مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره نه، آذر ماه ۱۴۰۲ (۱۵۷-۱۴۵)

مطالعه عددی کارایی روش‌های بدون‌بعد در تعیین وضعیت سیلاب

(مطالعه موردی : ایستگاه آستانه–کوچصفهان از رودخانه سفیدرود)

یاسین ابراهیم دوست[۱]

علیرضا مردوخ پور[۲*]

Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۲۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف : باران یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که در سیکل هیدرولوژی دخالت دارد. درصد زیادی از حجم بارندگی در مناطق مختلف تحت تاثیر عواملی چون تشکیلات و ساختار زمین شناسی، پوشش گیاهی، شیب زمین و شکل حوضه به رواناب سطحی تبدیل می‌شود. سیلاب نیز نتیجه رواناب ناشی از بارندگی‌های شدید با ذوب ناگهانی برف است. در حوضه‌های آبریز، اندازه‌گیری تمام کمیت‌های مورد نیاز برای تحلیل رواناب میسر نمی‌باشد لذا انتخاب مدلی که بتواند در عین سادگی ساختار و با استفاده از حداقل عوامل، رواناب حاصل از بارندگی را به‌طور قابل‌قبولی پیش‌بینی کند امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

روش بررسی: در این مطالعه با استفاده از شبیه‌سازی تبدیلات بارش به سیلاب در یک دوره طولانی‌مدت آماری حدوداً ۲۰ ساله بین بازه زمانی ۲۳ ژانویه ۲۰۰۰ تا ۲۳ سپتامبر ۲۰۲۱ میلادی در حوضه آبریز آستانه-کوچصفهان با نرم‌افزار HEC-HMS، از اهداف اساسی اثر انتخاب نوع هیدروگراف‌های تبدیل جریان، بر مقدار خطای محاسباتی برآورد سیلاب بررسی شد. با تحلیل نتایج مشخص شد که هر یک از روش‌های تبدیل جریانات سطحی تحت‌عناوین شناخته‌شده و پرکاربرد Synder, Clarck, SCS دارای محدودیت‌ها، ضعف‌ها و قوت‌هایی می‌باشند. روش SCS به‌عنوان شناخته‌شده‌ترین روش، با توجه به محدودیت کمتر آن در مدل‌های با مقیاس متعارف محلی در حدود حوضه‌های آبریز درجه سوم، نشان داد که خطای حاصل از آن، کمتر از موارد دیگر بوده است

یافته‌ها: در این مطالعه بر خلاف روش SCS که در آن به رقم خطا به‌صورت تابع نش به مقدار ۰/۵۴۰ و RMSE به مقدار ۰/۷ و هم‌چنین درصد انحراف با رقم ۲۸/۰۱ اشاره شده، برای روش کلارک تابع نش به مقدار ۰/۵۳۳ و RMSE به مقدار ۰/۷ و هم‌چنین درصد انحراف با رقم ۲۹/۷۱ می‌باشد. هم‌چنین در روش اشنایدر نیز تابع نش به مقدار ۰/۴۷۷ و RMSE به مقدار ۰/۷ و هم‌چنین درصد انحراف با رقم ۳۴/۲۵ می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری: محاسبات از نظر خطاسنجی موید آن است که یکی از بهترین ملاک‌های مشاهده اختلاف نمی‌تواند RMSE باشد. با انجام مرحله صحت‌سنجی، مقدار خطای اولیه بر روی مجموعه به‌صورت معناداری کاسته شد. این مقدار در طول دروه بلند مدت ۲۰ ساله

۱- کارشناس ارشد گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.

۲- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

برای تابع نش به رقم ۰/۵۹۵ رسید. درستی مدل در مرحله واسنجی برای کاهش خطا، تایید همین مطلب است که لزوماً انتخاب یک نوع از هیدروگراف برای محدوده نمی‌تواند به کاهش عمده خطای شبیه‌سازی منجر شود. با این حال نوع هیدروگراف تبدیل اختیار کرده، بر کاهش خطا در مرحله واسنجی تا حد چشم‌گیری موثر است.

واژه‌های کلیدی: روش بدون‌بعد، سیلاب، دبی بیشینه، زمان اوج، شکل هیدگراف، نرم افزار HEC-HMS.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.9, December, 2023

Numerical study of the efficiency of dimensionless methods in determining flood status
(Case study: Astaneh-Koochesfahan station, Sefidrood river)

Yasin Ebrahidoust [1]
Alireza Mardookhpour [2 *]
Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir

Admission Date: May 8, 2021 Date Received: March 16, 2021

Abstract

Background and Objective: Rain is one of the most important parameters in the hydrological cycle. A large percentage of rainfall in different areas under the influence of factors such as geological structure and structure, vegetation, land slope and the shape of the basin becomes surface runoff. Floods are also the result of runoff caused by heavy rains with sudden melting of snow. In catchments, it is not possible to measure all the quantities required for runoff analysis, so it is necessary to choose a model that can easily predict the runoff from rainfall while using simple structure and minimal factors. arrives

Material and Methodology: In this study, using simulation of rainfall to flood conversions in a long statistical period of about 20 years between January 23, 2000 to September 23, 2021 in the Astana-Kuchesfahan catchment with HEC-HMS software, one of the objectives The effect of selecting the type of flow conversion hydrographs on the amount of computational error in flooding was investigated.

Findings: In this study, unlike the SCS method, in which the error digit as a Nash function is 0.540 and the RMSE is 0.7 as well as the deviation percentage with a digit of 28.01, for the Clark method the Nash function is The value is 0.533 and RMSE is 0.7 and also the percentage of deviation is 29.71. Also in Schneider method, Nash function is 0.477 and RMSE is 0.7 and also the percentage of deviation is 34.25.

