مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
سال دوم - شماره ۴ - پاییز ۱۳۸۷
Vol. 2, No. 4, Fall 2008

واسنجی ضریب شاخص حداکثر ذخیره و شماره ی منحنی مدل SCS در حوزه‌های آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا

سیّدحمیدرضا صادقی[۱]، محمد مهدوی[۲] و سیّده لاله رضوی[۳]
تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۲۰

چکیده

به منظور برآورد رواناب در حوزه های آبخیز، روش های تجربی و غیر مستقیم متعددی هم چون SCS ابداع شده است. عموماً استفاده از این مدل ها در خارج از مناطق تهیه آنها با خطا همراه بوده و لذا بررسی کاربرد و واسنجی آنها ضروری است. به این منظور رگبارهای واجد اطلاعات هم زمان بارش- رواناب چهار حوزه آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا انتخاب و مقدار رواناب ناشی از هر رگبار پس از تعیین ویژگی‌های گوناگون آنها و نقشه ی شماره منحنی حوزه های آبخیز برآورد و با مقادیر مشاهداتی مقایسه شد. نتایج بدست آمده از کاربرد مدل بدون واسنجی نشان دهنده ی تطابق ضعیف رواناب های مشاهده‌ای و برآورد شده در تمامی حوزه های آبخیز بوده است. به منظور بهبود این وضعیت، ضریب شاخص حداکثر ذخیره مدل و همچنین مقادیر شماره منحنی واسنجی و با لحاظ مقادیر جدید بار دیگر رواناب با استفاده از مدل برآورد و با رواناب های مشاهداتی مقایسه شد. نتایج کاربرد مدل واسنجی شده دلالت بر عدم کارآیی مدل یاد شده در برآورد رواناب در حوزه های آبخیز کسیلیان و درجزین و توانایی آن در برآورد رواناب در حوزه های آبخیز امامه و خانمیرزا به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۲۱ و ۰/۹۱۴ داشته است.

واژه های کلیدی: رواناب سطحی، مدل SCS، هدررفت اولیه، شماره ی منحنی، امامه، کسیلیان، درجزین، خانمیرزا

مقدمه

امروزه برآورد دبی حاصل از رگبارها به ویژه در حوزه‌های آبخیز کوچک و فاقد آمار از اصلی ترین فعالیت های هیدرولوژیست‌ها بوده و برآورد حجم رواناب حاصل از بارندگی به منظور پیش گیری از وقوع سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار است[۲]. از سوی دیگر با توجه به وسعت زیاد ایران و عدم وجود ایستگاههای هیدرومتری کافی، تعیین رواناب و دبی حاصل از بارندگی همواره یکی از مشکلات اساسی حوزه های آبخیز کشور بوده [۱] و استفاده از روش های برآورد رواناب در حوزه های آبخیز فاقد ایستگاه از اهمیت شایان توجهی برخوردار است [۵]. در این راستا یکی از روش‌های تجربی که مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته روش شماره ی منحنی [۴](CN) یا سرویس حفاظت خاک آمریکا[۵] می باشد [۳۱]. کاربرد این روش نظر به نیاز آن به داده‌های قابل دستیابی در بیش‌تر حوزه های آبخیز ساده بوده و از دامنه کاربرد گسترده‌ای برخوردار است [۱۳]، ولی با توجه به اینکه این مدل اساساً برای مناطق خشک و نیمه خشک آمریکا توسعه یافته ممکن است استفاده از آن در خارج از این مناطق همراه با خطا باشد که این مطلب مورد تأکید پژوهشگران زیادی نیز بوده است. رالیسن [۲۵] سیر تاریخی تحولات و پیشرفت‌های انجام شده در زمینه‌ی برآورد رواناب را در کشور امریکا مورد نقد و بررسی قرارداد و خاطر نشان نمود که جواب های مناسب این مدل تنها در شرایطی که این روش در آنجا تکامل یافته است قابل دست‌یابی هستند. بیلز و بتسن [۱۰] اعتبار پارامتر شماره منحنی را به عنوان یک شاخص هیدرولوژیک با استفاده از ۵۸۵ سیلاب مشاهداتی از ۳۶ حوزه آبخیز در امریکا ارائه کرده و نشان دادند که رواناب حاصل از باران در مقابل تغییرات شاخص CN بسیار حساس است و بر اهمیت به دست آوردن مدل منطقه ای تأکید کردند. اسبرن و رنارد [۲۲] با مطالعه در مناطق خشک ایالات متحده به این نتیجه رسید که استفاده از روش شماره منحنی در این نواحی بایستی همراه با احتیاط باشد. هوسر و جانز [۱۴] شماره ی منحنی اراضی در دشت های غربی ایالات متحده در حالت های گوناگون را مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که لازم است شماره ی منحنی با توجه به شرایط این منطقه مورد واسنجی قرار گیرد. کمار و همکاران[۱۷] روش شماره منحنی را برای برآورد

۱- نویسنده مسئول و مدیر گروه و دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران،
sadeghi@modares.ac.ir
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳- دانش آموخته گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

4- Curve Number (CN)
5- Soil Conservation Service (SCS)

