین‌های آن تأثیرگذار بوده و گستردگی و اهمیت عوامل مذکور در حوزه‌های آبخیز متنوع بوده است. از این‌رو، تحقیق حاضر به منظور شناسایی و درک جزئیات بیش‌تر حاکم بر مدل (SCS) و بررسی تأثیر خصوصیات مختلف رگبار بر خروجی مدل، و شناسایی مشخصه‌های مهم بارندگی در تخمین روان‌آب در حوزه‌های آبخیز کسلیان و درجزین صورت گرفته است.

<sup>۱</sup>  $\Phi$ -Index

<sup>۲</sup> Pesticide and Nitrogen fate in the Crop Root Zone Model

## مواد و روش‌ها

**الف - مناطق مورد تحقیق:** حوزه آبخیز کسپلیان با مساحت بالغ بر ۶۶/۷۵ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۱۶۲۰ متر، در محدوده طول‌های شرقی ۴۴° ۸' ۵۳" تا ۴۲° ۱۵' ۵۳" و عرض‌های شمالی ۳۵° ۵۸' ۳۰" تا ۳۶° ۷' ۱۵" در استان مازندران واقع شده است؛ میانگین بارش سالانه در این حوضه ۸۱۳/۸ میلی‌متر و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن مرطوب تا بسیار مرطوب است؛ عمده کاربری اراضی این حوضه جنگل و تا حدودی زراعت است. در حوزه آبخیز کسپلیان ماه‌های فروردین تا مهر دوره رشد و حد فاصل آبان تا اسفند، دوره خواب گیاهان است (مرزین، ۱۳۸۲). حوزه آبخیز درجزین با مساحت ۳۳۱/۲ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۲۲۹۴ متر، در محدوده طول‌های شرقی ۱۲° ۰۰' ۵۳" تا ۵۳° ۲۹' ۰۰" و عرض‌های شمالی ۳۵° ۳۷' ۰۰" تا ۳۵° ۵۱' ۰۰" در استان سمنان واقع شده است؛ میانگین بارش سالانه در این حوضه ۳۵۹ میلی‌متر و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن نیمه‌خشک است؛ عمده کاربری اراضی این حوضه مراتع است. در حوزه آبخیز درجزین، ماه‌های اردیبهشت تا شهریور دوره رشد و حد فاصل مهر تا فروردین، دوره خواب گیاهان است (عرفانیان، ۱۳۷۷). شکل ۱ موقعیت و شمای کلی مناطق مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت و شمای کلی مناطق مطالعاتی

به‌منظور انجام تحقیق، ابتدا کلیه داده‌های هم‌زمان بارش-روان‌آب موجود، قابل دسترس و نیز واجد اطلاعات کامل در منطقه‌های مورد تحقیق، جمع‌آوری و مقدار روان‌آب تخمینی پس از تعیین مقدار بارش، گروه هیدرولوژیکی خاک و شماره منحنی با استفاده از شکل عمومی مدل SCS (Walker و Hawkins، ۲۰۰۳) برآورد و به‌منظور ارزیابی، کارایی مدل با مقادیر مشاهداتی مقایسه شد؛ آنگاه برای ارتقای عملکرد مدل در تخمین روان‌آب، ضریب شاخص حداکثر ذخیره ( $\alpha$ ) در خصوص هر یک از وقایع از طریق روش معکوس (Walker و Hawkins، ۲۰۰۳) محاسبه، و دامنه تغییرپذیری آن (Woodward و Hawkins، ۲۰۰۲) با توجه به محدودیت تغییر شماره منحنی در مناطق تحت بررسی مورد تأکید قرار گرفت؛ سپس برای تعیین ارتباط متغیرهای اصلی بارش با دقت یا عدم توانایی مدل در تخمین روان‌آب، از تحلیل رگرسیون ساده و چندگانه بین مقادیر ضریب شاخص حداکثر نگهداشت، به‌عنوان عامل کنترل‌کننده دقت مدل (Ponce و Hawkins، ۱۹۹۶) با پارامترهای اصلی بارش استفاده شد. در تحقیق حاضر، مقادیر  $\alpha$  به‌دست آمده برای هر رگبار به‌عنوان متغیر وابسته، و خصوصیات رگبار، شامل مقدار، مدت، چارک اول، چارک دوم، چارک سوم، چارک چهارم، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای، حداکثر شدت ۱۵ دقیقه‌ای و حداکثر مقدار بارش در زمان تمرکز، به‌عنوان متغیرهای مستقل مد نظر قرار گرفتند؛ وضعیت نرمال بودن داده‌ها نیز با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف ارزیابی شد (وحیدی‌اصل، ۱۳۸۰). تهیه روابط رگرسیونی، در واقع از بررسی ارتباط مستقیم متغیرها با یک‌دیگر و یا اشکال تغییر یافته آن‌ها صورت پذیرفت. به‌منظور انتخاب مدل مناسب و مؤثرترین متغیرهای

مستقل مرتبط، رگرسیون خطی چندمتغیره به چهار روش معمول ورود داده‌ها، گام‌به‌گام، پیش‌رو و پس‌رو اجرا شد. قابلیت اعتماد مدل‌های به‌دست آمده، با توجه به درجه آزادی  $n-2$  و سطح احتمال ۱٪ (مهدوی، ۱۳۸۲) مورد بررسی قرار گرفت؛ نهایتاً مدل‌های با ضریب همبستگی بالاتر، به‌عنوان مدل‌های نهایی در این مرحله انتخاب شدند. ارزیابی کیفیت روابط به‌دست آمده، از طریق آماره‌های ضریب تبیین ( $R^2$ )، انحراف معیار متغیر وابسته در طول دوره آماری ( $Sd$ ) و اشتباه استاندارد تخمین ( $Se$ ) و با استفاده از رابطه زیر (رزاقیان، ۱۳۸۳) صورت پذیرفت.

