



## واسنجی مدل ریاضی hec - hms و ارزیابی این مدل در پاسخگویی به سیلاب حوضه آبریز مارون

مصطفی میرمهدی<sup>۱</sup>، عیسی جهانگیر<sup>۲</sup>

۱- ارومیه- کیلومتر ۱۱ جاده سرو- دانشگاه ارومیه- گروه علوم ومهندسی آب

۲- ارومیه- کیلومتر ۱۱ جاده سرو- دانشگاه ارومیه- گروه علوم ومهندسی آب

[Mirmehdi\\_1361@yahoo.com](mailto:Mirmehdi_1361@yahoo.com)

Tel : 09163722689

### خلاصه

حوضه آبریز مارون از حوضه های مهم در استان خوزستان به شمار می آید به طوری که نقشی حیاتی در بخش کشاورزی و تولید انرژی دارد. در این بین تعیین سیلاب این حوضه از اهمیت فراوانی برخوردار است به طوری که در سالهای اخیر این سیلاب مشکلات عدیده ای را برای سد مارون و پایین دست آن به وجود آورده است که ایجاب می کند با شناسایی و پیش بینی سیلاب ها متناسب با نوع بارندگی کنترل های لازم را به وجود آورده و از ایجاد خسارت های هنگفت جلوگیری کرد. اهمیت دیگر تعیین سیلاب حوضه بالادست سد مارون، استفاده و بهره برداری از رودخانه مارون برای ذخیره سد برای فصول خشک سال است که می تواند در توسعه بخش کشاورزی نواحی تحت پوشش سد مارون از اهمیت فراوانی برخوردار باشد. در این تحقیق ابتدا به تعداد کافی ایستگاههای هیدرومتری در بالا دست حوضه آبریز مارون در نظر گرفته بدین صورت که مقدار بارندگی ایستگاه های بالا دست را تهیه کرده و هیدروگراف ایجاد شده از سیل این بارندگی ها را به وسیله روند یابی محاسبه و در واقع مدل ریاضی hec - hms را با دادن پارامترهای لازم و هیدروگرافهای سیل فوق کالیبره می کنیم. نتایج به دست آمده از مدل کالیبره شده را با نتایج مشاهداتی مقایسه کرده و نتایج آن را تحلیل آماری می کنیم.

واژه های کلیدی: واسنجی ، hec-hms ، مارون ، ارزیابی ، سیلاب

### مقدمه

امروزه استفاده از مدل ها در شبیه سازی بارش- رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب از قبیل زمان رسیدن به دبی و زمان اوج متداول شده است. در این ارتباط واسنجی و ارزیابی این مدل ها امری ضروری و گاه اجتناب ناپذیر است. در این تحقیق با انتخاب مدل هایی از برنامه hec-hms عمل واسنجی و ارزیابی آن در یک محدوده جغرافیایی معین مورد بررسی قرار گرفته است. در مدل های hec-hms ورودی شناخته شده بارندگی و خروجی نامعلوم رواناب می باشد و رابطه بین این دو مدل تعیین می نماید به عبارت دیگر ورودی معلوم در بالا دست جریان و خروجی نامعلوم در پایین دست جریان واقع شده است. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه یکی از مهمترین عوامل موثر در تولید سیلاب حوضه می باشد. در این راستا تعیین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه مارون و برقراری رابطه های منطقه ای مناسب بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و دبی سیلابی از اهداف مهم این تحقیق می باشد. محدودیان و همکاران (۱۳۸۱) شبیه سازی جریان در رودخانه کر و سیوند استان فارس را با استفاده از مدل hec-hms به انجام رساندند. مدل hec-hms تعمیم یافته مدل hec-1 می باشد. در این مدل روش هایی برای محاسبات : تلفات بارندگی، رواناب، آبدهی پایه و روندیابی سیل در رودخانه پیش بینی شده و هیدروگراف های شبیه سازی شده در حوضه های مورد مطالعه (قبل از واسنجی) استخراج شدند. نتایج بدست آمده اولیه نشان داد که تفاوتی بین جریان شبیه سازی شده و مشاهده ای وجود دارد. بعد از عمل واسنجی و بهینه سازی هیدروگراف های شبیه سازی و مشاهده ای تا حد زیادی بر هم منطبق شدند. نتایج نهایی ارائه شده توسط محمودیان و همکاران نشان داد که مدل hec-hms توسعه داده شده دارای قابلیت های خوبی

