

مقدمه

امروزه برآورد دبی حاصل از رگبارها به ویژه در حوزه‌های آبخیز کوچک و فاقد آمار از اصلی‌ترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها بوده و برآورد حجم رواناب حاصل از بارندگی به منظور پیش‌گیری 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 حوزه‌های آبخیز کشور بوده [۱] و استفاده از روش‌های برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز فاقد ایستگاه از اهمیت شایان توجهی برخوردار است [۵]. در این راستا یکی از روش‌های تجربی که مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته روش شماره‌ی منحنی^۴ (CN) یا سرویس حفاظت خاک آمریکا^۵ می‌باشد [۳۱]. کاربرد این روش نظر به نیاز آن به داده‌های قابل دستیابی در بیش‌تر حوزه‌های 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. رالسن [۲۵] سیر تاریخی تحولات و پیشرفت‌های انجام شده در زمینه‌ی برآورد رواناب را در کشور آمریکا مورد نقد و بررسی قرار داد و خاطر نشان نمود که جواب‌های 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 آمریکا 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 منطقه‌ای تأکید کردند. اسپرن 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] شماره‌ی منحنی اراضی در دشت‌های غربی ایالات متحده در حالت‌های گوناگون را مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که لازم است شماره‌ی منحنی با توجه به شرایط این منطقه مورد واسنجی قرار گیرد. کمار و همکاران [۱۷] روش شماره منحنی را برای برآورد

واسنجی ضریب شاخص حداکثر ذخیره و شماره‌ی منحنی مدل SCS در حوزه‌های آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا

سیدحمیدرضا صادقی^۱، محمد مهدوی^۲ و سیده لاله رضوی^۳
تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۲۰

چکیده

به منظور برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز، روش‌های تجربی و غیر مستقیم متعددی هم‌چون SCS ابداع شده است. عموماً استفاده از این مدل‌ها 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 هم‌زمان بارش- رواناب چهار حوزه آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا انتخاب و مقدار رواناب ناشی از هر رگبار پس از تعیین ویژگی‌های گوناگون آنها و نقشه‌ی شماره منحنی حوزه‌های آبخیز برآورد و با مقادیر مشاهداتی مقایسه شد. نتایج بدست آمده از کاربرد مدل بدون واسنجی نشان دهنده‌ی تطابق ضعیف رواناب‌های مشاهده‌ای و برآورد شده در تمامی حوزه‌های 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 رواناب‌های مشاهداتی مقایسه شد. نتایج کاربرد مدل واسنجی شده دلالت بر عدم کارایی مدل یاد شده در برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز کسلیان و درجزین و توانایی آن در برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز امامه و خانمیرزا به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۲۱ و ۰/۹۱۴ داشته است.

واژه‌های کلیدی: رواناب سطحی، مدل SCS، هدررفت اولیه، شماره‌ی منحنی، امامه، کسلیان، درجزین، خانمیرزا

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)

رواناب آبخیزهای کوچک زراعی در ایالت ماهاراشترا^۱ در هند مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری کردند که شماره ی منحنی محاسبه شده از مقادیر بارش-رواناب 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 شماره ی 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 رواناب در حوزه ی آبخیز امامه به کار بردند. نتایج پژوهش های آنها نشان داد که این مدل در شرایط عدم واسنجی قادر به برآورد دقیق مقدار رواناب 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 رواناب 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 ۰/۰۰۵ 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 رواناب برآورد شده و مشاهداتی کم تر است. واکر و هوکینز [۳۱] به بررسی کاربرد مدل SCS در آبخیزهای با شیب متوسط واقع در ایالت ایلینوی آمریکا پرداختند. بدین منظور ۱۹ واقعه واجد اطلاعات هم زمان بارش-رواناب جمع آوری و ارتفاع رواناب برای هر یک از آنها محاسبه و با ارتفاع رواناب 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 رواناب 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 رواناب در آبخیزهای خشک حوزه آبخیز گودالتین^۲ در اسپانیا پرداختند. آنها با کاربرد مفهوم حد آستانه رواناب در رابطه اصلاح شده گرین-آپت 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 رواناب ناشی از بارندگی در حوزه آبخیز امامه پرداخت. وی ۱۳ رگبار واجد