روانآب آبخیرهای کوچک زراعی در ایالت ماهارشترا[1] در هند مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری کردند که شماره ی منحنی محاسبه شده از مقادیر بارش-روانآب مشاهداتی بیش تر از مقادیر ارائه شده در جدول های استاندارد SCS به ویژه در شرایط رطوبت پیشین خشک (AMC I) می باشد. پنک و هوکینز [۲۳] با ذکر این نکته که شماره منحنی تغییرات مکانی و زمانی نفوذ و سایر تلفات را در نظر نگرفته و تنها مجموع تلفات یک رگبار معین را لحاظ می کند، پیشنهاد نمودند که مسائلی نظیر حساسیت مقادیر به تغییرات شماره‌ی منحنی، شرایط رطوبت پیشین و تاثیر تغییرات مکانی و زمانی بایستی با انجام پژوهش های بیش تر مورد بررسی و اصلاح قرار گیرد. صادقی و همکاران [۲۷] مدل SCS را به منظور برآورد روانآب در حوزه‌ی آبخیز امامه به کار بردند. نتایج پژوهش های آنها نشان داد که این مدل در شرایط عدم واسنجی قادر به برآورد دقیق مقدار روانآب در این حوزه آبخیز نمی باشد. آنها ضمن بیان دامنه ی تغییرات ۰/۰۰۵ تا ۰/۲ و میانگین ۰/۱۸ استفاده از معادله های پیاپی در محاسبه ی ضریب حداکثر شاخص ذخیره برای برآورد دقیق روانآب با استفاده از رابطه SCS را تأکید نمودند. وودوارد و هوکینز [۳۵] به بررسی فرضیه نسبت بین تلفات اولیه و حداکثر نگهداشت در مناطقی از ایالات متحده پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نیز نشان داد که دامنه تغییرات ضریب شاخص حداکثر ذخیره در این مناطق بین ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۴۹۱ متغیر بوده و با در نظر گرفتن میانگین مقادیر به دست آمده (۰/۰۵) برای نسبت مذکور محاسبات دقیق تر و اختلاف بین روانآب برآورد شده و مشاهداتی کم تر است. واکر و هوکینز [۳۱] به بررسی کاربرد مدل SCS در آبخیزهای با شیب متوسط واقع در ایالت ایلی نویز امریکا پرداختند. بدین منظور ۱۹ واقعه واجد اطلاعات هم زمان بارش-روانآب جمع آوری و ارتفاع روانآب برای هر یک از آنها محاسبه و با ارتفاع روانآب برآورد شده مدل SCS مقایسه شد. مقادیر CN هم یک بار با لحاظ بارندگی پنج روز قبل و بار دیگر با استفاده از جریان پایه خروجی از آبخیز محاسبه گردید. نتایج پژوهش های آنها نشان داد در مواردی که از جریان پایه به جای بارندگی پنج روز پیش برای برآورد CN استفاده شده ضریب همبستگی بین روانآب مشاهداتی و برآوردی بیشتر بوده است. کرک بی و همکاران به نقل از پیاسی و سینگ [۲۴] به بررسی نقش توزیع زمانی بارندگی و عوامل مورفولوژیک بر تولید روانآب در آبخیزهای خشک حوزه آبخیز گودالتین[2] در اسپانیا پرداختند. آنها با کاربرد مفهوم حد آستانه روانآب در رابطه اصلاح شده گرین- آمپت و تعیین دقیق مقادیر شماره منحنی در حوزه آبخیز مورد مطالعه، زمینه های افزایش دقت برآوردهای ناشی از مدل SCS را فراهم آوردند. نحوی [۵] به ارزیابی مدل SCS برای برآورد روانآب ناشی از بارندگی در حوزه آبخیز امامه پرداخت. وی ۱۳ رگبار واجد اطلاعات هم زمان بارش-روانآب را انتخاب و عمق روانآب های حاصله را به تفکیک برای هر سیلاب مشخص نموده و با عمق روانآب های برآورد شده با استفاده از مدل SCS مورد مقایسه قرار داد. نتایج نشان داد که عمق روانآب های برآورد شده در این حوزه ی آبخیز بسیار ناچیز و در تمامی موارد کم تر از مقدار مشاهده شده است. همچنین برای انطباق عمق روانآب های مشاهده ای و محاسبه شده مقدار ضریب شاخص حداکثر ذخیره را برابر ۰/۰۶ پیشنهاد کرد. نایب عباسی [۶] عمق و دبی ناشی از بارندگی به روش SCS را برآورد و آنها را با عمق و دبی روانآب های مشاهده شده در حوزه آبخیز معرف امامه مقایسه نمود، همچنین ضرایب فرمول های پیشنهادی SCS در تعیین عمق روانآب ناشی از بارندگی را منطبق با شرایط این حوزه آبخیز واسنجی نمود. خوجینی [۳] به مقایسه روانآب های ناشی از بارندگی به روش SCS با روانآب های مشاهده شده و نیز CN های برآورد شده از این روش و مقادیر مشاهده شده در حوزه‌های آبخیز معرف سلسله جبال البرز پرداخت و ضرایب رابطه‌ی SCS را به منظور تعیین صحیح عمق روانآب ناشی از بارندگی واسنجی نمود. نتایج پژوهش‌های وی نشان داد که این روش در برآورد روانآب نارسایی داشته و تفاوتی معنی دار بین CN به دست آمده از روش SCS و CN مشاهده شده وجود دارد. نساجی زواره [۸] در حوزه آبخیز امامه برای اصلاح معادله SCS با استفاده از داده‌های بارندگی و دبی مشاهده‌ای مقدار ضریب شاخص حداکثر ذخیره را برابر ۰/۰۴ به دست آورد. ملکیان و همکاران [۴] به بررسی و ارزیابی روش شماره منحنی در حوزه آبخیز لیقوان و مقایسه مقادیر روانآب واقعی با مقادیر روانآب محاسباتی از این روش پرداخت. نتایج پژوهش های وی نشان داد که روش SCS روانآب حوزه آبخیز مورد مطالعه را به صورت قابل قبولی شبیه سازی نمی کند و برای انطباق عمق روانآب های مشاهداتی و محاسباتی مقدار ۰/۰۶ را برای ضریب شاخص حداکثر ذخیره در این حوزه آبخیز پیشنهاد نمود. حال با توجه به عدم توصیه استفاده مستقیم از مدل SCS در شکل اولیه آن و ضرورت انجام اصلاحات و واسنجی‌های لازم در سوابق بررسی شده، این پژوهش با هدف واسنجی مقادیر ضریب شاخص حداکثر ذخیره مدل SCS و نیز شماره منحنی با توجه به دامنه تغییرات رطوبت پیشین و تعیین اهمّیت آن به منظور بهبود برآورد روانآب و بررسی دامنه تغییرات مدل در اقلیم ها و شرایط گوناگون در چهار حوزه آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا انجام گرفته است.

مواد و روش ها

مناطق مطالعاتی

به منظور انجام این پژوهش چهار حوزه آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا انتخاب شدند که ویژگی های آنها در جدول زیر آورده شده است.

1- Maharashta

2- Godaltin

جدول ۱ - ویژگی های حوزه های آبخیز مطالعاتی

نام حوزه آبخیز	مساحت (کیلومترمربع)	ارتفاع متوسط (متر)	محدوده جغرافیایی		میانگین بارش سالانه(میلی متر)	اقلیم (دومارتن)	کاربری اراضی	فصل رشد گیاهی
			طول شرقی	عرض شمالی				
امامه	۳۷/۱۲	۲۸۵۶	۵۱° ۳۲´ ۰۰˝ تا ۵۱° ۳۸´ ۰۰˝	۳۵° ۵۱´ ۰۰˝ تا ۳۵° ۵۷´ ۰۰˝	۷۵۸/۶	مرطوب	بیش تر مرتعی و درصد کم تری اراضی زراعی	اردیبهشت تا شهریور
کسیلیان	۶۶/۷۵	۱۶۲۰	۵۳° ۸´ ۴۴˝ تا ۵۳° ۱۵´ ۴۲˝	۳۵° ۵۸´ ۳۰˝ تا ۳۶° ۷´ ۱۵˝	۸۱۳/۸	بسیار مرطوب	بیش تر جنگل و تا حدودی مرتع و زراعت	فروردین تا مهر
درجزین	۳۳۱/۲	۲۲۹۴	۵۳° ۱۲´ ۰۰˝ تا ۵۳° ۲۹´ ۰۰˝	۳۵° ۳۷´ ۰۰˝ تا ۳۵° ۵۱´ ۰۰˝	۳۵۹	نیمه خشک	بیش تر مرتع	اردیبهشت تا شهریور
خانمیرزا	۳۹۱/۱۶	۳۹۱/۱۶	۵۰° ۵۵´ ۰۰˝ تا ۵۱° ۱۸´ ۳˝	۳۱° ۲۲´ ۲۴˝ تا ۳۱° ۳۷´ ۳۰˝	۶۲۵	سرد و خشک	زراعت و تا حدودی مراتع	اردیبهشت تا شهریور

