

# پیش بینی زمان واقعی سیلاب میان حوضه سدهای مسجدسلیمان و گتوند علیا با استفاده از مدل بارش رواناب (قبل و بعد از آبرگیری سد گتوند علیا)

محمد امین گندمی<sup>۱</sup>، حسین اسلامی<sup>۲</sup>

۱- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران (نویسنده مسوول)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۵

## چکیده

سد گتوند علیا آخرین سد از زنجیره سدهای حوضه کارون می باشد. علیرغم وجود سدهای متعدد در بالادست آن، حوضه میانی آن میان سدهای شهید عباسپور و گتوند علیا دارای آورد قابل ملاحظه ای است که تنها در مخزن این سد امکان جایگیری دارد. از آنجایی که این سد در بالادست شهرهای گتوند، شوشتر و اهواز قرار دارد، پیش بینی میزان سیلابهای ورودی به مخزن و جلوگیری از خسارت های این سیلاب اهمیت بسیاری دارد. سیلابهای این حوضه میانی بسیار ناگهانی و دارای پیک بالایی می باشد و کنترل و مدیریت آن اهمیت بالایی دارد. لذا اطلاع از میزان حجم سیلاب، پیش بینی زمان وقوع و مقدار پیک جهت برنامه ریزی و مدیریت سیلاب و پایین دست بسیار مورد نیاز می باشد. در این تحقیق قبل از آبرگیری سد گتوند علیا از آمار ساعتی دبی خروجی سیلابهای مختلف (خرداد ۸۰، آذر ۱۳۸۰، فروردین ۸۱، خرداد ۱۳۸۱) استفاده گردید و بعد از آبرگیری سد گتوند علیا برای سالهای اخیر از آمار سیلاب (آبان ۹۰، آذر ۹۱، دی ۹۲ و اسفند ۹۲) استفاده شد. بر این اساس با استفاده از مدل بارش رواناب HEC- HMS و روش اشنایدر اقدام به کالیبراسیون آمار رواناب بر میزان آمار بارش واقعی شد. با بررسی سیلابهای رخ داده میزان رواناب محاسباتی و مشاهداتی مقایسه گردید و بهترین پارامترها جهت نفوذپذیری اولیه و نهایی خاک و زمان تمرکز حوضه محاسبه گردید. زمان پیک هیدروگراف  $tp$ ، جهت این حوضه ۹٫۵ ساعت برآورد گردید. همچنین ضریب  $Cp$ ، نیز به طور متوسط ۰٫۵ تعیین گردید. لیکن ضریب  $constant$   $rate$  به طور متوسط ۵ می باشد. افت اولیه متفاوت و از ۰٫۵ تا ۲ میلیمتر متغیر بوده است. مقادیر ضرایب  $k_x$  محاسبه شده میان سدهای مسجدسلیمان و گتوند علیا ۰٫۰۵ و ۱۷ می باشد.

کلمات کلیدی: سد گتوند علیا، سد شهید عباسپور، HEC- HMS، بارش، رواناب

## مقدمه

این مخزن در اثر روانابهای ناشی از بارش می توان با برنامه ریزی صحیح از بروز خسارتهای احتمالی پیشگیری نموده و یا آن را کاهش داد تا در جهت ایمنی شهرها و تاسیسات موجود در آنها اقدام نمود.

برآوردها نشان می دهد که دبی متوسط ورودی به مخزن سد شهید عباسپور (کارون یک) برابر ۳۹۰ متر مکعب بر ثانیه معادل ۱۲۳۰۷ میلیون متر مکعب می باشد. این میزان در سد جریانی مسجدسلیمان ۴۲۰ متر مکعب بر ثانیه معادل ۱۳۲۵۴ میلیون متر مکعب و

شهرهای شوشتر و اهواز در پایین دست سد مخزنی گتوند علیا همواره از خروجی این سد و همچنین سدهای بالادست - تا پیش از احداث این سد - بسیار متاثر بوده اند. برآورد ورودی سیلاب به این مخزن و در نتیجه برنامه ریزی برای کنترل مخزن که برای جلوگیری از خسارت به پایین دست ضروری است، از دغدغه های همیشگی برنامه ریزان منابع آب بوده است. زیرا با تخمین درست میزان ورودی سیلاب به

حوضه میانی به ویژه شورلالی است. در زمان سیلاب سطح آب مخزن به سرعت بالا رفته و جهت کنترل این مخزن بایستی سرریزها گشوده شده، آب موجود در آن به پایین دست تخلیه گردد. محاسبه، تخمین و پیش بینی سیلاب ورودی به سد بر اثر میزان بارندگی رخ داده می تواند در زمینه نحوه برنامه ریزی، مدیریت و کنترل مخزن کمک شایانی بنماید زیرا می توان با دریافت پیش بینی میزان بارندگی از طریق سایتهای اینترنتی و همچنین دریافت آمار از طریق ایستگاههای آنلاین هواشناسی در بالادست، میزان پیک، حجم کل رواناب ورودی به مخزن و زمان رسیدن آن را تخمین زد و آمادگی کامل برای کنترل سیلاب را اخذ نمود. در شرایط سیلابی کنترل مخازن بسیار حائز اهمیت بوده و نحوه ارائه برنامه خروجی از مخزن و سرریز بسیار حیاتی است. زیرا می توان با داشتن آگاهی از حجم سیلاب در پیش رو، نسبت به تخلیه مناسب مخزن اقدام نمود تا فضای سد گنجایش پذیرش سیلاب احتمالی را با حداقل سرریز ممکن و با پخشیدگی متناسب پیدا کند. فواید اقتصادی این امر کاهش قابل ملاحظه خسارات وارد به پایین دست سد، افزایش میزان تولید برق با توجه به افزایش خروجی آب که ناشی از تخلیه آب مازاد مخزن جهت خالی شدن سد پیش از وقوع سیلاب است، می باشد. از آن سو در شرایطی متضاد این محاسبات می تواند از تخمین بیش از واقعیت سیلاب واقعی جلوگیری کند و سبب شود تا از تخلیه بیش از اندازه مخزن جلوگیری گردد تا بتوان حجم آب ورودی به مخزن را مدیریت نمود و مانع از هدر رفتن منابع آبی گردید. زیرا تولید برق بالا در زمان های سیلابی که اغلب در فصول بهاری می باشد، فقط جهت تخلیه مخزن مناسب می باشد و در صورت تخلیه بیش از حد این میزان برق در این زمان که شبکه برق نیاز اندکی به تولید انرژی دارد سبب افت درآمدهای نیروگاه می شود و از جهت ملی نیز باعث ورود انرژی بیش از حد و لزوم خاموشی نیروگاههای دیگر می گردد، در صورتی که با برآورد

در ساختگاه سد گتوند علیا ۴۵۰ متر مکعب بر ثانیه برابر ۱۴۲۰۰ میلیون متر مکعب می باشد. از آنجایی که مخزن سد مسجد سلیمان در مقام مقایسه با دبی رود کارون بسیار کوچک است و توانایی نگهداری آورد یاد شده را ندارد در نتیجه ۱۹۰۰ میلیون متر مکعب آورد سالانه میان سدهای شهید عباسپور و گتوند علیا به ناچار در مخزن سد گتوند علیا امکان کنترل دارد. جهت روشن شدن قضیه خاطر نشان می سازد که حجم مفید سد مسجد سلیمان ۶۰ میلیون متر مکعب گنجایش و سد گتوند علیا ۳۰۰۰ میلیون متر مکعب می باشد. سد مسجد سلیمان یک نیروگاه جریانی است که از دبی خروجی سدهای بالادست اخذ تولید انرژی نموده و سپس به همان میزان آب را روانه پایین دست خود می نماید. اما نکته مهم این است که این میزان حجم حوضه میانی که متوسط آن در حدود ۶۰ متر مکعب بر ثانیه و از دبی متوسط به ورودی به سدهای مارون و سفیدرود بیشتر است، اغلب به صورت ناگهانی و در زمان بارندگی های شدید در رودخانه جاری می گردد و به صورت متمرکز راهی سد گتوند علیا خواهد شد. تا پیش از احداث این سد این میزان به صورت سیلابهای غیر قابل کنترل روانه پایین دست می گردید. به این معنی در حالی که دبی خروجی از سدهای شهید عباسپور و مسجد سلیمان در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر مکعب بر ثانیه بود، ما در ایستگاه هیدرومتری اهواز شاهد ورود میان ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه دبی ورودی بودیم. اکنون این میزان در سد گتوند علیا جای خواهد گرفت و کنترل و پیش بینی میزان آن حائز اهمیت می باشد.

در هنگام بارندگی شدید، میزان آب ورودی به مخزن سد جدید گتوند علیا به طور ناگهانی افزایش پیدا می کند و این روند به صورت لحظه ای تا زمان رسیدن به نقطه پیک ادامه می یابد. این در حالی است که معمولا به دلیل آبیگری مخازن بالادست، خروجی از سد های بالادست شهید عباسپور و مسجد سلیمان در پایین ترین حد خود می باشد. این سیلابها ناشی از

سیستم هشدار سیل رودخانه مارون بطور Real Time در مقطع سد مخزنی مارون ارائه گردد و برای تهیه سیستم هشدار سیل از نرم افزار HEC-HMS استفاده شده است. بطوریکه کالیبراسیون مدل حوزه آبریز بر اساس داده های تاریخی ثبت شده از جمله دبی رودخانه و بارندگی و روندیابی سیلاب در مقاطع مختلف رودخانه با استفاده از روش های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی انجام گرفت.

هدف از این مقاله بررسی دبی سیلابی در میان حوضه سد مسجد سلیمان سد گتوند و شبیه سازی آن بوسیله نرم افزار HEC-HMS و تعیین زمان واقعی سیلاب می باشد.

### مواد و روش ها

عملیات در این حوضه به دلیل نبود آمار، متفاوت از حوضه هایی می باشد که آمار کافی در آنها موجود می باشد. به دلیل نبود آمار دبی در منطقه شور لالی ناچار به آمار سازی گردیدیم. به این ترتیب که نخست روندیابی سیلاب های مابین سدهای جریان مسجسد سلیمان و تنظیمی گتوند صورت گرفت. این روندیابی در زمانی انجام گردید که شور لالی فعال نبوده یا فعالیت اندکی داشته است. به این ترتیب میزان مقدار و نحوه رسیدن ورودی سیلاب میان سدهای گتوند و مسجسد سلیمان مشخص گردید. سپس در مرحله بعد در زمانی که شور لالی فعال می گردد سهم آب دریافتی از سد مسجسد سلیمان در گتوند تعیین و از میزان سیلاب کم می گردد و مقدار باقی مانده به عنوان سیلاب شور لالی و مناطق میان گتوند و گذار لندر (سد مسجسد سلیمان) در نظر گرفته می شود. البته این رواناب به صورت کاملاً ناگهانی به وقوع می پیوندد. در زمان سیلاب و فعال شدن حوضه این رواناب افزایش قابل ملاحظه ای می یابد. اما به دلیل نبود ایستگاه اندازه گیری، برآوردها از شدت و ضعف سیلاب تنها با مقایسه رواناب خروجی از سد مسجسد سلیمان و ورودی به سد تنظیمی گتوند قابل ارزیابی و بررسی

دقیق حجم آب سیلاب های آتی می توان به جای خروجی بیش از اندازه آب از مخزن، سبب افزایش حجم مخزن و منابع آبی در تابستان شد، تا شاهد افزایش دبی خروجی در فصل گرم باشیم، که شبکه برق کشور به شدت نیازمند تولید انرژی است و همچنین افزایش خروجی آب در تابستان به بهره وری کشاورزی و پالایش رودخانه در پایین دست نیز کمک شایان توجهی می نماید. استفاده از مدل های بارش رواناب به شبیه سازی و مشخص نمودن زمان واقعی سیلاب و مشخصات هیدروگراف سیل کمک می کند. محققین مختلف از مدل های متعددی جهت این امر استفاده نموده اند.

شهنی دارابی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی در حوضه بالارود در بالادست شهر اندیمشک که یکی از شاخه های رودخانه دز می باشد با استفاده از مدل بارش رواناب HEC-HMS و روش اشنایدر اقدام به کالیبراسیون آمار رواناب بر میزان بارش واقعی نموده اند و با بررسی چندین نمونه سیلاب رخ داده در سال های گذشته میزان رواناب محاسباتی و مشاهداتی را مقایسه کرده و بهترین پارامترها جهت نفوذپذیری اولیه و نهایی خاک و زمان تمرکز حوضه را محاسبه کردند.

محمدی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی دیگر در حوضه بتوند در بالادست شهر شوشتر که یکی از شاخه های رودخانه کارون می باشد به روش یاد شده، بهترین پارامترها جهت نفوذپذیری اولیه و نهایی خاک و زمان تمرکز حوضه را محاسبه کردند.

بقال نژاد و همکاران (۱۳۸۵) در خصوص پیشبینی سیلاب در زمان واقعی در مخزن سد مارون که با استفاده از نرم افزار wms انجام گردید، تحقیق کردند. بقال نژاد و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی دیگر بررسی و ارائه سیستم پیش بینی سیلاب در زمان واقعی در مخزن سد مارون با استفاده از نرم افزار HEC-HMS را انجام دادند. در این مطالعه سعی گردیده است که

سویی دیگر کاهش فعالیت شور لالی، شرایط تغییر نموده عملیات روندیابی بدون اثر رواناب میان حوضه صورت می پذیرد.

نکته مهم دیگر وجود دو دسته آمار در سازمان آب و برق خوزستان از منطقه سد تنظیمی گتوند و ایستگاه هیدرومتری گتوند می باشد، که مقایسه آن‌ها جالب توجه است و نمایانگر چالش‌های موجود در زمینه آمارهای پایه و در نتیجه امکان به خطا رفتن تحلیل‌ها و محاسبات می‌باشد. این سد تنظیمی و ایستگاه هیدرومتری در نزدیکی یکدیگر بوده و نایستی آمار آن‌ها با هم تفاوت زیادی داشته باشد.

### روش هیدرولوژیکی روندیابی سیلاب در شور لالی

این روش بر اساس محاسبه دو پارامتر  $k, x$  که ضرایب ماسکینگام نامیده می شوند، بنیان نهاده شده است و با استفاده از آمار یک سیل در بالادست (در این تحقیق سیلاب خروجی از سد مخزنی و سپس سد مسجد سلیمان در نظر گرفته شده است) و بررسی روندیابی پخشیدگی آن در ایستگاه هیدرومتری پایین دست (ایستگاه گتوند) به گونه ای که در ادامه تشریح خواهد شد و به کمک تکنیک بهینه یابی اقدام به کالیبراسیون آمار جهت یافتن مقادیر مناسب برای این دو پارامتر می نماید. ضرایب  $k, x$  دارای محدودیتهایی به شرح زیر بوده که در آن متغیر  $t$  عبارت از گام زمانی سیلاب مورد بررسی می باشد.

$$x > 0, x < 0.5, k * x < t, t = 1 \quad (1)$$

پس از محاسبه دو پارامتر اساسی روندیابی یعنی همان  $k, x$  با استفاده از معادلات زیر ضرایب  $c3, c1, c2$  محاسبه می شوند.

است. البته با اتمام پروژه عظیم ساخت سد گتوند علیا در بالادست سد تنظیمی گتوند، این رواناب توسط این سد جمع آوری می گردد. لیکن بررسی این امر در این مقاله به صورت اختصار و از طریق آمار موجود صورت پذیرفته است. در این رابطه به بررسی سیلابهای پایان آذر ۱۳۸۰، دی ۱۳۸۰، دی ۱۳۸۲، اسفند ۱۳۸۳، بهمن ۱۳۸۴ و فروردین ۱۳۸۶، و فروردین ۱۳۸۸ پرداخته شد (شایان ذکر است از سال ۱۳۸۹ بدلیل ساخت سد گتوند علیا و حذف ایستگاه هیدرومتری سرخون لالی هیچگونه آمار بانندی در این حوضه وجود ندارد).

در قسمت دوم محاسبات و پس از آبگیری سد گتوند علیا سیلابهای ۹۰/۸/۲۸، ۹۱/۹/۵، ۹۲/۱۰/۲۸ و ۹۲/۱۲/۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. وجه مشترک این سیلابها تداوم آنها تا چندین روز بعد و همچنین وجود یک پیک تند اولیه در مقطع گتوند در حالی است که هنوز خروجی سدهای شهید عباسپور و در نتیجه آن سد مسجد سلیمان افزایش قابل ملاحظه ای نیافته است. در این رابطه موارد زیر قابل ارائه است.

۱- دلیل عدم خروج آب از سد مسجد سلیمان در ابتدای سیلاب علیرغم بارندگی شدید در بالادست و جاری شدن سیلاب، تنها وجود ظرفیت خالی در مخازن سدهای بالادست در ابتدای هر سیلاب بوده است که باعث می گردد تا خروجی سد مسجد سلیمان افزایش نیابد.

۲- علت پیک تند اولیه در مقطع گتوند، فعال شدن شور لالی بوده است. این رودخانه میان مقاطع سدهای مسجد سلیمان و گتوند قرار دارد و اثر سیلاب جاری شده بر مقطع گتوند بسیار مشهود است.

با فروکش بارندگی شدید در مقطع شور لالی، تداوم سیلاب در اثر جاری شدن برفاب در بالادست سدها و باز شدن سرریز سدهای حوضه کارون از یکسو و از

$$C1 = ((0.5 * t) - (k * x)) / (k - (k * x) + (0.5 * t)) \quad (2)$$

$$C2 = ((0.5 * t) + (k * x)) / (k - (k * x) + (0.5 * t)) \quad (3)$$

$$C3 = (- (0.5 * t) - (k * x) + k) / (k - (k * x) + (0.5 * t)) \quad (4)$$

حال با قراردادن این ضرایب در فرمول زیر می‌توان میزان آب ورودی به ایستگاه پایین دست را تخمین زد.

$$Out(i+1) = (C1 * in(i+1)) + (C2 * in(i)) + (C3 * out(i)) \quad (5)$$

همواره دارای خطاهایی است لذا تخمین بالا به نظر منطقی می‌رسد. مقادیر ضرایب  $k, x$  به ترتیب ۰/۰۵ و ۱۷ در حالت ساعتی محاسبه شد.

قابل ذکر است که این عملیات در نرم‌افزار LINGO برای هر هشت سیلاب مذکور صورت پذیرفته و بهترین جواب‌ها برای حالت  $t=1$  (آمار سیلاب ساعتی) به دست آمده است که دارای کمترین خطاها بوده‌اند و از بین این دو نیز با توجه به شرایط واقعی و زمان لازم جهت انتقال دبی پیک سیلاب خروجی از سد مسجدسلیمان تا گتوند نتیجه یاد شده مناسب‌تر بنظر می‌رسد. در این ارتباط سیلاب‌های بسیاری شناسایی و میزانش تعیین گردید. لیکن به دلیل اینکه آمار بارندگی ایستگاه بند سرخون لالی محدودیت داشته است تنها چهار سیلاب قابل ارزیابی گردید. آمار بارندگی از ایستگاه بند سرخون لالی اخذ گردیده است.

### بررسی حوضه در مدل HEC- HMS و نتایج حاصل از مدل

عملیات بارش رواناب با استفاده از روش اشنایدر در مدل HEC- HMS انجام پذیرفت. زمان پیک هیدروگراف واحد  $tp$  پارامتر نخست می‌باشد که در نرم‌افزار HEC- HMS به صورت دستی وارد گردید تا پس از تکرار و اجرای برنامه سیلاب‌های مشاهده‌ای و محاسباتی دارای کمترین اختلاف با یکدیگر گردند.

که در آن:

$Out(i+1)$ : دبی ایستگاه هیدرومتری گتوند در

گام زمانی  $i+1$

$Out(i)$ : دبی ایستگاه هیدرومتری گتوند در گام

زمانی  $i$

$in(i+1)$ : آب خروجی ساعتی از سد

مسجدسلیمان در گام زمانی  $i+1$

$in(i)$ : آب خروجی از سد مسجدسلیمان در گام

زمانی  $i$

### محاسبه ضرایب ماسکینگام

جهت یافتن پارامترهای اساسی روندیابی  $(k, x)$  که اساس محاسبات را تشکیل می‌دهد از آمار ساعتی دبی خروجی سیلاب‌های مختلف در سالهای (پایان آذر ۱۳۸۰، دی ۱۳۸۰، دی ۱۳۸۲، اسفند ۱۳۸۳، بهمن ۱۳۸۴ و فروردین ۱۳۸۶) استفاده شد که هیدروگراف خروجی از سد مسجدسلیمان و ورودی به ایستگاه هیدرومتری گتوند و سد تنظیمی گتوند در نظر گرفته شده است. سپس در مرحله بعد از برنامه بهینه‌یابی LINGO کمک گرفته شد. با استفاده از ضرایب  $k, x$  سیلاب‌ها در ایستگاه گتوند محاسبه گردید که دارای خطای نسبتاً قابل قبولی می‌باشند و با توجه به اینکه محاسبه دبی واقعی در زمان سیلاب به دلایل فنی

نفوذ اولیه است که از میزان بارندگی اولیه کسر می‌گردد و سهم نشت بارش در زمین می‌باشد. همچنین برای بقیه ساعات نیز به ازای بارش، یک میزان نفوذ ثابت constant rate در نظر گرفته شده است. این دو عدد نیز به مانند دیگر پارامترها با کالیبراسیون محاسبه شده است. شرایط نفوذپذیری این حوضه ها مانند هر حوضه دیگر، در ماه‌های مختلف سال متفاوت می‌باشد. در پاییز و پس از دوره خشکی طولانی تابستان، زمین تشنه دارای درجه نفوذ پذیری بالایی می‌باشد. این در حالی است که در بهار، به ویژه پس از بارندگی های مناسب شرایط متفاوت می‌باشد و زمین کم و بیش اشباع، ضریب نفوذپذیری کمتری خواهد داشت. این امر هم در نفوذپذیری اولیه و هم در نفوذپذیری نهایی صادق می‌باشد. متأسفانه به دلیل عدم وجود آمار مناسب و پارامترهای لازم جهت بررسی دقیق این پدیده، امکان کندوکاو در این موضوع به طور کامل در این پژوهش میسر نگردید. لیکن این تحقیق برای این حوضه و دیگر حوضه‌ها به سایر پژوهشگران توصیه می‌گردد. توضیح اینکه بررسی دقیق و همه جانبه این موضوع تنها با تحقیقات میدانی حاصل می‌گردد و تکیه بر تحقیقات آماری در این راه، نتایج دقیقی را به دنبال نخواهد داشت. در جدول ۱ کیفیت آمار سیلاب‌های موجود مورد ارزیابی قرار گرفته است.

با توجه به زمان تاخیر، زمان پیک هیدروگراف واحد از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$t_p = ((t_r)/2) + t_1 \quad (6)$$

$t_r$  = مدت بارش اضافی بر حسب ساعت

$t_1$  = زمان تاخیر حوضه بر حسب ساعت

$t_p$  = زمان وقوع پیک سیلاب بر حسب ساعت

پارامتر دیگر  $C_p$  نیز از کالیبراسیون حوضه های دارای آمار اندازه گیری دبی بدست می‌آید. رابطه فوق را به شکل زیر نیز می‌نویسند.

$$c_p = (Q_p) * t_1 \quad (7)$$

$C_p$  = ضریب فروکش سیلاب، برای سیستم

انگلیسی از ۳۶۰ تا ۴۴۰ متغیر است. بالاترین مقدار  $C_t$  با پایین ترین مقدار  $C_p$  و بالعکس کمترین مقدار  $C_t$  با بالاترین مقدار  $C_p$  همراه است. مقدار  $C_p$  در سیستم متریک و برای بارش اضافی یک میلیمتر تغییر می‌کند.

$Q_p$  = دبی پیک هیدروگراف واحد استاندارد اشنایدر

بر حسب مترمکعب در ثانیه در کیلومتر مربع برای بارش اضافی یک سانتیمتر

$t_1$  = زمان تاخیر حوضه بر حسب ساعت.

البته در این تحقیق برای پارامتر  $C_p$  نیز مانند  $t_p$  از فرایند کالیبراسیون کمک گرفته شد و با تکرار این عمل بهترین عدد محاسبه گردید.

پارامترهای نفوذ پذیری نیز به دو بخش نفوذ اولیه و نفوذ ثابت ثانویه تقسیم گردید. Initial loss میزان

### جدول ۱ - تاریخ‌های سیلاب‌های شورلالی قبل از آبگیری سد گتوند علیا

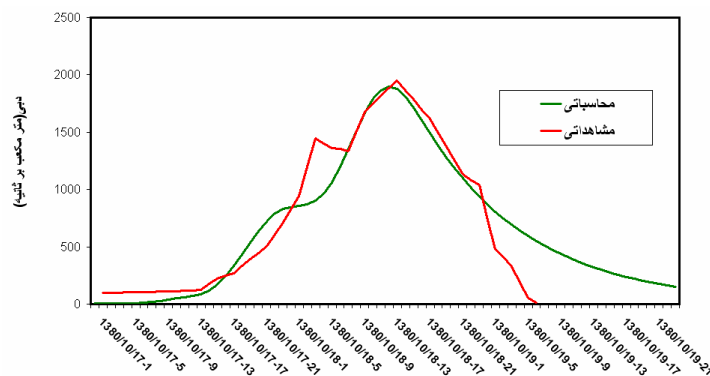
نتیجه	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
قابل قبول	۱۳۸۱/۳/۱۶	۶ ژانویه ۲۰۰۲
قابل قبول	۱۳۸۰/۹/۱۰	۱ دسامبر ۲۰۰۱
متوسط	۱۳۸۰/۹/۱۳	۴ دسامبر ۲۰۰۱
قابل قبول	۱۳۸۱/۱/۱۳	۲ آوریل ۲۰۰۲

گردیده است. همچنین در شکل‌های ۱ تا ۳ نیز مقایسه‌ای میان آمار مشاهداتی و روند کالیبره شده محاسباتی بصورت نمودار ارائه می‌گردد.

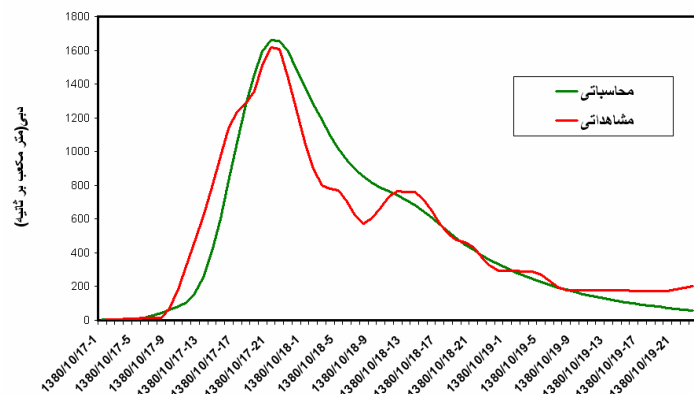
پس از بررسی‌های انجام گرفته نتایج زیر برای هر یک از نمونه‌های سیلاب‌های ساخته شده و بارندگی ایستگاه بند سرخون لالی حاصل گردید. در جدول ۲ پارامترهای محاسبه شده برای سیلاب‌های موجود درج

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده در روش اشنایدر برای سیلابهای شور لالی

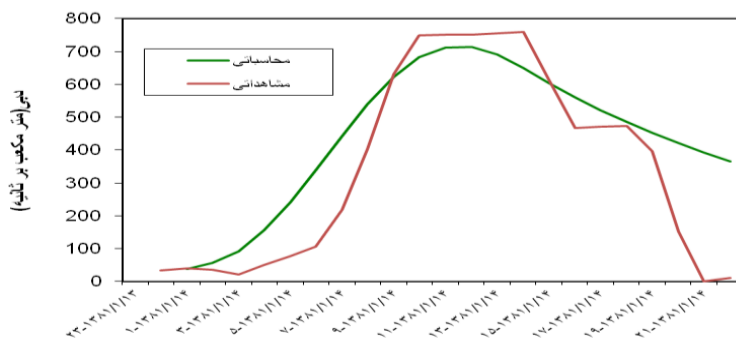
cp	tp	constant rate	Initial loss	تاریخ
۰٫۵	۹٫۵	۰٫۵	۵	۶ ژانویه ۲۰۰۲
۰٫۵	۹٫۵	۴	۱۰	۱ دسامبر ۲۰۰۱
۰٫۵	۹٫۵	۰٫۵	۵	۴ دسامبر ۲۰۰۱
۰٫۵	۹٫۵	۰٫۵	۵	۲ آوریل ۲۰۰۲



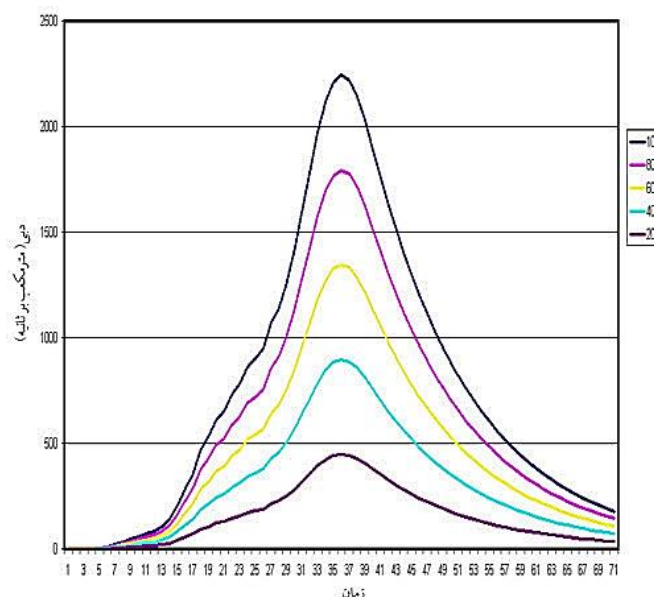
شکل ۱- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی شور لالی سیلاب ۶ ژانویه ۲۰۰۲



شکل ۲- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی شور لالی سیلاب ۱ دسامبر ۲۰۰۱



شکل ۳- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی شور لالی سیلاب ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۴- نمودار روند هیدروگراف سیلاب شور لالی در یک بازه سه روزه با فرض وقوعهای ۴۰، ۲۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلیمتر

ساختگاه طرح سد و نیروگاه آبی گتوند علیا در نقطه جغرافیایی به طول خاوری 48 درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۰ ثانیه و عرض شمالی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه و ۸ ثانیه و در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون و در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان قرار دارد. رودخانه کارون از کوه‌های زاگرس جنوبی در نواحی کوه‌رنگ، ارمند، خرسان، ونگ و بازفت سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۸۰۰ کیلومتر در امتداد شمال شرق به جنوب غرب، در خرمشهر به اروندرود و سپس به خلیج فارس می‌ریزد.

این رودخانه از نظر حجم آبدهی، بزرگترین

#### روند محاسبات پس از آنگیری سد گتوند علیا

سد گتوند علیا به عنوان آخرین و پایین دست ترین سد از زنجیره سد های حوضه کارون می باشد. این سد با ظرفیت ۴۵۰۰ میلیون مترمکعب گنجایش، کنترل کننده و تامین کننده آب دشت خوزستان می باشد. ساختگاه طرح سد و نیروگاه آبی گتوند علیا در نقطه جغرافیایی به طول خاوری ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۰ ثانیه و عرض شمالی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه و ۸ ثانیه و در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون و در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان قرار دارد.



حجم آورد سالیانه آن بیش از ۱۴ میلیارد متر مکعب می باشد. در این میان مطابق بررسی های آماری میزان دبی ورودی طبیعی به مقاطع سدهای حوضه کارون به شرح جدول زیر می باشد.

رودخانه ایران محسوب می شود. مساحت حوضه آبریز در محل ساختگاه سد در حدود ۳۲۴۲۵ کیلومتر مربع می باشد متوسط آبدهی دراز مدت سالیانه رودخانه کارون در محل احداث سد، ۴۵۳ مترمکعب بر ثانیه و

**جدول ۳- دبی متوسط و آورد رودخانه درمقاطع سدهای بزرگ**

مقطع	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)	آورد (میلیون مترمکعب)
کارون چهار	165	5203
کارون سه	303	9555
کارون یک (شهید عباسپور)	390	12299
مسجد سلیمان (گدارلندر)	420	13245
گتوند علیا	450	14191

بررسی ها نشان می دهد که آورد حوضه میانی میان سد کارون یک (شهید عباسپور) و گتوند علیا معادل ۱۸۹۰ میلیون متر مکعب می باشد که البته بخش اعظم آن به صورت سیلاب در اثر بارندگی های فصلی از طریق شور لالی رود کیارس، شور اندیکا و نهر مرغاب روانه سد مخزنی گتوند علیا می گردد. جدول ۴ نمایانگر میزان آورد در حوضه میانی سد شهید عباسپور تا گتوند علیا می باشد. در جدول زیر میانگین هفت ساله که به جز دو سال نخست در بقیه سالها خشکسالی شدیدی بر منطقه حاکم بوده است، معادل ۱۳۲۸ میلیون مترمکعب محاسبه گردیده است.

**جدول ۴ - آورد میان حوضه سدهای گتوند علیا تا سدهای بالادست**

سال آبی	دبی (مترمکعب بر ثانیه)		آورد (میلیون مترمکعب)	
	میان حوضه گتوند و مسجد سلیمان	میان حوضه گتوند و عباسپور	میان حوضه گتوند و مسجد سلیمان	میان حوضه گتوند و عباسپور
83-84	32	56	1023	1786
84-85	66	94	2096	2961
85-86	50	77	1581	2417
86-87	38	40	1193	1269
87-88	7	10	210	324
88-89	24	42	747	1312
89-90	42	52	1316	1633
90-91	48	66	1508	2066
91-92	32	58	996	1821
92-93	27	54	847	1718
متوسط	36	55	1152	1731

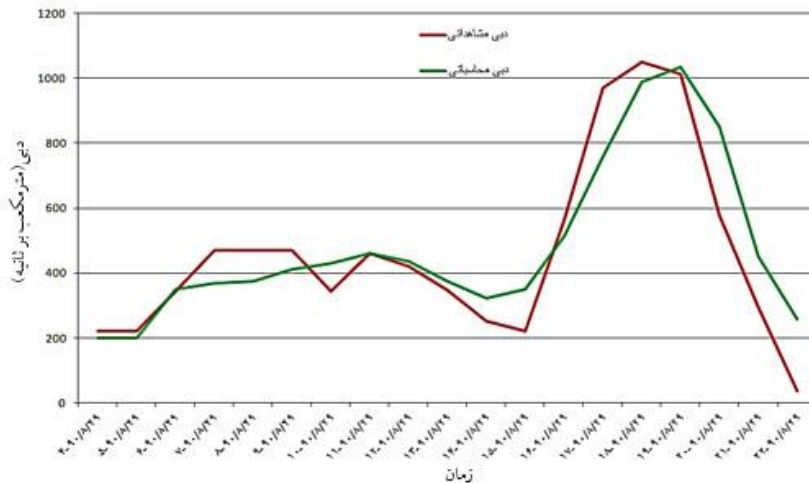
پس از آنگیری سد کتوند علیا چندین سیلاب در حوضه میانی اتفاق افتاده که در جدول ۵، چهار نمونه از این سیلابها به عنوان سیلابهای اصلی و سنگین برای نمونه تحلیل و مورد ارزیابی با استفاده از نرم افزار قرار گرفت و پارامترهای محاسبه شده در جدول ۶ ارائه شده است. همچنین در شکل های ۵ تا ۸ نیز مقایسه ای میان آمار مشاهداتی و روند کالیبره شده محاسباتی بصورت نمودار ارائه می گردد .

جدول ۵- تاریخ های بررسی سیلاب های شورلالی بعد از آنگیری سد کتوند علیا

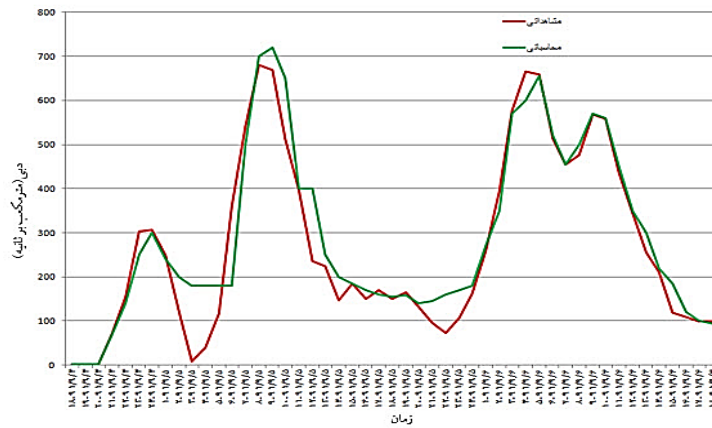
تاریخ	تاریخ میلادی	نتیجه
۱۹ نوامبر ۲۰۱۱	۱۳۹۰/۸/۲۸	قابل قبول
۲۵ نوامبر ۲۰۱۲	۱۳۹۱/۹/۵	قابل قبول
۱۸ ژانویه ۲۰۱۴	۱۳۹۲/۱۰/۲۸	قابل قبول
۱۰ مارچ ۲۰۱۴	۱۳۹۲/۱۲/۱۹	قابل قبول

جدول ۶- پارامترهای محاسبه شده در روش اشنایدر برای سیلابهای میان حوضه سد مخزنی کتوند علیا

تاریخ	Initial loss	constant rate	tp	cp
۹۰/۸/۲۸	۵	۰,۵	۹,۵	۰,۵
۹۱/۹/۵	۶	۰,۵	۹,۵	۰,۵
۹۲/۱۰/۲۸	۲	۰,۵	۹,۵	۰,۵
۹۲/۱۲/۱۹	۱	۰,۵	۹,۵	۰,۵



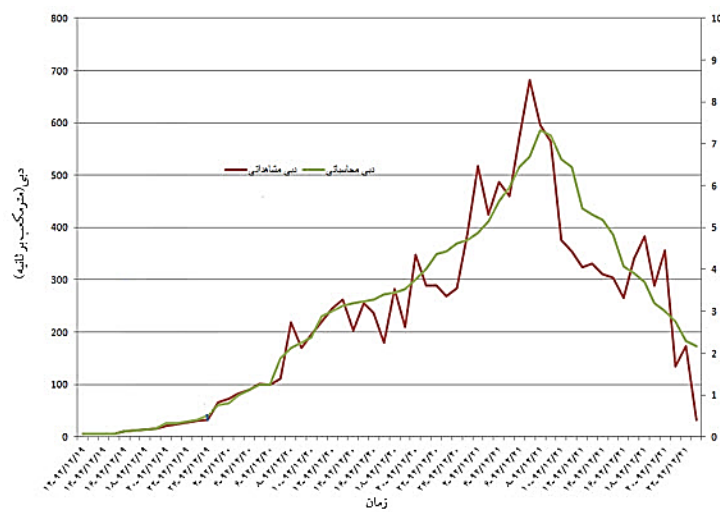
شکل ۵- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی میان حوضه سد کتوند علیا سیلاب ۹۰/۸/۲۹



شکل ۶- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی میان حوضه سد گتوند علیا سیلاب ۹۱/۹/۵



شکل ۷- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی میان حوضه سد گتوند علیا سیلاب ۹۲/۱۰/۲۸



شکل ۸- نمودار مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی میان حوضه سد گتوند علیا سیلاب ۹۲/۱۲/۱۹

## نتیجه‌گیری

فرصت ارزیابی می‌گردد که می‌بایست از آن نهایت استفاده شود و این موضوع با پژوهش انجام شده محقق گردیده است.

شرایط نفوذ پذیری این حوضه ها مانند هر حوضه دیگر، در ماه های مختلف سال متفاوت می‌باشد. در پاییز و پس از دوره خشکی طولانی تابستان، زمین تشنه دارای درجه نفوذ پذیری بالایی می‌باشد. این در حالی است که در بهار، به ویژه پس از بارندگی های مناسب، در پاییز و زمستان، شرایط متفاوت می‌باشد و زمین کم و بیش اشباع، ضریب نفوذ پذیری کم تری خواهد داشت. این امر هم در نفوذ پذیری اولیه و هم در نفوذ پذیری نهایی صادق می‌باشد. متأسفانه به دلیل عدم وجود آمار مناسب و پارامتر های لازم جهت بررسی دقیق این پدیده، امکان کند و کاو در این موضوع به طور کامل در این پژوهش میسر نگردید. لیکن این تحقیق برای این حوضه و دیگر حوضه ها به سایر پژوهشگران توصیه می‌گردد. توضیح اینکه بررسی دقیق و همه جانبه این موضوع تنها با تحقیقات میدانی حاصل می‌گردد و تکیه بر تحقیقات آماری در این راه، نتایج دقیقی را به دنبال نخواهد داشت.