Discussion and conclusion: This calculation also confirms in terms of error measurement that one of the best criteria for observing the difference can not be RMSE. By performing the validation step, the amount of initial error on the set was significantly reduced. This value reached 0.595 during the long 20-year period for the Nash function. Also, for all the elements in the model, the flow volume and discharge at the moment of the peak event improved significantly. The correctness of the model in the calibration step to reduce the error confirms that selecting one type of hydrograph for the range does not necessarily lead to a significant reduction in the simulation error. However, the converted hydrograph type is significantly effective in reducing the calibration error.

Keywords: dimensionless method, flood, maximum flow, peak time, hydrograph shape, HEC-HMS software.

1- M.Sc. of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad Univeristy, Lahijan, Iran.
2- Assistant Professor of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad Univeristy, Lahijan, Iran
*(*Corresponding Author*)

مقدمه

باران یکی از مهم‌ترین پارامتر هایی اســـت که در ســـیکل هیدرولوژی دخالت دارد. درصـــد زیادی از حجم بازندگی در مناطق مختلف تحت تأثیر عواملی چون تشـــکیلات و ســـاختار زمین شنا سی، پو شش گیاهی، شیب زمین و شکل حو ضه به رواناب سطحی تبدیل می شود(۱). از طرفی رواناب سطحی یکی از مهم ترین اجزاء چرخه هیدرولوژیکی و در عین حال به وجود آورنده جریان رودخانه ای و یکی از مهمترین منابع آبی است که برای مصـــارف کشـــاورزی، صـــنعتی و آشـــامیدنی حایز اهمیت می‌باشـــد. از این رو پایه و مبنای بســـیاری از پروژه‌های آبی از قبیل پروژه‌های تامین آب مصـــرفی شـــهری و صـــنعتی، طراحی مخازن سدها، کنترل سیلاب ها، زهک شی شهرها و جاده ها و پروژه های تامین آب مورد نیاز کشاورزی روانآب سطحی ا ست. (۲) همچنین ســـیلاب نیز نتیجه رواناب ناشـــی از بارندگی های شـــدید با ذوب ناگهانی برف اســـت که دخالت نابجای انســـان در اکوســـیســـتم موجـب بهم زدن تعـادل هیـدرولوژیـک آبریز می‌گردد(۳).

آموتا و پر شـــلوان (۲۰۰۹) مدل CN-SGS را برای محاســـبه رواناب خروجی در زیر حوضـــه مالاترا در هند به کار بردند و مشاهده کردند که این مدل نتایج مناسبی در بر دارد(۵).

سولیس و همکاران (۲۰۰۹) به‌منظور بررسی کارایی مدل CN-SGS در یک حوضه آبریز واقع در نواحی با آب و هوای نیمه خشک مدیترانه ای در کشور یونان به تجزیه و تحلیل رواناب پرداختند. آن¬ها برای بدست آوردن اطلاعات مربوط به پوشش زمین و اطلاعات توپوگرافی از روش حساسیت جزئی و GIS استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان دادند که رابطه مناسبی بین مقادیر CN حاصله از رواناب و عمق بارش وجود دارد(۶).

حسینی و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی با عنوان پیش بینی سیلاب‌های تاریخی رودخانه کشکان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HMS-HEC را انجام دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل HMS- HEC دارای کارآیی بالایی در شبیه سازی رواناب روزانه طی دوره ترسالی و همچنین در حداکثر دبی لحظه ای سیلاب به ازای دوره بازگشت های کمتر از ۳۰۰ سال را دارد. لذا به خوبی می توان از این مدل هیدرولوژیکی در شبیه سازی رواناب روزانه و حداکثر دبی لحظه ای سیلاب به ازای دوره بازگشت های کوچک در حوضه مورد مطالعه استفاده نمود (۷).

مزیدی و همکار (۱۳۹۴) در پژوهشـی به شـبیه سـازی بارش" رواناب و تخمین سیل در حو ضـــــــه آبریز خرم آباد با مدل HEC-HMS پرداخته اند. آنها دریافتند که می توان به کمک این مدل، رواناب حوضه را با دقت بالا پیش¬بینی نمود(۸).

حصادی و همکاران (۱۳۹۵) به بر رسی سیلاب حو ضه ناودار به وسـیله مدل هیدرولوژیکی HMS-HEC در اسـتان کرمانشـاه پرداختند. نتایج حاصـل از شـبیه سـازی چهار واقعه و مقایسـه هیدروگراف های مشاهداتی و کالیبره شده نشان داد که مدل با همبسـتگی بیش از ۳۹ درصـد در محاسـبه حجم و بیش از ۳۱ در صد در محا سبه دبی، می تواند در شبیه سازی بارش رواناب حوضه با دقت بالایی عمل کند(۹).

حسین زاده و همکار (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان مدل سازی هیدرولوژیکی حوضه آبریز قوچک رودک با استفاده از مدل به این نتیجه رسید که نتایج مدل حوضه مورد مطالعه از کارایی بالایی برخوردار نیست زیرا اختلاف بین دبی اوج مشاهداتی و محاسباتی بیش از ۲۰ درصد است(۱۰).

داریان و همکاران (۲۰۱۶)، به منظور شبیه سازی سیلاب در حوضه آجی چای از مدل HMS-HEC استفاده کردند. آنها همچنین مدل حوضه را از الحاقیه ی , HEC-GEO-HMS ترسیم نمودند. در ادامه برای واسنجی مدل علاوه بر دو روش موجود در نرم افزار شامل روش های نلدر مید((NM) و تک متغیره (UG)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک اقدام به یک مدل خودکار نمودند که نتایج این مطالعه بیانگر دقت بالاتر روش مذکور نسبت به دو روش مرسوم بود(۱۱).