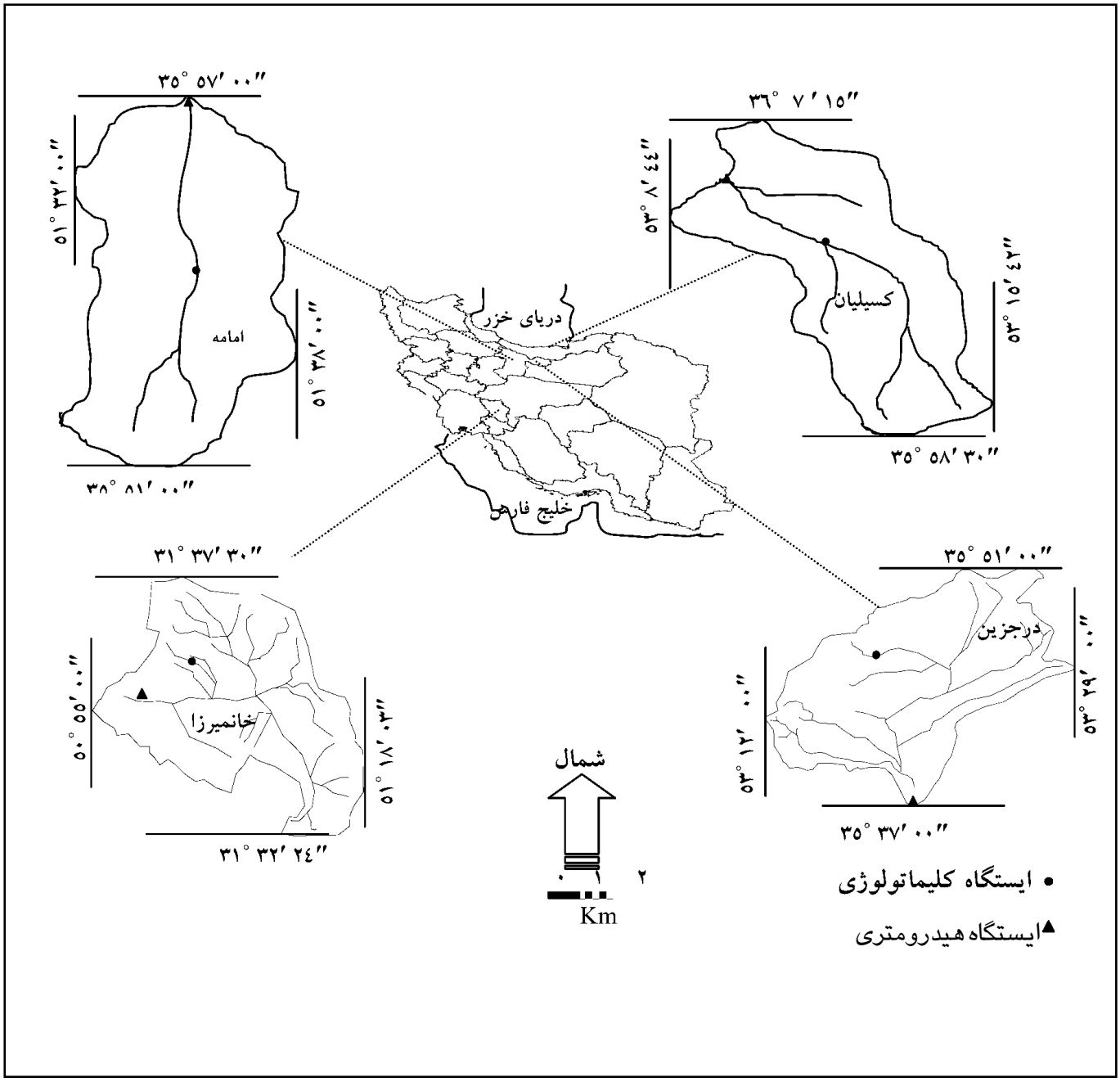
روش پژوهش

به منظور انجام پژوهش کلیه رگبارهای واجد اطلاعات هم زمان بارش و روانآب در مناطق مطالعاتی انتخاب و مقدار بارش و ارتفاع روانآب مستقیم به ترتیب با استفاده از باران نگار و آب نمود آنها استخراج گردید [۲]. سپس نقشه های جداگانه گروه های هیدرولوژیکی خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی برای هر یک از حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه تهیه شد. پس از مشخص کردن گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی، با قرار دادن و روی هم گذاری نقشه ها در محیط Ilwis در سامانه اطلاعات جغرافیایی، سطوح دارای گروه‌های هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی یکسان مشخص و سطح مربوطه محاسبه گردید. سپس با استفاده از جدول‌های ارائه شده توسط NEH-4 [۲۱] شماره منحنی متوسط وزنی برای هر یک از حوزه‌های آبخیز محاسبه شد. پس از محاسبه شماره منحنی برای هر یک از آبخیزها مقدار نگهداشت اولیه و سپس ارتفاع روانآب به ترتیب با استفاده از رابطه های (۱) و (۲) به دست آمد.

$$Q = \frac{(P-0/2S)^2}{(P+0/8S)} \qquad (۱)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۲)$$

که در آنها Q ارتفاع روانآب، P ارتفاع بارندگی و S ارتفاع مربوط به رایش، نفوذ در خاک و ذخیره سطحی همگی به میلی متر است. به منظور تعیین شرایط پیشین رطوبتی حوزه آبخیز در زمان وقوع رگبارهای مورد بررسی میزان بارندگی های ۵ روز قبل از رگبار مورد نظر از روی آمار بارندگی روزانه به دست آمد. با بررسی مطالعات پوشش گیاهی و اقلیم در حوزه‌های آبخیز تحت بررسی فصل‌های رشد و خواب گیاهان تفکیک (جدول ۱) و وضعیت رطوبت پیشین خاک تعیین شد. پس از تعیین شماره منحنی در حالت رطوبت پیشین متوسط (II) با استفاده از جدول وضعیت رطوبت پیشین خاک و شماره منحنی و با در نظر گرفتن مجموع بارندگی ۵ روز قبل از هر سیلاب، شماره منحنی در حالت متوسط به شماره منحنی در حالت خشک (I) یا مرطوب (III) تبدیل شد. سپس ارتفاع روانآب محاسبه شده با مقادیر مشاهداتی مقایسه شد و در صورت وجود اختلاف قابل ملاحظه بین آنها ابتدا اقدام به واسنجی ضریب شاخص حداکثر نگهداشت در معادله SCS شد. به این نحو که با داشتن مقادیر P، Q و S، ضریب مربوط به شاخص حداکثر نگهداشت (α) برای هر سیل به منظور دست‌یابی به مقدار مناسب جایگزین برای ضریب فعلی ۰/۲ محاسبه شد و میانه اعداد به دست آمده به دلیل لحاظ توزیع مناسب مقادیر [۹] به عنوان ضریب مناسب هر حوزه آبخیز تعیین شد و پس از اعمال شرط $\alpha S \geq P$ مقدار روانآب با ضرایب جدید به دست آمد. مجدداً مقادیر روانآب مشاهداتی و محاسباتی مقایسه و در صورت مشاهده اختلاف بین آنها اقدام مقتضی در رابطه با واسنجی مقدار شماره منحنی گردید. اصلاح و واسنجی مقدار شماره منحنی با توجه به ارتباط بین مقادیر بارندگی ۵ روز پیشین و شماره منحنی و از طریق میان یابی و با کمک رابطه رگرسیونی دو متغیره در هر یک از حوزه‌های آبخیز انجام و سپس مقدار CN اصلاح شده برای برآورد مقدار جدید S با کمک رابطه (۲) استفاده شد. در نهایت مقدار روانآب بر اساس مقادیر P و S جدید و ضرایب اولیه مدل و نیز ضرایب واسنجی شده محاسبه و



شکل ۱ - موقعیت و شمای کلی مناطق مطالعاتی

با مقادیر مشاهده ای آن مقایسه شد. به این ترتیب آخرین تلاش ممکن برای ارتقای عملکرد مدل SCS در حوزه های آبخیز مورد مطالعه صورت پذیرفت.

نتایج

در ذیل نتایج مربوط به واسنجی ضرایب مدل و مقادیر روانآب در حالت های گوناگون به ازای هر رگبار به ترتیب برای حوزه های آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا در جدول های (۲) تا (۹) آورده شده است.