1- Maharashtra

2- Godaltin

اطلاعات هم زمان بارش-رواناب را انتخاب و عمق رواناب های حاصله را به تفکیک برای هر سیلاب مشخص نموده و با عمق رواناب های برآورد شده با استفاده از مدل SCS مورد مقایسه قرار داد. نتایج نشان داد که عمق رواناب 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 رواناب 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 رواناب های مشاهده شده در حوزه آبخیز معرف امامه مقایسه نمود، همچنین ضرایب فرمول های پیشنهادی SCS در تعیین عمق رواناب ناشی از بارندگی را منطبق با شرایط این حوزه آبخیز واسنجی نمود. خوجینی [۳] به مقایسه رواناب های ناشی از بارندگی به روش SCS با رواناب های مشاهده شده و نیز CN های برآورد شده از این روش و مقادیر مشاهده شده در حوزه های آبخیز معرف سلسله جبال البرز پرداخت و ضرایب رابطه ی SCS را به منظور تعیین صحیح عمق رواناب ناشی از بارندگی واسنجی نمود. نتایج پژوهش های وی نشان داد که این روش در برآورد رواناب 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 داده های بارندگی و دبی مشاهده ای 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 لبقوان و مقایسه مقادیر رواناب واقعی با مقادیر رواناب محاسباتی از این روش پرداخت. نتایج پژوهش های وی نشان داد که روش SCS رواناب حوزه آبخیز مورد مطالعه را به صورت قابل قبولی شبیه سازی نمی کند و برای انطباق عمق رواناب 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 واسنجی های 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 اهمیت آن به منظور بهبود برآورد رواناب و بررسی دامنه تغییرات مدل در اقلیم ها و شرایط گوناگون در چهار حوزه آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا انجام گرفته است.

مواد و روش ها

مناطق مطالعاتی

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

جدول ۱ - ویژگی های حوزه های آبخیز مطالعاتی

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

روش پژوهش

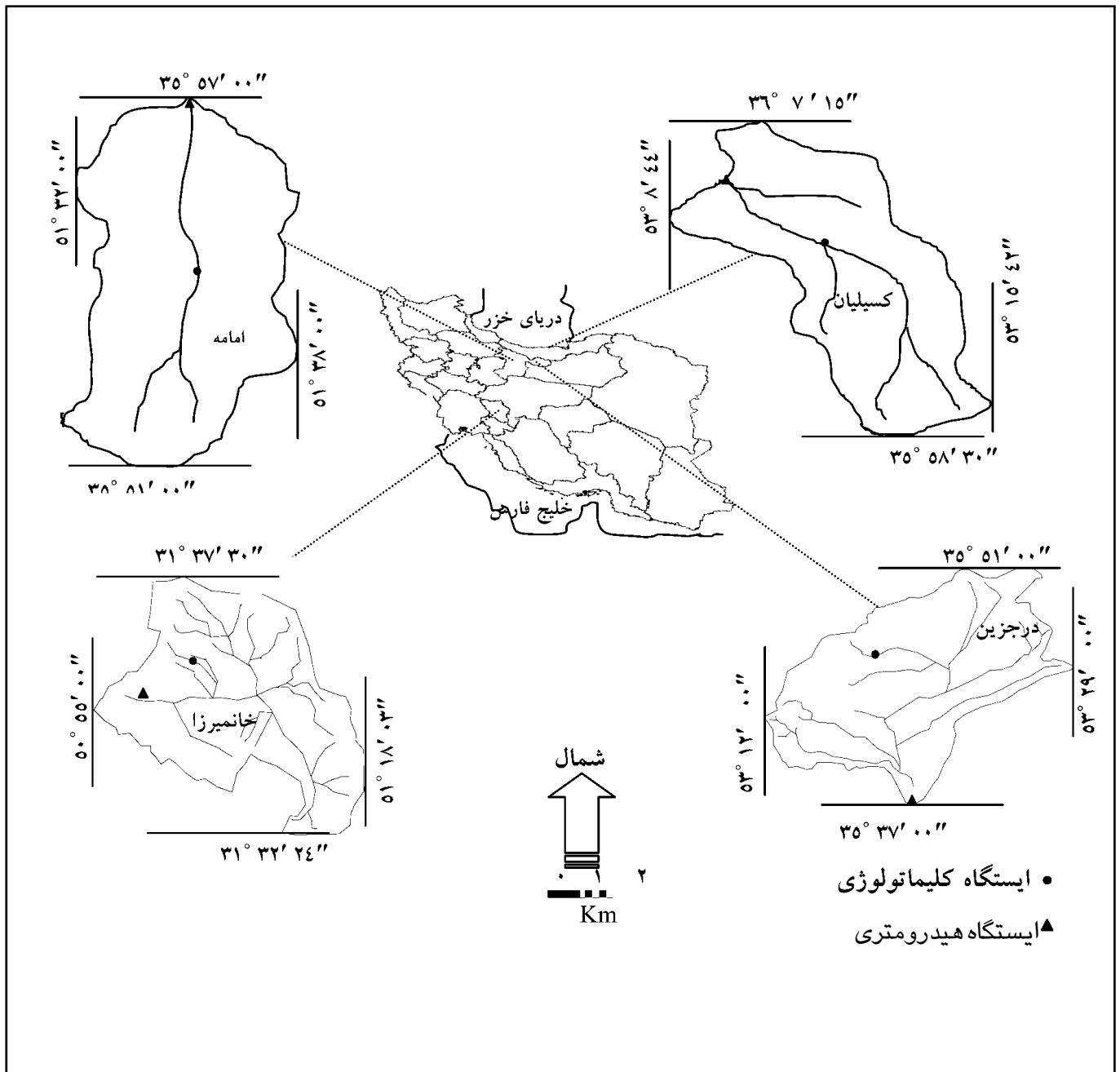
به منظور انجام پژوهش کلیه رگبارهای واجد اطلاعات هم زمان بارش و رواناب در مناطق مطالعاتی انتخاب و مقدار بارش و ارتفاع رواناب مستقیم به ترتیب با استفاده از باران نگار و آب نمود آنها استخراج گردید [۲]. سپس نقشه های جداگانه گروه های هیدرولوژیکی خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی برای هر یک از حوزه های آبخیز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

$$Q = \frac{(P-0/2S)^2}{(P+0/8S)} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

که در آنها Q ارتفاع رواناب، P ارتفاع بارندگی و S ارتفاع مربوط به ربایش، 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 حوزه های آبخیز تحت بررسی فصل های 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 رواناب 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 دست یابی 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 رواناب با ضرایب جدید به دست آمد. مجدداً مقادیر رواناب 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 حوزه های آبخیز انجام و سپس مقدار CN اصلاح شده برای برآورد مقدار جدید S با کمک رابطه (۲) استفاده شد. در نهایت مقدار رواناب بر اساس مقادیر P و S جدید و ضرایب اولیه مدل و نیز ضرایب واسنجی شده محاسبه و



شکل ۱- موقعیت و شمالی کلی مناطق مطالعاتی

بحث و جمع بندی

با بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های بارش و رواناب و انجام آزمون‌های همبستگی بین داده‌های مشاهداتی و برآوردی در چهار حوزه آبخیز مطالعاتی مشخص شد که بین رواناب‌های مشاهداتی و برآورد شده با مدل SCS در حالت اولیه آن همبستگی بالایی وجود ندارد. به گونه‌ای که حداکثر مقدار ضریب تبیین در اشکال گوناگون روابط رگرسیونی برای حوزه‌های آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا به ترتیب $0/570$ ($P < 0/001$)، $0/018$ ($P = 0/314$)، صفر و $0/005$ ($P = 0/627$) به دست آمد. این نتایج نشان دهنده عدم توانایی مدل

با مقادیر مشاهده‌ای آن مقایسه شد. به این ترتیب آخرین تلاش ممکن برای ارتقای عملکرد مدل SCS در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه صورت پذیرفت.

نتایج

در ذیل نتایج مربوط به واسنجی ضرایب مدل و مقادیر رواناب در حالت‌های گوناگون به ازای هر رگبار به ترتیب برای حوزه‌های آبخیز امامه، کسلیان، درجزین و خانمیرزا در جدول‌های (۲) تا (۹) آورده شده است.

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 $\alpha=0/2$ (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

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، کسلیان، 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، کسلیان، درجزین و خانمیرزا برابر ۰/۹۲۱ (P=۰/۰۰۰)، ۰/۰۲۹ و

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]، اسپرن و رنارد [۲۲]، هوسر و جونز [۱۴]، پنک و هوکینز [۲۳]، میشر و همکاران [۱۹]، صادقی و همکاران [۲۷] و یوان [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

به دست آمد. $(P=0/480)$ ، $(P=---)$ $0/000$ و $0/914$ $(P=0/011)$

خانمیرزا در حد قابل قبول ولی در حوزه های آبخیز کسلیان و در جزین هم چنان از دقت لازم برخوردار نمی باشد. زیادتیر 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 لزار [۳۲]، رالیسن [۲۵] و سیمنتان و همکاران [۲۹] مبنی بر کاهش دقت مدل مذکور در حوزه های آبخیز بزرگ مطابقت دارد، اما در مورد حوزه آبخیز کسلیان با وجود کوچک بودن مساحت جواب

هم چنان که مشاهده می شود پس از واسنجی ضرایب، مقدار ضریب تبیین بین رواناب 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

جدول ۳- ارتفاع رواناب 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	
						رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید (میلی متر)	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و $\alpha=0/2$ (میلی متر)
						$CN=1/133$ (رطوبت پیشین) + $49/27$ فصل خواب $CN=28/00$ (رطوبت پیشین) + فصل رشد	
۱	۵۱/۲/۲۹	۶/۰۰	۰/۲۰	I	۶۴/۰۰	۲۸/۲۰	۰/۰۰
۲	۵۱/۵/۱۲	۷/۵۵	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۳	۵۱/۵/۱۵	۱۷/۳۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۴	۵۳/۱/۱۵	۲۹/۷۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۵	۵۳/۴/۲۸	۱۵/۵۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۶	۵۳/۶/۴	۱۰/۴۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۷	۶۲/۱/۲۸	۳/۲۲	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۸	۶۷/۵/۶	۳/۹۷	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۹	۶۹/۱۲/۱۰	۱۲/۸۰	۰/۰۰			۴۹/۲۷	۰/۰۹
۱۰	۷۴/۳/۹	۱۰/۴۰	۱۷/۰۰			۴۵/۰۰	۰/۰۰
۱۱	۷۵/۲/۱۸	۱۸/۸۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۱۲	۷۵/۷/۲۶	۲۷/۶۰	۰/۰۰			۴۹/۲۷	۰/۰۰
۱۳	۷۶/۱/۱۶	۱۰/۹۰	۰/۰۰			۲۸/۰۰	۰/۰۰
۱۴	۷۸/۸/۵	۱۳/۵۰	۴/۰۰			۵۳/۸۰	۰/۰۰
۱۵	۷۹/۷/۲۵	۲/۶۰	۲۰/۰۰	۷۱/۹۰	۰/۰۰		
۱۶	۶۲/۲/۴	۴/۶۲	۳۸/۰۰	۸۱/۰۰	II	۶۶/۰۰	۰/۰۰
۱۷	۶۹/۸/۷	۱۱/۴۰	۲۵/۵۰			۷۸/۱۶	۱/۰۷
۱۸	۷۴/۲/۱۲	۲۱/۸۰	۳۶/۰۰			۶۴/۰۰	۲/۲۱
۱۹	۶۱/۷/۱۵	۲۶/۵۰	۹۷/۵۰	۹۲/۰۰	III	۹۵/۷۳	۱۶/۵۱
۲۰	۶۲/۲/۵	۱۸/۰۰	۷۸/۲۰			۸۶/۵۰	۰/۰۰
۲۱	۶۲/۲/۸	۸/۴۲	۵۷/۲۰			۸۵/۲۰	۰/۰۰
۲۲	۶۸/۱۲/۲۳	۱۷/۱۰	۴۳/۵۰			۹۸/۵۶	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 کسلیان

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع رواناب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع رواناب برآورد شده با ضریب $\alpha=0/2$ (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	۰/۰۹	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 کسلیان

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	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده
						α جدید (میلی متر)	$\alpha = 0.2$ (میلی متر)
							۴۹/۲۷+(رطوبت پیشین) CN=۱/۱۳۳ فصل خواب
							۲۸/۰۰+(رطوبت پیشین) CN= فصل رشد
۱	۶۴/۹/۶	۱۵/۲۰	۰/۵۰			۰/۰۰	۴۲/۰۰
۲	۶۵/۲/۱۴	۱۳/۳۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۸/۸۸
۳	۶۵/۲/۲۷	۹/۲۲	۴/۰۰			۰/۰۰	۲۳/۱۱
۴	۶۶/۷/۲۸	۶/۶۶	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۸/۸۸
۵	۶۶/۸/۱۷	۷/۴۸	۲/۰۰			۰/۰۰	۴۳/۵۰
۶	۶۶/۱۱/۱۰	۵/۱۰	۶/۰۰			۰/۰۰	۴۸/۶۰
۷	۶۷/۶/۹	۹/۴۰	۰/۵۰			۰/۰۰	۱۹/۴۱
۸	۶۷/۸/۲۹	۹/۷۲	۱/۵۰			۰/۰۰	۴۳/۲۰
۹	۶۸/۲/۹	۸/۴۵	۵/۰۰			۰/۰۰	۱۸/۸۲
۱۰	۶۹/۱/۲۷	۲/۶۰	۲۵/۵۰			۰/۰۰	۴۵/۸۸
۱۱	۶۹/۶/۱۱	۱۸/۲۰	۰/۵۰			۰/۰۰	۱۹/۴۱
۱۲	۶۹/۷/۱۰	۱۵/۹۴	۴/۰۰			۰/۰۰	۲۳/۱۱
۱۳	۷۰/۳/۲۹	۱۰/۴۹	۱۵/۵۰			۰/۰۰	۳۵/۲۹
۱۴	۷۰/۳/۳	۲۵/۱۳	۲۲/۵۰			۰/۰۰	۴۲/۷۰
۱۵	۷۰/۷/۱۳	۲۵/۱۳	۰/۵۰	I	۵۷/۰۰	۰/۰۰	۱۹/۴۱
۱۶	۷۱/۷/۱۵	۳/۷۸	۱۰/۰۰			۰/۰۰	۲۹/۴۷
۱۷	۷۱/۳/۳۰	۱۹/۴۴	۴/۰۰			۰/۰۰	۲۳/۱۱
۱۸	۷۱/۷/۲۳	۲/۹۵	۲/۰۰			۰/۰۰	۲۰/۹۹
۱۹	۷۲/۳/۱۴	۹/۹۹	۷/۵۰			۰/۰۰	۲۶/۸۲
۲۰	۷۲/۲/۱۷	۱۷/۷۱	۱۳/۵۰			۰/۰۰	۳۳/۱۷
۲۱	۷۲/۴/۲۱	۸/۵۰	۱۲/۵۰			۰/۰۰	۳۲/۱۱
۲۲	۷۳/۷/۳۰	۲۳/۸۹	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۸/۸۲
۲۳	۷۳/۹/۵	۱۷/۴	۷/۰۰			۰/۰۰	۴۹/۸۰
۲۴	۷۳/۱۲/۲۶	۱۸/۵۳	۱۲/۰۰			۰/۰۰	۵۵/۸۰
۲۵	۷۴/۳/۲۶	۱۹/۸۹	۳۳/۵۰			۰/۰۰	۵۴/۳۵
۲۶	۷۴/۷/۲۰	۲۷/۲۵	۱۶/۰۰			۰/۰۰	۳۵/۸۲
۲۷	۷۵/۷/۱۵	۱۸/۱۳	۲۳/۰۰			۰/۰۰	۴۳/۲۳
۲۸	۷۵/۷/۲۴	۲۲/۱۳	۲/۵۰			۰/۰۰	۲۱/۵۲
۲۹	۷۶/۲/۱۵	۱۳/۰۷	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۸/۸۲
۳۰	۵۷/۳/۱۲	۴/۹۰	۳/۵۰			۰/۰۰	۲۲/۵۸

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

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 $\alpha = 0/2$ (میلی متر)	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده و α جدید (میلی متر)
						$49/27 + (رطوبت پیشین) = 1/133$ CN فصل خواب	$28/00 + (رطوبت پیشین) =$ CN فصل رشد
۳۱	۶۴/۱۰/۱۴	۱۰/۲۵	۱۸/۰۰	II	۷۵/۰۰	۶۳/۰۰	۰/۰۰
۳۲	۶۷/۶/۳۰	۱۴/۶۶	۴۸/۰۰			۶۹/۷۰	۰/۰۰
۳۳	۶۷/۱۲/۲۵	۱۶/۸۲	۱۵/۰۰			۵۹/۴۰	۰/۰۰
۳۴	۷۶/۴/۱۱	۲۷/۲۰	۳۷/۰۰			۵۸/۰۵	۰/۰۰
۳۵	۶۶/۸/۴	۱۵/۸۰	۴۱/۵۰	III	۸۸/۰۰	۹۱/۲۰	۳/۳۵
۳۶	۷۰/۴/۲۳	۲۴/۴۲	۶۰/۰۰			۸۲/۴۱	۲/۷۲

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

ردیف	تاریخ رگبار	ارتفاع بارش (میلی متر)	ارتفاع رواناب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع رواناب برآورد شده با ضریب $\alpha = 0/2$ (میلی متر)	α جدید	ارتفاع رواناب 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

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 حوزه ی آبخیز در جزین 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

چندان مناسبی حاصل نشده است. این امر احتمالاً به دلیل مرطوب بودن اقلیم این حوزه ی 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 حوزه ی آبخیز خانمیرزا با وجود زیاد بودن وسعت از نظر رتبه بندی میزان تبیین بعد از حوزه ی آبخیز امامه قرار گرفته است که این امر به احتمال زیاد به دلیل خشک بودن اقلیم و یا

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

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 $\alpha = 0.2$ (میلی متر)
							$CN = 1/133 + 49/27$ (رطوبت پیشین) فصل خواب
							$CN = 28/00 +$ (رطوبت پیشین) فصل رشد
۱	۶۳/۲/۲۰	۱۰/۲۰	۱۸/۰۰	I	۵۵/۰۰	۰/۰۰	۳۴/۸۸
۲	۶۵/۲/۱۴	۷/۲۰	۱۸/۰۰			۰/۰۰	۳۴/۸۸
۳	۷۰/۲/۲۱	۹/۳۰	۱۳/۹۰			۰/۰۰	۳۰/۲۹
۴	۷۴/۲/۴	۸/۹۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۴/۷۶
۵	۷۴/۳/۱۷	۵/۳۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۴/۷۶
۶	۷۴/۵/۲۴	۸/۷۰	۰/۰۰			۰/۰۰	۱۴/۷۶
۷	۷۴/۶/۳۰	۹/۵۰	۱۴/۲۰			۰/۰۰	۳۰/۶۳
۸	۶۶/۱۰/۱۸	۸/۴۰	۲۰/۰۰	II	۷۴/۰۰	۰/۰۰	۶۳/۸۵
۹	۶۶/۱۱/۱۶	۸/۶۰	۱۴/۰۰			۰/۰۰	۵۶/۲۵
۱۰	۷۱/۸/۲۱	۱۷/۳۰	۱۸/۲۰			۰/۰۰	۶۱/۵۷
۱۱	۷۱/۱۱/۱۴	۱۷/۲۰	۱۴/۰۰			۰/۰۰	۵۶/۲۵
۱۲	۷۱/۱۲/۱۷	۱۰/۱۰	۱۴/۱۰			۰/۰۰	۵۶/۳۸
۱۳	۷۱/۱۲/۲۳	۱۴/۳۰	۲۰/۰۰			۰/۰۰	۶۳/۸۵
۱۴	۷۳/۱۱/۳۰	۱۰/۸۰	۲۵/۰۰			۰/۰۰	۷۰/۱۸
۱۵	۷۳/۱۲/۲۱	۹/۹۰	۱۷/۰۰			۰/۰۰	۶۰/۰۵

جدول ۸ - مقدار بارش ، ارتفاع رواناب 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 رواناب مشاهده ای (میلی متر)	ارتفاع رواناب برآورد شده با ضریب $\alpha = 0.2$ (میلی متر)	α جدید	ارتفاع رواناب 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

اینکه حتی پس از واسنجی ضرایب مدل اختلاف بین رواناب 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

تأکیدات ویلیام و لزار [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 رواناب در حوزه های آبخیز کسپیلیان و در جزین 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

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	رواناب برآورد شده با لحاظ CN واسنجی شده
						$CN=1/133$ (رطوبت پیشین) فصل خواب	$CN=28/00$ (رطوبت پیشین) فصل رشد
۱	۷۳/۸/۱۴	۳۳/۰۰	۰/۰۰	I	۵۵/۰۰	۶/۴۶	۳۸/۵۳
۲	۷۴/۲/۳	۲۸/۳۰	۸/۵۰	I	۵۵/۰۰	۰/۳۵	۶۹/۸۵
۳	۷۴/۱۲/۱۷	۲۱/۰۰	۳۰/۵۰	II	۸۸/۰۰	۰/۴۳	۷۷/۱۴
۴	۷۴/۱۲/۲۲	۳۹/۳۰	۱۶/۵۰	III	۷۴/۰۰	۰/۱۲	۵۹/۴۱
۵	۷۷/۱/۹	۵۴/۳۰	۲۸/۰۰	III	۷۴/۰۰	۱۰/۵۴	۷۳/۹۷

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 مدرس، 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 مدرس، ۱۲۳ ص.
- ۷- نحوی، م. ۱۳۷۱. تعیین شماره منحنی حوزه آبخیز کسلیان 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

و همکاران [۱۷] نیز مطابقت دارد. از این رو بر اساس توصیه وودوارد و کروونشی [۳۴]، موزیک [۲۰]، تیمارش 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 دوباره ی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج استفاده از مقادیر جدید شماره منحنی هم چنان دلالت بر تبیین پائین بین رواناب مشاهده ای 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 حوزه های آبخیز پایین می باشد و بارش پنج روز پیش در مورد هر رگبار خاص باید به گونه ای 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 شده ی مدل SCS با مقادیر مشاهده ای 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 کروونشی [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 تهیه ی معادله های پیاپی و مبتنی بر برآورد ضریب یاد شده بر اساس ویژگی های بارش و یا شرایط محیطی برای ارتقای دقت مدل یاد شده توصیه می شود. همچنین استفاده از تعداد بیش تر رگبارها و تعیین دقیق ویژگی های آنها و ارزیابی روش پیشنهادی در سایر حوزه های آبخیز از دیگر پیشنهاد های منتج از این پژوهش می باشد.

- 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- Silveira, 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
- 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_=HandleInitialGet & journal=cjce&volume=25&](http://www.article.pubs.nrc-nrc.gc.ca/ppv/RPViewDochandler_=HandleInitialGet&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

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.

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.

*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. Sadeghi¹, M. Mahdavi² and S.L. Razavi³

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