$$Se = Sd \sqrt{(1 - R^2)} \quad (1)$$

در مرحله بعد، برای رسیدن به بهترین مدل نسبت به انجام فرآیند مدل‌سازی بر اساس اشکال تغییر یافته داده‌ها اقدام شد؛ به‌این ترتیب، با انتخاب بهترین حالت تغییر شکل داده‌ها و انجام آزمون رگرسیون، مدل‌های مناسب استخراج شد. شرط پذیرفتن مدل در هنگام استفاده از این معیارها، خطای نسبی کم‌تر از ۴۰٪ (Das, ۲۰۰۰) و تمایل مجذور میانگین مربعات خطا به صفر (Green و Stephenson, ۱۹۸۶) بود. برای ارزیابی کارایی و دقت مدل‌های به‌دست آمده طی مراحل واسنجی و تأیید مدل، علاوه بر معیار معنی‌داری ضریب تبیین معادلات به‌دست آمده، آماره‌های خطای نسبی ( $RE$ )<sup>۱</sup> و مجذور میانگین مربعات خطا<sup>۲</sup> ( $RMSE$ ) با استفاده از روابط زیر برای هر یک از مدل‌ها محاسبه و بررسی شد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۴).

$$RE = \left| \frac{Q_o - Q_e}{Q_o} \right| \times 100 \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_e)^2}{n}} \quad (3)$$

که در آن‌ها،  $Q_o$  و  $Q_e$  به ترتیب مقادیر مشاهده‌ای، مقادیر تخمینی و تعداد داده‌ها هستند. به‌منظور بررسی تأثیر هر یک از خصوصیات رگبار بر روی مقدار  $\alpha$ ، در هر یک از مدل‌های به‌دست آمده، مقادیر ضریب رگرسیون استاندارد شده ( $\beta$ ) هر یک از پارامترها در مدل نهایی، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت؛ آنگاه میزان مشارکت هر یک از پارامترها در خروجی مدل تعیین شد.

## نتایج و بحث

در حوزه‌های آبخیز کسلیان و درجزین، به ترتیب ۳۶ و ۱۵ رگبار دارای شرایط لازم برای تحقیق حاضر، انتخاب و پس از تحلیل باران‌نگار و آب‌نمودهای آن‌ها، خصوصیات مختلف رگبارها استخراج شد؛ از مجموع این رگبارها، به ترتیب نه و چهار رگبار به کار گرفته نشده در فرآیند مدل‌سازی برای تأیید مدل‌ها و ۲۷ و ۱۱ رگبار دیگر برای واسنجی در اشکال مختلف تغییرشکل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به مقادیر ضریب تبیین، خطاهای تخمین و تأیید به‌دست آمده، سه حالت شکل خطی، لگاریتمی و ریشه داده‌ها برای مدل‌سازی، مناسب‌تر از بقیه تشخیص داده شد. در ادامه مطلب، نتایج مربوط به تخمین مقادیر ضریب شاخص حداکثر ذخیره و همچنین مدل‌های تهیه شده با سطوح قابل قبول معنی‌داری مربوطه، به ترتیب در جداول ۱ تا ۶ برای حوزه‌های آبخیز درجزین و کسلیان ارائه شده است.

<sup>1</sup> Relative Error

<sup>2</sup> Root Mean Square of Error

جدول ۱- مشخصات رگبارها و روان آب مشاهده‌ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره

روان آب با ضریب جدید (mm)	α	روان آب (mm)		CN	باران							تاریخ رگبار	
		تخمین	مشاهده		حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای (mmhr <sup>-1</sup> )	بارش در زمان تمرکز (mm)	چارک چهارم	چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	مدت (h)		مقدار (mm)
۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۲/۵	۵۵	۱/۳۱	۴/۷۰	۰/۸۸	۴/۳۲	۲/۷۳	۲/۲۷	۹/۰۰	۱۰/۲۰	۶۳/۲/۲۰
۰/۰۰	۰/۱	۰/۰۰	۱/۰۰	۵۵	۰/۵۶	۳/۰۰	۰/۷۰	۲/۵۰	۲/۷۰	۱/۳۰	۱۰/۰۰	۷/۲۰	۶۵/۲/۱۴
۰/۰۰	۰/۲	۰/۰۰	۱/۲۰	۷۴	۱/۱۲	۵/۰۰	۰/۶۵	۲/۳۵	۳/۵۰	۲/۰۰	۶/۰۰	۸/۴۰	۶۶/۱۰/۱۸
۰/۰۰	۰/۲	۰/۰۰	۰/۹۰	۷۴	۱/۲۳	۵/۵۰	۰/۵۰	۲/۹۰	۳/۶۰	۱/۶۰	۶/۰۰	۸/۶۰	۶۶/۱۱/۱۶
۰/۰۰	۰/۱	۰/۰۰	۰/۸۱	۵۵	۱/۱۲	۵/۵۵	۰/۸۰	۲/۶۵	۴/۵۵	۱/۳۰	۸/۰۰	۹/۳۰	۷۰/۲/۲۱
۰/۰۰	۰/۴	۰/۰۰	۵/۵۵	۷۴	۲/۲۴	۹/۵۰	۱/۲۵	۵/۲۵	۸/۰۰	۲/۸۰	۹/۰۰	۱۷/۳۰	۷۱/۸/۲۱
۰/۰۰	۰/۴	۰/۰۰	۴/۳۴	۷۴	۱/۱۲	۵/۸۰	۲/۰۰	۶/۵۰	۵/۷۰	۳/۰۰	۱۴/۰۰	۱۷/۲۰	۷۱/۱۱/۱۴
۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰	۲/۶۶	۷۴	۱/۱۲	۵/۱۰	۱/۵۰	۴/۲۰	۳/۲۰	۱/۲۰	۹/۰۰	۱۰/۱۰	۷۱/۱۲/۱۷
۰/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۰	۴/۲۷	۷۴	۱/۶۸	۷/۰۰	۰/۸۵	۶/۳۵	۴/۵۰	۲/۶۰	۱۰/۰۰	۱۴/۳۰	۷۱/۱۲/۲۳
۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰	۲/۳۱	۷۴	۱/۵۷	۷/۰۰	۰/۴۰	۲/۵۰	۵/۰۰	۲/۹۰	۷/۰۰	۱۰/۸۰	۷۳/۱۱/۳۰
۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۱/۵۱	۷۴	۱/۲۳	۶/۲۰	۰/۴۵	۳/۴۵	۴/۱۰	۱/۹۰	۶/۰۰	۹/۹۰	۷۳/۱۲/۲۱
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰	۱/۶۸	۵۵	۱/۱۲	۵/۳۰	۰/۵۰	۲/۲۰	۳/۸۰	۲/۴۰	۷/۰۰	۸/۹۰	۷۴/۲/۴
۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۶۰	۵۵	۱/۱۲	۴/۳۰	۰/۰۰	۱/۶۰	۲/۶۰	۱/۱۰	۴/۰۰	۵/۳۰	۷۴/۳/۱۷
۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۶۰	۵۵	۱/۱۲	۵/۸۰	۰/۲۰	۱/۹۰	۴/۰۰	۲/۶۰	۷/۰۰	۸/۷۰	۷۴/۵/۲۴
۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۰	۱/۸۳	۵۵	۱/۱۲	۴/۸۰	۰/۹۰	۳/۰۰	۳/۸۰	۱/۸۰	۸/۰۰	۹/۵۰	۷۴/۶/۳۰