بحث و جمع بندی

با بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده های بارش و روانآب و انجام آزمون های همبستگی بین داده های مشاهداتی و برآوردی در چهار حوزه آبخیز مطالعاتی مشخص شد که بین روانآب های مشاهداتی و برآورد شده با مدل SCS در حالت اولیه آن همبستگی بالایی وجود ندارد. به گونه ای که حداکثر مقدار ضریب تبیین در اشکال گوناگون روابط رگرسیونی برای حوزه های آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا به ترتیب ۰/۵۷۰ (P<۰/۰۰۱)، ۰/۰۱۸ (P=۰/۳۱۴)، صفر و ۰/۰۰۵ (P=۰/۶۲۷) به دست آمد. این نتایج نشان دهنده عدم توانایی مدل

جدول ۲- مقدار بارش، ارتفاع رواناب برآورد شده و مشاهده ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره مدل در حوزه آبخیز امامه

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع رواناب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع رواناب برآورد شده با ضریب ۰/۲=α (میلی متر)	α جدید	ارتفاع رواناب برآورد شده با لحاظ α جدید (میلی متر)
۱	۵۱/۲/۲۹	۶/۰۰	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰
۲	۵۱/۵/۱۲	۷/۵۵	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۱۴
۳	۵۱/۵/۱۵	۱۷/۳۰	۲/۴۵	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۰۰
۴	۵۳/۱/۱۵	۲۹/۷۰	۲/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۳/۰۸
۵	۵۳/۴/۲۸	۱۵/۵۰	۰/۶۸	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۰
۶	۵۳/۶/۴	۱۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۳۷
۷	۶۱/۷/۱۵	۲۶/۵۰	۸/۰۱	۱۱/۱۰	۰/۴	۷/۹۳
۸	۶۲/۱/۲۸	۳/۲۲	۰/۴۹	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰
۹	۶۲/۲/۴	۴/۶۲	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۰
۱۰	۶۲/۲/۵	۱۸/۰۰	۱/۵۵	۵/۱۰	۰/۵۰	۱/۶۸
۱۱	۶۲/۲/۸	۸/۴۲	۰/۱۱	۰/۶۲	۰/۴۵	۰/۰۰
۱۲	۶۷/۵/۶	۳/۹۷	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰
۱۳	۶۸/۱۲/۲۳	۱۷/۱۰	۱/۴۴	۴/۶۸	۰/۵۰	۱/۳۲
۱۴	۶۹/۸/۷	۱۱/۴۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۳۳
۱۵	۶۹/۱۲/۱۰	۱۲/۸۰	۰/۴۶	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۴۸
۱۶	۷۴/۲/۱۲	۲۱/۸۰	۵/۲۳	۱/۴۱	۰/۰۲	۵/۳۰
۱۷	۷۴/۳/۹	۱۰/۴۰	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۴۸
۱۸	۷۵/۲/۱۸	۱۸/۸۰	۰/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۸۸
۱۹	۷۵/۷/۲۶	۲۷/۶۰	۰/۴۴	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۰۰
۲۰	۷۶/۱/۱۶	۱۰/۹۰	۰/۷۶	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
۲۱	۷۸/۸/۵	۱۳/۵۰	۰/۳۱	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۲۷
۲۲	۷۹/۷/۲۵	۲/۶۰	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰

یاد شده در برآورد ارتفاع رواناب در حوزه های آبخیز مورد مطالعه بوده و لذا واسنجی و اعمال اصلاحات لازم در پیش از استفاده از آن کاملاً ضروری به نظر می رسد. رالیسن [۲۵]، بیلز و بستن [۱۰]، اسبرن و رنارد [۲۲]، هوسر و جونز [۱۴]، پنک و هوکینز [۲۳]، میشرا و همکاران [۱۹]، صادقی و همکاران [۲۷] و یوآن [۳۶] در خارج از کشور و نحوی [۷]، نایب عباسی [۶]، خوجینی [۳]؛ نساجی زواره [۸] و ملکیان و همکاران [۴] در داخل کشور نیز بر اعمال واسنجی های لازم در پیش از کاربرد این مدل تأکید دارند. به منظور افزایش دقت مدل و با توجه به تاثیر قابل ملاحظه ای که تلفات اولیه روی شماره ی منحنی و به تبع آن رواناب دارد [۳۵ و ۳۶] ضرایب شاخص حداکثر ذخیره مدل SCS در هر چهار حوزه آبخیز واسنجی شده و مقدار آن برای حوزه های آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا برابر ۰/۰۹، ۰/۱۶، ۰/۲۰ و ۰/۳۰ به دست آمد که این مقادیر در دامنه ی پیشنهادی توسط وودوارد و هوکینز [۳۵] و صادقی و همکاران [۲۷] نیز قرار دارند. در این مرحله بار دیگر مقادیر ضریب تبیین بین مقادیر رواناب مشاهداتی و محاسباتی جدید به ترتیب برای چهار حوزه آبخیز امامه، کسیلیان، درجزین و خانمیرزا برابر ۰/۹۲۱ (P=۰/۰۰۰)، ۰/۰۲۹

(P=۰/۴۸۰)، ۰/۰۰۰ (P= ---) و ۰/۹۱۴ (P=۰/۰۱۱) به دست آمد.

هم چنان که مشاهده می شود پس از واسنجی ضرایب، مقدار ضریب تبیین بین روانآب مشاهداتی و برآورد شده بالا رفته است که این امر بر اهمیت واسنجی مدل متناسب با موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه اشاره دارد، ولی میزان افزایش این تبیین در حوزه های آبخیز گوناگون یکسان نبوده به گونه ای که در حوزه های آبخیز امامه و خانمیرزا در حد قابل قبول ولی در حوزه های آبخیز کسیلیان و درجزین هم چنان از دقت لازم برخوردار نمی باشد. زیادتر بودن میزان تبیین در حوزه آبخیز امامه را می توان به کوچک بودن مساحت و یک نواختی توزیع سطحی رگبارها نسبت داد که با یافته های ویلیام و لزآر[۳۲]، رالیسن[۲۵] و سیمناتن و همکاران[۲۹] مبنی بر کاهش دقت مدل مذکور در حوزه های آبخیز بزرگ مطابقت دارد، اما در مورد حوزه آبخیز کسیلیان با وجود کوچک بودن مساحت جواب

جدول ۳- ارتفاع روانآب برآورد شده با استفاده از مقادیر واسنجی شده CN در حوزه ی آبخیز امامه