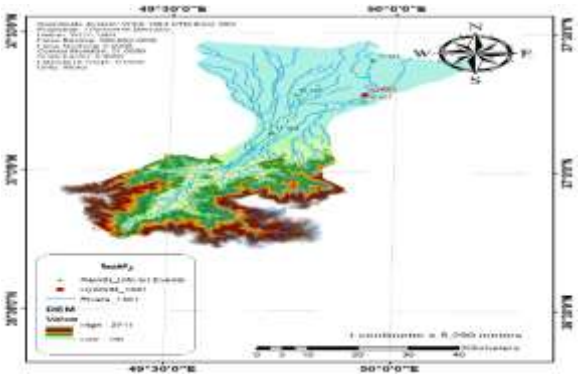
م صطفی زاده و همکاران (۲۰۱۷) به آنالیز سناریو ساخت سد اصـــلاحی با اســـتفاده از تکنیک تصـــمیم گیری چند معیاره (MCDM) در حوضـــه آبخیز جعفر آباد اســـتان گلســـتان پرداخته‌اند. براســـاس توزیع فضـــایی، تعداد و ارتفاع ســـدهای ا صلاحی، ه شت سناریو مدیریت سازه ای تو سعه داده شد که برای هر ســـناریو، هیدروگراف ســـیلاب برای دوره های مختلف بازگ شت با ا ستفاده از مدل HEC-HMS شبیه سازی شده

اســـت. برای پیش بینی تأثیرات اجرای ســـناریوهای مدیریتی، برخی از شاخص های هیدرولوژیکی و اقتصادی برای هر سناریو مدیریتی تعیین شد. برای انتخاب بهترین سناریوهای مدیریتی از روش MCDM استفاده شد. نتایج نشان می دهد که سناریو هفتم (افزایش تعداد ســـدهای اصـــلاحی از ۵۸ به ۶۹) بهترین ســـناریو مدیریت از منظر هیدرولوژیک اســـت. علاوه بر این، بهترین ســـناریوهای مدیریتی از منظر اقتصـــادی به ترتیب سناریو۱(شرایط فعلی) و سناریو ۵ (فقط با ۱۵ سد اصلاحی در بالادست زیرحوضه) هستند(۱۲). اهداف مورد نظر از انجام این تحقیق، به تفکیک و به صورت گام به گام به شرح زیر تشریح می گردد که روش های بی بعد درخصوص برآورد میزان رواناب یک حوضه با استفاده از تحلیل ابعادی و روش هیدروگراف واحد بوده که با تلفیق تحلیل ابعادی با روش SCS نیز ارائه می شود. همچنین کارایی روشهای بی بدون در سیلاب در دوره بازگشت سیل مختلف مورد بررسی می باشد تا بتوان میزان کاربرد روابط بدون بعد در تخمین پارامتر های یک حوضه درک کرد.

مواد و روش ها

اطلاعات کلی منطقه

شناخت دقیق وضعیت منابع آبی در رخداد¬های سیلاب هر ناحیه جز با داشتن آمار و اطلاعات صحیح و کافی از آن منطقه میسر نیست. بررسی عوامل هواشناسی نظیر درجه حرارت، بارش، تبخیر می تواند در تخمین و ارزیابی پتانسیل های آبی منطقه نقش ارزشمندی داشته باشد. به خصوص در ارائه مدل-های ریاضی که در شرایط قیاسی قرار می گیرند. محدوده مطالعاتی آستانه – کوچصفهان با کد ۱۳۰۱ در پایاب سفیدرود بین سد تا دریا واقع شده که با مساحتی معادل ۲۵۸۲/۷ کیلومتر مربع رودخانه های دیسام، زیلکی، رشته رود و توتکابن، پایاب سفیدرود و دشت آستانه - کوچصفهان را در بر می گیرد. کد حوضه آبریز آن نیز ۱۳۰۱ می باشد.. از طرفی میزان بارندگی در ارتفاعات کمتر از نواحی ساحلی می باشد که دلیل آن وجود عامل رطوبتی دریای خزر است. با حرکت به سمت نواحی ساحلی میزان ریزش های جوی افزایش یافته و با حرکت به-سمت نواحی جنوب محدوده از میزان بارندگی به تدریج کاسته می شود. همچنین جریان سطحی ورودی به این محدودهٔ مطالعاتی در دوره درازمدت ۴۵ ساله معادل دبی خروجی ازمحدودهٔ ۱۳۱۱ و برابر ۱۲۶/۶۸۶ متر مکعب بر ثانیه و معادل ۳۹۹۵ میلیون متر مکعب می باشد. جریان سطحی خروجی از این محدودهٔ مطالعاتی به میزان ۱۱۶/۲ متر مکعب بر ثانیه در دوره زمانی مذکور برآورد شده که به دریای مازندران سرریز می شود. بیش ترین ارتفاع این محدوده مطالعاتی ۲۲۰۰ و کمترین آن ۲۲- می¬باشد. شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه را بر روی حوضه¬های آبریز درجه دوم کشور نمایش می-دهد(۱۳).