با توجه به نتایج پیش بینی مدل مشخص شد که مدل فاقد ظرفیت و توانمندی لازم برای پیش بینی در خارج از محدوده واسنجی می‌باشد و نیز باید توجه شود گستردگی عملکرد مدل امکان افزایش انتخاب شیوه ها توسط کاربر را فراهم می‌آورد. به طور کلی نتایج و جواب های وسیعی که می‌توان از مدل HEC-HMS اخذ نمود، این نرم افزار را به صورت ابزار با قابلیت فوق العاده معرفی کرد. به دلیل نبود آمار برای حوضه میانی سدهای مسجد سلیمان و کتوند علیا، به ناچار آمار سازی صورت پذیرفت. این امر با احتساب اختلاف دبی های سیلابهای ورودی به سد تنظیمی کتوند (پنج کیلومتری پایین دست سد مخزنی کتوند علیا) و خروجی سد مسجد سلیمان، حاصل گردید. در نهایت نتایج نشان داد که زمان پیک هیدروگراف tp، جهت این حوضه ۹٫۵ ساعت برآورد گردید. همچنین

بر اساس نتایج بدست آمده بر روی چهار سیلاب مهم حوضه یاد شده قبل از آبگیری سد کتوند علیا و چهار سیلاب بعد از آبگیری سد کتوند علیا، که با استفاده از مدل HEC-HMS جهت پیش بینی، مدیریت و ارزیابی سیلاب مورد استفاده قرار گرفت، مشخص شد که مدل HEC-HMS در هیچ گزینه ای به طور همزمان نتوانسته سه پارامتر شدت جریان اوج، حجم سیلاب و زمان پیک سیلاب را به طور مناسبی پیش بینی نماید. با مقایسه پارامتر های واسنجی برای دو واقعه سیلاب مشخص شد که مدل HEC-HMS در شرایطی که سیلاب گزارش شده از شکل متعارف هیدروگراف (زنگوله ای) برخوردار باشد و می‌توان پارامتر ها را به نحو مطلوب برآورد نماید ولی در حالتی که هیدروگراف هایی که یکباره به اوج می‌رسند جواب های غیر واقعی خواهد داد. به عبارتی توانایی مدل به ساختار سیلاب منطقه مورد مطالعه بستگی دارد، در صورتی که ساختار سیلاب به گونه ای است که کمتر شاهد وقوع چنین سیلاب هایی خواهد بود و عمدتاً سیل در منطقه کمتر از یک ساعت به دبی اوج خود می‌رسد.

یک دیگر از دلایل عدم تطابق کامل میان سیلاب های محاسباتی و مشاهداتی که باعث گردید تا بعضی از سیلاب ها به طور کامل از روند محاسبات حذف شوند، آمار های اشتباه و پر از ایراد می‌باشد. توضیح اینکه ایستگاه های هیدرومتری استفاده شده به عنوان ایستگاههایی متوسط از لحاظ صحت آماری ارزیابی شده است. لیکن آمار حاصل شده از این ایستگاه به گواهی کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان، به ویژه در سال های دور (دهه ۶۰ و ۷۰) دارای ایرادات بسیاری است که می‌توان به عدم دقت متصدیان ایستگاه ها در مشاهده اشل ها، جابجایی و اشتباه وارد شدن آمار از سیستم دستی به سیستم رایانه ای، عدم صحت جداول دبی-اشل و غیره اشاره کرد. البته به هر صورت وجود همین آمار موجود نیز به عنوان

### قدردانی

این مقاله از پایان نامه دانشگاه آزاد اسلامی و احد شوشتر استخراج شده است نگارندگان بر خود لازم می دانند از دفتر تحقیقات و استانداردهای سد و نیروگاه و همچنین معاونت مطالعات پایه سازمان آب و برق خوزستان که در انجام این پژوهش و ارائه آمار ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

ضریب فروکش سیلاب  $C_p$ ، نیز به طور متوسط ۰.۵ تعیین گردید. لیکن ضریب constant rate به طور متوسط ۵ می باشد. همچنین افت اولیه متفاوت می باشد و این مقدار از ۰.۵ تا ۲ میلیمتر متغیر بوده است. مقادیر ضرایب  $k, x$  محاسبه شده در روند یابی میان سدهای مسحدسلیمان و گتوند علیا هم به ترتیب ۰.۵/ و ۱۷ می باشد.

### منابع

۱. بقال نژاد، آر.ش. ۱۳۸۵. بررسی و ارائه سیستم پیش بینی سیلاب در زمان واقعی در مخزن سد مارون با استفاده از نرم افزار WMS (Water Shead Modeling System). نخستین همایش منطقه ای آب. بهبهان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.
۲. بقال نژاد، آر.ش. ۱۳۸۵. ترجمه منوال نرم افزار HEC- HMS نشر سازمان آب و برق خوزستان. ۸۹ صفحه.
۳. بقال نژاد، آر.ش. محمد حلوا ساز و احمد رضا اسماعیلی. ۱۳۸۵. بررسی و ارائه سیستم پیش بینی سیلاب در زمان واقعی در مخزن سد مارون با استفاده از نرم افزار HEC-HMS. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. اصفهان. دانشگاه صنعتی اصفهان. انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران.
۴. رضائیان زاده، مهدی. دیانی، حسین. ۱۳۸۳. راهنمای استفاده از نرم افزار HEC- HMS. نشر دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۴۶ صفحه.
۵. شهینی دارابی، بابک. دهان زاده، بهروز. رضایپور، علیرضا و مرادی، مژده. ۱۳۸۹. محاسبه رواناب ناشی از بارندگی در حوضه بالارود (بالادست شهر اندیمه شک) با استفاده از نرم افزار HEC-HMS. اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلابهای شهری. تهران.
۶. محمدی ملاکه، عادل. بری، بهرام و شهینی دارابی، مهرانوش. ۱۳۹۲. محاسبه رواناب ناشی از بارندگی در حوضه بتوند با استفاده از نرم افزار HEC-HMS. اولین همایش بین المللی و چهارمین همایش ملی عمران شهری. سنندج. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج.