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	رطوبت ۵ روز پیشین (میلی متر)	گروه رطوبتی	CN	CN واسنجی شده: ۴۹/۲۷+(رطوبت پیشین) ۱/۱۳۳=CN فصل خواب	CN واسنجی شده: ۲۸/۰۰+(رطوبت پیشین)=CN فصل رشد	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید(میلی متر)	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α=۰/۲ (میلی متر)
۱	۵۱/۲/۲۹	۶/۰۰	۰/۲۰	I	۶۴/۰۰		۲۸/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲	۵۱/۵/۱۲	۷/۵۵	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۳	۵۱/۵/۱۵	۱۷/۳۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۵۳/۱/۱۵	۲۹/۷۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۵	۵۳/۴/۲۸	۱۵/۵۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۶	۵۳/۶/۴	۱۰/۴۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۷	۶۲/۱/۲۸	۳/۲۲	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۸	۶۷/۵/۶	۳/۹۷	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۹	۶۹/۱۲/۱۰	۱۲/۸۰	۰/۰۰				۴۹/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۹
۱۰	۷۴/۳/۹	۱۰/۴۰	۱۷/۰۰				۴۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۱	۷۵/۲/۱۸	۱۸/۸۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۲	۷۵/۷/۲۶	۲۷/۶۰	۰/۰۰				۴۹/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۳	۷۶/۱/۱۶	۱۰/۹۰	۰/۰۰				۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۴	۷۸/۸/۵	۱۳/۵۰	۴/۰۰				۵۳/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۵	۷۹/۷/۲۵	۲/۶۰	۲۰/۰۰	II	۸۱/۰۰		۷۱/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۶	۶۲/۲/۴	۴/۶۲	۳۸/۰۰				۶۶/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۷	۶۹/۸/۷	۱۱/۴۰	۲۵/۵۰				۷۸/۱۶	۰/۰۰	۱/۰۷
۱۸	۷۴/۲/۱۲	۲۱/۸۰	۳۶/۰۰				۶۴/۰۰	۰/۰۰	۲/۲۱
۱۹	۶۱/۷/۱۵	۲۶/۵۰	۹۷/۵۰	III	۹۲/۰۰		۹۵/۷۳	۱۶/۵۱	۱۴/۵۰
۲۰	۶۲/۲/۵	۱۸/۰۰	۷۸/۲۰				۸۶/۵۰	۲/۰۴	۰/۰۰
۲۱	۶۲/۲/۸	۸/۴۲	۵۷/۲۰				۸۵/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۲	۶۸/۱۲/۲۳	۱۷/۱۰	۴۳/۵۰				۹۸/۵۶	۱۳/۳۳	۱۲/۲۶

جدول ۴ - مقدار بارش، ارتفاع رواناب برآورد شده و مشاهده ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره ی مدل در حوزه ی آبخیز کسیلیان

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع رواناب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع رواناب برآورد شده با ضریب ۰/۲=α (میلی متر)	α جدید	ارتفاع رواناب برآورد شده با لحاظ α جدید (میلی متر)
۱	۵۷/۳/۱۲	۴/۹۰	۲/۴۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰
۲	۶۴/۹/۶	۱۵/۲۰	۱/۱۷	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
۳	۶۴/۱۰/۱۴	۱۰/۲۰	۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۹۴
۴	۶۵/۲/۱۴	۱۳/۳۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰
۵	۶۵/۲/۲۷	۹/۲۲	۲/۴۸	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
۶	۶۶/۷/۲۸	۶/۶۶	۳/۴۵	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۰
۷	۶۶/۸/۴	۱۵/۸۰	۶/۳۷	۰/۰۱	۰/۴۳	۰/۰۰
۸	۶۶/۸/۱۷	۷/۴۸	۰/۹۳	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰
۹	۶۶/۱۱/۱۰	۵/۱۰	۳/۷۷	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
۱۰	۶۷/۶/۹	۹/۴۰	۴/۸۹	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰
۱۱	۶۷/۶/۳۰	۱۴/۶۰	۱/۹۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۱/۹۳
۱۲	۶۷/۸/۲۹	۹/۷۲	۱/۸۲	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۰
۱۳	۶۷/۱۲/۲۵	۱۶/۸۰	۳/۶۷	۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۰۰
۱۴	۶۸/۲/۹	۸/۴۵	۲/۲۵	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
۱۵	۶۹/۱/۲۷	۲/۶۰	۲/۵۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰
۱۶	۶۹/۶/۱۱	۱۸/۲۰	۵/۹۴	۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۰۰
۱۷	۶۹/۷/۱۰	۱۵/۹۰	۱/۳۷	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
۱۸	۷۰/۳/۳	۲۵/۱۰	۴/۵۱	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰
۱۹	۷۰/۳/۲۹	۱۰/۵۰	۳/۳۵	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰
۲۰	۷۰/۴/۲۳	۲۴/۴۰	۱/۳۱	۵/۸۷	۰/۵۰	۱/۲۱
۲۱	۷۰/۷/۱۳	۸/۰۵	۰/۸۵۷	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۰
۲۲	۷۱/۳/۳۰	۱۹/۴۰	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
۲۳	۷۱/۷/۱۵	۳/۷۸	۱/۰۲	۰/۰۰	/۰۹	۰/۰۰
۲۴	۷۱/۷/۲۳	۲/۹۵	۲/۱۴	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰
۲۵	۷۲/۳/۱۴	۹/۹۹	۱/۴۱	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰
۲۶	۷۲/۲/۱۷	۱۷/۷۰	۱۲/۸۶	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰
۲۷	۷۲/۴/۲۱	۸/۵۰	۱/۲۹	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰
۲۸	۷۳/۷/۳۰	۲۳/۹۰	۱۰/۷۲	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰
۲۹	۷۳/۹/۵	۱۷/۴۰	۴/۹۵	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰
۳۰	۷۳/۱۲/۲۶	۱۸/۵۰	۲/۶۸	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰
۳۱	۷۴/۳/۲۶	۱۹/۹۰	۰/۶۸	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
۳۲	۷۴/۷/۲۰	۲۷/۲۰	۵/۶۲	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰
۳۳	۷۵/۷/۱۵	۱۸/۱۰	۱/۴۶	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰
۳۴	۷۵/۷/۲۴	۲۲/۱۰	۵/۴۳	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰
۳۵	۷۶/۲/۱۵	۱۳/۱۰	۱/۹۵	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
۳۶	۷۶/۴/۱۱	۲۷/۲۰	۰/۳۳	۰/۹۴	۰/۳۸	۰/۰۰

جدول ۵- ارتفاع رواناب برآورد شده با استفاده از مقادیر واسنجی شده CN در حوزه ی آبخیز کسیلیان

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	رطوبت ۵ روز پیشین (میلی متر)	گروه رطوبتی	CN	CN واسنجی شده: فصل خواب CN=۱/۱۳۳+(رطوبت پیشین) ۴۹/۲۷	CN واسنجی شده: فصل رشد CN=(رطوبت پیشین)+۲۸/۰۰	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید(میلی متر)	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α=۰/۲ (میلی متر)
۱	۶۴/۹/۶	۱۵/۲۰	۰/۵۰	I	۵۷/۰۰		۴۲/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲	۶۵/۲/۱۴	۱۳/۳۰	۰/۰۰				۱۸/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۳	۶۵/۲/۲۷	۹/۲۲	۴/۰۰				۲۳/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۶۶/۷/۲۸	۶/۶۶	۰/۰۰				۱۸/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۵	۶۶/۸/۱۷	۷/۴۸	۲/۰۰				۴۳/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۶	۶۶/۱۱/۱۰	۵/۱۰	۶/۰۰				۴۸/۶۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۷	۶۷/۶/۹	۹/۴۰	۰/۵۰				۱۹/۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۸	۶۷/۸/۲۹	۹/۷۲	۱/۵۰				۴۳/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۹	۶۸/۲/۹	۸/۴۵	۵/۰۰				۱۸/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۰	۶۹/۱/۲۷	۲/۶۰	۲۵/۵۰				۴۵/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۱	۶۹/۶/۱۱	۱۸/۲۰	۰/۵۰				۱۹/۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۲	۶۹/۷/۱۰	۱۵/۹۴	۴/۰۰				۲۳/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۳	۷۰/۳/۲۹	۱۰/۴۹	۱۵/۵۰				۳۵/۲۹	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۴	۷۰/۳/۳	۲۵/۱۳	۲۲/۵۰				۴۲/۷۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۵	۷۰/۷/۱۳	۲۵/۱۳	۰/۵۰				۱۹/۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۶	۷۱/۷/۱۵	۳/۷۸	۱۰/۰۰				۲۹/۴۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۷	۷۱/۳/۳۰	۱۹/۴۴	۴/۰۰				۲۳/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۸	۷۱/۷/۲۳	۲/۹۵	۲/۰۰				۲۰/۹۹	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۹	۷۲/۳/۱۴	۹/۹۹	۷/۵۰				۲۶/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۰	۷۲/۲/۱۷	۱۷/۷۱	۱۳/۵۰				۳۳/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۱	۷۲/۴/۲۱	۸/۵۰	۱۲/۵۰				۳۲/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۲	۷۳/۷/۳۰	۲۳/۸۹	۰/۰۰				۱۸/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۳	۷۳/۹/۵	۱۷/۴	۷/۰۰				۴۹/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۴	۷۳/۱۲/۲۶	۱۸/۵۳	۱۲/۰۰				۵۵/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۵	۷۴/۳/۲۶	۱۹/۸۹	۳۳/۵۰				۵۴/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۶	۷۴/۷/۲۰	۲۷/۲۵	۱۶/۰۰				۳۵/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۷	۷۵/۷/۱۵	۱۸/۱۳	۲۳/۰۰				۴۳/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۸	۷۵/۷/۲۴	۲۲/۱۳	۲/۵۰				۲۱/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۹	۷۶/۲/۱۵	۱۳/۰۷	۰/۰۰				۱۸/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۳۰	۵۷/۳/۱۲	۴/۹۰	۳/۵۰				۲۲/۵۸	۰/۰۰	۰/۰۰