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

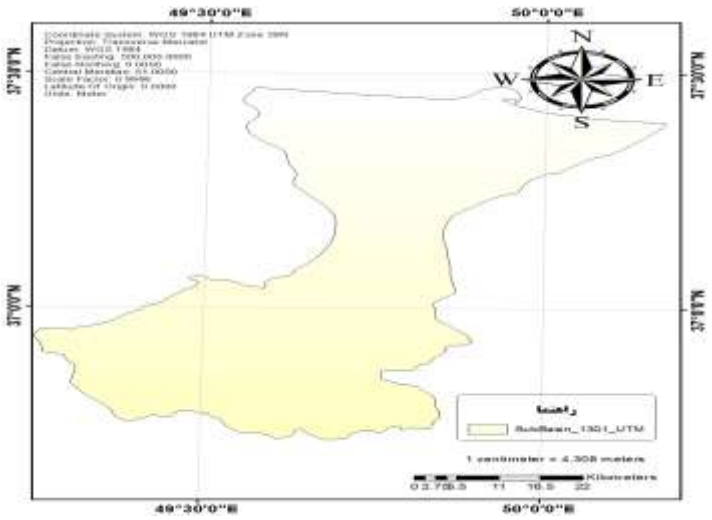
Figure 1. Location of the studied basin

تشریح مدل HEC-HMS

در این پژوهش از نرم افزار HEC-HMS جهت شبیه سازی جریان و استخراج مولفه های هیدروگراف استفاده شده است. این مدل قابلیت کالیبراسیون پارامترها را داشته و پس از اعتباریابی می تواند برای شبیه سازی جریان و پیش بینی اثر تغییر پارامترها به کار رود. در این مدل، مولفه های مختلفی برای شبیه¬سازی سیستم فیزیکی و در نهایت هیدروگراف خروجی حوضه ترکیب می شوند. سه مولفه اساسی این مدل شامل مدل حوزه، مدل هواشناسی و مشخصه های کنترل می باشد. خواص فیزیکی حوضه آبخیز، زیر حوضه ها، رودخانه ها و تأسیسات وابسته به آنها در مدل حوزه به نرم افزار معرفی میگردد و محاسبات مربوط به تعیین میزان تلفات، تبدیل بارش مازاد به رواناب، مقدار جریان پایه و شبیه¬سازی جریان در کانال ها و مخازن و روندیابی آنها نیز در مدل حوزه انجام می پذیرد. بنابراین در این پژوهش در بخش تلفات روش شماره منحنی SCS، در بخش تبدیل بارش به رواناب روش هیدروگراف واحد SCS و در بخش روندیابی روش ماسکینگام انتخاب شد (۱۵)(۱۶) . پارامترهای ورودی مدل HEC - HMS بر اساس روش انتخاب شده شامل شماره منحنی، تلفات اولیه و درصد اراضی نفوذناپذیر در محاسبه تلفات، زمان تأخیر در بخش تبدیل بارش به رواناب و ضرایب k و در روندیابی رودخانه می-باشد. شماره منحنی نشان دهنده پتانسیل رواناب حوضه بوده و نقشه شماره منحنی حوزه از تلفیق نقشه کاربری اراضی (مستخرج از تصاویر Google Earth)، نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک، نقشه اجزاء واحد اراضی خاک و تعیین وضعیت رطوبت پیشین رگبار تهیه شد (۱۴).

عملیات مربوط به پردازش عوارض زمین از الحاقی ArcHydro

این لایه ها و برخی دیگر از خروجی های مهم دستورات اخیر و دستورات مهم در ذیل آمده است.



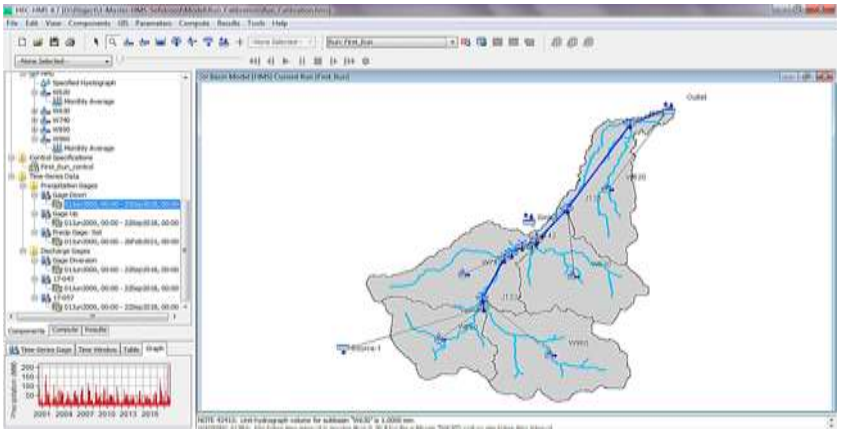
شکل۲ – زیرحوضه های تجمیع شده محدوده مطالعات

Figure 2. Integrated sub-basins of the study area

نتایج

اجرای مدل HEC-HMS

جهت اجرای نتایج در محیط نرم افزار HEC-HMS از نسخه ۴,۷ این مدل استفاده گردید. با انتخاب خروجی الحاقی HEC-Geo-HMS در HEC-HMS و انتخاب تصاویر شماتیک پس زمینه ای که در گام پیش ایجاد شده بود



شکل ۳- انتخاب مدل در HEC-HMS و نمایش المان های شماتیک

Fig 3. Model selection in HEC-HMS and display of schematic elements

بیلان جریان در محدوده زیر حوضه های آبریز

تاخیر در رخداد هر هیدروگراف اوج گرفته در بزرگترین مقدار خود، و یا تعجیل در هر مورد، می تواند به تغییر در مقدار تلفات جریان، سرعت انتشار سیل و در نتیجه تفاوت حجم سیلاب منجر شود. تفاوت روش های روندیابی سیل در نهایت با تصحیح ضرایب موجود به نتایج مشابهی منجر خواهد شد. با این حال شکل هیدروگراف انتخابی عملا بر دبی حاصل شده موثر خواهد بود. به این معنی که در مرحله واسنجی اگرچه خطای جریان تا حد بسیار زیادی کاسته می گردد، با این حال این خطا به خودی خود از بین نرفته و بر روی پارامترهای تخمین زده شده توزیع می-گردد. در مدل سازی های تداومی با توجه به آستانه تنش زمانی ۱ روزه، نوع صعود و فرود جریان کمتر مورد بررسی می باشد. اما همین امر عملا به ایجاد انحرافات محاسباتی منجر می گردد. بنابراین بدیهی است که تفاوت ضرایب تخمین زده شده در روش روندیابی ماسکینگام برای مدل های هیدروگرافی متفاوت، متعدد باشد. انتخاب روش تبدیل داده های بارش-رواناب در اجرای اولیه با کمترین خطا، به کاهش نامطمئنی یا بالابردن قابلیت اطمینان نتایج کمک خواهد کرد. جدول (۱) بیلان جریان در پنج حوضه آبریز نشان می دهد.

جدول۱ – بیلان جریان بارش در ۵ حوضه آبریز

Table 1 - Balance of rainfall flow in 5 catchments

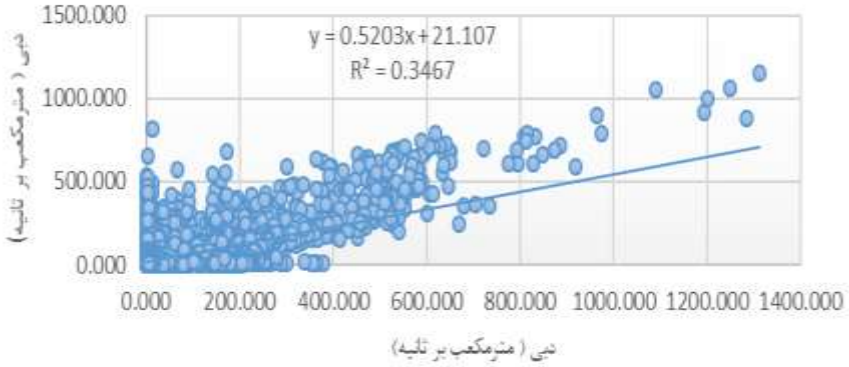
نام حوضه آبریز	بیلان جریان بارش در سال۲۰۰۱ (سانتی متر بر ثانیه)	بیلان جریان بارش در سال۲۰۱۰ (سانتی متر بر ثانیه)	بیلان جریان بارش در سال۲۰۱۸ (سانتی متر بر ثانیه)
۶۲۰	۲۵۰	۷۰	۲۵
۶۳۰	۲۵۵	۲۷	۲۵
۷۴۰	۲۵۳	۲۳	۲۰
۸۵۰	۱۹۰	۲۰	۱۸
۹۶۰	۳۰۰	۳۰	۲۶

واسنجی مدل HEC-HMS

به منظور انجام واسنجی مدل بارش-رواناب منطقه، در هر مورد از داده های تخمین سیلاب واقعه به وسیله هیدروگراف های مشاهداتی، المان های بالادستی نقطه واسنجی به عنوان پارامترهای بهینه سازی به مدل معرفی می شود. خروجی بهینه سازی با بازه تخمین معقول که توسط نرم افزار تعیین می شود، به نزدیکی بالای دبی مشاهداتی و محاسباتی انجامید. در این پژوهش از حداکثر داده های موجود برای اجرای واسنجی بهره گیری شد. در مجموع در یک گام وا سنجی صورت پذیرفت که در ادامه خروجی به صورت نمودار مقایسه ای هیدروگراف ها، نمودار مقدار خطای جریان، نمودار Residual جریان، نمودار کاهش خطا تابع هدف (خطای نش) و جدول نهایی خلاصه آماری معرف اوج جریان می باشد. واسنجی در این مرحله بر روی المان های بالادست نقطه منتخب صورت گرفته است. هر عنصری تا نقطه واسنجی مجاز به شرکت در این مرحله از واسنجی است. شرط اساسی، استفاده از ضرایب اولیه اجرا شده در مرحله پیش شبیه سازی در مدل صفر واسنجی حاضر است.

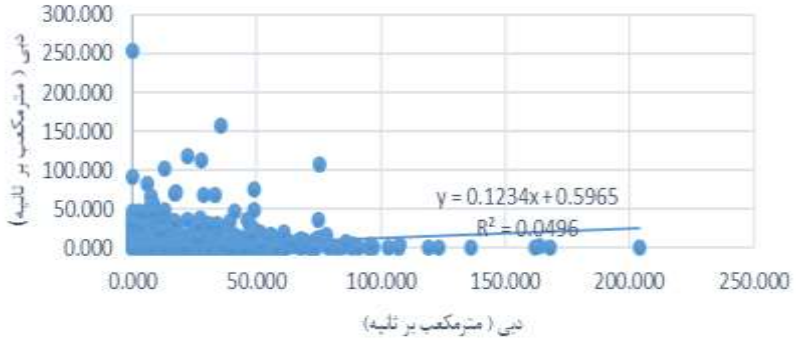
ساختار مدل جریان سطحی در نرم افزار HEC-HMS به صورتی است که برای تهیه ارقام بهینه پارامتری که منجر به خروجی تصحیح شده می شود، روند سلسله مراتبی داشته و تنها با تکمیل فرآیند واسنجی بالادستی، امکان اجرای مرحله بعدی وجود خواهد داشت.

