



مقایسه‌ی روش‌های هیدروگراف واحد SCS و Uniform در برآورد حداکثر دبی

سیلاب حوضه‌ی عموقین

یاسر حسینی^۱

دانشیار، آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹

چکیده

سیلاب در مطالعات مربوط به بهره‌برداری از منابع آب، ساخت سدها، مدیریت حوضه و مطالعات هیدرولوژیکی اهمیت زیادی دارد. بنابراین، تا حد زیادی دقت این مطالعات و ایمنی تأسیسات آبی بستگی به روش‌های مطالعه سیلاب دارد. این مطالعه با هدف مقایسه‌ی روش‌های هیدروگراف واحد SCS و Uniform در تعیین بیشینه‌ی دبی سیلاب با استفاده از مدل WMS در حوضه‌ی عموقین واقع در استان اردبیل، انجام شده است. مساحت حوضه‌ی مذکور ۷۸ کیلومتر مربع بوده و برای تعیین مقدار CN منطقه از تلفیق نقشه‌ی کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک (B, C, D) به‌دست آمده از تحلیل تصاویر ماهواره لندست ۸ در نرم‌افزار Idrisi32 به‌دست آمد که برابر ۷۸/۷ محاسبه گردید. نتایج واسنجی (RE=7.17، RMSE=0.44) و اعتبارسنجی مدل (RMSE=0.0042، RE=2.51) با وقایع بارندگی رواناب در منطقه نشان داد که میزان حداکثر دبی سیلاب و حجم سیلاب برآورد شده توسط روش SCS به‌خوبی با مقادیر مشاهده‌شده مطابقت دارد. همچنین نتایج حداکثر دبی روش‌های SCS و Uniform در دوره‌ی بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله مقایسه شد و نتایج نشان داد میانگین برآوردهای روش Uniform تقریباً ۵ درصد بیشتر از روش SCS می‌باشد و بر اساس آزمون T استیوودنت، تفاوت بین مقادیر SCS و Uniform در سطح اعتماد یک‌درصد معنی‌دار نگردید. نتایج نشان داد در صورتی که زمان تأخیر حوضه با در نظر گرفتن سیلاب واقعی حوضه، محاسبه گردد، روش SCS دقیق‌تر از روش Uniform قادر به شبیه‌سازی سیلاب در منطقه است، با توجه به حساسیت بالای روش SCS به توزیع بارندگی، تحلیل بارندگی در منطقه‌ی مورد مطالعه، برای دستیابی به نتایج مطلوب لازم بوده و توزیع باران و توزیع زمانی آن باید حتی‌الامکان نزدیک به مقادیر واقعی در منطقه باشد.

کلمات کلیدی: الگوی بارش، شماره‌ی منحنی، صحت‌سنجی، رواناب، کاربری اراضی.

۱- مقدمه

عوامل گوناگونی در جاری شدن رواناب و سیل دخالت دارند که از جمله آنها شدت بارندگی، شیب حوضه، نفوذپذیری زمین، شرایط توپوگرافی، ویژگی‌های توپوگرافی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و درجه‌ی اشباع خاک را می‌توان نام برد (الزهرانی و همکاران، ۲۰۱۷: ۶۸۰). بنابراین توسعه‌ی برنامه‌های یکپارچه برای جلوگیری، کنترل و استفاده از سیل برای اقدامات مناسب مدیریت کاربردی اجتناب‌ناپذیر است. نقش مدل‌های ریاضی-هیدرولوژیکی در تعیین سیل‌خیزی حوضه‌ها بسیار مهم است (بدری و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۵۰). به طوری که مدل‌های هیدرولوژیکی در مسائل متنوعی شامل پیش‌بینی زمان واقعی سیلاب تا طراحی سازه‌های آبی و سیاست‌های پیش‌گیری از اثرات وقایع حدی هیدرولوژیکی (سیل و خشک‌سالی) مورد استفاده قرار می‌گیرند (یوسفی‌مهرن و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۲). امروزه استفاده از مدل در شبیه‌سازی بارش-رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب از قبیل زمان رسیدن به دبی اوج متداول شده است. در این ارتباط واسنجی و ارزیابی این مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد سیلاب در این مدل‌ها، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر گشته است. همچنین در تحقیق دیگری که توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۰: ۱۲) انجام شد روش‌های TR-20، TR-55 و روش HEC-1 موجود در مدل WMS برای تعیین دبی سیلاب حوضه‌ای واقع در استان خوزستان مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن با مقادیر تجربی و محاسبات دستی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از روش HEC-1 در مدل WMS بیشترین تطابق را با مقادیر تجربی در روش دیکن در شرایط استان خوزستان دارد. ثقفیان و همکاران^۱ (۲۰۱۶: ۱۳) در یک مدل جدید ریاضی بارش-رواناب ورودی-جریان را با استفاده از مدل‌های ترکیبی بارش-رواناب مادکلارک و نفوذ SCS ارائه نمودند. در این بررسی سه الگوی مکانی مختلف شماره‌ی منحنی (یکنواخت، کاهشی در پایین‌دست و افزایشی) با دو سناریوی با و بدون جریان ورودی استفاده شده است. نتایج نشان داد که در همه‌ی مواردی که جریان ورودی مؤثر بوده، حجم رواناب

سطحی و دبی پیک پایین‌تر بوده‌اند به‌ویژه در مناطق با شماره‌ی منحنی کم تفاوت‌های اساسی بین هیدروگراف‌های شبیه‌سازی‌شده با و بدون جریان ورودی وجود داشته است. کوالیکو والگا^۱ (۲۰۱۵: ۱۳) با انجام مطالعه‌ای در چهار حوضه‌ی کشاورزی کوچک در لهستان با استفاده از توابع مجانبی نتیجه گرفتند که بین مقدار شماره‌ی منحنی مشاهداتی با مقدار بارش ارتباط قوی وجود دارد. ساتیشکومار و همکاران^۲ (۲۰۱۷: ۶)، در مقاله‌ای میزان رواناب شمال هند را با استفاده از روش CN-SCS در محیط GIS برآورد کردند. براساس نتایج به دست آمده، آن‌ها کاربرد این مدل و روش را برای تخمین رواناب در منطقه‌ی مورد مطالعه خود تأیید نمودند. میرزائی و همکاران (۱۳۹۴: ۲۰)، تحقیقی در حوضه‌ی آبخیز آتشفشان در استان اردبیل انجام دادند. آن‌ها از شش تیپ الگوی بارش از جمله روش هاف، روش سازمان هواشناسی جهانی و روش SCS توسط مدل‌های بارش رواناب کلارک، شماره منحنی و اشنایدر اقدام به برآورد دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال استفاده کردند. نتایج نشان داد که الگوی بارش WMO با مدل بارش- رواناب SCS با داشتن حداقل مقادیر درصد- خطای نسبی و ریشه‌ی میانگین مربعات خطا، به ترتیب برابر ۷ درصد و ۱/۵۷ مترمکعب برثانیه، به عنوان مدل پیشنهادی برای حوضه‌ی آتشفشان معرفی گردید. رئوف و حبیبی (۱۳۹۵: ۲۵) مدل WMS را در حوضه‌ی هیرچای استان اردبیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش دوره‌ی بازگشت از ۲ تا ۱۰۰ سال، اختلاف بین مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای از ۴/۴۹ تا ۱۳/۶۹ درصد افزایش می‌یابد و روش SCS موجود در مدل نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد. حسینی و همکاران^۳ (۲۰۱۷: ۳۴) در تحقیقی روش‌های TR-20، TR-55 و HEC-1 موجود در مدل WMS برای تعیین حداکثر سیلاب در حوضه‌ای واقع در استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از روش TR55 در مدل WMS بیشترین تطابق را با مقادیر تجربی دارد. مقدسی و همکاران^۴ (۲۰۱۷: ۱۰۰)، اثر تغییر کاربری اراضی را بر پتانسیل سیل‌خیزی

1- Kowalik & Walega

2- Satheeshkumar et al.,

3- Hoseini et al.,

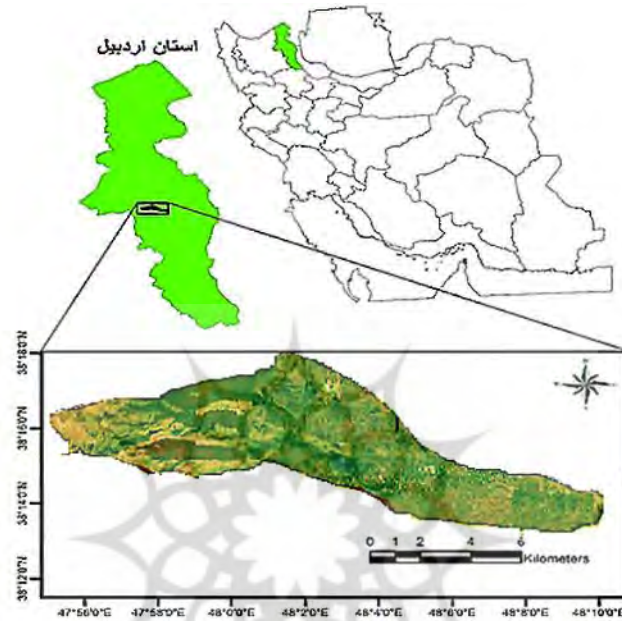
4- Moghadasi et al.,

حوضه‌ی آبخیز سد بوستان در فاصله سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵ با استفاده از مدل WMS، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در دوره‌ی مورد مطالعه، در مجموع مساحت مراتع افزایش یافته است، این در حالی است که مرتع خوب کاهش، مرتع متوسط افزایش و مساحت مربوط به مرتع فقیر تقریباً ثابت مانده است که بیانگر افت کیفی مراتع در این حوضه‌ی آبخیز می‌باشد. لذا بررسی وضعیت سیلاب و مقادیر و هیدروگرافی آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا در این تحقیق با توجه به افزایش جهانی رویدادهای سیل در سال‌های اخیر، روش Uniform موجود در مدل WMS و همچنین روش هیدروگراف واحد SCS برای تعیین دبی اوج سیلاب حوضه‌ی عموقین مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

