ارزیابی روش‌های هیدروگراف واحد SCS و اشنایدر در تلفیق با دو مدل تلفات، جهت برآورد سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس خوزستان)

نگار فتحی[1*]، غلامعباس بارانی[2] و فریدون رادمنش[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آبادان. گروه عمران ، آبادان، ایران negarfathimoghadam@yahoo.com

۲- استاد گروه عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- استادیار گروه هیدرولوژی، دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

چکیده

برآورد سیل ناشی از یک بارش، همواره یکی از مسائل مهم در علم هیدرولوژی بوده است. با توجه به اهمیت هیدروگراف واحد در تعیین و پیش بینی سیلاب رودخانه‌ها و طراحی سازه‌های آبی و کافی نبودن آمار ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌های آبریز استان خوزستان، لزوم استفاده از هیدروگراف واحد مصنوعی در برآورد سیلاب رودخانه‌های فاقد آمار هیدرومتری مشهود می‌باشد. از طرف دیگر، با توجه به نقش بسیار مهم تلفات بارش در ایجاد روانابها، ارزیابی تأثیر مدلهای تلفات در تولید جریانات سطحی، حائز اهمیت می‌باشد. در مطالعه حاضر، به بررسی و ارزیابی مدل‌های تلفات اولیه- پیوسته وتلفات SCS، در تخمین بارش مازاد حوضه آبریز ابوالعباس، پرداخته شده است. همچنین، دو مدل رواناب مستقیم شامل هیدروگراف‌های واحد SCS و اشنایدر در شبیه سازی هیدروگراف سیل بکار رفته است. لذا با استفاده از ۱۵ سری داده های بارش – رواناب ثبت شده در حوضه آبریز مورد مطالعه (ابوالعباس) و با به کارگیری مدل HEC-HMS به واسنجی و صحت سنجی مدلهای تلفات و رواناب مستقیم، پرداخته شد. جهت خطایابی، از سه شاخص آماری میانگین خطای نسبی(MARE)، متوسط جذر میانگین مربع خطاها (RMSE) و ضریب همبستگی(R^2) استفاده شده است. نتایج حاصل از میانگین خطای نسبی (MARE) دبی اوج و زمان رسیدن به دبی پیک سیلاب در ارزیابی مدل، نشان داد که بهترین برآورد دبی اوج و زمان رسیدن به دبی پیک سیلاب در مدل تلفات شماره منحنی، با روش هیدروگراف واحد اشنایدر و در مدل تلفات اولیه-پیوسته، با روش هیدروگراف واحد SCS، بدست می‌آید. مقایسه بین مقادیر متوسط جذر میانگین مربع خطاها (RMSE) در مرحله ارزیابی مدل، نشان داد که در مدل تلفات شماره منحنی، روش هیدروگراف واحد اشنایدر و در مدل تلفات اولیه- پیوسته، روش هیدروگراف واحد SCS، دارای کمترین میزان خطا می‌باشند که نشان می‌دهد این مدل‌ها از لحاظ جداسازی بارش مازاد در مقایسه با دیگر مدل ها نتایج بهتری را دارا می‌باشند. در نهایت، رخدادهایی که با مدل تلفات شماره منحنی SCS و مدل رواناب مستقیم اشنایدر، شبیه سازی شده اند، بهترین برازش را با شرایط واقعی دارا می‌باشند. بنابراین، روش مذکور برای برآورد هیدروگراف سیل در حوضه‌های فاقد آمار، که شرایط مشابه این حوضه را دارند، مطلوب ارزیابی می شود.

کلید واژه ها: *تلفات، مدل*HEC-HMS، *واسنجی، هیدروگراف واحد* SCS، *هیدروگراف واحد اشنایدر.*

مقدمه

برآورد سیل ناشی از یک بارش، همواره یکی از مسائل مهم در علم هیدرولوژی بوده است. همچنین مفهوم هیدروگراف به عنوان روشی برای تعیین هیدروگراف حاصل از بارندگی، جهت برآورد سیل مورد استفاده قرار گرفته است(آگیر و گونی[1]، ۲۰۰۵).

در برآورد سیلاب طرح نیز، این مسئله بسیار حائز اهمیت می‌باشد که چه مقدار از بارش نزولی به رواناب تبدیل می‌شود. اخیراً توسعه و پیشرفت رایانه‌ها سبب شده است که مسائل مهم و پیچیده هیدرولوژیکی با آنها تجزیه و تحلیل گردد. از روشهای مهم و متداول در برآورد دبی اوج سیلاب که مبتنی بر آمار و اطلاعات محلی می‌باشد، روش استفاده از مدل‌های ریاضی بوده که مورد تأئید اکثر پژوهشگران قرار گرفته است.

در سالهای اخیر، مدل های بارش- رواناب به منظور فرمول بندی رابطه بین بارش (ورودی مدل) و رواناب (خروجی مدل) به طور گسترده استفاده می‌شود (میشل، ۲۰۰۷)[2].

1. Agirre and Goni
2. Michal

در این رابطه مدل های مختلفی ارائه شده اما اینکه کدام مـدل دارای کارایی بهتری است، حائز اهمیت می‌باشد. مدل های هیـدرولوژیکی، ابزاری قوی و سودمند، برای تحقیقـات هیدرولوژیـستها و مهندسـان منابع آبی که با طرح ها و پروژه های مدیریتی سروکار دارند می‌باشـد (کولکارنی و آگاروال[1]، ۲۰۰۴).

جوراج و همکاران[2] (۲۰۰۴) ، واسنجی، ارزیابی و آنـالیز حـساسیت مدل HEC-HMS را با استفاده از داده‌هـای بالادسـت حوضـه دامـس واقع در انگلستان مورد بررسی قرار دادند. آن هـا بـه منظـور انجـام ایـن پروژه، مدل هیدروگراف واحد کلارک را به عنوان مدل روانـاب مـستقیم، انتخاب کردند. همچنین، زمان تمرکز و ضریب ذخیـره حوضـه را توسـط بارش‌های مشاهده‌ای و سیلاب های موجود، تخمین و سـپس واسـنجی کردند. نتایج تحقیقـات آنهـا نـشان داد کـه مـدل HEC-HMS مـدلی مناسب در این حوضه می‌باشد.

سانیس و همکاران[3] (۲۰۰۵)، به شبیه سازی سیلاب در حوضـه گیوفیرس واقع در یونان پرداختند. آنها سیلاب سال ۱۹۹۴ این حوضه را که با کمبود آمار و داده های اندازه‌گیری مواجه بود با مـدل-HEC HMS شبیه سازی کردند. آنها بر پایـه هـشت واقعـه بارنـدگی از دو دوره زمانی مختلـف، مـدل را واسـنجی نمودنـد. در واسـنجی مـدل، میانگین مربع خطـا ۰/۹۴۷، متوسـط حجـم خطـا ۱۲/۸۴- درصـد و میانگین خطای پیک جریان حدود ۱۶ درصد بدسـت آمـد. همچنـین آنها، متوسـط خطـای حجـم سـیلاب را ۷/۸٪ بـرآورد کردنـد. نتـایج تحقیقات، نشان داد که این مدل می‌تواند برای شبیه سـازی سـیلاب در حوضه های مشابه دیگر که فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری هـستند، مورد استفاده قرار گیرد.

آمیـت کـارکی[4] (۲۰۰۷)، بـه بـرآورد پارامترهـای تلفـات در مـدل گرین – آمپت با استفاده از مـدل ریاضـی HEC-HMS پرداخـت. او از هیدروگراف واحد SCS، به عنوان مدل رواناب مـستقیم، اسـتفاده کـرد و پارامترهای تلفات مدل گرین آمپت را با اسـتفاده از داده هـای بـارش – روانـاب مـشاهداتی واسـنجی نمـود. در ایـن تحقیـق، همبـستگی بـین پارامترهای تلفات و خصوصیات حوضه آبریز بررسی شد. نتایج نـشان داد که میزان تلفات اولیه و هدایت الکتریکـی در زیـر حوضـه هـای توسـعه نیافته بیشتر می‌باشد.

زیا[5] (۲۰۰۹)، با اسـتفاده از نـرم افـزار HEC-HMS بـه شـبیه سازی جریان در حوضه بالادسـت رودخانـه وایمـا کـاریری[6] واقـع در انگلستان، پرداخت. او از مدل هیدروگراف واحد کلارک و مـادکلارک استفاده کرد و حوضه را به ده زیر حوضه تقسیم نمود. بارش متوسـط برای هر زیر حوضه توسط پلیگون تیسن در محـیط نـرم افـزار GIS محاسبه شد. این محقق، پارامترهـای مـدل حوضـه را بـا اسـتفاده از ویژگـی‌هـای فیزیکـی و هیـدرولوژیکی حوضـه تخمـین زد. سـپس پارامترهای شماره منحنی، ضریب ذخیره، زمان تمرکز و زمـان تـأخیر حوضه را در محیط نرم افزارHEC-HMS، واسنجی و بهینـه نمـود. نتایج شبیه سازی نشان داد که علـی رغـم بهینـه سـازی پارامترهـا، اختلاف قابل توجهی بین هیدروگراف مشاهداتی و محاسـباتی وجـود دارد.

ویکرسون[7] (۲۰۰۹)، معادلات رگرسـیونی را بـه منظـور تخمـین پارامترهای هیدروگراف واحد کلارک (زمان تمرکز و ضـریب ذخیـره) در حوضه کوچکی واقع درمرکز ایالـت متحـده امریکـا، بـسط داد. او معادلات را با استفاده از ۹۰ واقعه بارش- رواناب در ۳۰ حوضه، آنـالیز نمود. حوضه مـورد مطالعـه بـر اسـاس مطالعـات ژئومورفولـوژیکی و منطقه‌ای به سـه قـسمت شـمالی، مرکـزی و جنـوبی تفکیـک شـد. ویکرسون، پارامترهای هیدروگراف واحد کلارک را بـه کمـک وقـایع بارش- رواناب مشاهده‌ای بـا اسـتفاده از نـرم افـزارHEC-HMS بهینه کرد. نتایج نشان داد که این معادلات می‌تواننـد بـرای تخمـین پارامترهای هیدروگراف واحـد کـلارک در حوضـه‌هـایی کـه از نظـر هیدرولوژی و ژئومورفولـوژیکی مـشابه حوضـه مـذکور باشـند، مـورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش ها

در مطالعه حاضر، با تلفیق مدل‌های تلفات اولیه-پیوسته و تلفات SCS در مـدل‌هـای رواناب مـستقیم هیـدروگراف واحـد SCS و اشنایدر، نسبت به شبیه سازی هیدروگراف سیل اقدام گردیـده اسـت. در این تحقیق، حوضه آبریز ابوالعباس مورد مطالعه قـرار گرفتـه و بـا بکارگیری ۱۵ سری از داده های بارش- رواناب این حوضـه در مـدل ریاضیHEC-HMS نسبت و واسنجی و صحت سنجی مـدل‌هـای انتخابی پرداخته شده است.

حوضه آبریز ابوالعباس از زیر حوضـه هـای رود زرد مـی‌باشـد. این حوضه بین مختصات UTM ۳۷۱۸۰۴ تا ۳۹۱۴۲۸ طول شـرقی و ۳۴۳۳۹۴۱ تا ۳۴۵۳۰۲۴ عرض شمالی قرار گرفتـه اسـت. مـساحت حوضه، ۲۸۴/۳ کیلـومتر مربـع مـی باشـد کـه تمـامی آن در اسـتان خوزستان واقع شـده اسـت. حوضـه ابوالعبـاس، دارای یـک ایـستگاه هیدومتری بر روی رودخانه ابوالعبـاس بـه نـام پـل منجنیـق و یـک ایـستگاه بـاران سـنجی بـه نـام مـال آقـا مـی‌باشـد. در انجـام این تحقیق، علاوه بر ایستگاه‌های مذکور، از ایستگاه‌های باران سـنج ثبات باغملک و ماشین واقع در حوضه رود زرد نیز استفاده شده است. قسمت اعظم حوضه، کوهـستانی، مرتفـع و پوشـیده از درختـان جنگلـی

1 . Kulkarni and Aggarwal
2. Juraj et al.
3. Tsanis et al.
4 . Amit karki
5 . Xia
6 . Waimakariri
7. Wikerson

می‌باشد و از آب دائمی برخوردار است. رواناب زیر حوضه ابوالعباس به همراه رواناب چهار زیر حوضه آل خورشید، آبگلال، دمدلی و تلخ رود، از طریق رودخانه اصلی به نام رود زرد، جمع آوری می‌شود. رودخانه رود زرد هم در حقیقت یکی از سه سرشاخه اصلی رودخانه جراحی در استان خوزستان می‌باشد. بیشترین ارتفاع حوضه۳۳۰۰ متر و کمترین آن ۶۸۰ متر می‌باشد.

همانطور که ذکر گردید حوضه آبریز ابوالعباس، به عنوان حوضه مورد مطالعه در این تحقیق استفاده شد. با توجه به انتخاب واقعه‌های خاصی در این حوضه باید از مدلی که بتواند وقایع مربوط به این حوضه را شبیه‌سازی کند استفاده می‌شد. در این راستا یکی از مدل‌های بارندگی – رواناب موجود در برنامه کامپیوتری HEC-HMS انتخاب گردید. در این بررسی، برای واسنجی و ارزیابی مدل‌هایی از این برنامه و کاربرد آن در شبیه سازی بارش– رواناب، مدل‌های خاصی انتخاب شدند که ابتدا به شرح هر یک از آن‌ها پرداخته شده است.

مدل رواناب مستقیم

در HEC-HMS دو مدل رواناب مستقیم، جهت تعیین رواناب مستقیم پیش‌بینی شده است که شامل مدل هیدروگراف واحد و مدل موج کینماتیک می‌باشد. در این تحقیق از مدل‌های هیدروگراف واحد SCS و اشنایدر در مدل کردن رواناب مستقیم استفاده شده است.

هیدروگراف واحد SCS

این مدل در HEC-HMS، به عنوان یکی از مدل‌های رواناب مستقیم بکار برده شده است. این مدل بر اساس متوسط هیدروگراف واحد بدست آمده از داده های بارش – رواناب برای حوضه های کوچک کشاورزی در سراسر ایالت متحده می‌باشد. (USArmy Crops of Engineers, 2000)

سازمان حفاظت خاک با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی حوضه، دسترسی به مقادیر اولیه بعضی از پارامترها را میسر نموده است. در این ارتباط، رابطه‌ای بین زمان تمرکز و زمان تأخیر پیشنهاد شده است(دانیل[1]، ۲۰۰۵). این رابطه به صورت زیر می‌باشد:

$$t_{lag} = 0.6 t_c \qquad (۱)$$

در این رابطه، t_c: زمان تمرکز و t_{lag}: زمان تأخیر حوضه می‌باشد.

با توجه به مدل هیدروگراف واحد SCS درHEC-HMS تنها پارامتر زمان تأخیر t_{lag} به عنوان ورودی مدل وجود دارد. در نهایت این پارامتر هم با استفاده از داده های بارش – رواناب مشاهداتی واسنجی گردید.

مدل هیدروگراف واحد اشنایدر

اشنایدر، هیدروگراف واحد پارامتریک را معرفی نمود که برای آنالیز حوضه های فاقد آمار در امریکا مورد استفاده قرار گرفت. همچنین روابطی برای برآورد پارامترهای هیدروگراف واحد، از خصوصیات حوضه ارائه کرد. (بونیا[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

نظر به اینکه مدل هیدروگراف واحد اشنایدر در HEC-HMS دو پارامتر زمان تأخیر استاندارد t_p و ضریب به اوج رسیدن هیدروگراف C_P را برای شبیه سازی نیاز دارد، در این تحقیق، تخمین اولیه‌ای از این دو پارامتر به عنوان ورودی مدل برآورد گردید. در نهایت با در نظر گرفتن خصوصیات حوضه آبریز، تخمین اولیه از زمان تأخیر استاندارد برای هر سری داده بارش – رواناب بطور جداگانه به مدل وارد شد. همچنین بر اساس مطالعات بدینت و هوبر[3] (۱۹۹۲) تخمین اولیه از ضریب C_P برابر ۰/۵ لحاظ گردید. هر دو پارامتر با استفاده از داده های بارش – رواناب، واسنجی گردید.

انتخاب مدل تلفات حوضه

در این بررسی از مدل تلفات شماره منحنی و مدل تلفات اولیه– پیوسته با نرخ ثابت، استفاده شده است. در هر یک از این مدل‌ها، تلفات بارندگی برای هر یک از فواصل زمانی بدست آمده و از میزان بارندگی منطقه‌ای مربوط به آن فاصله زمانی کسر می‌شود. مقدار باقیمانده، بارندگی مازاد خواهد بود.

مدل تلفات شماره منحنی

این مدل، روشی ساده و مناسب پیش‌بینی شماره منحنی و تلفات اولیه است و به پارامتری که ارتباط با گروه هیدرولوژیکی خاک، نحوه استفاده از اراضی و رطوبت پیشین خاک دارد، بستگی دارد. این مدل به طور وسیعی در داخل آمریکا و همچنین در کشورهای خارج از آن پذیرفته شده و خصوصیات محیطی و داده‌های مربوط به آن به آسانی قابل دسترس می‌باشد(روزی و آمینوددیناب[4]، ۱۹۹۵).

مدل تلفات اولیه- پیوسته با نرخ ثابت

مفهوم زیر بنایی مدل تلفات اولیه– پیوسته این است که ماکزیمم پتانسیل تلفات بارش (f_c) در سراسر یک رخداد ثابت است.

1 . Daniil

2 . Bhunya et al.
3. Bedient and Huber
4. Rozi and Aminuddinab

به این ترتیب که اگر (P_t) عمق بارش در طی یک فاصله زمانی t تا $t+\Delta t$ باشد، بارش مازاد (Pe_t) در طی همان فاصله زمانی با معادله زیر تعریف می‌شود:

$$Pe_t = \begin{cases} P_t - f_c \rightarrow if P_t \succ f_c \\ 0 \rightarrow otherwise \end{cases} \quad (۲)$$

تلفات اولیه (I_a) برای نشان دادن میزان تلفات برگاب و چالاب به مدل افزوده می‌گردد. این تلفات قبل از شروع جریان سطحی رخ می‌دهد. بدین ترتیب، بارش مازاد با معادله زیر توصیف می‌گردد.

$$Pe_t = \begin{cases} 0 \rightarrow if \sum P_t \prec I_a \\ P_t - f_c \rightarrow if \sum P_t \succ I_a and P_t \succ f_c \\ 0 \rightarrow if \sum P_t \succ I_a and P_t \prec f_c \end{cases} \quad (۳)$$

مراحل واسنجی پارامترهای شبیه سازی بارش – رواناب

ابتدا در یک دید کلی و بر اساس آمار مشاهده‌ای ۳۲ ساله (۱۳۸۵-۱۳۵۴)، کلیه وقایع سیلابی ثبت شده، مورد بررسی دقیق قرار گرفت که در نتیجه تعداد وقایع سیلابی ثبت شده در ایستگاه پل منجنیق در حوضه ابوالعباس برابر با ۲۵۸ مورد بود. در نهایت، سیلابهایی که شروط زیر در آنها صدق می‌کرد، برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند.

– هیتوگراف متناظر سیل مورد نظر در حوضه، ثبت شده و موجود باشد.

– سیلاب دارای هیدروگراف با تاج کاملاً مشخص باشد. بنابراین، هیدروگراف‌هایی که دارای تاج خیلی پهن بودند به علت احتمال تأثیر ذوب برف نمی توانستند انتخاب گردند.

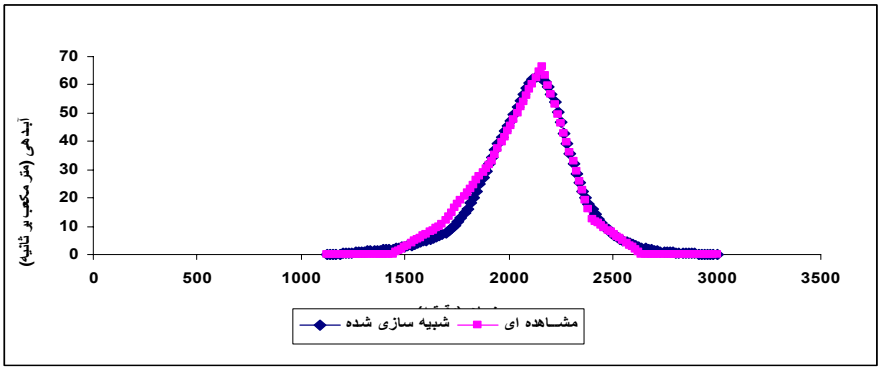
– هر واقعه سیل، دارای ابتدا و انتهای مشخص باشند. بنابراین، وقایعی که بنا بر دلایلی، ناقص مشاهده شدند با وجود شدید بودن سیل، بطور کاملاً واضح و آشکار، باز هم نمی‌توانستند انتخاب گردند.

– از آنجا که با وجود ثابت بودن ویژگی های فیزیکی حوضه، بر اثر متغیر بودن مشخصات بارندگی، هیدروگرافها از بارشی به بارش دیگر تغییر می‌کنند، بنابراین، سعی شد حتی الامکان هیدروگراف هایی انتخاب شوند که دارای زمان و فرم عمومی مشابه یکدیگر باشند. چرا که این چنین سیلاب هایی عموماً نتیجه رگبارهای با خصوصیات (توزیع مکانی و زمانی) نزدیک بهم می‌باشند.

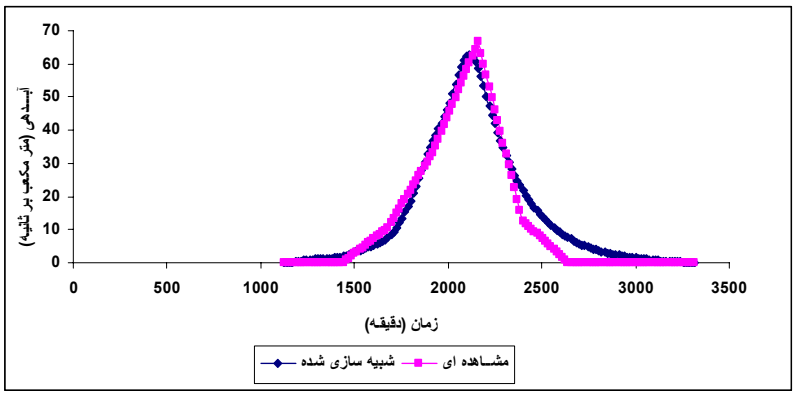
– وقایع انتخابی سیل با در نظر گرفتن دوره ترسالی و خشکسالی در دوره ۳۲ ساله و بارش های پیشین، سعی شده مشابه و همساز باشند.

از بررسی تاریخ وقوع سیلابها مشخص شد که تعداد وقایع سیلابی ثبت شده برابر ۲۵۸ مورد بوده که با در نظر گرفتن کلیه شروط مطرح شده فوق و پس از انجام بررسی‌های دقیق و ملاحظه شکل هیدروگراف سیلهای مربوطه و انطباق آن‌ها با هیتوگراف های متناطرشان (به خصوص از نظر زمان شروع) از میان وقایع ثبت شده، تعداد ۱۵ رویداد جهت انجام آنالیزهای سیلاب و استخراج روابط نهایی بر اساس وقایع منفرد، در نظر گرفته شدند. از این تعداد ۱۲ رخداد جهت واسنجی مدل ها و سه رخداد دیگر برای صحت سنجی آنها مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مطالعه با استفاده از نرم افزار HEC-HMS در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس، واسنجی صورت گرفت. این نرم افزار به صورت تک واقعه ای سیلاب ها را شبیه سازی می‌نماید (هر سیلاب به صورت جداگانه). این سیلابها شامل سیلاب های ۶۳/۸/۲۴ ، ۵۹/۱۰/۲۲ می‌باشند. مشخصات این سیلاب‌ها در جدول ۱ آورده شده است. رگبارهای فوق، با توجه به وضعیت رطوبت پیشین خاک و همچنین در شرایط رطوبتی نسبتاً متفاوت انتخاب گردیده اند. در مدل تلفات شماره منحنی SCS پارامترهای واسنجی شده شامل تلفات اولیه و شماره منحنی و در مدل تلفات اولیه- پیوسته، این پارامترها شامل نرخ ثابت تلفات و تلفات اولیه می‌باشند. همچنین، پارامترهای واسنجی شده مدل رواناب مستقیم شامل زمان تأخیر در مدل هیدروگراف واحد و ضریب C_P و زمان تأخیر در مدل هیدروگراف واحد اشنایدر می‌باشد. لازم به توضیح است که جهت بدست آوردن نتایج دقیق، می‌بایست داده های مورد استفاده صحیح باشند. آمار و اطلاعات خام مورد نیاز جهت اجرای مدل بارش رواناب عبارتند از: سیلاب های اتفاق افتاده در طول دوره آماری و بارندگی های ساعتی که از روی کاغذ باران سنج های ثبات استخراج گردیده است. بعد از پایان مرحله شبیه‌سازی، هیدروگراف محاسبه شده با هیدروگراف مشاهده‌ای مورد مقایسه قرار گرفت. چنانچه برازش مناسب بود در نتیجه مقدار پارامتر بدست آمده از واسنجی مدل قابل قبول تشخیص داده می‌شد. در غیر اینصورت عملیات شبیه‌سازی برای دستیابی به نتایج بهتر، دوباره انجام می‌گرفت. تابع هدف استفاده شده برای مقایسه آبدهی پیک و زمان رسیدن به دبی اوج در هیدروگراف مشاهده ای و هیدروگراف محاسبه شده، روش ریشه مجموع متوسط وزنی خطاهای اوج، در نظر گرفته شد. در مدل HEC-HMS، روش پیش فرض جستجو برای کم کردن تابع هدف و پیدا کردن پارامترهای بهینه، روش گرادیان یکسان است. روش گرادیان یکسان برای تخمین پارامترها بصورت اتوماتیک استفاده می‌شود. در انجام این تحقیق، از روش جستجو گرادیان یکسان استفاده شد.



شکل ۱- هیدروگراف سیل مشاهداتی و محاسباتی در تاریخ ۵۹/۱۰/۲۲ با روش هیدروگراف واحدSCS و مدل تلفات شماره منحنی SCS



شکل ۲- هیدروگراف سیل مشاهداتی و محاسباتی در تاریخ ۵۹/۱۰/۲۲ با روش هیدروگراف واحد اشنایدر و و مدل تلفات شماره منحنی SCS

مدلHEC-HMS، شامل سه زیر مؤلفه‌ی مدل حوضه[1]، مدل هواشناسی[2] و مشخصه کنترل[3] می‌باشد که هر یک وظیفه خاصی در ارتباط با تبدیل بارش به رواناب و روندیابی آن را دارا می‌باشند. در مدل حوضه، خصوصیات فیزیکی حوضه آبریز به برنامه معرفی می‌شود. در مؤلفه مشخصه کنترل، تاریخ و زمان شروع و اتمام شبیه سازی برای پروژه معرفی می‌شود. همچنین، یک بازه زمانی[4] نیز در این جزء باید انتخاب شود. در مدل هواشناسی به تعیین مقدار بارش و توزیع مکانی و زمانی آن پرداخته می‌شود. هدف اصلی از ساخت این مدل، بیان شرایط مرزی حاکم بر حوضه آبریز در طول شبیه سازی بارش – رواناب می‌باشد. با استفاده از این اجزا، وضعیت هواشناسی حاکم بر حوضه و شرایط مرزی در شبیه سازی بارش- رواناب به مدل معرفی می‌گردد. در این تحقیق، مدل هواشناسی شامل مدل بارش می‌باشد. روش وزن ایستگاه باران سنجی در مدل بارش مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق بدلیل وجود ایستگاه‌های باران سنجی با آمار کافی و مناسب و همچنین امکان وزن دهی این ایستگاه ها با استفاده از نرم افزار ARC-GIS نسخه ۹/۳، روش تیسن، استفاده شد که وزن ایستگاه ها در روش تیسن، برای ایستگاه های باران سنجی مال آقا و باغملک به ترتیب ۸۵/۲۶ درصد و ۱۴/۷۳ درصد براساس میزان بارش‌های اتفاق افتاده طول آمار ماهانه، محاسبه گردیده است که می‌بایست جمع جبری وزن ایستگاه‌های انتخاب شده برابر ۱ باشد.

نتایج و بحث

شکل های ۱ و ۲، مقایسه نتایج مدل ریاضی مربوط به سیلاب ۵۹ /۱۰/۲۲ را با استفاده از مدل تلفات شماره منحنی و روش های هیدروگراف واحد SCS و اشنایدر و جداول ۲ و ۳ نتایج نهایی واسنجی مدل را نشان می‌دهند.

1. Basin model
2. Meteorologic Model
3. Control specification
4. Time interval

جدول ۱- مشخصات سیلهای هم زمان مورد استفاده برای واسنجی مدل ریاضیHEC-HMS

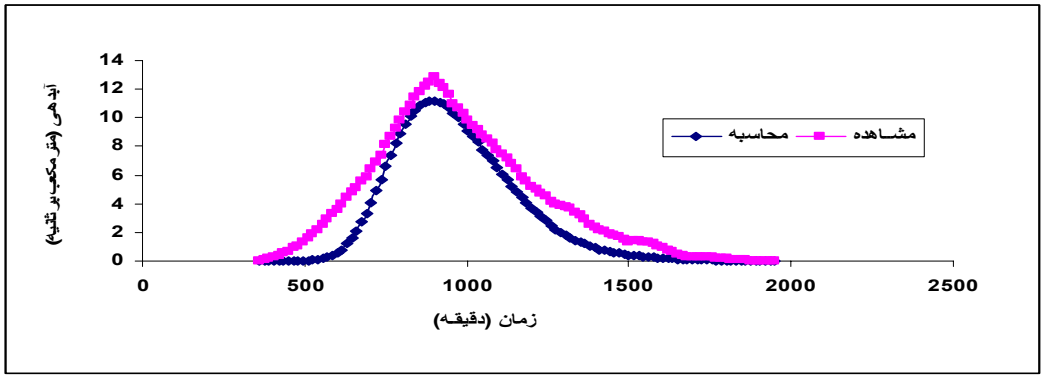
تاریخ و ساعت شروع سیل همزمان	تاریخ و ساع پایان سیل همزمان	تداوم سیل (ساعت)	دبی اوج (m^3/s)
۶۳/۸/۲۴	۶۳/۸/۲۴	۲۲	۲۶/۹۱
۰۲:۰۰	۲۴:۰۰		
۷۳/۹/۴	۷۳/۹/۵	۴۲	۴۷/۵
۰۴:۰۰	۲۲:۰۰		
۶۹/۱۲/۱۵	۶۹/۱۲/۱۵	۱۲	۵۳
۰۲:۰۰	۱۴:۰۰		
۵۹/۱۰/۲۲	۵۹/۱۰/۲۴	۲۴	۶۶/۶
۰۰:۰۰	۲۴:۰۰		
۷۰/۱۲/۶	۷۰/۱۲/۶	۲۴	۶۲/۹
۰۰:۰۰	۲۴:۰۰		
۶۰/۱۰/۲۷	۶۰/۱۰/۲۷	۲۲	۶۸/۵
۰۲:۰۰	۲۴:۰۰		
۷۰/۱۱/۱	۷۰/۱۱/۲	۱۴	۳۳/۷۸
۱۶:۰۰	۰۶:۰۰		
۸۰/۹/۱۱	۸۰/۹/۱۱	۲۰	۱۳
۰۲:۰۰	۲۲:۰۰		
۷۲/۱۰/۱۵	۷۲/۱۰/۱۵	۲۲	۳۳/۰۳
۰۲:۰۰	۲۴:۰۰		
۷۴/۲/۳	۷۴/۲/۳	۲۲	۱۷/۳
۰۲:۰۰	۲۴:۰۰		
۷۰/۱۰/۱۲	۷۰/۱۰/۱۳	۱۰	۴۶/۹۶
۰۲:۰۰	۱۲:۰۰		
۷۲/۱۲/۲۱	۷۲/۱۲/۲۱	۱۸	۲۹/۲
۰۶:۰۰	۲۴:۰۰		

جدول ۲- نتایج نهایی بهینه سازی حوضه آبریز ابوالعباس با دو روش مختلف هیدروگراف واحد و مدل تلفات شماره منحنی SCS

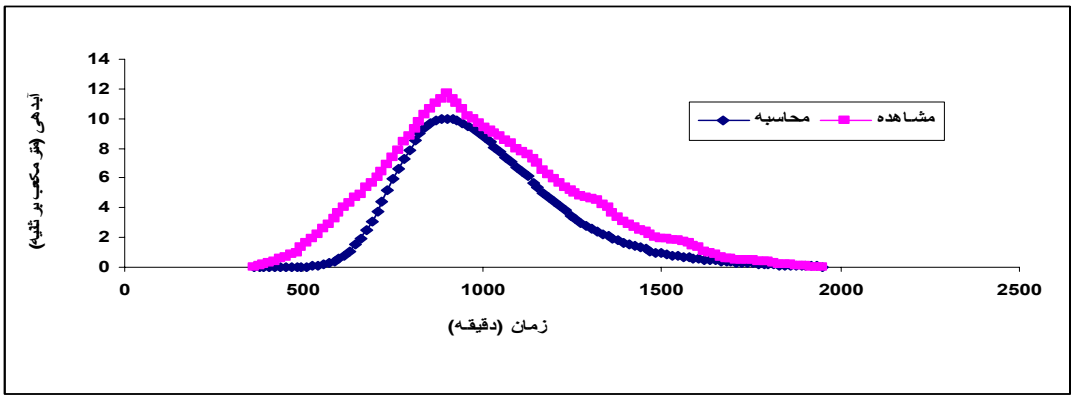
SCS			اشنایدر			
زمان تأخیر(min)	تلفات اولیه (mm)	شماره منحنی	زمان تأخیر (hr)	ضریب C_p	تلفات اولیه (mm)	شماره منحنی
۲۱۹/۴۸	۸/۱	۴۴/۵۱۷	۳/۹۵۲	۰/۶۶۳	۸/۳۲	۴۵/۵۲۵

جدول ۳- نتایج نهایی بهینه سازی حوضه آبریز ابوالعباس با دو روش مختلف هیدروگراف واحد و مدل تلفات اولیه-پیوسته

SCS			اشنایدر			
زمان تأخیر (min)	تلفات اولیه(mm)	نرخ ثابت تلفات (mm/hr)	زمان تأخیر(hr)	ضریب C_p	تلفات اولیه (mm)	نرخ ثابت تلفات (mm/hr)
۲۷۱/۲۷	۱۱/۵۶	۹/۱۹	۴/۳۰۲	۰/۵۷۹	۱۰/۳۶۹	۸/۸۱۶



شکل ۳- مقایسه هیدروگراف سیل مشاهداتی و محاسباتی در تاریخ ۸۲/۱۱/۱۷ با روش هیدروگراف واحد SCS و مدل تلفات شماره منحنی SCS در مرحله ارزیابی مدل



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف سیل مشاهداتی و محاسباتی در تاریخ ۸۲/۱۱/۱۷ با روش هیدروگراف واحد اشنایدر و مدل تلفات شماره منحنی SCS در مرحله ارزیابی مدل

در این قسمت با یک سری اطلاعات جدید، مستقل از اطلاعات استفاده شده در مرحله واسنجی، شبیه سازی جریان انجام می‌شود. بدین صورت که متوسط پارامترهای بدست آمده در مرحله واسنجی را به رگبارهایی که در مرحله واسنجی استفاده نشدند و از نظر رطوبتی شرایط مشابه با رگبارهای واسنجی شده دارند، به مدل داده می‌شوند. سپس با دادن منحنی بارش تجمعی به مدل و طی کردن فرآیند اجرایی، هیدروگراف پیش بینی سیل را بدست می‌آوریم. میزان نزدیکی جریان محاسباتی به جریان مشاهداتی حاکی از معتبر بودن مدل است. که برای این بخش از سه سیلاب استفاده شد. ضمن اینکه در این تعداد سیل فوق که هیدروگراف مشاهداتی نیز داشتیم با

مقایسه آن با هیدروگراف بدست آمده از مـدل، بـه ارزیـابی مـدل در حوضه آبریز مورد مطالعه پرداخته شد. جدول ۴ مشخـصات سـیلهای مورد استفاده برای پیش بینی سـیلاب در حوضـه آبریـز ابوالعبـاس را نشان می‌دهد.

جداول ۵ تا ۸، مقایسه بین آبدهی پیک و زمان رسیدن به نقطه اوج را برای هیدروگراف مشاهده ای و محاسبه شده در ارزیابی مدل، نشان می‌دهد. همچنین به عنوان نمونه، هیدروگراف سیل مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حاصل از ارزیابی مدل، در تاریخ، ۸۲/۱۱/۱۷ با استفاده از مدل تلفات شماره منحنی و روش‌های هیدروگراف واحد SCS و اشنایدر در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- مشخصات سیلهای مورد استفاده برای پیش بینی سیلاب در حوضه آبریز ابوالعباس با استفاده از مدل ریاضی HEC-HMS

تداوم سیل(ساعت)	تاریخ وساعت پایان سیل	تاریخ و ساعت شروع سیل
۳۰	۷۳/۱۲/۵	۷۳/۱۲/۴
	۰۸:۰۰	۰۲:۰۰
۲۶	۸۲/۱۱/۱۸	۸۲/۱۱/۱۷
	۰۸:۰۰	۰۶:۰۰
۱۸	۷۱/۱۰/۱۸	۷۱/۱۰/۱۷
	۱۲:۰۰	۱۸:۰۰

جدول ۵- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در ارزیابی- روش هیدروگراف واحد SCS**، مدل تلفات شماره منحنی**

اختلاف زمان تا پیک(hr)	دبی مشاهده ای (m^3/s)	دبی محاسبه شده (m^3/s)	تاریخ وقوع رگبار
۰	۱۱/۷	۱۱/۲	۸۲/۱۱/۱۷
۰/۷۵	۶۰/۱	۶۵/۸	۷۳/۱۲/۴
۰	۳۱/۵	۳۳/۳	۷۱/۱۰/۱۷

جدول ۶- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در ارزیابی- روش هیدروگراف واحد اشنایدر، مدل تلفات شماره منحنی

اختلاف زمان تا پیک(hr)	دبی مشاهده ای (m^3/s)	دبی محاسبه شده (m^3/s)	تاریخ وقوع رگبار
۰	۱۱/۷	۱۰	۸۲/۱۱/۱۷
۰/۵	۶۰/۱	۵۹/۳	۷۳/۱۲/۴
۰	۳۱/۵	۳۰/۵	۷۱/۱۰/۱۷

جدول ۷- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در ارزیابی- روش هیدروگراف SCS مدل تلفات اولیه-پیوسته

اختلاف زمان تا پیک(hr)	دبی مشاهده ای (m^3/s)	دبی محاسبه شده (m^3/s)	تاریخ وقوع رگبار
۰/۵	۱۱/۷	۱۰/۵	۸۲/۱۱/۱۷
۰	۶۰/۱	۵۰/۸	۷۳/۱۲/۴
۱	۳۱/۵	۲۸/۸	۷۱/۱۰/۱۷

جدول ۸- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در ارزیابی روش هیدروگراف واحد اشنایدر، مدل تلفات اولیه-پیوسته

اختلاف زمان تا پیک(hr)	دبی مشاهده ای (m^3/s)	دبی محاسبه شده (m^3/s)	تاریخ وقوع رگبار
۱	۱۱/۷	۹/۳	۸۲/۱۱/۱۷
۰/۵	۶۰/۱	۵۳/۶	۷۳/۱۲/۴
۰/۵	۳۱/۵	۲۴/۱	۷۱/۱۰/۱۷

مقایسه آماری [1]

از آنجایی‌که هدف از واسنجی مدل ها، داشتن برآورد خوبی از دبی اوج، زمان رسیدن دبی اوج و شکل هیدروگراف سیل می‌باشد، ارزیابی مدل های انتخابی بر اساس دو معیار دبی اوج و زمان رسیدن به دبی اوج هیدروگراف سیل انجام شده است.

۱) ضریب همبستگی

شاخص ضریب همبستگی $\left(R^2\right)$، مشخص کننده میزان مناسب بودن برازش معادله رگرسیونی بین داده های مشاهداتی و محاسباتی می‌باشد. بهینه ترین مقدار R^2 برابر یک است که بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} X_{ip} X_{im}\right)}{\sum_{i=1}^{N} X_{ip}^2 X_{im}^2} \qquad (۴)$$

در معادله فوق، X_{ip} مقادیر پیش بینی شده و X_{im} مقادیر مشاهده شده می باشند.

۲) میانگین خطای نسبی

$$Rel.Error = \frac{q_s - q_{po}}{q_{po}} \qquad (۵)$$

$$MARE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |Rel.Error|}{n} \qquad (۶)$$

$Rel.Error$: خطای نسبی در هر برآورد (مقدار آن هر چقدر کمتر باشد، نشانه دقت بهتر مدل در برآورد می‌باشد).

q_s : مقدار محاسبه شده

q_{po}: مقدار مشاهده شده

n: تعداد واقعه

$MARE$: میانگین خطای نسبی در کل وقایع که مقدار آن هر چقدر کمتر باشد، نشانه دقت بهتر مدل در برآورد می‌باشد(مندن هال [2] و همکاران، ۱۹۹۰).

۳) متوسط جذر میانگین مربع خطاها

این معیار جهت ارزیابی دبی های هم عرض هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در دو مرحله واسنجی و صحت سنجی بکار

1. Statistical Comparison

2 . Mendenhall et al.

می‌رود. مقدار بهینه این شاخص صفر می‌باشد. این معیار بصورت معادله زیر تعریف می‌شود:

$$RMSE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(Q_{oij}-Qsij\right)^{2}}{n}\right]^{1/2} \quad (۷)$$

$Qoij$ و $Qsij$ به ترتیب دبی مشاهداتی و محاسباتی در زمان j ام در رخداد سیل iام، n_i تعداد فاصله زمانی محاسباتی در رخداد iام و N تعداد هیدروگراف سیل مدلسازی شده می‌باشد. در جداول ۹ تا ۱۲، نتایج حاصل از خطای نسبی دبی اوج، متوسط جذر میانگین مربع خطاها، خطای نسبی در زمان رسیدن به دبی پیک سیلاب و ضریب همبستگی در دو روش هیدروگراف واحد و دو مدل تلفات، در مرحله ارزیابی مدل، آورده شده است.

جدول ۹- مقادیرخطای نسبی دبی اوج در دو روش هیدروگراف واحد، در مرحله ارزیابی

تاریخ وقوع سیلاب	مدل های تلفات			
	تلفات شماره منحنی		تلفات اولیه-پیوسته	
	روش SCS	روش اشنایدر	روش SCS	روش اشنایدر
۸۲/۱۱/۱۷	۰/۰۴۲	۰/۱۴۵	۰/۱۰۲	۰/۲۰۵
۷۳/۱۲/۴	۰/۰۹۴	۰/۰۱۳	۰/۱۵۴	۰/۱۰۸
۷۱/۱۰/۱۷	۰/۰۵۷	۰/۰۳۱	۰/۰۸۵	۰/۲۳۴
MARE	۰/۰۶۴	۰/۰۶۳	۰/۱۱	۰/۱۸۲

جدول ۱۰- مقادیر متوسط جذر میانگین مربع خطاها دردو روش هیدروگراف واحد، در مرحله ارزیابی

تاریخ وقوع سیلاب	مدل های تلفات			
	تلفات شماره منحنی		تلفات اولیه-پیوسته	
	روش SCS	روش اشنایدر	روش SCS	روش اشنایدر
۸۲/۱۱/۱۷	۱/۵۶	۱/۴۱	۲/۲۳	۱/۵۸
۷۳/۱۲/۴	۶/۴۳	۶/۵۸	۲/۶۳	۴/۸۱
۷۱/۱۰/۱۷	۲/۰۹	۱/۴	۳/۸۶	۴/۷۳
RMSE	۳/۳۶	۳/۱۳	۲/۹	۳/۷

جدول ۱۱- میزان خطای نسبی در زمان رسیدن به دبی پیک سیلاب، در دو روش هیدروگراف واحد، در مرحله ارزیابی

تاریخ وقوع سیلاب	مدل های تلفات			
	تلفات شماره منحنی		تلفات اولیه-پیوسته	
	روش SCS	روش اشنایدر	روش SCS	روش اشنایدر
۸۲/۱۱/۱۷	۰	۰	۰/۰۳۳	۰/۰۶۶
۷۳/۱۲/۴	۰/۰۴۶	۰/۰۳۱۲	۰	۰/۰۳۱
۷۱/۱۰/۱۷	۰	۰	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲
MARE	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۳۹

جدول ۱۲- نتایج میزان ضریب همبستگی (R^2) در دو روش هیدروگراف واحد، در مرحله ارزیابی

تاریخ وقوع سیلاب	مدل های تلفات			
	تلفات شماره منحنی		تلفات اولیه-پیوسته	
	روش SCS	روش اشنایدر	روش SCS	روش اشنایدر
۸۲/۱۱/۱۷	۰/۹۲۷	۰/۹۴۸۱	۰/۸۵	۰/۸۶۹
۷۳/۱۲/۴	۰/۹۵۲	۰/۹۰۸	۰/۹۷۹	۰/۹۱۶
۷۱/۱۰/۱۷	۰/۹۸۱	۰/۹۹۲	۰/۸۴۱	۰/۷۸۱
میانگین	۰/۹۵۳	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۵

نتیجه‌گیری

دو مدل تلفات اولیه- پیوسته و SCS، با استفاده از داده‌های بارش-رواناب موجود در حوضه ابوالعباس به مساحت ۲۸۴/۳ کیلومتر مربع، مورد مقایسه قرار گرفت. دو مدل تلفات اولیه- پیوسته و SCS با استفاده از مدل‌های رواناب مستقیم هیدروگراف واحد SCS و اشنایدر، جهت شبیه سازی ۱۵ رخداد بکار گرفته شد. مدل‌ها، با استفاده از تابع هدف ریشه مجموع متوسط وزنی خطاهای اوج، واسنجی شدند. مقایسه نتایج واسنجی و صحت سنجی به شرح ذیل می‌باشد:

با توجه به اینکه شماره منحنی درحوضه آبریز رودخانه ابوالعباس حدوداً ۴۵/۵-۴۴/۵ می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که حوضه آبریزابوالعباس، در مجموع یک حوضه نفوذ پذیر می‌باشد.

مقایسه بین متوسط مقدار ضریب همبستگی هیدروگرافهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در ارزیابی مدل، نشان داد که این ضریب در مدل تلفات شماره منحنی، در دو روش هیدروگراف واحد، دارای بالاترین مقدار می‌باشد.

نتایج حاصل از میانگین خطای نسبی (MARE) دبی اوج و زمان رسیدن به دبی پیک سیلاب در ارزیابی مدل، نشان داد که بهترین برآورد دبی اوج و زمان رسیدن به دبی اوج، در مدل تلفات شماره منحنی، روش هیدروگراف واحد اشنایدر و در مدل تلفات اولیه- پیوسته روش هیدروگراف واحد SCS می باشد. بنابراین در پروژه‌هایی که هدف، برآورد دبی اوج است، روش های مذکور دقیقتر می‌باشند.

مقایسه بین مقادیر متوسط جذر میانگین مربع خطاها (RMSE) در مرحله ارزیابی مدل، نشان داد که در مدل تلفات شماره منحنی، روش هیدروگراف واحد اشنایدر و در مدل تلفات اولیه- پیوسته، روش هیدروگراف واحد SCS، دارای کمترین میزان خطا می‌باشند.

در نهایت، رخدادهایی که با مدل تلفات شماره منحنی SCS و مدل رواناب مستقیم اشنایدر، شبیه سازی شده اند، بهترین برازش را با شرایط واقعی دارا می‌باشند.

منابع

۱. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ هجدهم.

2. Amit Karki, B. E. 2007. Parameters for the Green-Ampt loss-rete function for select Texas watershed. M.Sc.Thesis,Texas Tech University.

3. Agirre, U. and M. Goni. 2005. Application of unit hydrograph based on sub watershed division and comparison with Nash' instantaneous unit hydrograph. Department of projects and Rural Engineering, Catena, 321-332.

4. Bedient, P. B. and W. C. Huber. 1992. Hydrology and floodplain analysis. Addison- Wesley, Handbook Co., New York.

5. Bhunya, P. K., Berndtsson, R. R., Ojha,C. S. P. and S. K. Mishra. 2007. Suitability of Gamma, Chi-Weibull and Beta distribution as synthetic unit hydrographs. Journal of Hydrology, 334: 28-38.

6. Daniil, E. I. 2005. Hydrologic modeling for the determination of design discharge in ungaged basin. Global NEST. Journal, 7(3): 295-305.

7. Juraj, M., Cunderlik and Slobodan p,. simonovic,. 2004. Calibration, verification, and sensitivity analysis of the HEC-HMS hydrologic Model. CFCAS project: Assessment of water resources risk and vulnerability to changine climatic Conditions.

8. Kulkarni, A. A. and S. P. Aggarwal. 2004. Estimation of surface runoff using rainfall-runoff modeling of Warasgaon Dam catchment. India Institute of Remote Sensing, 4, Kalidas Road, Dehradun. Map India Conference.

9. Michal, j. 2007. Rainfall-runoff modeling in small and middle-large catchments-an overview. Geografic-sbornik CGS, 111, s. 305-313. ISSN: 1212-0014.

10. Mendenhall, w. Wacjerly, D. D. and R. L. Scheaffer. 1990. Mathematical statistics with applications. Pws-Kent.

11. US Army Corps of Engineers. 2000. Hydrologic modeling system HEC-HMS: Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, U.S.A.

12. Tsanis, I. K. Koutroulis, A. G. and I. G. Koutsogiannaki. 2005. Simulation of the 1994 flood event in GIOFYROS poorly gauged basin in crete. International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes Island,Greece.

13. Rozi, A. and Gh. Aminuddinab. 1995. Calibration of the soil conservation services (SCS) method in Peninsular Malaysia using Sungai Tasoh Catchment, Negeri Perlis. International Conference on Managine River in the 21 Century: Issues and Challenges.

14. Wikerson, J. 2009. Regional regression equation to estimate synthetic unit hydrograph parameters for Indiana. In partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Civil Engineering, Purdue University.

15. Xia Feng, L. 2009. Simulation of the upper Wiamakariri River catchment by observed rain and radar reflectivity. M.Sc.Thesis, Lincoln University.