اگرچه در مرحله واسنجی، انتظار کاهش خطا می تواند بیشتر از اعداد حاصل شده در این پژوهش باشد، اما در نسخه شماره ۴,۷ نرم افزار HEC-HMS و با توجه به رویکرد تداومی مدل سازی انتخاب شده در این مطالعه، برخی از پارامترهایی که کمترین اثر و حساسیت را در کاهش خطای واسنجی داشته اند، از روند محاسبات حذف گردیده اند. بنابراین صرفا با بهبود روندیابی سیلاب با روش ماسکینگام، مقدار تابع هدف مطابق با شکل (۴) تغییر کرد. تغییرات در این نمودار نشان می دهد که در گام هایی از تکرار ۵۰۰ تایی با آستانه تغییرات ۰/۰۰۰۱ مدل به ناهمگرایی رسیده است. حساسیت مدل موجود به تغییرات پارامتر روندیابی در این این نمودار قابل مشاهده است. بنابراین با انتخاب پارامترهای دیگر و آستانه کمتر امکان افزایش تابع نش با حساسیت بالاتر به همگرایی وجود علت شکل های (۵) و (۶) همبستگی اندک بین داده های هیدرومتری و باران سنجی را در محدوده مطالعه بین بالاترین و پایین ترین نقطه های مکانی نشان می دهد. اگرچه مقدار همبستگی بین داده های هیدرومتری اندکی بیشتر بوده است اما تفاوت فاحش می تواند به ناحیه انحراف جریان که بخشی از جریان سیلابی را از طریق دشت های حاصل خیز شمالی به سمت سواحل منتقل می کند مربوط باشد. تفاوت بارش منحصرا به تغییرات اقلیم در خود محدوده مرتبط است.



شکل ۴- ضریب تشخیص بین داده های دو ایستگاه هیدرومتری بالادست و پایین دست محدوده مطالعاتی

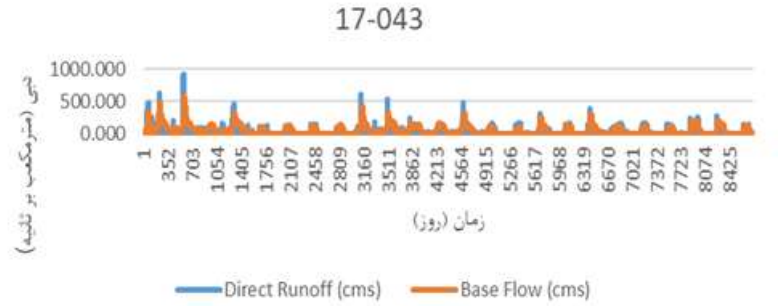
Figure 4. Detection coefficient between data of two upstream and downstream hydrometric stations



شکل ۵- ضریب تشخیص بین داده های دو ایستگاه بارش سنجی بالادست و پایین دست محدوده مطالعاتی

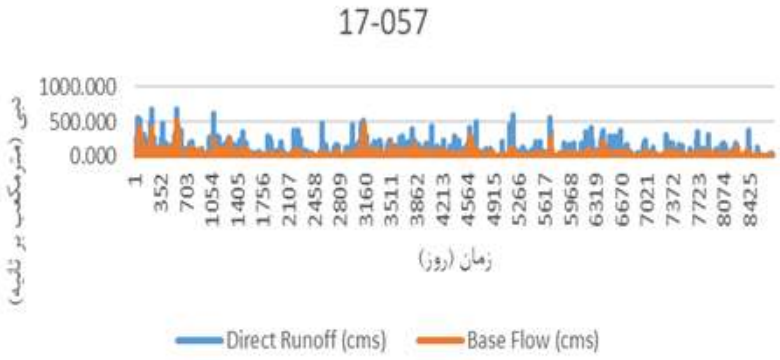
Figure 5. Detection coefficient between data of two upstream and downstream precipitation stations of the study area

در شکل های (۶) و (۷) مقدار دبی پایه از طریق روش WHAT ا ستخراج شده ا ست. در هیچ مورد همبستگی اندک بین داده های هیدرومتری که در بخش قبل به آن اشـــاره شـــد، در دو ایستگاه افزایش پیدا نکرد.



شکل ۶- استخراج دبی پایه به روش WHAT در ایستگاه هیدرومتری ۰۴۳-۱۷

Figure 6. Extraction of base flow by WHAT method in hydrometric station 043-17



شکل ۷- استخراج دبی پایه به روش WHAT در ایستگاه هیدرومتری ۰۵۷-۱۷

Fig 7. Extraction of base flow by WHAT method in hydrometric station 057-17

جدول ۲- مشخصات تفکیک جریان پایه در ایستگاه ۰۴۳-۱۷

Table 2. Basic current separation specifications in station 043-17

	Flow	Direct Runoff	Base Flow
Sum	۸۹۰/۶۶۷۶۷۷	۳۱۱/۲۳۵۹۳۴	۵۷۹/۴۳۱۷۴۳

جدول ۳- مشخصات تفکیک جریان پایه در ایستگاه ۰۵۷-۱۷

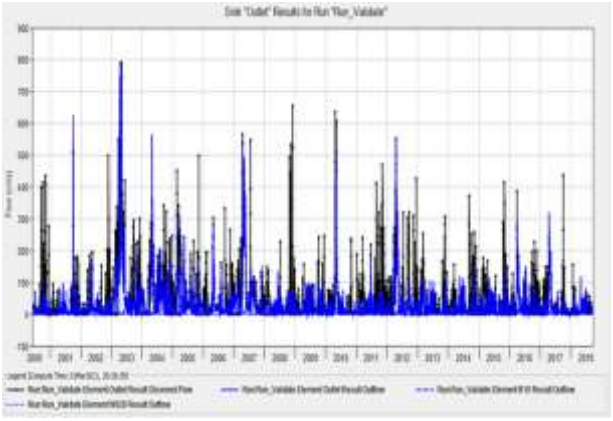
Table 3. Basic current separation specifications in station 057-17

	Flow	Direct Runoff	Base Flow
Sum	۰۰۶/۵۳۲۴۳۱	۳۰۴/۲۵۱۸۸۸	۷۰۲/۲۸۰۵۴۲

انتخاب نوع هیدروگراف تبدیل جریان، در بهترین حالت خود می تواند بخشی محدود از خطای اولیه جاری شده بر روی مدل را تعدیل کنید. این موضوع با مقایسه هیدروگراف های شناخته شده در بخش پیش قابل فهم بود. اما عمده دلیل رخداد خطا در مدل های بارش-رواناب یا جریانات سیلاب سطحی همچنان که در بخش اخیر نیز اشاره شد، از داده¬های اولیه و بخصوص داده¬های بارش ناشی می شود. در این پژوهش داده های بارش در یک مقیاس شمال به جنوب دارای تغییر زیادی بوده است. برای آنکه عدم قطعیت این تغییرات بر مقدار حوضه های میانی مدل اثر نگذارد، از سامانه ارائه آمار بارش ماهواره جهانی GPM ناسا در تهیه سری زمانی داده های بارش استفاده شد. این آمار با توجه به ایستگاه های زمینی واسنجی شده است. بنابراین کمترین خطا می تواند بر روی آمار بارش ماهواره در چنین مناطقی موجود باشد.با اجرای مدل بر اساس داده های زمینی بارش و همچنین داده ماهواره GPM، مشخص شد که کمترین خطای اجرای مدل بر اساس داده های ماهواره می باشد. بنابراین علی رغم کاهش خطا با تخمین صحیح مقدار جریان انحرافی به سمت دشت های حاصل خیز شمالی، باید ضعف داده های باران سنجی را نیز در این محدوده پذیرفت.

صحت سنجی

با توجه به آنکه در فرآیند مدل سازی، رقوم واقعی از جریان آب در اختیار بوده است، بنابراین انجام صحت سنجی بر اساس اعداد تخمین جریان در یک دوره ۲۵ در صدی از کل یازه زمانی مدل سازی (دوره انتهایی از ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱) میسر بود. در صورت برابری مقدار بارش که از روش مجزایی محاسبه گردیده است، با مقدار جریان خروجی محاسباتی مدل با ارقام تخمین هیدورگراف در همان دوره تناوب رخداد، می شود صحت مدل را حداقل در تخمین سیل های تداومی تایید کرد. مقدار خطا در دوره صحت یابی شاهد هیچ گونه افزایشی نبوده است. کوتاه تر بودن دوره صحت یابی می تواند علت برتری نتایج در این بررسی باشد.



شکل ۸- هیدروگراف های مشاهداتی و محاسباتی در مرحله صحت سنجی - ۱۱ ساله

Figure 8. Observational and computational hydrographs in the validation stage - 11 years

به عنوان یک خروجی مهم در محاسبات مدل سازی، می توان برای هر یک از عناصر مدل، مقدار اوج جریان، لحظه وقوع و حجم آن را بدست آورد. در این پژوهش با توجه به آنکه مقدار جریانات مشاهداتی توسط ضرایب متعدد تبدیل جریان نسبت به وقایع روی زمین تهیه شده است، فواصل عناصر تا حد بالایی از کمبود خطا مقدار درستی از جریانات را نشان می دهند. خلاصه آماری جدول زیر، بخصوص در خروجی حوضه، مقدار جریانی که یک مجموعه رخداد بارش به کانال توزیع جریان در پایین دست تحویل می دهد را ارائه خواهد داد. این خروجی به صورت سری زمانی نیز در مدل قابل دستیابی است. با انجام مرحله صحت سنجی، مقدار خطای اولیه بر روی مجموعه به صورت معنا داری کاسته شد. این مقدار در طول دروه بلند مدت ۲۰ ساله برای تابع نش به رقم ۰/۵۹۵ رسید. درستی مدل در مرحله واسنجی برای کاهش خطا با توجه به توضیحات ارائه شده در این فصل، تایید همین مطلب است که لزوما انتخاب یک نوع از هیدروگراف برای محدوده نمی¬تواند به کاهش عمده خطای شبیه سازی منجر شود. با این حال نوع هیدروگراف تبدیل اختیار کرده، بر کاهش خطا در مرحله واسنجی تا حد چشمگیری موثر است.

نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از شبیه سازی تبدیلات بارش به سیلاب در یک دوره بلند آماری حدودا ۲۰ ساله بین یازه زمانی ۲۳ ژانویه ۲۰۰۰ تا ۲۳ سپتامبر ۲۰۲۱ میلادی در حوضه آبریز آستانه-کوچصفهان با نرم افزار HEC-HMS، یکی از اهداف اساسی اثر انتخاب نوع هیدروگراف‌های تبدیل جریان، بر مقدار خطای محاسباتی در آورد سیلاب مرز بسته شده بررسی شد. با تحلیل نتایج مشخص شد که هر یک از روش های تبدیل جریانات سطحی دارای محدودیت ها، ضعف ها و قوت هایی می باشند که می توان آنها را به عنوان رگرسیون های محلی نیز برای این تبدیل قلمداد کرد، روش SCS به عنوان شناخته شده ترین روش، با توجه به محدودیت کمتر آن در مدل های با مقیاس متعارف محلی در حدود حوضه های آبریز درجه سوم، نشان داد که خطای بدست آمده کمتر از موارد دیگر بوده است. نتایج کلی عبارتند از :

۱- انتخاب صحیح رویکرد مدل سازی تداومی، نظیر روش تلفات SMA و... می تواند در اجرای درست مدل و کاهش خطای کلی موثر باشد.