ادامه جدول ۵- ارتفاع روانآب برآورد شده با استفاده از مقادیر واسنجی شده CN در حوزه ی آبخیز کسیلیان

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	رطوبت ۵ روز پیشین (میلی متر)	گروه رطوبتی	CN	CN واسنجی شده: فصل خواب CN=۱/۱۳۳+۴۹/۲۷(رطوبت پیشین)	CN واسنجی شده: فصل رشد CN=۲۸/۰۰+(رطوبت پیشین)	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید(میلی متر)	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α=۰/۲ (میلی متر)
۳۱	۶۴/۱۰/۱۴	۱۰/۲۵	۱۸/۰۰	II	۷۵/۰۰	۶۳/۰۰		۰/۰۰	۰/۴۸
۳۲	۶۷/۶/۳۰	۱۴/۶۶	۴۸/۰۰			۶۹/۷۰		۰/۰۰	۱/۴۸
۳۳	۶۷/۱۲/۲۵	۱۶/۸۲	۱۵/۰۰			۵۹/۴۰		۰/۰۰	۰/۰۰
۳۴	۷۶/۴/۱۱	۲۷/۲۰	۳۷/۰۰			۵۸/۰۵		۰/۰۰	۰/۰۰
۳۵	۶۶/۸/۴	۱۵/۸۰	۴۱/۵۰	III	۸۸/۰۰	۹۱/۲۰		۳/۳۵	۰/۹۳
۳۶	۷۰/۴/۲۳	۲۴/۴۲	۶۰/۰۰			۸۲/۴۱		۲/۷۲	۰/۰۰

جدول ۶- مقدار بارش، ارتفاع روانآب برآورد شده و مشاهده ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره مدل در حوزه آبخیز درجزین

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع روانآب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع روانآب برآورد شده با ضریب α=۰/۲ (میلی متر)	α جدید	ارتفاع روانآب برآورد شده با لحاظ α جدید (میلی متر)
۱	۶۳/۲/۲۰	۱۰/۲۰	۲/۵۰	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
۲	۶۵/۲/۱۴	۷/۲۰	۰/۹۹	۰/۰۰	۰/۱	۰/۰۰
۳	۶۶/۱۰/۱۸	۸/۴۰	۱/۲۰	۰/۰۰	۰/۲	۰/۰۰
۴	۶۶/۱۱/۱۶	۸/۶۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۲	۰/۰۰
۵	۷۰/۲/۲۱	۹/۳۰	۰/۸۱	۰/۰۰	۰/۱	۰/۰۰
۶	۷۱/۸/۲۱	۱۷/۳۰	۵/۵۵	۰/۰۰	۰/۴	۰/۰۰
۷	۷۱/۱۱/۱۴	۱۷/۲۰	۴/۳۴	۰/۰۰	۰/۴	۰/۰۰
۸	۷۱/۱۲/۱۷	۱۰/۱۰	۲/۶۶	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰
۹	۷۱/۱۲/۲۳	۱۴/۳۰	۴/۲۷	۰/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۰
۱۰	۷۳/۱۱/۳۰	۱۰/۸۰	۲/۳۱	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۰
۱۱	۷۳/۱۲/۲۱	۹/۹۰	۱/۵۱	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۰۰
۱۲	۷۴/۲/۴	۸/۹۰	۱/۶۸	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰
۱۳	۷۴/۳/۱۷	۵/۳۰	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰
۱۴	۷۴/۵/۲۴	۸/۷۰	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰
۱۵	۷۴/۶/۳۰	۹/۵۰	۱/۸۳	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۰

چندان مناسبی حاصل نشده است. این امر احتمالاً به دلیل مرطوب بودن اقلیم این حوزه‌ی آبخیز و جنگلی بودن پوشش آن می باشد که با اظهارات وودوارد [۳۳]، هوکینز [۱۵ و ۱۶]، NEH-4 [۲۱] و موزیک [۲۰] مبنی بر کاربرد مدل SCS در نواحی خشک و نیمه خشک هم خوانی دارد. در حوزه‌ی آبخیز خانمیرزا با وجود زیاد بودن وسعت از نظر رتبه بندی میزان تبیین بعد از حوزه‌ی آبخیز امامه قرار گرفته است که این امر به احتمال زیاد به دلیل خشک بودن اقلیم و یا عدم تنوع کاربری اراضی این حوزه آبخیز بوده است. این نتایج با یافته های راولز و مک کوئین [۲۶]، NEH-4 [۲۱] و کلمبو و سرفتی [۱۲] مبنی بر توصیه استفاده از مدل SCS در مناطق خشک و تنوع کم اراضی مطابقت دارد. در حوزه‌ی آبخیز درجزین میزان ضریب تبیین بسیار پایین و غیر قابل قبول است. دلیل این موضوع را می توان در بزرگی حوزه آبخیز و عدم توانایی رگبار در پوشش کامل منطقه و تغییرات زمانی شدت و مدت رگبار جستجو نمود که با

جدول ۷- ارتفاع روانآب برآورد شده با استفاده از مقادیر واسنجی شده CN در حوزه ی آبخیز درجزین