جدول ۲- روابط رگرسیونی چند متغیره ضریب شاخص حداکثر ذخیره و خصوصیات باران در حوزه آبخیز درجین

شماره	رابطه	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری	خطای تخمین (%)	خطای تأیید (%)
۴	$\alpha = 0.137 + 0.025C_1 - 0.024C_2 + 0.025C_3 + 0.066C_4 - 0.061Imax30 - 0.062Pmaxtc$	۰/۹۵۴	۰/۰۱۲ <sup>Λ</sup>	۳۵۱/۳۷۰	۴۸/۰۸۹۰
۵	$\alpha = 0.134 + 0.031C_1 - 0.024C_2 + 0.024C_3 + 0.072C_4 + 0.045Pmaxtc$	۰/۹۵۱	۰/۰۰۳ <sup>ΛΛ</sup>	۱۲/۰۴۰	۵۳/۶۹۰
۶	$\alpha = -0.111 + 0.019C_1 + 0.029C_3 + 0.046C_4 + 0.028Pmaxtc$	۰/۹۴۳	۰/۰۰۱ <sup>ΛΛ</sup>	۱۱/۱۳۰	۵۲/۶۴۰
۷	$\alpha = -0.105 + 0.03C_3 + 0.048C_4 + 0.033Pmaxtc$	۰/۹۳۷	۰/۰۰۰ <sup>ΛΛ</sup>	۱۱/۳۶۰	۵۰/۸۱۰
۸	$\alpha = -0.093 + 0.045C_3 + 0.029Pmaxtc$	۰/۹۱۸	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۵/۱۷۰	۵۱/۵۶۰
۹	$\sqrt{\alpha} = -0.295 + 0.412P - 0.117C_1 - 0.359C_2 - 0.137C_3 - 0.23Imax30 + 0.352Pmaxtc$	۰/۹۵۴	۰/۰۱۷ <sup>Λ</sup>	۱۰/۷۱۰	۵۴/۸۱۰
۱۰	$\sqrt{\alpha} = -0.286 + 0.233P - 0.048C_1 - 0.227C_2 - 0.266Imax30 + 0.349Pmaxtc$	۰/۹۴۰	۰/۰۰۵ <sup>**</sup>	۱۰/۶۴۰	۵۲/۲۳۰
۱۱	$\sqrt{\alpha} = -0.291 + 0.23P - 0.244C_2 - 0.244Imax30 + 0.33Pmaxtc$	۰/۹۳۷	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۱۲/۰۶۰	۶۲/۷۵۰
۱۲	$\sqrt{\alpha} = -0.27 + 0.241P - 0.227C_2 + 0.177Pmaxtc$	۰/۹۳۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۲/۹۸۰	۵۱/۰۷۰
۱۳	$Log \alpha = -0.665 - 1.362P + 0.437T + 0.882C_2 + 0.903C_3 + 0.353Imax30$	۰/۹۱۴	۰/۰۲۹ <sup>*</sup>	۱۷/۷۹۰	۶۹/۴۵۰
۱۴	$Log \alpha = -0.593 - 1.135P + 0.92C_2 + 1.051C_3 + 0.145Imax30$	۰/۹۰۷	۰/۰۰۹ <sup>**</sup>	۱۹/۲۵۰	۶۲/۶۹۰
۱۵	$Log \alpha = -0.58 - 1.265P + 1.1C_2 + 1.098C_3$	۰/۹۰۴	۰/۰۰۲ <sup>**</sup>	۱۸/۵۳۰	۶۲/۴۵۰

P: مقدار بارش (mm), T: مدت بارش (h), C<sub>1</sub>: چارک اول (mm), C<sub>2</sub>: چارک دوم (mm), C<sub>3</sub>: چارک سوم (mm), C<sub>4</sub>: چارک چهارم (mm), Imax30: حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای (mmh<sup>-1</sup>), Imax15: حداکثر شدت ۱۵ دقیقه‌ای (mmh<sup>-1</sup>), Pmaxtc: حداکثر بارش در زمان تمرکز (mm), α: ضریب شاخص حداکثر نگه‌داشت, \* سطح احتمال ۱ درصد, \*\* سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۳- مشخصات رگبارها و روان آب مشاهده‌ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره در حوزه آبخیز کسپلیان

روان آب با ضریب جدید (mm)	$\alpha$	روان آب (mm)		CN	باران								تاریخ رگبار	
		تخمین	مشاهده		حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای	حداکثر شدت ۱۵ دقیقه‌ای	بارش در زمان تمرکز	چارک چهارم	چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	مدت (hr)		مقدار (mm)
					$(mmhr^{-1})$		$(mm)$							
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰	۲/۴۰	۵۷	۳/۵۷	۴/۱۰	۴/۹۰	۰/۲۵	۱/۰۲	۲/۲۳	۱/۳۱	۳/۰۰	۴/۹۰	۵۷/۳/۱۲
۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۱/۱۷	۵۷	۱۰/۴۵	۱۵/۹۰	۱۵/۲۰	۳/۵۷	۷/۳۵	۱/۷۱	۲/۵۷	۳/۵۰	۱۵/۲۰	۶۴/۹/۱۶
۰/۹۴	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۷۹	۷۵	۷/۳۰	۱۰/۱۰	۱۰/۲۰	۰/۵۷	۱/۸۴	۴/۸۴	۳/۰۰	۳/۰۰	۱۰/۲۰	۶۴/۱۰/۱۴
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۹۰	۵۷	۶/۱۵	۶/۱۵	۱۳/۳۰	۱/۳۵	۴/۴۶	۵/۱۱	۲/۴۱	۴/۵۰	۱۳/۳۰	۶۵/۲/۱۴
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۲/۴۸	۵۷	۳/۱۵	۴/۳۰	۸/۲۴	۰/۶۷	۰/۸۵	۳/۴۶	۴/۲۲	۶/۰۰	۹/۲۲	۶۵/۲/۲۷
۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۰	۳/۴۵	۵۷	۳/۶۱	۴/۰۰	۶/۶۶	۱/۱۸	۲/۱۰	۱/۸۹	۱/۴۹	۳/۰۰	۶/۶۶	۶۶/۷/۲۸
۰/۰۰	۰/۴۳	۰/۰۱	۶/۳۷	۷۵	۶/۰۰	۶/۰۰	۱۵/۸۰	۲/۶۳	۵/۹۶	۴/۰۵	۳/۱۶	۴/۰۰	۱۵/۸۰	۶۶/۸/۴
۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۹۳	۵۷	۴/۰۵	۵/۴۰	۷/۴۸	۱/۶۲	۱/۵۷	۲/۸۴	۱/۴۵	۳/۰۰	۷/۴۸	۶۶/۸/۱۷
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۳/۷۷	۵۷	۵/۰۰	۵/۴۰	۵/۱۰	۰/۶۸	۲/۳۰	۱/۳۲	۰/۶۸	۱/۵۰	۵/۱۰	۶۶/۱۱/۱۰
۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۴/۸۹	۵۷	۳/۳۷	۳/۵۵	۷/۹۶	۱/۱۵	۳/۳۴	۳/۲۲	۱/۶۹	۶/۰۰	۹/۴۰	۶۷/۶/۹
۱/۹۳	۰/۰۱	۰/۰۰	۱/۹۱	۷۵	۳/۶۸	۴/۵۳	۷/۶۸	۳/۳۲	۳/۳۸	۴/۲۱	۳/۷۵	۱۰/۰۰	۱۴/۶۰	۶۷/۶/۳۰
۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۰	۱/۸۲	۵۷	۶/۲۰	۸/۴۰	۹/۷۲	۱/۰۲	۱/۹۲	۳/۸۴	۲/۹۴	۲/۵۰	۹/۷۲	۶۷/۸/۲۹
۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۰۰	۳/۶۷	۷۵	۱۳/۷۰	۱۶/۰۰	۱۶/۸۰	۱/۰۷	۹/۵۴	۳/۹۹	۲/۲۲	۳/۰۰	۱۶/۸۰	۶۷/۱۲/۲۵
۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۲/۲۵	۵۷	۴/۵۸	۵/۵۶	۸/۴۵	۱/۶۶	۲/۳۳	۲/۹۲	۱/۵۵	۲/۵۰	۸/۴۵	۶۸/۲/۹
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰	۲/۵۰	۵۷	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۶۰	۰/۱۰	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۴۰	۲/۰۰	۲/۶۰	۶۹/۱/۲۷
۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۰۰	۵/۹۴	۵۷	۶/۴۰	۷/۲۰	۱۷/۵۰	۳/۵	۵/۶۰	۶/۳۰	۲/۸۰	۵/۰۰	۱۸/۲۰	۶۹/۶/۱۱
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۱/۳۷	۵۷	۵/۰۰	۶/۰۰	۱۱/۷۰	۳/۰۹	۲/۵۵	۴/۹۰	۵/۴۰	۶/۵۰	۱۵/۹۰	۶۹/۷/۱۰
۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰	۴/۵۱	۵۷	۸/۹۰	۹/۸۹	۲۱/۶۰	۲/۳۹	۴/۵۱	۸/۸۳	۹/۴۰	۶/۵۰	۲۵/۱۰	۷۰/۳/۳
۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۳/۳۵	۵۷	۹/۲۶	۱۶/۴۰	۱۰/۵۰	۱/۲۴	۴/۳۱	-۰/۲۷	۴/۶۷	۲/۲۵	۱۰/۵۰	۷۰/۳/۲۹
۱/۲۱	۰/۵۰	۵/۸۷	۱/۳۱	۸۸	۶/۴۱	۶/۸۰	۱۲/۴۰	۶/۲۸	۳/۶۹	۳/۰۲	۱۱/۴۰	۱۲/۰۰	۲۴/۴۰	۷۰/۴/۲۳
۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۸۶	۵۷	۵/۴۰	۵/۴۰	۸/۰۵	۱/۷۵	۳/۳۴	۱/۷۱	۱/۲۵	۳/۰۰	۸/۰۵	۷۰/۷/۱۳
۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۴۲	۵۷	۳۳/۱۰	۳۹/۰۰	۱۹/۴۰	۰/۳۷	۲/۵۰	۹/۷۵	۶/۸۱	۱/۰۰	۱۹/۴۰	۷۱/۳/۳۰
۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۱/۰۲	۵۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۸۲	۰/۸۰	۱/۱۶	۱/۲۰	۰/۶۳	۶/۵۰	۳/۷۸	۷۱/۷/۱۵
۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰	۲/۱۴	۵۷	۱/۵۹	۱/۷۰	۲/۹۵	۰/۲۹	۰/۵۳	-۰/۹۳	۱/۲۱	۳/۵۰	۲/۹۵	۷۱/۷/۲۳
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰	۱/۴۱	۵۷	۳/۸۰	۷/۶۰	۵/۶۰	۰/۶۷	۲/۵۲	۴/۳۰	۲/۵۰	۱۱/۰۰	۹/۹۹	۷۲/۳/۱۴
۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۱۲/۸۶	۵۷	۵/۱۴	۶/۹۳	۹/۰۲	۲/۵۹	۶/۰۹	۲/۶۸	۶/۳۵	۸/۷۵	۱۷/۷۰	۷۲/۳/۱۷
۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰	۱/۲۹	۵۷	۲/۸۰	۵/۶۰	۴/۷۷	۱/۰۵	۲/۵۵	۲/۷۰	۲/۲۰	۸/۰۰	۸/۵۰	۷۲/۴/۲۱
۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۱۰/۷۲	۵۷	۶/۴۴	۱۰/۹۰	۱۲/۶۰	۴/۴۹	۹/۶۸	۷/۳۰	۲/۴۲	۱۳/۵۰	۲۳/۹۰	۷۳/۷/۳۰
۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۴/۹۵	۵۷	۷/۶۸	۹/۳۲	۱۷/۴۰	۱/۱۶	۴/۱۱	۵/۳۴	۶/۷۹	۴/۰۰	۱۷/۴۰	۷۳/۹/۵
۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۲/۶۸	۵۷	۶/۳۱	۷/۹۲	۱۴/۰۷	۳/۲۲	۵/۹۹	۷/۱۷	۲/۱۶	۸/۵۰	۱۸/۵۰	۷۳/۱۲/۲۶
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۶۹۷	۵۷	۳۰/۷۰	۳۵/۴۰	۱۹/۹۰	۱۰/۹	۵/۹۶	-۰/۷۷	۲/۲۰	۲/۲۵	۱۹/۹۰	۷۴/۳/۲۶
۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۵/۶۲	۵۷	۷/۹۵	۱۱/۴۰	۹/۱۷	۹/۹۵	۲/۵۹	۶/۰۶	۸/۶۵	۲۳/۰۰	۲۷/۲۰	۷۴/۷/۲۰
۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۱/۴۶	۵۷	۴/۲۵	۴/۹۰	۹/۶۸	۱/۹۵	۷/۹۴	۴/۰۸	۴/۱۵	۱۳/۰۰	۱۸/۱۰	۷۵/۷/۱۵
۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰	۵/۴۳	۵۷	۸/۶۴	۹/۶۳	۱۷/۵۰	۲/۳۹	۲/۶۶	۶/۸۸	۱۰/۲۰	۷/۰۰	۲۲/۱۰	۷۵/۷/۲۴
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۱/۹۵	۵۷	۷/۰۱	۱۰/۸۰	۱۳/۱۰	۱/۰۱	۴/۷۸	۳/۵۸	۳/۷۰	۴/۰۰	۱۳/۱۰	۷۶/۳/۱۵
۰/۰۰	۰/۳۸	۰/۹۴	۰/۳۳	۷۵	۳۸/۳۰	۴۸/۱۰	۲۷/۲۰	۰/۵۷	۰/۹۶	۵/۷۴	۱۹/۹۰	۲/۵۰	۲۷/۲۰	۷۶/۴/۱۱

جدول ۴- روابط رگرسیونی چندمتغیره ضریب شاخص حداکثر ذخیره و خصوصیات باران در حوزه آبخیز کسلیان

شماره	رابطه	ضریب تبیین	سطح معنی داری	خطای تخمین (%)	خطای تایید (%)
۱۶	$\alpha = 0.064 - 0.003T + 0.011C_1 - 0.030C_2 + 0.021C_3 + 0.025C_4 + 0.001Imax30 - 0.001Imax15 + 0.01Pmaxtc$	۰/۳۲۷	۰/۰۰۱ <sup>△△</sup>	۱۱۶/۸۸۰	۷۶/۰۶۰
۱۷	$\alpha = 0.064 - 0.003T + 0.011C_1 - 0.030C_2 + 0.022C_3 + 0.025C_4 + 0.00029Imax30 + 0.010Pmaxtc$	۰/۷۲۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۲۰/۷۱۰۰	۸۰/۱۵۰
۱۸	$\alpha = 0.065 - 0.004T + 0.012C_1 - 0.030C_2 + 0.022C_3 + 0.025C_4 + 0.010Pmaxtc$	۰/۷۲۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۱۸/۶۷۰	۷۹/۴۶۰
۱۹	$\alpha = 0.05 + 0.008C_1 - 0.033C_2 + 0.018C_3 + 0.022C_4 + 0.013Pmaxtc$	۰/۷۲۱	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۱۴/۶۱۰	۷۶/۸۵۰
۲۰	$\alpha = 0.048 - 0.038C_2 + 0.011C_3 + 0.028C_4 + 0.019Pmaxtc$	۰/۷۰۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۱۳/۹۱۰	۸۹/۲۰۰
۲۱	$\log \alpha = -1.986 + 0.417T - 1.164C_2 + 1.572Pmaxtc$	۰/۲۹۰	۰/۰۴۵ <sup>*</sup>	۱۰۳/۰۸۰	۳۵/۳۰۰
۲۲	$\sqrt{\alpha} = 0.161 + 0.478P + 0.09T - 0.234C_1 - 0.384C_2 - 0.176C_3 - 0.152C_4 - 0.027Imax30 - 0.017Imax15 + 1.06Pmaxtc$	۰/۵۸۵	۰/۰۳۰ <sup>*</sup>	۱۳۷۰/۸/۲۰۰	۷۷۰/۴/۳۵۱
۲۳	$\sqrt{\alpha} = 0.178 + 0.5P - 0.244C_1 - 0.391C_2 - 0.185C_3 - 0.16C_4 - 0.033Imax30 - 0.016Imax15 + 0.097Pmaxtc$	۰/۵۸۵	۰/۰۲۰ <sup>*</sup>	۱۹۶/۸۱۰	۹۳/۰۸۰
۲۴	$\sqrt{\alpha} = 0.176 + 0.488P - 0.234C_1 - 0.388C_2 - 0.176C_3 - 0.151C_4 - 0.049Imax30 + 0.102Pmaxtc$	۰/۵۸۵	۰/۰۰۹ <sup>**</sup>	۱۰۸/۶۰۰	۱۰۳/۰۳۰
۲۵	$\sqrt{\alpha} = 0.176 + 0.488P - 0.234C_1 - 0.388C_2 - 0.176C_3 - 0.151C_4 - 0.049Imax30 + 0.102Pmaxtc$	۰/۵۷۰	۰/۰۰۵ <sup>**</sup>	۱۱۲/۱۷۰	۱۱۴/۶۰۰
۲۶	$\sqrt{\alpha} = 0.161 + 0.176P - 0.045C_1 - 0.254C_2 - 0.02C_3 + 0.076Pmaxtc$	۰/۵۶۷	۰/۰۰۲ <sup>**</sup>	۱۱۲/۲۷۰	۱۰۹/۳۶۰
۲۷	$\sqrt{\alpha} = 0.159 + 0.151P - 0.038C_1 - 0.254C_2 + 0.087Mtc$	۰/۵۶۵	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۱۰۴/۱۴۰	۱۰۹/۶۸۰
۲۸	$\sqrt{\alpha} = 0.176 + 0.125P - 0.223C_2 + 0.075Pmaxtc$	۰/۵۴۸	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۱۴/۳۵۰	۹۵/۷۱۰

P: مقدار بارش (mm), T: مدت بارش (h), C<sub>1</sub>: چارک اول (mm), C<sub>2</sub>: چارک دوم (mm), C<sub>3</sub>: چارک سوم (mm), C<sub>4</sub>: چارک چهارم (mm), Imax30: حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای (mmh<sup>-1</sup>), Imax15: حداکثر شدت ۱۵ دقیقه‌ای (mmh<sup>-1</sup>), Pmaxtc: حداکثر بارش در زمان تمرکز (mm), α: ضریب شاخص حداکثر نگه‌داشت, \*\* سطح احتمال ۱ درصد, \* سطح احتمال ۵ درصد

همان گونه که از جداول ۱ و ۳ استنباط می‌شود، مدل (SCS) قادر به تخمین مناسب مقادیر روان آب در حوزه‌های آبخیز کسلیان و در جزین نبوده است؛ دلیل آن را می‌توان در دامنه تغییرپذیری ضریب شاخص حداکثر نگه‌داشت (α)، یا عدم تعیین دقیق شماره منحنی و یا سازگاری آن با شرایط حاکم بر حوزه‌های آبخیز مورد تحقیق دانست که با یافته‌های سایر محققان ایرانی (نایب‌عباسی، ۱۳۷۲؛ خوجینی، ۱۳۷۷؛ رهنما، ۱۳۷۸؛ نساجی‌زواره، ۱۳۷۸؛ یزدانی، ۱۳۸۰؛ ملکیان، ۱۳۸۱؛ مریانجی. و معروفی، ۱۳۸۴؛ قهرودی‌تالی، ۱۳۸۵؛ نشاط و صدقی، ۱۳۸۵) هم‌خوان است. حال نظر به نقش تعیین‌کننده ضریب شاخص حداکثر ذخیره در تعیین دقت مدل SCS، در برآورد روان آب، ارتباط خصوصیات مختلف رگبار در عدم دقت روان آب تخمینی با مدل SCS، از طریق برآزش مدل‌های چندمتغیره به داده‌های بارش و روان آب، و تعیین ارتباط بین ویژگی‌های بارندگی و روان آب، مدل‌های برآزش داده‌شده به داده‌ها، در دو حوضه در جزین و کسلیان بررسی شد. ضرایب بتای هر یک از متغیرها در مدل نهایی، برای تعیین میزان مشارکت هر یک از خصوصیات باران در خروجی مدل استفاده گردید. نتایج به‌دست آمده در روابط (۳) تا (۲۸) نمایان‌گر تأثیرپذیری زیاد و قابل اطمینان ضریب شاخص ذخیره و به‌تبع آن روان آب تخمینی در مدل (SCS) از خصوصیات بارش در حوزه آبخیز در جزین است. حال آن‌که مدل‌های رگرسیونی برآزش داده شده به داده‌های روان آب، و ضریب

شاخص حداکثر ذخیره در حوزه آبخیز کسلیان، کارایی بالایی نداشته، ولی ارتباط بین اغلب خصوصیات بارش و ضریب مذکور در سطح بالای یک درصد، معنی دار بوده است. به استناد آماره‌های استفاده شده در تحلیل رگرسیونی، رابطه (۱۰)، بهترین برازش را به داده‌های مورد بررسی داشته، لذا مقادیر ضریب  $\beta$ ، به شرح جدول ۵ استفاده شد.

جدول ۵- مقادیر ضرایب بتای متغیرهای مدل نهایی حوزه آبخیز درجین

ضرایب بتای مدل نهایی	متغیر مربوط به بارندگی
۱/۰۸۸	مقدار (mm)
-۰/۰۹۶	چارک اول (mm)
-۰/۶۴۰	چارک دوم (mm)
-۰/۳۴۶	ماکزیمم شدت ۳۰ دقیقه‌ای ( $mmhr^{-1}$ )
۰/۹۹۵	ماکزیمم مقدار بارش در زمان تمرکز ( $mmhr^{-1}$ )

بدین ترتیب گرچه نمی‌توان جمع‌بندی نهایی در خصوص تأثیر خصوصیات اصلی بارش بر دقت روان‌آب تخمینی در حوزه آبخیز کسلیان را ارائه نمود، اما مقایسه این ضرایب با یک‌دیگر، گویای این مطلب است که تمامی خصوصیات رگبار به‌نحوی در خروجی مدل تأثیر می‌گذارند؛ اما مقدار بارش، بیشینه مقدار بارش در زمان تمرکز، بیشینه شدت ۳۰ دقیقه‌ای، چارک دوم و چارک اول دارای بیش‌ترین تأثیر بر ضریب شاخص حداکثر ذخیره و به‌تبع آن روی روان‌آب تخمینی به‌وسیله مدل در هر دو حوزه آبخیز مورد تحقیق هستند. بنابراین با توجه به نتایج موجود و نظر محققان مختلف از جمله Hawkins (۱۹۷۸)، مبنی بر تأثیرپذیری خروجی مدل (SCS) از شدت بارندگی، Hawkins و همکاران (۱۹۹۹) و Aron (۱۹۹۲) در راستای لحاظ تغییرات مکانی و زمانی بارش در این مدل، Ponce و Hawkins (۱۹۹۶) و صادقی و همکاران (۲۰۰۰) مبنی بر در نظر گرفتن خصوصیات مختلف بارش بر تولید روان‌آب؛ Bofu (۱۹۹۸) مبتنی بر تاکید تغییرات مکانی در تخمین روان‌آب، Krikby و همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر موثر بودن توزیع زمانی بارندگی در خروجی مدل (SCS) و نیز Young و Carleton (۲۰۰۶) در خصوص ضرورت لحاظ توزیع احتمالی میزان نگه‌داشت اولیه روزانه، مشخص می‌شود که الگوی تغییرات بارش در طول رگبار و شدت آن، از خصوصیات مهم تأثیر گذار بر دقت خروجی مدل بوده و در نظر نگرفتن این پارامترها در مدل می‌تواند تأثیر مهمی بر روی نتایج حاصله داشته باشد. برقراری ارتباط رگرسیونی دومتغیره بین ضریب شاخص حداکثر نگهداشت و خصوصیات مختلف رگبار نیز، تأییدکننده نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی است؛ به‌نحوی که نقش مقدار بارش، چارک سوم، چارک دوم، مقدار بارش در زمان تمرکز، متغیرهای بیشینه شدت ۳۰ دقیقه‌ای، به‌ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۸۲، ۰/۷۱، ۰/۵۳، ۰/۵۱ و ۰/۴۴، با ضریب شاخص حداکثر ذخیره نسبت به سایر متغیرها بیش‌تر است. از طرفی، مقایسه نتایج در دو حوضه مختلف کشور، با اقالیم و شرایط متفاوت و مشاهده تفاوت در نتایج حاصله، بر اهمیت در نظر گرفتن تغییرات مکانی در دقت مدل (SCS) تاکید دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان جمع‌بندی نمود که گرچه مقدار بارندگی یک عامل تعیین‌کننده در تولید روان‌آب است اما در برگیرنده کلیه شرایط حاکم بر بارش نیست؛ و لذا در نظر گرفتن سایر جزئیات زمان وقایع و عوامل احتمالی وابسته به آن در تحلیل پدیده تولید روان‌آب و کاربرد مدل‌ها، بسیار ضروری است. استفاده از یافته‌های تحقیق حاضر در راستای تأکید در روند کاربرد سایر مدل‌های بارش - روان‌آب در دیگر حوزه‌های آبخیز، همچنین با داده‌های بیش‌تر، از پیشنهاد‌های این بررسی است.

#### منابع مورد استفاده

- خوجینی، ع.و. ۱۳۷۷. بررسی شماره منحنی (CN) روش SCS در برآورد عمق رواناب و دبی اوج در حوزه‌های آبخیز سلسله جبال البرز. پژوهش و سازندگی، شماره ۳۸، صفحه ۲۷-۲۰.



۲. رزاقیان، ه. ۱۳۸۳. بررسی اثر توزیع مکانی و زمانی بارندگی بر روی وضعیت سیل در بخشی از حوزه آبخیز گرگان رود. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۶۸ صفحه.
۳. رهنما، ا. ۱۳۷۸. برآورد رواناب سطحی در حوزه آبخیز بشار به روش CN با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۸ صفحه.
۴. صادقی، س.ح.ر.، ح.ر. مرادی، م. مزین و م. وفاخواه. ۱۳۸۴. کارآیی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش-رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسلیان)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳، صفحه ۸۱-۸۹.
۵. عرفانیان، م. ۱۳۷۷. بررسی آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی و ژئومورفوکلیماتیک در حوزه آبخیز در جزین سمنان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۵۴ صفحه.
۶. قهرودی تالی، م. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد امیرکبیر (کرج). جغرافیا و توسعه، شماره ۴ (پیاپی ۷)، صفحه ۱۸۵-۱۹۸.
۷. مریانجی، ز. و ص. معروفی. ۱۳۸۴. بررسی رواناب ناشی از بارش حداکثر ۲۴ ساعته در حوزه آبخیز قره چای با استفاده از روش SCS و کاربرد GIS. پژوهش کشاورزی، جلد ۵، شماره ۳، صفحه ۸۳-۷۱.
۸. مزین، م. ۱۳۸۲. بررسی روابط بین اجزای مختلف بارندگی و رواناب در حوزه آبخیز کسلیان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۸۲ صفحه.
۹. ملکیان، الف. ۱۳۸۱. بررسی و ارزیابی کارایی و واسنجی روش شماره منحنی در برآورد رواناب. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۷۹ صفحه.
۱۰. مهدوی، م. ۱۳۸۲. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، صفحه ۶۲.
۱۱. نایب‌عباسی، م. ۱۳۷۲. بررسی روابط و تعیین شماره منحنی جهت برآورد رواناب سطحی در حوزه امامه، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۳ صفحه.
۱۲. نساجی‌زواره، م. ۱۳۷۸. مقایسه دبی‌های حداکثر سیل از روش‌های شماره منحنی و کوک. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۱ صفحه.
۱۳. نشاط‌ع. و ح. صدقی. ۱۳۸۵. برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک (SCS) و مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز باغ ملک استان خوزستان. علوم کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۴، صفحه ۷۹۸-۷۸۷.
۱۴. وحیدی‌اصل، م.ق. ۱۳۸۰. آمار ریاضی. مرکز نشر دانشگاهی تهران، صفحه ۹۸.
۱۵. یزدانی، م.ر.، م. مهدوی و ا. حسینی‌چگینی. ۱۳۸۰. تعیین دبی حداکثر سیلاب با استفاده از روش ترسیمی SCS در حوزه‌های آبخیز کوچک. منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴، شماره ۴، صفحه ۳۶۸-۳۵۵.
16. Aron, G. 1992. Adoption of Horton and SCS infiltration equation to complex storms. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118(2):53-57.
17. Bofu, Y. 1998. Theoretical justification of SCS method for runoff estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 124(6):306-310.
18. Das, G. 2000. *Hydrology and soil conservation engineering*. Prentice Hall of India, 70-75.
19. Green, I.R.A. and D. Stephenson. 1986. Criteria for comparison of single event models. *Hydrological Sciences Journal*, 31:395-411.
20. Hawkins, R.H. 1978. Runoff curve number with varying site moisture. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceeding of the American Society of civil Engineers*, 104:389-398.
21. Hawkins, R.H., P.A. Laurenc and M.J. Simas, 1999. Rainfall and runoff for southern desert watersheds: A characterization. *proceeding of International Symposium on Watershed Management in 21<sup>st</sup> century, USA*. P. 26-35.
22. Krikby, M.J., L.J. Bracken and J. Shannon. 2005. The influence of rainfall distribution and morphological factors on runoff delivery from dry land catchments in SE Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 62(2):136-156.
23. Ponce, V.M. and R.H. Hawkins. 1996. Runoff curve number: has it reached maturity. *Journal of Hydrology Engineering*, 1(1):11-19.
24. Sadeghi, S.H.R, J.K. Singh and G. Das. 2000. Rainfall-runoff relationship for Amameh watershed in Iran, In: *International Conference on Integrated Water Resources Management for Sustainable Development Proceedings, India*: 796-804.
25. US Department of Agriculture. 1986. *National Engineering Handbook, Section4 (NEH-4):7.2-10.25*.
26. Walker, S.E. and R.H. Hawkins. 2003. Application of the SCS curve number method to mildly sloped watersheds. <http://www3.bae.ncsu.edu/RegionalBulletins/Modeling-Bulletin/paper98draft1.html76k>
27. Woodward, D.E. and R.H. Hawkins. 2002. Runoff curve number method, examination of the initial abstraction ratio. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 25(7):121-128.
28. Young, D.F. and J.N. Carleton. 2006. Implementation of a probabilistic curve number method in the PRZM runoff model. *Environmental Modelling and Software*, 21(8):1172-1179.

## Role of rainfall characteristics on runoff prediction accuracy of SCS model

Seyed Hamid Reza Sadeghi<sup>1</sup>, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Seydeh Laleh Razavi, Former MSc Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Mohammad Mahdavi, Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Received: 04 January 2009

Accepted: 05 June 2009

### Abstract

Many different runoff prediction methods are being used among which SCS model has been applied throughout the globe. It is therefore very important to evaluate the circumstances and input specifications under which such models could be applied. The present study was conducted to investigate the role of rainfall main characteristics on accuracy of SCS model in runoff prediction for Kasilian and Darjazin watersheds. For this purpose, the simultaneous rainfall-runoff data were selected and the storm runoff was estimated using determining rainfall characteristic, providing Curve Number map and calibrating the model. In order to determine the effects of rainfall characteristics on model output, the standardized values of regression coefficient ( $\beta$ ) of the best fitted multiple regression, developed between rainfall circumstances and maximum storage index coefficient, were determined. The results of the study showed the depth, maximum rainfall in concentration time, maximum 30 minutes intensity, 2<sup>nd</sup> quartile and 1<sup>st</sup> quartile have the highest rate of effectiveness on model output respectively.

**Key words:** Curve Number, Darjazin, Initial abstraction, Kasilian, Surface runoff

---

<sup>1</sup> sadeghi@modares.ac.ir