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه ارومیه

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه



در مطالعه کارهای آبی بویژه هشدار سیل می باشد. همچنین نتایج بدست آمده در حوضه رودخانه های کر و سیوند، با مدل hec-hms و بعد از واسنجی با موفقیت اجرا شد. بنابر پیشنهاد مطالعه کنندگان با واسنجی دقیق تر می توان اختلاف بین نتایج شبیه سازی و مشاهده ای را کمتر نمود. کتول و همکاران هم (۲۰۰۳)، مدل hec-hms را برای تعیین دبی اوج و حجم رواناب در دو حوضه کشاورزی در جنوب شرق ایالت داکوتای جنوبی به کار بردند. آنها برای محاسبه تلفات در این حوضه ها از روش SCS و برای تعیین هیدروگراف از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده کردند. بررسی بر روی پارامترهای مدل نشان داد که مقدار شماره منحنی دارای حساسیت بالایی می باشد، در صورتی که مقدار جذب اولیه دارای حساسیت کمتری نسبت به تغییر مقدار تابع هدف در مدل hec-hms می باشد. نتیجه دیگر بدست آمده حاکی از این بود که مقادیر CN واسنجی شده خیلی کمتر از مقادیر محاسبه شده براساس شیب، خاک و کاربردی اراضی می باشد.

## مواد و روش ها

از آنجائی که انتخاب یک مدل مناسب، نیازمند تطبیق آن از شرایط و اطلاعات موجود حوضه و هدف طرح می باشد لذا باید مدلی که تأمین کننده این شرایط می بود در نظر گرفته می شد. همانطور که ذکر گردید حوضه آبریز مارون به عنوان حوضه مورد مطالعه در این تحقیق استفاده شد، با توجه به انتخاب واقعه های خاصی در این حوضه باید از مدلی که بتواند وقایع مربوط به این حوضه را شبیه سازی کند استفاده می شد. در این راستا یکی از مدل های بارش- رواناب موجود در برنامه کامپیوتری hec-hms انتخاب گردید. از نظر دسته بندی مدل ها، مدل هایی که در برنامه کامپیوتری- hec-hms hms هستند جزو مدل های ریاضی محسوب می شوند. hec-hms یک برنامه کامپیوتری است که شامل مدل های مختلفی می باشد که به گروه های مختلفی تقسیم بندی شده اند. از جمله این مدل ها می توان به مدل های تک واقعه ای و پیوسته، یکپارچه و توزیعی، مفهومی و تجربی و مدل های تعیینی و احتمالی اشاره کرد. در این بررسی برای واسنجی و ارزیابی مدل هایی از این برنامه و کاربرد آن در شبیه سازی بارش- رواناب مدل های خاصی انتخاب شدند که ابتدا به شرح هر یک از آنها پرداخته شده است.

### ۱) انتخاب مدل تلفات حوضه

در این بررسی از مدل تلفات شماره منحنی استفاده شد. مدل شماره منحنی روشی ساده و مناسب برای پیش بینی 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 داده های مربوط به آن به آسانی قابل دسترس می باشد.

### ۲) مدل تلفات شماره منحنی

بارندگی مازاد تابعی از بارندگی، نحوه استفاده از اراضی و رطوبت پیشین می باشد که به صورت زیر نوشته می شود. در این رابطه  $P_e$  بارندگی مازاد تجمعی در زمان،  $P$  بارندگی تجمعی در زمان  $t$ ،  $I_a$  تلفات اولیه و  $S$  حداکثر نگهداشت آب در خاک است. اگر خاک حوضه در وضعیت اشباع باشد تلفات اولیه صفر در نظر گرفته می شود. اگر خاک خشک باشد این تلفات براساس بیشترین عمق بارندگی که روی حوضه باریده و روانابی جاری نشده باشد افزایش می یابد که مقدار آن بستگی به نوع خاک و نحوه استفاده از اراضی دارد. تلفات اولیه می تواند بین ۱۰ تا ۲۰ درصد کل بارندگی برای مناطق جنگلی و بین ۰/۱ تا ۰/۲ اینچ برای مناطق شهری تغییر کند. براساس نتایجی که از خیلی از حوضه های کوچک بدست آمده سازمان حفاظت خاک یک رابطه تجربی را بین تلفات اولیه و ظرفیت نگهداشت آب در خاک ارائه نموده که بصورت زیر است:

با قرار دادن این رابطه، در رابطه قبل معادله بارندگی موثر به صورت زیر درمی آید.

حداکثر نگهداشت و خصوصیات حوضه از طریق یک واسط میانی به نام شماره منحنی به هم مربوط می شوند. معادله زیر این رابطه را نشان می دهد. در این رابطه، CN شماره منحنی است که از مقدار ۱۰۰ برای سطوح آزاد آب تا ۳۰ برای خاکهایی که دارای سرعت نفوذپذیری بالایی باشند تغییر می کند.

### ۳) مدل رواناب مستقیم

در hec-hms دو مدل رواناب مستقیم، جهت تعیین رواناب مستقیم پیش بینی شده، که شامل مدل هیدروگراف واحد و مدل موج کینماتیک می باشد. در این تحقیق از مدل هیدروگراف واحد در بهینه سازی و ارزیابی مدل استفاده شده است. مدل هیدروگراف واحد یک مدل شناخته شده و تجربی است که بطور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است.

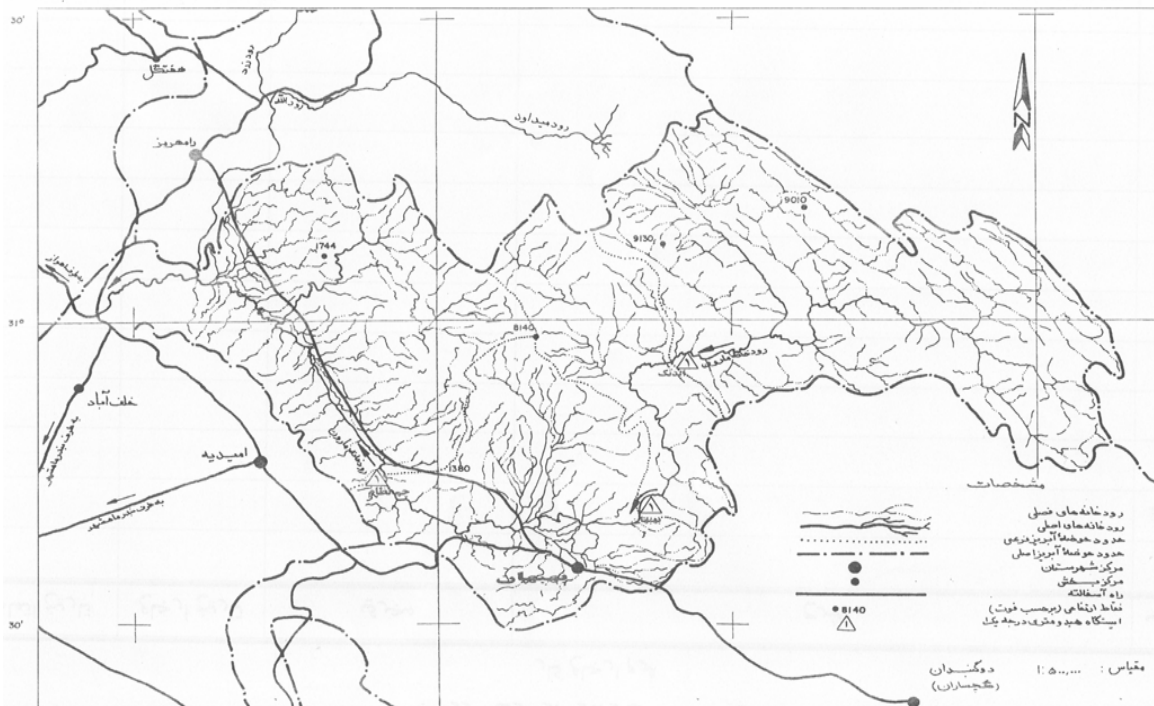
## کالیبراسیون مدل

چون هدف از اجرای مدل تولید هیدروگراف خروجی حوضه مطابق با شرایط واقعی می باشد، لذا باید بتوان تمام پارامترهای مدل را برای حوضه مورد مطالعه بطور دقیق محاسبه نمود تا نتایج حاصل بیشتر به مقادیر واقعی تطبیق داده شوند. به این فرآیند واسنجی مدل گفته می شود. مدلی که جهت تعیین رواناب مورد استفاده قرار می گیرند دارای پارامترهایی هستند که باید تعیین گردند. بعضی از مدل هایی که در hec-hms هستند پارامترهایی دارند که بوسیله اندازه گیری یا مشاهده نمی توان آنها را تعیین نمود. ممکن است برای برآورد یک چنین پارامترهایی روابطی نیز داده شده باشد که فقط می تواند تخمینی از آن پارامتر باشد. لذا برای اینکه بتوان مقادیر مناسبی را برای این گونه پارامترها بدست آورد نیاز به واسنجی

مدل می باشد. عمل واسنجی زمانی میسر است که داده های مشاهده ای باران و جریان موجود باشد. واسنجی از طریق داده های هیدرومتئورولوژیکی مشاهده ای و برای پارامترهای مورد نظر، بهترین برازش را از نتایج محاسبه شده رواناب به مقادیر مشاهده ای ارائه می کند. در این مطالعه و برای واسنجی پارامترهای مدل، ابتدا داده های مشاهده ای بارندگی و آبدهی استخراج شده و روش مناسب جهت شبیه سازی رواناب انتخاب گردید. در اینجا یک تخمین اولیه از پارامترهایی که باید در واسنجی مدل مورداستفاده قرار می گرفتند در نظر گرفته شد. بعد از پایان مرحله شبیه سازی، هیدروگراف محاسبه شده با هیدروگراف مشاهده ای مورد مقایسه قرار گرفت چنانچه برازش مناسب بود در نتیجه مقدار پارامتر بدست آمده از واسنجی مدل قابل قبول تشخیص داده شد در غیر اینصورت عملیات شبیه سازی برای دستیابی به نتایج بهتر از سرگرفته شد. الگوریتم جستجو در hec-hms که بهترین مقدار از هر شاخص را تولید می کند به نام تابع هدف هم نامیده می شود. هدف تمام الگوهای موجود در واسنجی، یافتن پارامترهای قابل قبولی است که مقدار تابع هدف را به حداقل برسانند.

### اطلاعات حوضه مورد مطالعه

حوضه مارون با مساحت حدود ۳۸۲۴ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی (۴۹ - ۵۰) تا (۱۰ - ۵۱) طول شرقی و (۳۰ - ۳۰) تا (۲۰ - ۳۱) عرض شمالی و در ارتفاعات شهرستان بهبهان واقع شده است. حوضه آبریز مارون توسط حوضه های آبریز رودخانه های زهره و کارون در استان خوزستان و کهگیلویه و بویر احمد احاطه گردیده است .



شکل (۱): نقشه حوضه آبریز مارون

### خلاصه مشخصات فیزیوگرافیک رودخانه مارون در محل ایستگاه های آب سنجی

#### شبکه هیدرومتری

در حوضه مارون ۳ ایستگاه هیدرومتری در شاخه های اصلی و فرعی رودخانه ها تاسیس شده است. در این ایستگاهها آبدهی رودخانه ها، غلظت رسوبات و کیفیت شیمیایی املاح آب آنها اندازه گیری می شود. طولانی ترین آمار در این حوضه مربوط به رودخانه مارون در ایستگاه بهبهان است که از سال ۱۳۳۰ آمار برداری شده است. خلاصه مشخصات فیزیوگرافیک حوضه آبریز مارون در محل ایستگاههای مورد مطالعه را در جدول (۱) مشاهده می کنیم:



جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی زیر حوضه های مارون

ردیف	مشخصات حوضه آبریز	ایدنک	بهبهان	چم نظام
۱	مساحت حوضه آبریز (کیلومتر مربع)	۲۷۶۱	۳۸۰۲	۵۳۷۶
۲	محیط حوضه آبریز (کیلومتر)	۲۹۱/۴	۳۷۷	۴۵۸/۴
۳	حداکثر ارتفاع حوضه (متر)	۳۱۲۴	۳۱۲۴	۳۱۲۴
۴	ارتفاع متوسط حوضه (متر)	۱۹۸۰	۱۰۳۰	۱۲۸۰
۵	ارتفاع میانه حوضه (متر)	۱۸۸۲	۱۶۴۴	۱۳۴۰
۶	حداقل ارتفاع حوضه (متر)	۵۶۰	۲۸۰	۱۹۰
۷	ضریب گراولیبوس	۱/۵۵	۱/۷۱	۱/۷۵
۸	طول مستطیل معادل (کیلومتر)	۱۲۳	۱۶۵/۵	۲۰۲/۷
۹	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	۲۲/۴	۲۳	۲۶/۵
۱۰	طول شاخه اصلی رودخانه (کیلومتر)	۱۰۵/۸	۱۵۱/۶	۲۱۳/۷
۱۱	شیب خالص شاخه اصلی (در صد)	۱/۸۷	۱/۲۹	۰/۸۳
۱۲	شیب متوسط حوضه (در صد)	۴/۹	۴/۶	۴

از اعداد وارقام ذکر شده در جدول فوق این مطلب را می توان برداشت نمود که از بالا دست به طرف پائین دست حوضه مارون از میزان شیب کاسته شده و هرچه که به سمت پائین دست حرکت کنیم پستی وبلندی ها به دشت تبدیل می شوند و با بررسی ضریب گراولیبوس در ایستگاه هیدرومتری ایدنک به این نتیجه می رسیم که هیدروگراف های مشاهده ای به شکل زنگوله ای نوک تیز و با شیب فروکش زیاد خواهند بود که این مطلب در مورد هیدروگراف های مشاهده شده کاملاً صدق می کند. هرچه که به ایستگاههای بهبهان وچم نظام نزدیک می شویم از این خصوصیت تا حدودی کاسته می شود.

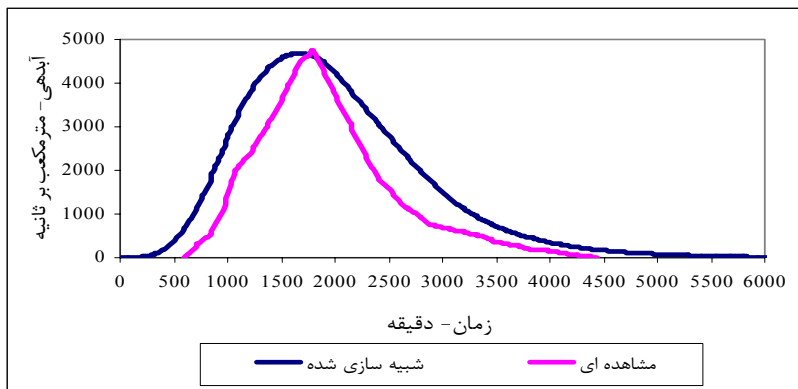
#### پروسه کالیبراسیون پارامترهای شبیه سازی بارش- رواناب

در این مطالعه با نرم افزار hec-hms در حوضه آبریز رودخانه مارون کالیبراسیون صورت گرفته است. روش کار به این صورت می باشد که هر سیلاب به طور مجزا در نظر گرفته می شود و پارامترهای مورد نیاز با استفاده از روش سعی وخطا محاسبه خواهند شد ، لازم به توضیح است که جهت بدست آوردن نتایج دقیق اولاً می بایست داده های مورد استفاده صحیح باشند ضمناً هر چه تعداد سیلاب های انتخاب شده بیشتر باشند نتایجی که بدست خواهند آمد از دقت عمل بیشتری بر خوردار خواهند بود.

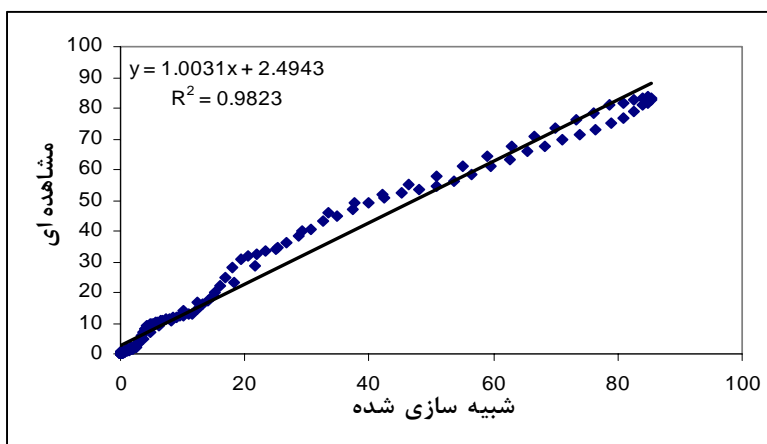
در نرم افزار hec-hms بارندگی را به ۲ روش می توان در کالیبراسیون مدل بارش- رواناب بکار برد. روش اول این است که از منحنی تجمعی بارش استفاده نمود. در روش دوم بارندگی به صورت مجزا و در هر ساعت بکار گرفته می شود که در این مطالعه جهت بررسی انطباق هرچه بهتر میان دبی اتفاق افتاده در مقاطع مختلف وبارش های صورت گرفته سعی شده است که از منحنی های تجمعی بارش استفاده شود که در هر دو صورت نرم افزار های مذکور بارندگی ساعتی را جهت کالیبراسیون مدل بارش رواناب بکار خواهند برد.

برای بهینه سازی پارامترهای مدل در حوضه آبریز مارون از میان ۴۰ رگبار مشاهده ای ۲۱ رگبار انتخاب گردید. این رگبارها شامل رگبار ۷۴/۱۲/۲۱ ، ۷۵/۰۱/۰۲ ، ۷۶/۱۰/۱۵ ، ۷۶/۱۲/۲۶ و .... بودند. رگبارهای فوق با توجه به محدودیت های مربوط به انتخاب هیدروگراف مشاهده ای و با توجه به وضعیت رطوبت پیشین خاک و همچنین در شرایط رطوبی نسبتاً متفاوت انتخاب گردیده اند .

در هر رگبار با انجام عمل شبیه سازی هیدروگراف مشاهده ای با هیدروگراف شبیه سازی شده مورد مقایسه قرار گرفت. برای ورودی های مدل از بارندگی های ساعتی در هر یک از ایستگاههای باران نگاری ایدنک ، بهبهان و چم نظام و آبدهی های ساعتی همزمان با این رگبارها در زیرحوضه های مذکور استفاده شد. برای کنترل محاسبات هم فاصله زمانی یک ساعت منظور شد. تابع هدف استفاده شده برای مقایسه آبدهی پیک و زمان رسیدن به دبی اوج در هیدروگراف مشاهده ای و هیدروگراف محاسبه شده روش مجموع قدرمطلق خطاها در نظر گرفته شد. در روش جستجو هم از گرادیان یک متغیره استفاده شد. برای کم کردن دامنه جستجو مقادیر اولیه ای برای پارامترهای مدل که شامل تلفات اولیه حوضه، شماره منحنی و زمان تاخیر بود منظور گردید. در این مطالعه جهت روندیابی سیلاب در مقاطع مختلف رودخانه مارون از روش روندیابی هیدرولوژیکی ماسکینگام استفاده شده است. همچنین از روش وزنی ایستگاههای باران سنجی جهت تعیین میزان متوسط بارش اتفاق افتاده در حوضه آبریز استفاده شده است. که برای ایستگاههای هیدروکلیماتولوژیکی ایدنک ، بهبهان و چم نظام بترتیب ۰/۴ ، ۰/۳۵ و ۰/۳ بر اساس میزان بارش های اتفاق افتاده طول آمار ماهانه محاسبه گردیده است که می بایست جمع جبری وزن ایستگاههای انتخاب شده برابر با ۱/۰۰ باشد. شکل های (۲) و (۳) شکل های مقایسه ای نتایج مدل ریاضی و جداول (۲) تا (۵) جداول مقایسه ای نتایج حاصل از مدل را نشان می دهد. نتایج نهایی واسنجی زیرحوضه های آبریز مارون را در جدول (۶) مشاهده می کنیم .



شکل ۲- هیدروگراف های سیل مشاهداتی و محاسباتی در زیرحوضه ایدنگ مربوط به سیل ۷۶/۱۰/۱۵



شکل ۳- مقایسه عرض های هیدروگراف مشاهده ای و شبیه سازی شده مربوط به ایستگاه هیدرومتری ایدنگ در رگبار ۷۶/۱۰/۱۵

جدول ۲- خصوصیات هیدروگراف های مشاهده ای و شبیه سازی شده مربوط به ایستگاه هیدرومتری ایدنگ در رگبار ۷۶/۱۰/۱۵

تداوم (ساعت)	آبدهی (مترمکعب برثانیه)		اختلاف زمانی در رسیدن به قله هیدروگراف (ساعت.دقیقه)	تداوم سیل (ساعت)	
	مشاهده ای	شبیه سازی		مشاهده ای	شبیه سازی
۰/۲۵	۸۴	۹۰/۶	۰:۳۰	۳۵	۳۷
۰/۵	۸۴	۹۰/۴	۰:۳۰	۳۵	۳۷/۲۵
۱	۸۴	۹۰/۲	۰:۳۰	۳۵	۳۸
۲	۸۴	۸۹/۳	۰:۴۵	۳۵	۳۹
۳	۸۴	۸۸/۹	۰:۴۵	۳۵	۳۸/۷۵
۴	۸۴	۸۵	۱:۰۰	۳۵	۴۰/۵
۶	۸۴	۸۲/۷	۱:۴۵	۳۵	۴۱/۵
۸	۸۴	۸۱/۶	۲:۳۰	۳۵	۴۲
۱۲	۸۴	۶۹	۰:۴۵	۳۵	۴۸/۵
۲۴	۸۴	۷۵/۲	۱۰:۳۰	۳۵	۴۸/۲۵



جدول ۳- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در واسنجی و بهینه سازی مدل برای ایستگاه ایدنک با استفاده از روش SCS

تایخ وقوع رگبار	شماره منحنی	زمان تاخیر بر حسب ساعت	دبی مشاهده‌ای بر حسب متر مکعب بر ثانیه	دبی محاسبه شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه	اختلاف زمان تاپیک بر حسب ساعت
۷۶/۱۰/۱۵	۷۶	۱۵/۵	۲۵۴/۶	۲۵۳/۸	۰
۷۷/۱۱/۱۵	۷۵	۱۴	۳۵۶	۳۷۱	۰/۵
۷۶/۱۲/۲۶	۷۸	۱۵	۲۸۵	۲۶۵	۰/۲۵

جدول ۴- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در واسنجی و بهینه سازی مدل برای ایستگاه ایدنک با استفاده از روش اشنایدر

تایخ وقوع رگبار	شماره منحنی	زمان تاخیر بر حسب ساعت	دبی مشاهده‌ای بر حسب متر مکعب بر ثانیه	دبی محاسبه شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه	اختلاف زمان تا پیک بر حسب ساعت
۷۶/۱۰/۱۵	۶۵	۱۴	۲۵۴/۶	۵۹۰	۰/۷۵
۷۷/۱۱/۱۵	۶۸	۱۴	۳۵۶	۶۱۴	۰/۷۵
۷۶/۱۲/۲۶	۵۶	۱۲	۲۸۵	۴۶۸	۱/۲۵

جدول ۵- مقایسه نتایج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در واسنجی و بهینه سازی مدل برای ایستگاه ایدنک با استفاده از روش کلارک

تایخ وقوع رگبار	شماره منحنی	زمان تمرکز بر حسب ساعت	دبی مشاهده‌ای بر حسب متر مکعب بر ثانیه	دبی محاسبه شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه	اختلاف زمان تا پیک بر حسب ساعت
۷۶/۱۰/۱۵	۶۶/۷	۱۲	۲۵۴/۶	۲۳۵	۰/۵
۷۷/۱۱/۱۵	۷۴/۵	۱۴	۳۵۶	۱۰۲/۹	۰/۲۵
۷۶/۱۲/۲۶	۶۵/۱	۱۰	۲۸۵	۸۶	۰/۷۵

جدول ۶- نتایج بهینه سازی زیرحوضه های آبریز مارون

Rich 3	Rich 2	Rich 1	چم نظام	بهینه‌ان	ایدنک	پارامتر
			۸۵	۸۵/۵	۷۹/۵	شماره منحنی (CN)
			۱۵	۱۳	۱۶	زمان تاخیر ( $T_{lag}$ ) (ساعت)
۱/۱	۱/۵	۱/۲				K Muskingum (ساعت)
۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۸				X Muskingum



## نتایج

- ۱ - نتایج بررسی از واسنجی و بهینه سازی در خصوص مقایسه روش های SCS، اشنایدر و کلارک نشان داد که روش SCS در مرتبه اول و سپس روش کلارک و بعد از آن مدل اشنایدر دارای کمترین اختلاف در دبی اوج سیلاب و زمان رسیدن به دبی اوج در هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده هستند. از طرف دیگر روش SCS دارای مقبولیت جهانی بوده و بیشتر از دو روش دیگر مورد استفاده قرار گرفته است.
- ۲ - مقایسه سه روش SCS، هیدروگراف و روش کرپیچ در تخمین زمان تأخیر نشان داد که روش کرپیچ در رگبارهای زیادی مقادیر نزدیکتری را به دبی اوج هیدروگراف ارائه می‌کند. اختلاف زمانی در رسیدن به زمان دبی اوج در هیدروگراف مشاهده‌ای و هیدروگراف محاسبه شده هم نشان داد که روش کرپیچ دارای زمانی کمتر و یا مساوی با روش‌های دیگر بوده است. لذا روش کرپیچ به عنوان روشی مناسب در تخمین اولیه زمان تأخیر به کار رفت.
- ۳ - لازم است برای واسنجی مدل ریاضی hec-hms حتماً از سیلاب‌های هم زمان ثبت شده در سه ایستگاه هیدرومتری حوضه استفاده کنیم بنابراین باید داده‌های خام حتماً به داده‌های ساعتی هم زمان برای سه زیرحوضه تبدیل شود.
- ۴ - با توجه به اینکه درصدهای محاسبه شده اختلاف مابین پیش بینی زمان وقوع و اندازه ماکزیمم سیلاب اتفاق افتاده و روندیابی شده توسط نرم افزار HEC-HMS کمتر از ۱۰٪ می‌باشد لذا می‌توان به نتایج بدست آمده اطمینان کامل داشته‌واز آنها برای پیش بینی سیلاب‌های احتمالی بهره جست.

## پیشنهادات

- ۱ - در تعیین هیدروگراف سیل و برای دستیابی به سیلاب طرح و پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های بزرگ و مشابه با حوضه مارون پیشنهاد می‌شود از بارندگی‌های با تداوم‌های بزرگتر از زمان تمرکز حوضه در پرریودهای زمانی کمتر از ۶ ساعت و ترجیحاً پرریودهای ساعتی استفاده شود.
- ۲ - با توجه به اختلاف کم جریان مشاهده شده و جریان شبیه‌سازی شده، در پیش‌بینی جریان در این حوضه پیشنهاد می‌شود که از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شود.
- ۳ - با توجه به اینکه شماره منحنی پارامتر هیدرولوژیکی بسیار مهمی در معرفی حوضه به شمار می‌رود پیشنهاد می‌شود در مدل کردن حوضه‌های مختلف و مشابه حوضه آبریز مارون به دنبال واسنجی این پارامتر باشیم.

## منابع

۱. رمیناس، ژ (مؤلف) و صدقی، ح. (مترجم) (۱۳۶۳) اصول مهندسی هیدرولوژی. دانشگاه شهید چمران، اهواز.
۲. پرهمت، ج. و صدقی، ح. (۱۳۷۸) واسنجی و ارزیابی مدل HEC-1 در زیر حوضه بازفت در کارون. اولین همایش منطقه‌ای بیلان آب، ایران، اهواز، صص ۱۴۳-۱۳۳.
۳. محمودیان شوشتری، م. مجدزاده طباطبایی، م. ر. و یوسفی، ع. (۱۳۸۱) بررسی و کاربرد مدل HEC-HMS در مهندسی رودخانه، بررسی موردی: رودخانه‌های کر و سیوند استان فارس. مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، صص ۱۰۶۸-۱۰۶۱.
۴. مرید، س. قائمی، ه. و میر ابوالقاسمی، ه. (۱۳۷۶) شبیه‌سازی بارندگی - رواناب، ضرورتی برای برنامه ریزی و مدیریت منابع آب. نیوار، صص ۱۴-۷.
۵. موسوی، س. ا. (۱۳۸۱) پهنه بندی قابلیت سیل خیزی حوزه آبخیز جهل‌گری سد قشلاق، استان کردستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
6. Garcia, R. and Schneider, M. (2001) Estimating Maximum Expected Short-Duration Rainfall Intensities from Extreme Convective Storms. *Phy. Chem. Earth(B)*, 26(9): 675-681.
7. Ghitoto, R.D. (1991) Run of Hydrograph Computation Method. A Desinger Course at Clarion Palaz hotel.
8. Goel, N.K., Kurothe, R.S., Mathur, B.S. and Vogel, R.M. (2000) A Derived Flood Frequency Distribution for Correlated Rainfall Intensity and Duration. *Journal of Hydrology*, Vol. 228: 56-67.
9. Guevara, E. (2003) Engineering Design Parameters of Storms in Venezuela, *Hydrology Days*: 80-91.