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	رطوبت ۵ روز پیشین (میلی متر)	گروه رطوبتی	CN	CN واسنجی شده	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید(میلی متر)	روانآب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α=۰/۲ (میلی متر)
						۴۹/۲۷+(رطوبت پیشین) ۱/۱۳۳=CN فصل خواب		
						۲۸/۰۰+(رطوبت پیشین)=CN فصل رشد		
۱	۶۳/۲/۲۰	۱۰/۲۰	۱۸/۰۰	I	۵۵/۰۰	۳۴/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۲	۶۵/۲/۱۴	۷/۲۰	۱۸/۰۰			۳۴/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۳	۷۰/۲/۲۱	۹/۳۰	۱۳/۹۰			۳۰/۲۹	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۷۴/۲/۴	۸/۹۰	۰/۰۰			۱۴/۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۵	۷۴/۳/۱۷	۵/۳۰	۰/۰۰			۱۴/۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۶	۷۴/۵/۲۴	۸/۷۰	۰/۰۰			۱۴/۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۷	۷۴/۶/۳۰	۹/۵۰	۱۴/۲۰			۳۰/۶۳	۰/۰۰	۰/۰۰
۸	۶۶/۱۰/۱۸	۸/۴۰	۲۰/۰۰	II	۷۴/۰۰	۶۳/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۹	۶۶/۱۱/۱۶	۸/۶۰	۱۴/۰۰			۵۶/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۰	۷۱/۸/۲۱	۱۷/۳۰	۱۸/۲۰			۶۱/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۱	۷۱/۱۱/۱۴	۱۷/۲۰	۱۴/۰۰			۵۶/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۲	۷۱/۱۲/۱۷	۱۰/۱۰	۱۴/۱۰			۵۶/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۳	۷۱/۱۲/۲۳	۱۴/۳۰	۲۰/۰۰			۶۳/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۴	۷۳/۱۱/۳۰	۱۰/۸۰	۲۵/۰۰			۷۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۵	۷۳/۱۲/۲۱	۹/۹۰	۱۷/۰۰			۶۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۸ - مقدار بارش، ارتفاع روانآب برآورد شده و مشاهده ای و ضریب واسنجی شده شاخص حداکثر ذخیره مدل در حوزه آبخیز خانمیرزا

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع روانآب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع روانآب برآورد شده با ضریب α=۰/۲ (میلی متر)	α جدید	ارتفاع روانآب برآورد شده با لحاظ α جدید (میلی متر)
۱	۷۳/۸/۱۴	۳۳/۰۰	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۰۰
۲	۷۴/۲/۳	۲۸/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۰
۳	۷۴/۱۲/۱۷	۲۱/۰۰	۰/۳۸	۴/۰۶	۰/۵۰	۰/۳۵
۴	۷۴/۱۲/۲۲	۳۹/۳۰	۰/۹۱	۴/۱۶	۰/۳۰	۱/۵۴
۵	۷۷/۱/۹	۵۴/۳۰	۲/۸۰	۰/۷۳	۰/۱۴	۲/۷۲

تأکیدات ویلیام و لزآر[۳۲]، رالیسن[۲۵]، سیمناتن و همکاران[۲۹] و آخوندی[۱] مبنی بر کاهش دقت برآورد مدل با افزایش سطح تأیید می شود. احتمالاً عدم لحاظ سایر خصوصیات اصلی بارش دلیل دیگر عدم توانایی مدل SCS در برآورد روانآب در حوزه های آبخیز کسیلیان و درجزین بوده است که با ایده های پنک و هوکینز [۲۳] و صادقی و همکاران[۲۷] نیز تأیید می گردد. در این پژوهش با توجه به اینکه حتی پس از واسنجی ضرایب مدل اختلاف بین روانآب های مشاهداتی و برآورد شده در هر چهار حوزه آبخیز بالا بود اقدام به واسنجی مقادیر CN به دست آمده از روش NEH-4 [۲۱] در هر چهار حوزه گردید. نتایج نشان دهنده بیش تر بودن شماره ی منحنی محاسبه شده به روش معکوس نسبت به شماره منحنی استخراجی از جدول های استاندارد SCS بوده است که این نتیجه با یافته های کمار

جدول ۹ - ارتفاع رواناب برآورد شده با استفاده از مقادیر واسنجی شده CN در حوزه آبخیز خانمیرزا

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	رطوبت ۵ روز پیشین (میلی متر)	گروه رطوبتی	CN	CN واسنجی شده	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید(میلی متر)	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α=۰/۲ (میلی متر)
						۴۹/۲۷+(رطوبت پیشین) ۱/۱۳۳=CN فصل خواب		
						۲۸/۰۰+(رطوبت پیشین)=CN فصل رشد		
۱	۷۳/۸/۱۴	۳۳/۰۰	۰/۰۰	I	۵۵/۰۰	۳۸/۵۳	۶/۴۶	۰/۰۰
۲	۷۴/۲/۳	۲۸/۳۰	۸/۵۰			۶۹/۸۵	۰/۳۵	۰/۷۸
۳	۷۴/۱۲/۱۷	۲۱/۰۰	۳۰/۵۰	II	۸۸/۰۰	۷۷/۱۴	۰/۴۳	۰/۰۰
۴	۷۴/۱۲/۲۲	۳۹/۳۰	۱۶/۵۰	III	۷۴/۰۰	۵۹/۴۱	۰/۱۲	۰/۰۰
۵	۷۷/۱/۹	۵۴/۳۰	۲۸/۰۰			۷۳/۹۷	۱۰/۵۴	۱۳/۳۱

و همکاران [۱۷] نیز مطابقت دارد. از این رو بر اساس توصیه وودوارد و کرونشی [۳۴]، موزیک [۲۰]، تیتمارش و همکاران [۳۰] و صادقی و همکاران [۲۷] مقدار CN با توجه به مجموع بارش پنج روز پیش و همچنین رواناب مربوط محاسبه و برای اجرای دوباره‌ی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج استفاده از مقادیر جدید شماره منحنی هم چنان دلالت بر تبیین پائین بین رواناب مشاهده‌ای و برآورد شده داشت. از آنجایی که این وضعیت تقریباً در هر چهار حوزه به همین گونه است می توان این چنین برداشت کرد که ضریب تبیین بین بارش پنج روز قبل و شماره منحنی در این حوزه‌های آبخیز پایین می‌باشد و بارش پنج روز پیش در مورد هر رگبار خاص باید به گونه‌ای جداگانه بررسی شود. ضمن اینکه ثابت بودن و تأکید در لحاظ مجموع بارندگی های رخ داده در پنج روز پیشین یکی از دلایل احتمالی عدم تطابق نتایج برآورد شده‌ی مدل SCS با مقادیر مشاهده‌ای است. در این ارتباط نقش تعیین کنندگی مقادیر بارش پیشین در تعداد روزهای کم تر یا بیش تر از پنج روز بر تولید رواناب توسط هوکینز [۱۶]، اسبرن و رنارد [۲۲]، وودوارد و کرونشی [۳۴]، سیلورا و همکاران [۲۸]، صادقی و همکاران [۲۷]، واکر و هوکینز [۳۱]، ملکیان و همکاران [۱۸]، بهویان و همکاران [۱۱] و پیاسی و سینگ [۲۴] مورد تأیید قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر می توان جمع بندی نمود که استفاده از مدل SCS بدون واسنجی در مناطق خارج از تهیه آن به هیچ وجه توصیه نمی شود. همچنین با توجه به خطای برآورد شده محاسبه شده در حالات گوناگون در حوزه های آبخیز مورد مطالعه حساسیت مدل یاد شده به تغییرات ضریب شاخص حداکثر ذخیره به مراتب بیش تر از تغییرات شماره منحنی بوده است. از طرفی استفاده از یک مقدار میانگین و یا میانه برای ضریب شاخص حداکثر ذخیره از دقت برآورد رواناب کاسته و از این رو تهیه‌ی معادله های پیاپی و مبتنی بر برآورد ضریب یاد شده بر اساس ویژگی‌های بارش و یا شرایط محیطی برای ارتقای دقت مدل یاد شده توصیه می‌شود. همچنین استفاده از تعداد بیش تر رگبارها و تعیین دقیق ویژگی های آنها و ارزیابی روش پیشنهادی در سایر حوزه‌های آبخیز از دیگر پیشنهادهای منتج از این پژوهش می باشد.

منابع

۱- آخوندی، ا. ۱۳۸۰. بررسی مدل شماره منحنی در برآورد سیل با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرّس، ۹۴ ص.