۲- انتخاب نوع هیدروگراف محاسباتی بین روش های پرکاربرد تر SCS، کلارک و اشنایدر، نشان داد که روش SCS در مدل‌های منطقه ای زیرحوضه های درجه سوم جواب بهتری می دهد.

۳- نوع هیدروگراف انتخابی عملا به بهبود نتایج مرحله واسنجی با پاسخ بهتر به ضرایب روندیابی سیلاب منجر می شود.

۴- تفکیک دبی پایه با روش های پیشرفته نظیر WHAT لزوما نمی تواند به افزایش همبستگی بین داده های مشاهداتی در یک مدل تداومی کمک کند.

۵- تغییرات همگن ضرایب بهینه سازی درمرحله واسنجی، نمایش یک وابستگی همسان در سرتاسر حوضه به پارامترهای غیر قابل تدقیق نظیر دبی های هیدرومتری و بارش سنجی است.

۶- محاسبه دبی هایی که تحت عنوان انحراف از شبکه هیدروگرافی در فرایند جریانات سیلابی خارج می شوند، شرط ا سا سی کاهش خطای مدل ها فارق از نوع هیدروگراف منتخب در مدل است.

۷- بهترین ملاک خطا سنجی در محاسبات مدل سازی می تواند تابع نش برای بارش های تداومی بوده و همچنین تفاوت بین حجم و دبی اوج محاسباتی لزوما با خطاهای کلی اولیه قابل تشخیص نمی باشد.

References

1. Najmaei, M, 1990, Engineering Hydrology, First Edition, Tehran, University of Science and Technology Publications, pp. 85-89. (In Persian)
2. Rahnama, A, 1999, Estimation of surface runoff in Bashar watershed by CN method using GIS Master Thesis, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University. (In Persian)

3. Ziaei, H, 2001, Principles of Watershed Management Engineering, First Edition, Mashhad, Astan Quds Razavi Publications, pp. 350-347. (In Persian)
4. Amit K. 2007, Parameters for the Green-Ampt loss-rate function for Texas watersheds, M.S Thesis, Texas Tech University
5. Amutha, R., Porchelvan, P.2009, "Estimation of surface runoff in Mallattar Sub watershed using SCS method", J. Indian Soc, Vol. 37, pp. 291-304.
6. Soulis, K.X., Valiantzas, J.D., Dercas, N., Lonndra, P.A., 2009, "Analysis of the direct runoff generation mechanism for the investigation of the SCS-CN method applicability to a partial", Hydrol. Earth Syst. Sci. Vol. 6, pp. 373-400.
7. Hosseinzadeh, M., Imani, S., 2016. Hydrological modeling of Ghoochak-Rudak watershed using HEC-HMS model of earth knowledge research, seventh year, number 25, pages 43-31. (In Persian)
8. Hosseini, M; Biglou, M, Yamani, M, Zamin, F .2015. Prediction of historical floods of Kashan River using hydrological model -HEC HMS, Quantitative Geomorphological Research, Volume 4, Number 1. (In Persian)
9. Hesadi, H; Omidi, N, Masoudi, R, 2016. Investigation of Navadar Basin Flood by HEC - HMS Hydrological Model 3rd Scientific-Research Congress on Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran, Tehran. (In Persian)
10. 10-Moradi Nejad, M; Jorglami, M, Malekian, A. 2015. Investigating the efficiency of hydrological model in flood hydrograph simulation of forest watersheds; Case study: Khairud forest; Forests and wood products Iranian Journal of Natural Resources, No. 3, Volume 68, Page 626. (In Persian)
11. Mazidi, A., Kushki.S. .2015. Precipitation-runoff simulation and flood estimation in Khorramabad catchment with HEC-HMS model, Geography and Development, No. 41, (In Persian)
12. Mostafazadeh, R., Sadoddin, A., Bahremand, A. 2017. Scenario analysis of flood control structures using a multi-criteria decision-making technique in Northeast Iran. Nat Hazards 87, 1827–1846 (2017). (In Persian)
13. Gilan Regional Water Joint Stock Company,1399, Basic studies report of Sefidrood river. (In Persian)
14. Mirzaei, Sh, Ismaili, A, Mostafazadeh, R, Mirzaei, S. 1397. T Modeling the flow and determining the share of sub-basin participation in flood hydrography in the deep watershed of Ardabil, Journal of Natural Environment Hazards Volume 7, Number 18, pp. 89-108. (In Persian)
15. Mirzaei, Sh, Ismaili, A, Mostafa Zadeh, R, Mirzaei, S, 1397. Flood Hydrograph Simulation and its Analysis with Landscape Measurements in the Amouqin Ardabil Watershed, Journal of Echo Hydrology, Volume 5, Number 2, pp. 372-357. (In Persian)
16. Mostafazadeh, R, Saad al-Din, A, Bahramand, A; BardiSheikh, U; Nazarnejad, H. 2010, Evaluation of Hydrological Impacts of Jafarabad Watershed Management Project in Golestan Province Using HEC-HMS Model, Journal of Watershed Engineering and Management, Volume 2, Number 2, Page 83-93. (In Persian)
17. Texas Department of Transportation., 2011, "Hydraulic Design Manual", Section 11, Time of Concentration
18. Richard, C., Sorrell, P.E.2010, "Computing flood discharge for small

ungagged watershed", Michigan Department of Natural Resources and Environment Land and Water Management Division.p16.

19. Hawkins, R.H., 2008, Curve Number Hydrology state of the practice ", American Society of Civil Engineering, p23.