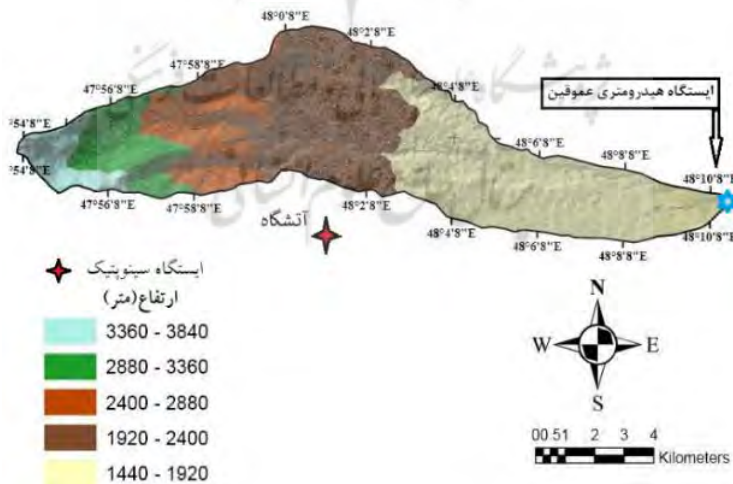
۲- مواد و روش

- منطقه‌ی مورد مطالعه

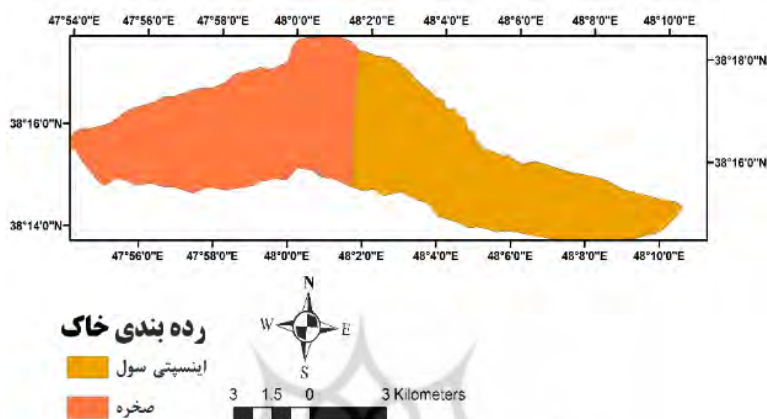
این تحقیق در استان اردبیل حوضه‌ی آبخیز عموقین که در موقعیت جغرافیایی، $53^{\circ} 59'$ تا 47° تا $34'$ 10° $48'$ طول شرقی $5^{\circ} 15'$ تا $32'$ 15° $38'$ عرض شمالی قرار دارد، انجام شده است. این حوضه با مساحتی حدود ۷۸ کیلومترمربع، روی رودخانه‌ی یدی بولیک چای شهرستان اردبیل واقع شده است. در این تحقیق، در تجزیه و تحلیل‌های هیدروولوژیک از آمار ایستگاه هیدرومتری عموقین در خروجی حوضه و ایستگاه باران‌سنجی آتشگاه و سرعین در مجاورت حوضه استفاده شده است. شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را در نقشه‌ی ایران نشان می‌دهد. جهت انجام مطالعات فیزیوگرافی از نقشه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ حوضه و همچنین نرم‌افزار WMS استفاده شد. براساس مطالعات فیزیوگرافی انجام شده، مساحت حوضه برابر ۷۸ کیلومتر مربع به‌دست آمد. شکل (۲) نقشه‌ی رقومی ارتفاع حوضه و شکل (۳) نقشه‌ی خاک حوضه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۳) مشخص است، بیشتر خاک‌های منطقه از نوع اینسپتی سول‌ها می‌باشند.



شکل (۱) موقعیت حوضه‌ی آبخیز عموقین در استان اردبیل و کشور
 Fig (1) Location of Amughin watershed in Ardabil province and country



شکل (۲) نقشه‌ی رقومی ارتفاع حوضه‌ی عموقین
 Fig (2) Digital elevation model of Amughin basin



شکل (۳) نقشه‌ی خاک حوضه‌ی عموقین
Fig (3) Soil map of Amughin basin

مطالعات دوره‌ی بازگشت بارندگی و تعیین شماری منحنی حوضه

مناسب‌ترین توزیع آماری محاسبه شده برای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه باران‌سنجی آتشناه که در ۲ کیلومتری جنوب حوضه واقع شده است، توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته^۱ بود که پارامترهای این توزیع در جدول (۱) نشان داده شده است. رابطه‌ی (۱) معادله‌ی فراوانی این توزیع را نشان می‌دهد. جدول (۲) مقادیر متوسط قدرمطلق تفاوت مقادیر فراوانی تجمعی مشاهداتی و محاسباتی سایر توزیع‌های آماری را نشان می‌دهد و شکل (۴) توزیع حداکثر بارندگی سالانه ۲۴ ساعته در ایستگاه آتشناه را نشان می‌دهد. با معلوم بودن مقدار بارندگی ۲۴ ساعته با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاه مورد نظر مقدار حداکثر بارندگی ۶ ساعته با دوره‌ی بازگشت مختلف مطابق رابطه‌ی (۲) محاسبه گردید. زمان تمرکز حوضه طبق روش SCS برابر ۱/۲۲ ساعت و طبق روش کریپچ برابر ۳/۸۱ ساعت محاسبه گردید. برای بارش ایستگاه آتشناه، حداکثر باران ۶ ساعته با دوره‌ی بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب برابر ۴۰، ۴۹ و ۶۰ میلی‌متر برآورد گردید.

$$Freq \cong 1 - K \frac{(x - 0 \pi)}{\omega} \quad (1)$$

1- Gen. Extreme Value

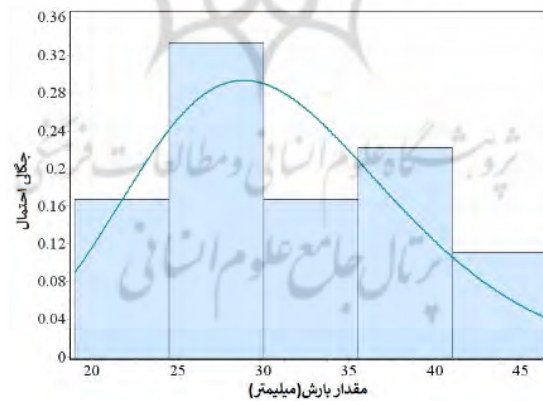
$$P_{(6,T)} \cong \frac{P_{(24,T)}}{1.48} \quad (2)$$

جدول (۱) انتخاب تابع توزیع احتمالاتی و پارامترهای آن بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف
 Tab (1) Selection of probabilistic distribution function and its parameters based on Kolmogorov-Smirnov test

ایستگاه	تابع توزیع	آماره	P-Value	پارامترهای توزیع
آتشگاه	مقدار حدی تعمیم‌یافته	۰/۰۹۴	۰/۹۶۴	$K=۰/۳۰۵۸۶$ $\Omega=۶/۱۲$ $\pi=۲۶/۵۸$

جدول (۲) متوسط قدرمطلق تفاوت مقادیر فراوانی تجمعی مشاهداتی و محاسباتی توزیع
 Tab (2) Mean absolute difference of cumulative observational and computational frequency values of distribution

فریسه نوع ۲	گامبل استاندارد	لوگ نرمال بهینه شده	فیشر نوع ۳	فریسه آینه‌ای تیپ ۲
۲/۵۶۹	۲/۵۵۴	۲/۴۱۳	۲/۱۲۷	۲/۰۵۳
داگوم عمومی	لابلاس عمومی	استیودنت	لوگ نرمال استاندارد	ویبول
۴/۲۲۴	۴/۰۷۶	۳/۶۳۰	۳/۰۲۸	۲/۶۹۳



شکل (۴) توزیع احتمال مقادیر حدی تعمیم‌یافته بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه آتشگاه

Fig (4) Distribution of the probability of a generalized amount of 24-hour rainfall at Atashgah station

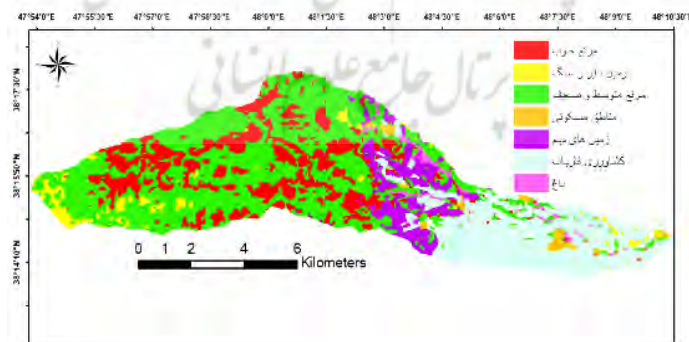
نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه در سال ۱۳۹۴ در شکل (۵) و میزان مساحت هر یک از کاربری‌ها در سال مورد مطالعه در جدول (۳) نشان داده شده است. با انجام محاسبات مربوطه

نقشه‌ی شماره‌ی منحنی به‌دست آمد و مقدار CN برای حوضه‌ی عموقین برابر ۷۸/۷ تخمین زده شد. لازم به ذکر است که خاک‌های حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی جزء گروه B، C و D هستند و برآوردها در شرایط رطوبتی متوسط صورت گرفته است. شکل (۶) نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیک و شکل (۷) نقشه‌ی شماره‌ی منحنی را در حوضه‌ی آبریز عموقین نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که خاک‌های حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی جزء گروه B، C و D هستند و برآوردها در شرایط رطوبتی متوسط صورت گرفته است. شکل (۶) نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیک و شکل (۷) نقشه‌ی شماره‌ی منحنی را در حوضه‌ی آبریز عموقین نشان می‌دهد.

جدول (۳) مساحت کاربری‌های مختلف در نقشه‌ی کاربری اراضی

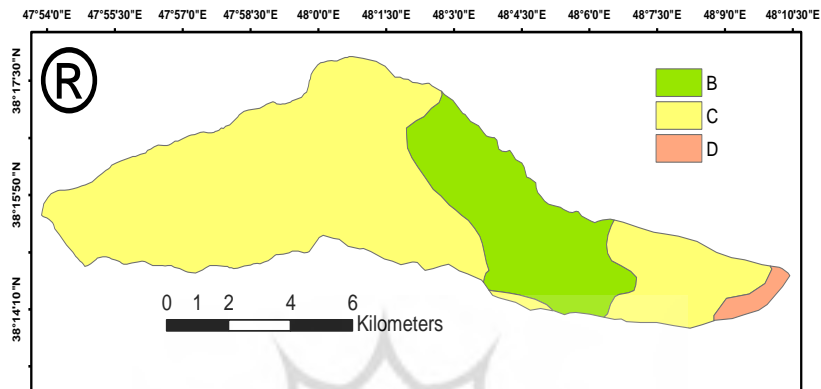
Tab (3) Different land use area in the land use map

مساحت اراضی (هکتار)	نوع کاربری
۱۴۶۱/۵۱	مرتع خوب
۲۶۹/۲۸	زمین بایر و سنگ
۳۶۲۷/۰۹	مرتع متوسط و ضعیف
۱۰۳/۳۲	مناطق مسکونی
۵۶۷/۲۷	زمین‌های دیم
۱۶۹۴/۸۸	کشاورزی فاریاب
۱۲۳/۲۱	باغ

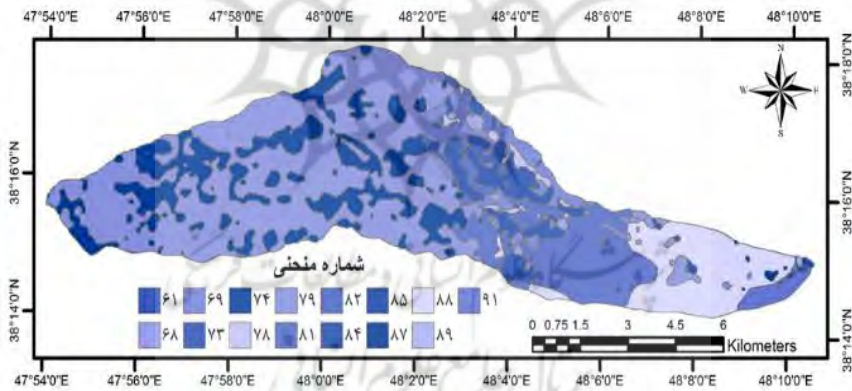


شکل (۵) نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز عموقین

Fig (5) Land use map of Amughin basin



شکل (۶) گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه‌ی آبخیز عموقین
 Fig (6) Hydrological groups of soil in the Amughin basin



شکل (۷) نقشه‌ی شماره‌ی منحنی حوضه‌ی آبریز عموقین
 Fig (7) Curve number map of Amughin basin

- برآورد هایتوگراف بارش مازاد به روش SCS

رواناب بارش حوضه به دو مولفه تقسیم می‌شود، بخشی از آن در سطح حوضه جاری می‌شود (رواناب سطحی) و بخش دیگر به صورت نفوذ یا تبخیر اصطلاحاً تلف می‌شود. آن قسمت از بارش که در سطح حوضه جاری می‌شود و سیل را بوجود می‌آورد، بارش مازاد گفته

می‌شود و مقدار آن برای هر بارندگی بر اساس روش SCS توسط روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$S \cong \frac{25400}{CN} 0.254 \quad (۳)$$

$$Q \cong \frac{(P + 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (۴)$$

S: پارامتری است که معرف پتانسیل تلفات است (بر حسب میلی متر). CN: شماره‌ی منحنی مربوط به سطح حوضه، Q: ارتفاع بارش مازاد بر حسب میلی‌متر، P: ارتفاع رگبار به میلی‌متر

- شاخص‌های آماری

درصد خطای نسبی

این پارامتر بر حسب درصد بیان می‌شود و از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$RE \cong \sqrt{\frac{(Q_i - Q_m)^2}{Q_i}} \quad (۵)$$

که در این رابطه، Q_i : مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده است که در آن $i=1, \dots, n$ که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

- محاسبه‌ی ریشه‌ی میانگین مربعات خطا

این معیار از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE \cong \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_m)^2}{n}} \quad (۶)$$

Q_i مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد که در آن $i=1, \dots, n$ که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

- محاسبه شاخص NS (نش-ساتکلیف) جهت ارزیابی مدل که به صورت رابطه‌ی زیر است.

$$NS \cong 10 \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{mi} - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2} \quad (۷)$$

که در این روابط، \bar{Q}_m میانگین دبی مشاهداتی به مترمکعب بر ثانیه، Q_{mi} دبی مشاهداتی و Q_{Si} دبی محاسباتی در طول دوره‌ی شبیه‌سازی می‌باشد. (نش - ساتکلیف (۱۹۷۰)).

۳- نتایج و بحث

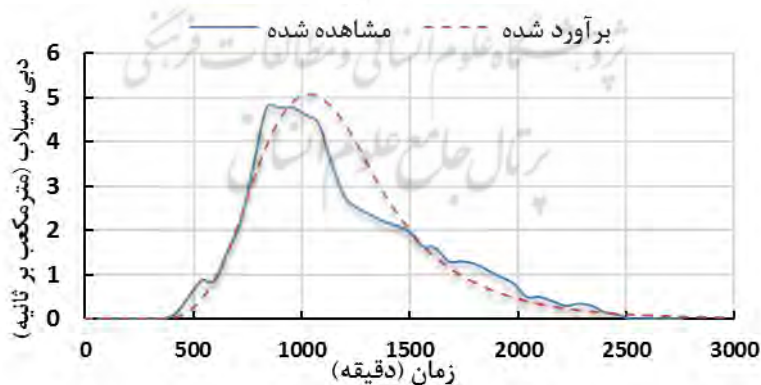
- واسنجی مدل

در این بررسی از سه هیدروگراف واقعه بارش- رواناب برای واسنجی روش SCS استفاده شد که مقادیر محاسبه شده توسط مدل در مرحله‌ی واسنجی در جدول (۴) نشان داده شده است و در شکل (۸) تا (۱۰) هیدروگراف سیلاب‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی واسنجی نشان داده شده است.

جدول (۴) وقایع درنظز گرفته شده برای واسنجی مدل

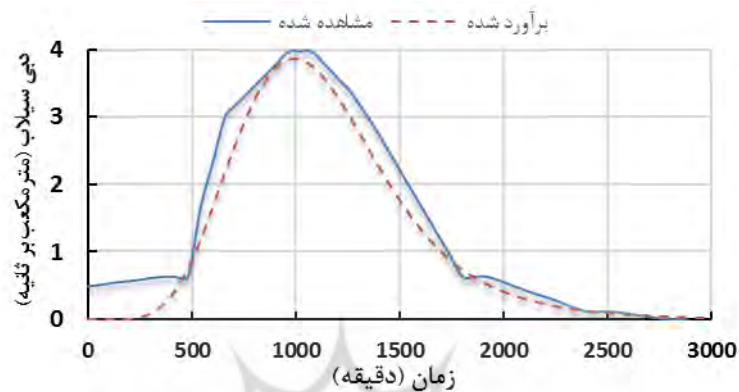
Tab (4) Events intended for model calibration

تاریخ رخداد مناظر	میانگین بارش (mm)	دبی پیک اندازه گیری شده (m ³ /s)	دبی پیک شبیه‌سازی شده (m ³ /s)	زمان تأخیر (hrs.)
۱۹۹۸/۵/۷	۱۹/۴	۴/۷۶	۵/۰۹	۹
۱۹۹۹/۱/۲۵	۱۷/۸	۳/۹۶	۳/۷۸	۱۰
۱۹۹۷/۸/۱	۶/۹	۱/۹۸	۱/۳۱	۴

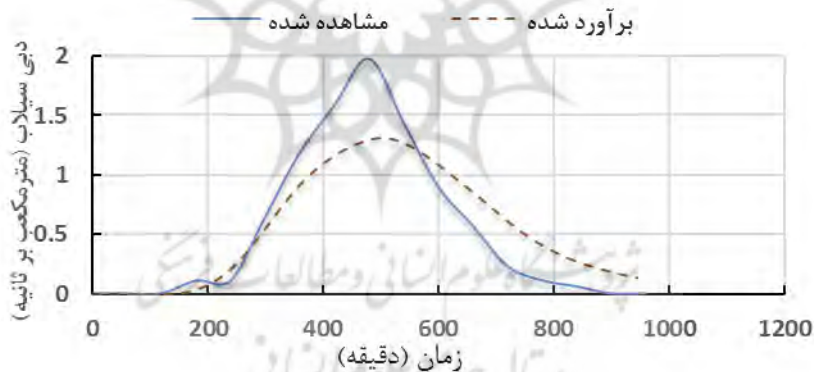


شکل (۸) هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی واسنجی مربوط به رخداد اول

Fig (8) Estimated and measured flood hydrograph at the calibration stage of the first event



شکل (۹) هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی واسنجی مربوط به رخداد دوم
Fig (9) Estimated and measured flood hydrograph at the calibration stage of the second event



شکل (۱۰) هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی واسنجی مربوط به رخداد سوم
Fig (8) Estimated and measured flood hydrograph at the calibration stage of the Third event

اعتبارسنجی مدل

پس از واسنجی مدل، اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای دو رویداد دیگر بارش-رواناب انجام گردید، که نتایج آن در جدول (۵) نشان داده شده است. ضریب ذخیره‌ی حوضه معادل ۶ میلی‌متر و زمان تمرکز تعدیل شده‌ی حوضه معادل ۵/۴

ساعت محاسبه گردید. جهت مقایسه‌ی داده‌های برآورد شده با داده‌های مشاهداتی دبی حداکثر سیلاب در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی از محک‌های آماری درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا استفاده شد که نتایج در جدول (۶) ارائه شده‌است.

جدول (۵) نتایج وقایع متناظر در مرحله اعتبارسنجی مدل

Tab (5) Results of events considered in the model validation step

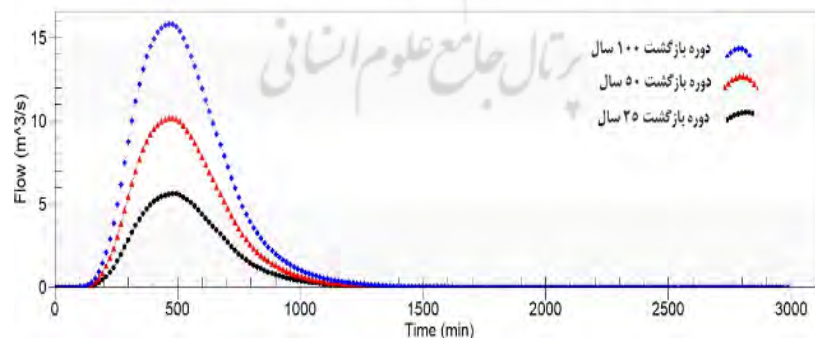
تاریخ رخداد متناظر	میانگین بارش (mm)	دبی پیک اندازه‌گیری شده (m ³ /s)	دبی پیک شبیه‌سازی شده (m ³ /s)	زمان تأخیر (hrs.)
۲۰۰۰/۱۱/۱۵	۱۰/۶	۲/۲	۲/۲۷	۱۲
۱۹۹۹/۱۲/۲۵	۵/۱	۰/۷	۰/۷۲	۵

جدول (۶) مقادیر خطاهای مشاهداتی و برآورد شده توسط مدل

Tab (6) The values of the observed and estimated errors by the model

آماره اندازه‌گیری شده	درصد خطای نسبی (درصد)	ریشه میانگین مربعات خطا (m ³ /s)	شاخص نشا سائکلیف
مرحله‌ی واسنجی	۷/۱۷	۰/۴۴	۰/۸۵
مرحله‌ی اعتبارسنجی	۲/۵۱	۰/۰۴۲	۰/۹۹

حداکثر دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به روش Uniform به دست آمد که در شکل (۱۱) نشان داده شده است.

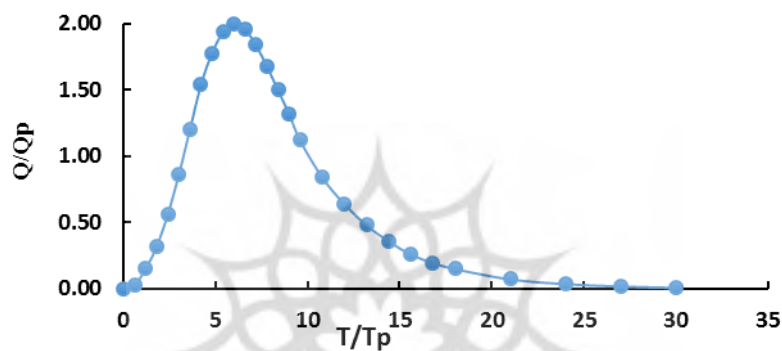


شکل (۱۱) هیدروگراف سیل حوضه با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف ۱۰۰ و ۵۰،۲۵ سال

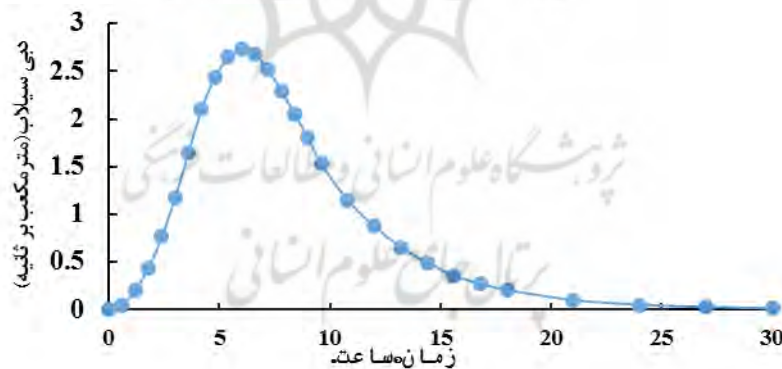
Figure (11) Basin flood hydrograph with different return periods of 25, 50, and 100 years

- برآورد سیلاب حوضه با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به روش SCS

در شکل (۱۲) هیدروگراف بدون بعد SCS سازمان حفاظت خاک آمریکا و در شکل (۱۳) هیدروگراف واحد زیرحوضه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.



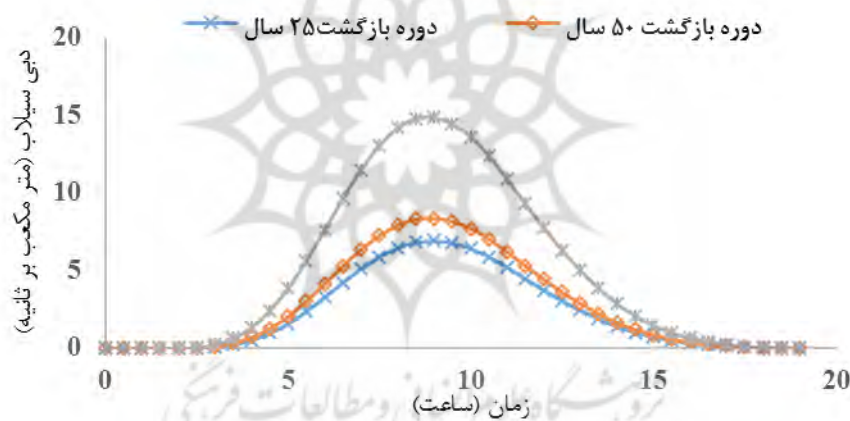
شکل (۱۲) هیدروگراف بدون بعد SCS
Fig (12) Dimensionless hydrograph of SCS



شکل (۱۳) هیدروگراف واحد ۶ ساعته حوضه‌ی عموقین
Fig (13) 6-hour unit hydrograph of Amughin basin

با معلوم بودن هیدروگراف واحد حوضه و میزان باران خالص در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای (دبی پیک)، هیدروگراف و حجم سیلاب، تعیین

می‌گردد، به این منظور کافی است که هایتوگراف بارش مازاد را که تداوم آن معادل ۶ ساعت است و برای دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال با استفاده از روش SCS به دست آمده است را به گام‌های زمانی معادل با زمان تداوم هیدروگراف واحد حوضه $T = 0.133tc$ که در این تحقیق برابر نیم ساعت است، تقسیم نموده و مقدار رواناب در هر دوره‌ی زمانی را در مختصات قائم هیدروگراف واحد ضرب نمود، سپس به تعداد $n \cong \frac{T_c}{T}$ از این هیدروگراف حاصل با تأخیر زمانی معادل با T را با یکدیگر جمع نمود تا هیدروگراف سیل ناشی از کل باران خالص ۶ ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف به دست آید (شکل (۱۴)).



شکل (۱۴) هیدروگراف سیلاب حوضه‌ی مورد مطالعه با استفاده از روش SCS
Fig (14) Basin flood hydrograph for the study area using the SCS method

مطالعات دیل و اسنیریواسان^۱ (۲۰۱۴: ۱۲۳۰) و حجازی و مزبانی (۱۳۹۴: ۸۰) نشان داد که سطح حوضه و میزان بارش می‌توانند به عنوان مهم‌ترین عامل در میزان دبی رواناب باشند، از آنجا که در قسمت‌های جنوب غربی حوضه‌ی عموقین مناطقی وجود دارد که برای کشاورزی مناسب است و طبق تحقیقات هنسون و همکاران^۲ (۲۰۰۸: ۴۷۰)، نتیجه

1- Dile & Srinivasan

2- Hansson et al.,

اثرات بلایای طبیعی از جمله رواناب سیل و تأثیرات اولیه آن بر کشاورزی منطقه می‌باشد، لذا شبیه‌سازی و مدل‌سازی صحیح رواناب سیل از جمله پارامترهای مهم در مدیریت سیلاب منطقه می‌باشد لذا با توجه به روش‌های مختلف برآورد سیلاب نیاز است که روشی که نتایج صحیح‌تری را ارائه می‌دهد انتخاب نمود تا در مدیریت بخش خروجی حوضه که عموماً زمین‌های کشاورزی است استفاده گردد. نتایج برآورد سیلاب به روش‌های Uniform و SCS در دوره‌ی مورد مطالعه در جدول (۷) بیان شده است. نتایج تجزیه واریانس و آزمون مقایسه‌ی میانگین حاصل از دو روش نشان داد، بین سیلاب برآورد شده به روش Uniform در WMS و روش هیدروگراف مصنوعی SCS اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده نگردید. که این امر نشان‌دهنده‌ی آن است که هیدروگراف واحد برآورد شده حوضه عموقین و توزیع بارندگی در سطح حوضه، بسیار نزدیک به منحنی‌های ارائه شده در مدل SCS می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد، سیلاب برآورد شده در روش SCS در دوره‌های بازگشت مختلف دارای میانگین کمتری نسبت به روش Uniform در مدل WMS است که با توجه به نتایج دقیق مراحل صحت‌سنجی و اعتبارسنجی روش SCS، می‌توان این کاهش برآورد را به عنوان خطای روش Uniform قلمداد نمود. از آنجا که شیب متوسط حوضه عموقین کم بوده و این مسئله نیز در افزایش زمان لازم برای خروج رواناب از حوضه (زمان پایه هیدروگراف) نقش دارد، لذا یکی از دلایل بالا بودن زمان پایه هیدروگراف حوضه عموقین را می‌توان به کم بودن شیب عمومی حوضه مرتبط دانست. با توجه به آنکه نسبت انشعاب حوضه‌ها معمولاً بین ۳ تا ۵ نوسان دارد، تراکم شبکه‌ی آبراهه‌های حوضه‌ی عموقین نسبتاً زیاد بوده (۴/۵) و علاوه براین، نسبت انشعاب حوضه نیز نسبتاً زیاد است (۱/۱)، بنابراین انتظار می‌رود که شکل هیدروگراف خروجی سیل حالت پهن‌تری داشته باشد و بخش‌های مختلف حوضه با روندی ثابت در هیدروگراف خروجی نقش داشته باشند. همان‌طور که در شکل (۱۴) نشان داده شده است، زمان پایه هیدروگراف سیل در کلیه‌ی موارد یکسان بوده و با افزایش دوره‌ی بازگشت زمان رسیدن به دبی اوج تغییر نمی‌نماید و در حدود ۱۰ ساعت می‌باشد. این مسئله در تحقیق شنائی و همکاران (۱۳۹۵:۲۲۰) نیز مشاهده شده است، ایشان بیان نمودند که اگرچه با افزایش شماره‌ی

منحنی به دلیل تغییر کاربری اراضی، میزان بیشینه سیلاب افزایش می‌یابد ولیکن زمان رسیدن به دبی اوج افزایش نمی‌یابد. نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده سانپال و همکاران^۱ (۲۰۱۴:۳۰) در این زمینه مطابقت دارد.

از آنجا که روش SCS برای حوضه‌های کوچک کمتر از ۶۵ کیلومتر مربع و با زمان تمرکز کمتر از ده ساعت و بارش‌های کمتر از ۱۲۵ سانتی‌متر و مدت بارش کمتر از ۲۴ ساعت کاربرد دارد و همه این عوامل در حوضه عموقین صادق است، لذا ممکن است دقیق‌تر بودن نتایج این روش نسبت به روش Uniform، برآورده شدن همه‌ی موارد لازم برای روش SCS باشد. از نظر حجم سیلاب برآورد شده نیز با توجه به بیش برآوردی نشان داده شده در روش Uniform دبی حداکثر سیلاب برآورد شده به روش SCS، به مقادیر واقعی نزدیک‌تر می‌باشد که با نتایج تحقیقات حسینی و همکاران (۱۳۹۰:۳۴) همخوانی دارد. در این مطالعه از آنجا که توزیع رگبار هر واقعه در مرحله واسنجی و اعتبار سنجی موجود بود، لذا در روش SCS از همان توزیع بارش استفاده گردید. مطالعات غفاری و همکاران (۱۳۹۵:۱۶۲) نشان داده است که استفاده از یک الگوی توزیع بارش واحد به تنهایی نمی‌تواند نتایج قابل قبولی از شبیه‌سازی دبی حداکثر لحظه‌ای و هیدروگراف را سبب شود و ویژگی‌های مربوط به بارش، از مهم‌ترین عوامل شبیه‌سازی هیدروگراف می‌باشد که به دلیل فقدان آمار ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه، معمولاً نمی‌توان توزیع بارندگی منطقه را در مدل لحاظ نمود. نتایج نشان داد، متوسط مقادیر دبی اوج به‌دست آمده از روش Uniform، ۵ درصد بیش از مقادیر روش SCS برآورد شده است. مطالعات در ایران نشان داده است که روش SCS تا زمان تمرکز ۶ ساعت نتایج دقیقی دارد لیکن برای مقادیر کمتر از آن جواب‌های مناسبی ارائه نمی‌کند.

لذا برای زمان‌های تمرکز کمتر از ۶ ساعت می‌بایست، زمان تمرکز را اصلاح نمود (علیزاده، ۱۳۹۰). با بررسی ضریب شکل حوضه که مقدار آن (۵/۷۷) است و در نظر گرفتن ضریب سینوسی (۰/۹۷) حوضه، می‌توان نتیجه گرفت که شکل حوضه مذکور انحراف

زیادی از شکل دایروی داشته و این خود باعث افزایش زمان تمرکز و زمان تاخیر حوضه می‌گردد. در تحقیق رثوف و حبیبی (۲۵:۱۳۹۵) نیز روش SCS نسبت به سایر روش‌های موجود در مدل WMS، از دقت بیشتری در برآورد دبی و حجم سیلاب در حوضه برخوردار بود لیکن دقت مدل با افزایش دوره بازگشت کاهش داشت که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد زیرا میزان خطای دقت پیش‌بینی مدل با افزایش دبی بیشینه ارتباط معنی‌داری نشان نداد.

جدول (۷) نتایج دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف

Tab (7) Results of flood discharge with different return periods

دبی سیلاب (m ³ /sec)	دوره بازگشت (سال)	روش محاسبه سیلاب
۶/۹	۲۵	هیدروگراف مصنوعی SCS
۸/۳۶	۵۰	
۱۴/۹	۱۰۰	
۵/۶۱	۲۵	Uniform
۱۰/۱۹	۵۰	
۱۵/۸۱	۱۰۰	

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت در استفاده از روش‌های مختلف برای برآورد دبی سیلاب در شمال غرب ایران نتایج روش هیدروگراف مصنوعی SCS کمتر از روش Uniform در منطقه می‌باشد و روش ارائه شده در روش هیدروگراف مصنوعی SCS نیاز به واسنجی در منطقه‌ی مورد مطالعه دارد و در حوضه‌های کوچک در شمال غرب ایران روش SCS به دلیل برآورده شدن شرایط استفاده، نتایج بهتری از سایر روش‌ها ارائه می‌دهد و در صورتی که زمان تمرکز حوضه دقیق‌تر محاسبه گردد می‌توان نتایج این روش را به مقادیر واقعی نزدیک‌تر نمود. نتایج تحقیق نشان داد که روش SCS برآورد دقیقی از مقدار حجم سیلاب توسط مدل ارائه می‌دهد و با توجه به حساسیت بالای این روش به توزیع بارش در منطقه، برای رسیدن به نتایج مطلوب نیاز به آنالیز بارش در سطح منطقه بوده و توزیع

بارش و زمان آن می‌بایست به توزیع بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه نزدیک گردد که در این پژوهش برای نزدیک شدن نتایج شبیه‌سازی به واقعیت این کار صورت گرفت.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی طی قرارداد طرح ۱۱۵۹ تهیه شده است و به این وسیله از ایشان قدردانی می‌شود.



۵- منابع

-Reference

- Al-Zahrani, M., Al-Areeq A., & Hatim, O. Sh. (2017). Estimating urban flooding potential near the outlet of an arid catchment in Saudi Arabia, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 672-688.
- Badri, B., Zarebidaki, R., Honarbakhsh, A., & Atashkhar, F. (2017). Prioritization of Beheshtabad Watershed Sub-Basins for Flood Potential. *Natural Geography Research (Geographical Research)*, 48(1), 143-158. [In Persian]
- Dile, Y.T., & Srinivasan, R. (2014). Evaluation of CFSR climate data for hydrologic prediction in data-scarce watersheds: an application in the Blue Nile River Basin. *J Am Water Resource Assoc.* 50, 1226-1241.
- Ghaffariegilandeh, A., Behruz, S., & Ostadibabakandi, E. (2016). Estimation of Curve Number and Runoff Height in Arc-GIS, Case Study, Meshkinshahr City. *Hydro geomorphology*. 3(9), 159-175. [In Persian]
- Hansson, K., Danielson, M., & Ekenberg, L. (2008). A framework for evaluation of flood management strategies. *Journal of Environmental Management*. 86 (3), 465-480.
- Hejazi, A., & Marzbani, M. (2015). Estimation of Maximum Runoff Height and Discharge Using Curve Number Method Case Study: Sarab Darehshahr Watershed. *Hydro geomorphology*. 2(5), 63-81. [In Persian]
- Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A. (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. *Applied Water Science*, 7, 33-55.
- Hosseini, Y. (2011). Comparison of Methods Proposed in WMS Model for Determination of Maximum Flow Discharge in Khuzestan Province and Validation of these Methods. *The First Conference on Strategies for Achieving Sustainable Agriculture*. [In Persian]
- Kowalik, T., & Walega, A. (2015). Estimation of CN parameter for small agricultural watersheds using asymptotic functions. *Water*. 7, 939-955.
- Moghadasi, N., Karimirad, I., & Sheikh, V. (2017). Assessing the Impact of Land Use Changes and Rangeland and Forest Degradation on Flooding

- Using Watershed Modeling System. *Journal of Rangeland Science*, 7(2), 93-106.
- Nash, J.E., & Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models I: a discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282–290.
- Rauf, M., & Habibi, R. (2015). Estimating Maximum Flood in the Hirchai Basin Using WMS, First National Conference on Architecture and Urban Planning (Thought, Theories and Methods). Malayer, Islamic Azad University of Malayer. [In Persian].
- Shaghoian, B., Noroozpour, S., Kiani, M., & Rafiee Nasab, A. (2016). coupled Modelark-curve number rainfall-runon-runoff model. *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (4), 2–13.
- Sanyal, J., Denmore, A, L., & carboneau, P. (2014). Analyzing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. *Catena*, 118, 28-40.
- Shannani, H., Sayyede, M., Haidar, Z., & Ramazani, H. (2016). The Effect of Land Use Changes on Flood Hydrographs (Case Study: Abou Abbas Basin). *Irrigation Science and Engineering*. 40(1), 219-229. [In Persian]
- Alizadeh, A. (2011). Principles of Applied Hydrology. Razavi Cultural Foundation Publications, pp. 476-764. [In Persian]
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., & Kannan, R. (2017). Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India, *Modeling Earth Systems and Environment*. 3 (24), 1–8.
- Yousefi Mobarhan, E., Farahmand, K., Fahim, N., & Fahim, E. (2016). Efficiency of Flow-Duration Curves Method for Verification of a Hydrological Model (Case Study: Zola-Chay Watershed), *Water and soil Science*, 26 (2-1), 101-113. [In Persian].