۲- بهبهانی، س.م.ر. ۱۳۸۰. هیدرولوژی آب های سطحی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۲۲۱-۲۵۰.

۳- خوجینی، ع.و. ۱۳۷۷. بررسی شماره منحنی روش SCS در برآورد عمق رواناب و دبی اوج در حوزه های آبخیز سلسله جبال البرز، مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۳۸، ۲۰-۲۷.

۴- ملکیان، آ. ۱۳۸۱. بررسی و ارزیابی کارایی و واسنجی روش شماره منحنی در برآورد رواناب، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۷۹ ص.

۵- موحد دانش، ع.ا. ۱۳۶۸. مقدمه ای بر هیدرولوژی، انتشارات عمیدی، جلد سوم، صفحه ۵۴.

۶- نایب عباسی، 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 مدرّس، ۱۲۳ ص.

۷- نحوی، م. ۱۳۷۱. تعیین شماره منحنی حوزه آبخیز کسیلیان به روش شماره منحنی، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۵ ص.

۸- نساجی زواره، م. ۱۳۷۸. مقایسه دبی های حداکثر سیل از روش های شماره منحنی و کوک، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۱ ص.

۹- وحیدی اصل، م.ق. ۱۳۸۰. آمار ریاضی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، صفحه ۹۸

10- Bales, J. and Betson, R.P. 1981. The curve number as a hydrologic index, In: Proceeding International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi State University: 371-386.
11- Bhuyan, S.J., Banasik, W.J., North, C., Jiang, N., Yuan, Y. and Mitchell, J.K. 2003. Application of the SCS curve number method to mildly-sloped watersheds, Journal of Hydrology, 4(2): 24-32.
12- Colombo, R. and Sarfatti, P. 1994. Hydrological analysis of two sub-catchments of the Mareb River, Water Resources Research, 36(5):1132-1135.
13- Das, G. 2000. Hydrology and soil conservation engineering, Prentice Hall of India, Pp 70-75.
14- Hauser, V.L. and Jones, O.R. 1991. Runoff curve number for the southern high plains, Transactions of the ASAE, 34(1):41-45.
15- Hawkins, R.H. 1978. Hydrology and water resources in Arizona and the Southwest, 8:53-64.
16- Hawkins, R.H. 1985. Runoff probability, storm depth and curve number, Journal of Irrigation and Drainage Engineering , ASCE, 3(4): 256-263.
17- Kumar, P., Kudrat, K. and Bubbar, S. 1994. Simulation of SCS runoff curve number from digital remote sensing data, In: Proceedings of International Conference on Land Resources Management, India: 115-123.
18- Malekian, A., Mohseni Saravi, M. and Mahdavi, M. 2003. Modified soil Antecedent Moisture condition for Curve Number Method, Available at at: http://www. article.pubs.nrc-nrc.gc.ca/ppv/RPViewDochandler_=HandleInitial Get & journal=cjce&volume=25&
19- Mishra, S.K., Kumar, S.R. and Singh V.P. 1999. Calibration and validation of a general infiltration model, Hydrological Processes, 13(11): 1691-1718.
20- Muzik, I. 1993. Applicability of the modified SCS runoff prediction method to small catchment in Thailand, IAHS publication, 216:195-201.
21- National Engineering Handbook, Section 4 (NEH-4). 1986. US Department of Agriculture, p 7.2-10.25.
22- Osborn, H.B., and Renard, K.G. 1982. Soil moisture levels and probabilities, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 109(2): 285-288.
23- Ponce, V.M. and Hawkins, R.H. 1996. Runoff curve number: has it reached maturity, Journal of Hydrologic Engineering, 1(1): 11-19.
24- Pyasi, S.K. and Singh, J.K. 2005. Impact of rainfall factor on sediment yield prediction Model for Naula Watershed of Ramganga Reservoirs, In: Proceedings of National Conference Watershed Management for Sustainable Production, Livelihood and Environmental security, May 19-21: 74.
25- Rallison, R.E. 1980. Origin and evaluation of the SCS runoff equation, In: Proceedings of the Symposium on Watershed Management 80, Idaho, USA:238-246.
26- Rawls, J.W. and McCuen, R.H. 1980. Comparison of method for determining urban runoff Curve Number, Meeting American Society of Agricultural Engineers, Illinois, USA: 327-335.
27- Sadeghi, S.H.R, Singh, J.K. and Das, G. 2000. Rainfall - runoff relationship for Amameh watershed in Iran, In: Proceedings of International Conference on Integrated Water Resources Management for Sustainable Development, India: 796-804.
28- Silviera, L., Charbonnier, F. and Genta, J.L. 2000. The antecedent soil moisture condition of the curve number procedure, Hydrological Science Journal, 45(1):3-12.
29- Simanton, J.R., Hawkins, R.H. and Mohseni Saravi, M. 1996. The relationships between watershed area and curve number, Transactions of the ASAE, 39(4):1391-1394.
30- Titmaresh, G.W., Cordey, I. and Pilgrim, D.H. 1995. Calibration procedure for rational and SCS design flood method, Journal of Hydraulic Engineering, 121(1):127-132.
31- Walker, S.E. and Hawkins, R.H. 2003. Application of the SCS curve number method to

mildly sloped watersheds, Available at: http://www3.bae.ncsu.edu/Regional-Bulletins/Modeling-Bulletin/paper98-draft1.html - 76k

32- William, K.H. and Lasear, K.S. 1976. Runoff curve numbers determined by three methods under conventional and conservation tillage, Transactions of the ASAE, 36(1): 57-63.

33- Woodward, D.E. 1973. Runoff curve number for semi-arid range and forest condition, Transactions of the ASAE, USA:165-176.

34- Woodward, D.E. and Cronshey, R. 1991. Investigation of curve number procedure, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(6):911-917.

35-Woodward, D.E. and Hawkins, R.H. 2002. Runoff curve number method, examination of the initial abstraction ratio, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 25(7):121-128.

36- Yuan, Y.P. 2000. Tile drained watershed SCS curve number model, Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign: 234p.

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
Vol. 2, No. 4, Fall 2008
سال دوم - شماره ۴ - پاییز ۱۳۸۷

Abstract

Importance of Calibration of Maximum Storage Index Coefficient and Curve Number in SCS Model in Amameh, Kasilian, Darjazin and Khanmirza Watersheds

S.H.R. Sadeghi[1] , M. Mahdavi[2] and S.L. Razavi[3]

Many empirical and indirect methods such as SCS have been developed for runoff prediction. The application of such model out of the area where they have been developed causes error and their calibration is therefore necessary. For this purpose, the storm-wise simultaneous rainfall and runoff data were collected for Amameh, Kasilian, Darjazin and Khanmirza watersheds, and associated runoff values were predicted and ultimately compared with observed ones. The results of application of un-calibrated model showed fair agreement between predicted and measurement runoff data. To improve the results, the maximum storage index coefficient as well as curve number were then calibrated for the areas and the comparison was made again. The final results of application of calibrated model verified inefficiency of model in runoff prediction for Kasilian and Darjazin watersheds whereas its performance was approved in case of Amameh and Khanmirza watersheds with regression coefficient of 0.92 and 0.91, respectively.

Keywords: Surface Runoff, SCS Model, Initial Abstraction, Curve Number, Amameh, Kasilian, Darjazin, KhanmirzaA and Iran.

1- Head and Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, College of natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran, sadeghi@modares.ac.ir
2- Professor, College of Natural Resources, Tehran University, Karadj, Iran.
3- Former Master Student, Department of Watershed Management Engineering, College of natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran