

## ارزیابی و واسنجی مدل WMS/HEC-HMS در حوضه آبریز سد مهاباد

صابر ابراهیمیان<sup>۱</sup>، سید جمیل قادری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت ۱۳۹۲/۰۷/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱

### چکیده:

کامبود آب که مردم ایران از قدیم با آن مواجه بوده اند، چنان پیچیدگی های فنی، فرهنگی و اقتصادی- اجتماعی بوجود آورده است که حتی استفاده علمی از این منابع را تحت الشعاع قرار داده است، لذا قبل از هر تصمیم گیری باید ابعاد اینگونه مسائل از نظر هیدرولوژیکی شناخته شود. استفاده از روابط تجربی بارش-رواناب بعنوان یکی از ساده ترین روشها در تخمین حجم رواناب خروجی از حوضه ها شناخته می شود. با توسعه کامپیوترها و قابلیت های محاسباتی و تصمیم گیری منطقی آنها، محققین روشها و متدهای جدیدی برای حل دقیق تر و بهینه تر مسائل و پدیده های مختلف توسعه داده اند. در این تحقیق فرآیند بارش- رواناب حوضه آبریز سد مهاباد با استفاده از مدل مفهومی HEC-HMS شبیه سازی شده است. فرآیند شبیه سازی با استفاده از روش های شماره منحنی SCS و مقدار اولیه و نرخ ثابت تلفات برای محاسبه میزان تلفات و روش های هیدروگراف واحد کلارک و هیدروگراف واحد اشنایدر جهت برآورد میزان رواناب انجام گرفته است و کارایی آنها با استفاده از معیارهای آماری، مجذور میانگین مربعات خطای وزنی (PRMSE) و ضریب تبیین (R2) مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی نتایج شبیه سازی حکایت از انطباق بهتر روش شماره منحنی SCS نسبت به روش نرخ ثابت و مقدار اولیه برای محاسبه میزان تلفات دارد.

واژه های کلیدی: بارش-رواناب، حوضه آبریز سد مهاباد، مدل HEC-HMS، هیدروگراف

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، مهاباد، ایران  
Ebrahimiysaber@yahoo.com (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی عمران، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران  
Ghadery.jamil@gmail.com

## مقدمه:

نمودند و بررسی نتایج نشان می دهد که مدل HEC-HMS، الگوی سیلاب های رخ داده در حوضه را با دقت تقریباً خوبی شبیه سازی نموده است و از این مدل می توان در طراحی های اولیه و بررسی اجمالی وضعیت منابع آب حوضه آبریز مهباد استفاده نمود.

نوحه گر و همکاران (۱۳۹۱) مدل HEC-HMS و حساسیت آن در برآورد مشخصه های هیدروگراف سیلاب را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق جهت واسنجی پارامتر شماره منحنی، از آمار ۴ رگبار مشاهده ای و سیل همزمان آنها استفاده شده است. نتایج نشان دادند که این مدل در خصوص پیش بینی دبی اوج و زمان مربوط به آن در خروجی حوضه واقع در ایستگاه هیدرومتری سرمقسم می تواند نتایج قابل قبولی را ارائه نماید اما مدل در برآورد حجم موفق نبود. نتایج آنالیز حساسیت مدل نشان داد که به محض اضافه کردن ۵ درصد به شماره منحنی حوضه و رسیدن به مقدار ۷۹/۲۷، دبی پیک سیل به شدت افزایش پیدا می کند. این نکته نشان داد که هر گونه عملیات کنترل سیلاب در محدوده مورد مطالعه، باید با مطالعه کافی و در جهت کنترل پوشش گیاهی صورت گیرد.

فتحی و همکاران (۱۳۹۱) روشهای هیدروگراف واحد SCS و کلارک در برآورد هیدروگراف سیل حوضه آبریز ابوالعباس را ارزیابی نمودند. در این تحقیق از مفهوم هیدروگراف واحد مصنوعی در مدلسازی هیدروگراف سیل بهره گرفته شده است. دو مدل رواناب مستقیم شامل هیدروگراف های واحد SCS و کلارک 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 بکارگیری مدل HEC-HMS به واسنجی این مدلها پرداخته شد، جهت خطایابی از سه شاخص آماری میانگین خطای نسبی mare و متوسط جذب میانگین مربع خطاها RMSE و ضریب همبستگی  $R^2$  استفاده شده است. بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که روش SCS نسبت به روش کلارک بهترین برازش را بین داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده دارا می باشد.

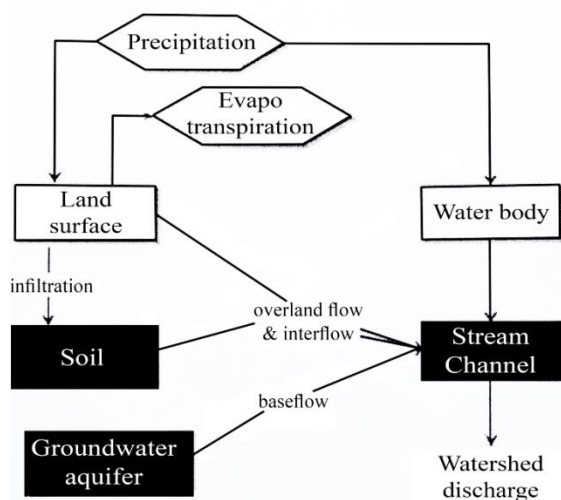
نوری و همکاران (۱۳۹۱) مدل HEC-HMS را در تخمین سیلاب حوضه های فاقد آمار مورد بررسی قرار

شناخت رفتار دینامیکی فرآیند بارش-رواناب یکی از اساسی ترین و پیچیده ترین مراحل در طراحی پروژه های آبی است. این فرآیند در تخمین جریان رودخانه ها، تولید انرژی، کنترل سیل، تنظیم نیازهای آبی و آبیاری، زهکشی، بازیافت، آبیاری پروری و ... نقش ویژه ای دارد. هیچکدام از مدل های آماری و مفهومی موجود جهت الگوسازی دقیق فرآیند بارش-رواناب با وجود روابط غیر خطی، عدم قطعیت و ویژگی های متغیر زمانی و مکانی در سیستم های گردش آبی، نتوانسته اند به عنوان یک مدل برتر و توانا شناخته شوند.

از گذشته های دور تحقیقات وسیعی راجع به مدلسازی فرآیند بارش در سطح حوضه و تبدیل آن به رواناب و سیل خروجی از حوضه انجام شده است. در این تحقیق تنها مطالعاتی که فرآیند بارش-رواناب را با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه سازی نموده اند مورد بررسی قرار گرفته است. مدل HEC-HMS توسط انجمن مهندسين هیدرولوژی ارتش آمریکا در سال ۱۹۹۸ مطرح شده است که فرآیندهای بارش-رواناب در سطح حوضه را به روش مفهومی مدلسازی می نماید.

جعفر نیا و همکاران (۱۳۹۲) به برآورد سیلاب حوضه آبریز رودخانه تلار (زیر حوضه کسلیان) با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند، در تحقیق حاضر با استفاده از مدل HEC-HMS سعی شد سیلاب واقع در بالادست ایستگاه هیدرومتری ولیکن زیر حوضه کسلیان واقع در استان مازندران برآورد گردد. برای کالیبره کردن مدل از داده های سیلاب اندازه گیری شده و هایتوگراف بارش منطقه استفاده شد. نتایج تحقیق نشان می دهد که پیش بینی اوج سیلاب در وقایع مختلف به روش SCS خطای اندکی داشته است. در مجموع مدل یاد شده توانایی بسیار خوبی در پیش بینی اوج سیلاب منطقه دارد. بنابراین از این مدل می توان برای پیش بینی سیلاب منطقه استفاده گردد.

قادری و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و مقایسه آن با روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل مفهومی HEC-HMS فرآیند بارش-رواناب را در حوضه آبریز رودخانه مهباد شبیه سازی



شکل (۱): اصول مدل HEC-HMS در شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب

هیدروگراف های حاصل از تحلیل نرم افزار HEC-HMS یا مستقیماً در مسایل طراحی بکار برده می شود و یا در ارتباط با دیگر نرم افزار ها برای مطالعات تکمیلی آبی، زهکشی شهری پیش بینی جریان، طراحی سرریز مخزن، کاهش آسیب سیلاب و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

این مدل حوضه آبریز را به عنوان یک سیستم یکپارچه<sup>۵</sup> با مؤلفه های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می دهد، هر جزء مدل یک جنبه از فرآیند بارش- رواناب را در داخل بخشی از حوضه که معمولاً به عنوان زیر حوضه در نظر گرفته می شود، شبیه سازی می کند. به عبارت دیگر اجزاء مختلفی برای شبیه سازی سیستم فیزیکی حوضه ترکیب می شوند و هر جزء نماینده یکی از عوامل تبدیل بارش به رواناب در حوضه می باشد که از ترکیب اثر توأم عوامل مذکور هیدروگراف نهایی سیلاب حاصل خواهد شد.

#### روش های محاسباتی مؤلفه های حوضه

کلیه محاسبات مربوط به زیر حوضه ها را در مدل HEC-HMS می توان به سه گروه زیر تقسیم بندی نمود:

دادند. در این مطالعه به تخمین سیلاب حوضه آبریز قروه واقع در استان کردستان، پرداخته شده است. در این راستا ۴ رگبار را که دارای هیدروگراف و هیتوگراف متناظر هم بودند، انتخاب و توسط نرم افزار HEC-HMS و با استفاده از روش تجربی SCS هیدروگراف سیل حوضه شبیه سازی شده و شماره منحنی، زمان تأخیر و میزان تلفات توسط نرم افزار مورد واسنجی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که نرم افزار با توجه به واسنجی های صورت گرفته یک ابزار مفید جهت تخمین دبی اوج سیلاب در نقاط فاقد آمار حوضه های آبریز خواهد بود.

#### مواد و روش ها:

##### مدل HEC-HMS:

نرم افزار HEC-HMS<sup>۱</sup> نسخه توسعه یافته HEC-1 از جمله نرم افزارهای مهندسی آب است که برای شبیه سازی فرآیندهای بارش رواناب در حوضه های آبریز به کار می رود. این نرم افزار در حل مسایل مختلف موجود در زمینهای آب شامل منابع آب و هیدرولوژی، سیل های بزرگ و رواناب حوضه های آبریز طبیعی یا شهری کوچک کاربرد دارد. هیدروگراف های تولید شده توسط این نرم افزار بطور مستقیم یا در تلفیق با نرم افزارهای دیگر در مطالعه ها و پروژه های آبی از جمله منابع آب، زهکشی شهری، پیش بینی جریان، طراحی سرریز مخزن و بهره برداری از سیستم های منابع آب و غیره مورد استفاده قرار می گیرد.

در مدل HEC-HMS برای محاسبه رواناب از روش های مختلفی نظیر هیدروگراف واحد اشنايدر<sup>۲</sup>، هیدروگراف واحد SCS، هیدروگراف واحد کلارک<sup>۳</sup> و روش روندیابی مانند موج کینماتیک<sup>۴</sup> سیلاب استفاده می شود. در شکل (۱) اصول مدل HEC-HMS در شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب ارائه شده است، مدل HEC-HMS برای شبیه سازی هر کدام از مؤلفه های شکل (۱) مدل جداگانه ای را استفاده می نماید که این مدل ها عبارتند از مدل های محاسبه حجم رواناب، مدل های محاسبه رواناب مستقیم، مدل های جریان پایه، مدل های جریان رودخانه.

<sup>۱</sup>Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System

<sup>۲</sup>Snyder

<sup>۳</sup>Clark

<sup>۴</sup>Kinematic wave

<sup>۵</sup>Lumped

$$P_{et} = \begin{cases} 0 & \text{if } \Sigma p_i < I_a \\ P_t - f_c & \text{if } \Sigma p_i > I_a \text{ and } P_t > f_c \\ 0 & \text{if } \Sigma p_i > I_a \text{ and } P_t \leq f_c \end{cases} \quad (۳)$$

که در این رابطه داریم:

$I_a$ : میزان تلفات اولیه یا مقدار نفوذ اولیه

$P_t$ : میزان بارش در زمان  $t$

$f_c$ : شدت تلفات در طول مدت بارش یا مقدار نفوذ یکنواخت، بر حسب اینچ بر ساعت (in/hr)

### ب) روش های محاسبه مقادیر رواناب حوضه یا زیر حوضه

در نرم افزار HEC-HMS جهت محاسبه رواناب ناشی از بارش هفت روش که شامل مدل های تجربی و مفهومی اعم از هیدروگراف واحد، اجرای موج سینماتیک و روش شبه توزیع خطی می باشد، ارائه شده است که در هر کدام از زیر حوضه ها می توان از روش های مختلفی جهت محاسبه رواناب استفاده و یا اینکه یک روش مشابه را برای همه زیر حوضه ها انتخاب نمود. در این تحقیق از روش های هیدروگراف واحد SCS و هیدروگراف واحد کلارک جهت محاسبات مربوط به برآورد میزان رواناب بهره گرفته شده است.

#### - روش هیدروگراف واحد SCS

این مدل که در سال ۱۹۸۶ توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا ارائه شد در واقع بر اساس داده های مشاهداتی حوضه های کوچک کشاورزی آمریکا بدست آمده است. در این روش مختصات نقاط هیدروگراف واحد بر مبنای جدول بدون بعدی که در آن مقادیر نسبت به زمان ( $t/t_p$ ) در مقابل نسبت دبی هیدروگراف ( $Q/Q_p$ ) درج شده است بدست می آید.

برای بدست آوردن مختصات نقاط هیدروگراف از روی  $t/t_p$  و  $Q/Q_p$  لازم است مقادیر  $t_p$  و  $Q_p$  در دست باشند تا از روی آنها به کمک ارقام جدول مذکور مقادیر  $t$  و  $Q$  بدست آید.  $t_p$  و  $Q_p$  از روابط (۴) و (۵) محاسبه می شوند:

$$Q_p = \frac{0.208A}{t_p} \quad (۴)$$

$$t_p = \frac{D}{2} + t_l \quad (۵)$$

که در این روابط:

$Q_p$ : دبی اوج هیدروگراف واحد بر حسب مترمکعب

### الف) روش های محاسبه میزان تلفات حوضه یا

#### زیر حوضه

در مدل HEC-HMS روش های محاسبه میزان تلفات در زیر حوضه ها یازده نوع می باشند، کاربر می تواند با انتخاب تنها یکی از آنها اقدام به محاسبه میزان تلفات نماید. در این تحقیق برای محاسبه میزان تلفات از دو روش شماره منحنی<sup>۱</sup> SCS و شرایط اولیه و نرخ ثابت<sup>۲</sup> استفاده شده است.

#### - روش شماره منحنی SCS

سازمان حفاظت خاک آمریکا جهت محاسبه میزان رواناب روش SCS که تابعی از میزان بارش تجمعی، پوشش گیاهی، رطوبت خاک حوضه و کاربری اراضی می باشد را با استفاده از رابطه (۱) زیر ارائه نمود:

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (۱)$$

که در این رابطه:

$R$ : ارتفاع رواناب حوضه بر حسب اینچ

$P$ : ارتفاع بارندگی در لحظه  $t$  بر حسب اینچ

$S$ : عامل مربوط به نگهداشت رطوبت در خاک است که مقدار آن بر حسب اینچ و واحد متریک بدست می آید

#### - روش شرایط اولیه و نرخ ثابت تلفات

اساساً روش اولیه (نشان دهنده شرایط قبلی حوضه) و نرخ ثابت تلفات به این مفهوم است که مقدار حداکثر تلفات بارندگی در حوضه ( $F_c$ ) در تمامی مراحل ثابت می باشد. در اینصورت اگر  $P_t$  ارتفاع متوسط بارندگی سطحی طی بازه زمانی خاص  $t$  و  $t+\Delta t$  فرض شود، بارش مازاد  $P_{et}$  در این بازه زمانی برابر رابطه (۲) خواهد بود:

$$P_{et} = \begin{cases} P_t - f_c & \text{if } P_t > f_c \\ 0 & \text{if } P_t \leq f_c \end{cases} \quad (۲)$$

در بخش نفوذ پذیر حوضه تا زمانی که بارش تجمعی بیشتر از میزان تلفات نشود و حجم مازاد بر تلفات تشکیل نشود، رواناب بوجود نخواهد آمد، بدین ترتیب بارش مازاد بصورت رابطه (۳) تعریف می گردد:

<sup>۱</sup>SCS Curve Number

<sup>۲</sup> Initial and Constant Loss

$t_p$ : زمان رسیدن به دبی اوج

$D$ : تداوم مورد نظر برای بارندگی بر حسب ساعت

$t_1$ : زمان تأخیر حوضه بر حسب ساعت

در روش SCS مدت بارندگی  $D$  که هیدروگراف واحد برای آن ساخته می شود بستگی به زمان تمرکز داشته و از رابطه (۶) بدست می آید:

$$D = 0.133t_c \quad (۶)$$

### - روش هیدروگراف واحد کلارک

هیدروگراف واحد کلارک یک روش هیدروگراف واحد مصنوعی است که کاربر برای ایجاد یک هیدروگراف واحد لازم نیست که هیدروگراف های واحد مشاهداتی گذشته را مورد ارزیابی قرار دهد. در فرآیند تبدیل بارش مازاد به رواناب ذخیره کوتاه مدت آب حاصل از بارش تأثیر فراوانی دارد، ساختار این مدل با معادله پیوستگی (رابطه (۷)) شروع می شود:

$$\frac{ds}{dt} = I_t - Q_t \quad (۷)$$

که در آن:

$\frac{ds}{dt}$ : تغییرات ذخیره نسبت به زمان

$I_t$ : متوسط ورودی به ذخیره در زمان  $t$

$Q_t$ : متوسط خروجی از ذخیره در زمان  $t$

در مدل مخزن خطی، ذخیره در زمان  $t$  بصورت رابطه

(۸) بیان می شود:

$$S_t = R \cdot Q_t \quad (۸)$$

$S_t$ : ذخیره در زمان  $t$

$R$ : پارامتر ثابت مخزن خطی

از ترکیب و حل معادلات (۷) و (۸) رابطه (۹) حاصل

می شود:

$$Q_t = C_A \cdot I_t + C_B Q_{(t-1)} \quad (۹)$$

در این رابطه  $C_A$  و  $C_B$  ضرایب روندیابی هستند که از

روابط (۱۰) و (۱۱) بدست می آیند:

$$C_A = \frac{\Delta t}{R + 0.5\Delta t} \quad (۱۰)$$

$$C_B = 1 - C_A \quad (۱۱)$$

متوسط جریان خروجی در زمان  $t$  عبارتست از

رابطه (۱۲):

$$\bar{Q}_t = \frac{Q_{t-1} + Q_t}{2} \quad (۱۲)$$

در رابطه (۹) در صورتیکه عرض جریان ورودی را رواناب ناشی از یک واحد بارش مازاد در نظر گیریم، عرض خروجی از این مخزن هیدروگراف واحد را تشکیل می دهد. در نرم افزار HEC-HMS محاسبات عرض های هیدروگراف تا هنگامیکه مقدار حجم خروجی از ۰/۹۹۵ اینچ تجاوز نکند، ادامه می یابد سپس عرض های هیدروگراف با استفاده از ارتفاع وزنی تصحیح شده تا ارتفاع، معادل یک واحد گردد.

### ج) روش های محاسبه دبی پایه، جریان پایه حوضه یا زیر حوضه

هیدروگراف های جریان سطحی دارای دو بخش مستقل دبی پایه و دبی رواناب ناشی از بارش می باشد. دبی پایه، جریان پایداری است که در اثر بارش های قبلی، جریان های تأخیری و زیرزمینی در حوضه ذخیره می شود. مدل های مفهومی متعددی وجود دارند که قادر به شبیه سازی و محاسبه مقدار ذخیره سازی و حرکت جریان های زیر زمینی در حوضه هستند، این مدل ها به مدل های دبی پایه معروفند. در نرم افزار HEC-HMS سه مدل برای محاسبه دبی پایه ارائه شده است، که در این تحقیق از روش دبی پایه ثابت ماهانه<sup>۱</sup> استفاده شده است.

### اطلاعات کلی حوضه آبریز مهاباد و داده های مورد استفاده در این تحقیق

حوضه آبریز مهاباد در استان آذربایجان غربی و در جنوب دریاچه ارومیه واقع است و یکی از حوضه های آبریز دریاچه ارومیه است. این حوضه بین طول های شرقی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه و عرض های شمالی ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه واقع است. مساحت این حوضه ۸۴۱ کیلومتر مربع و طول رودخانه اصلی آن ۶۱ کیلومتر است. دو رودخانه کوتر و بیطاس از مهمترین رودخانه های این حوضه آبریز می باشند که در نهایت هر دو رودخانه وارد مخزن سد مهاباد می شوند و بعد از سد یکی شده و رودخانه مهاباد را تشکیل می دهند و پس از گذشتن از

<sup>۱</sup> Constant Monthly

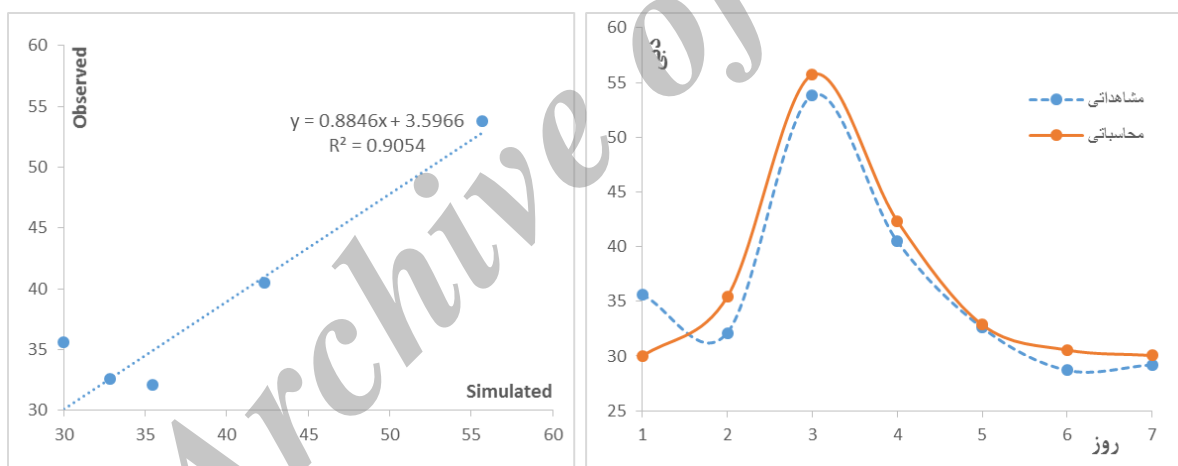
نتایج مدل HEC-HMS در مرحله کالیبراسیون جهت کالیبراسیون مدل از داده های سیلاب و بارش ثبت شده در منطقه استفاده شده است، بدین منظور از ۲ سیل جهت کالیبراسیون مدل و تعیین مقادیر بهینه با بهره گیری از سه ترکیب مدلی جهت برآورد میزان رواناب و تلفات، استفاده شد. در شکل های (۲) الی (۷) نتایج مدل در مرحله کالیبراسیون و در مقایسه با سیلابهای مشاهداتی نشان داده شده است. سه ترکیب مدلی یاد شده شامل موارد زیر می باشند.

- (الف) روش شماره منحنی SCS برای محاسبه تلفات و روش هیدروگراف واحد SCS برای برآورد میزان رواناب  
 (ب) روش شماره منحنی SCS برای محاسبه تلفات و روش هیدروگراف واحد کلارک برای برآورد میزان رواناب  
 (ج) روش شرایط اولیه و مقدار ثابت برای محاسبه تلفات و روش هیدروگراف واحد کلارک برای برآورد میزان رواناب

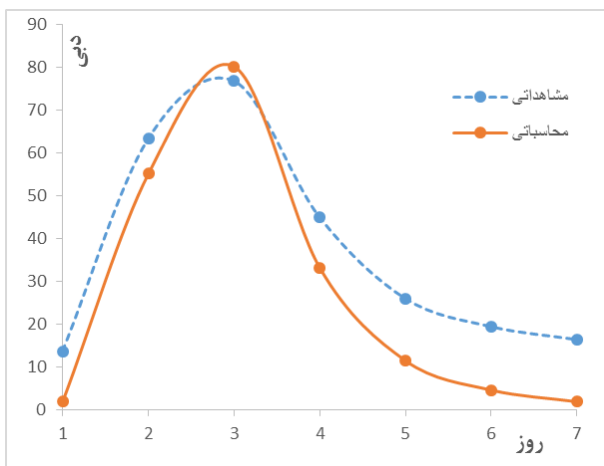
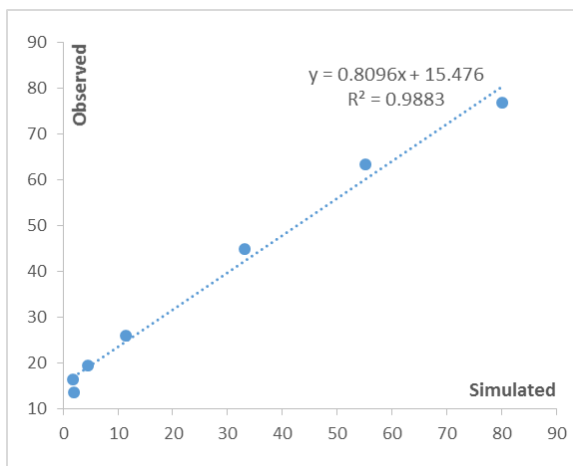
دشت مهاباد وارد دریاچه ارومیه می شود. این حوضه دارای دو ایستگاه هیدرومتری مهم قبل از سد مهاباد بنام های بیطاس و کوتر و دارای یک ایستگاه در خروجی حوضه بنام گردیعقوب می باشد.

در این تحقیق تمامی وقایع روزانه اتفاق افتاده در ایستگاه های باران سنجی و دبی متناظر آنها در ایستگاه های بیطاس و کوتر در سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مدل های مربوط بر این اساس توسعه یافته اند. پس از تحلیل و تجزیه داده ها مشخص شد که سری داده در نهایت دقت مطلوبی داشته و ۸۰ درصد این داده ها برای آموزش و کالیبراسیون و ۲۰ درصد برای آزمایش استفاده شده اند.

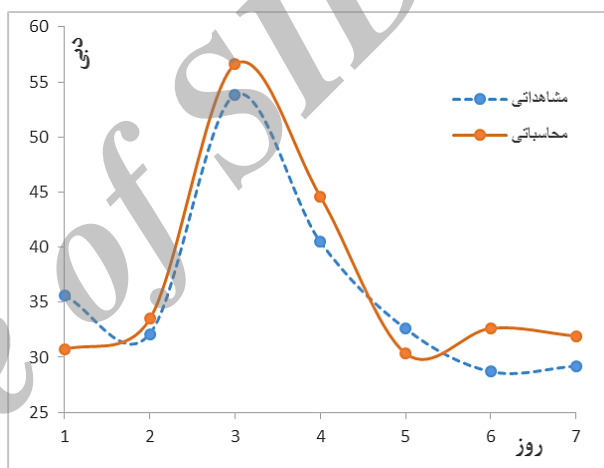
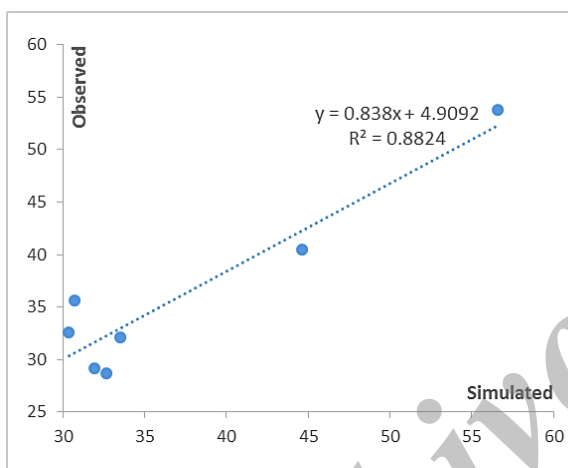
### نتایج و بحث:



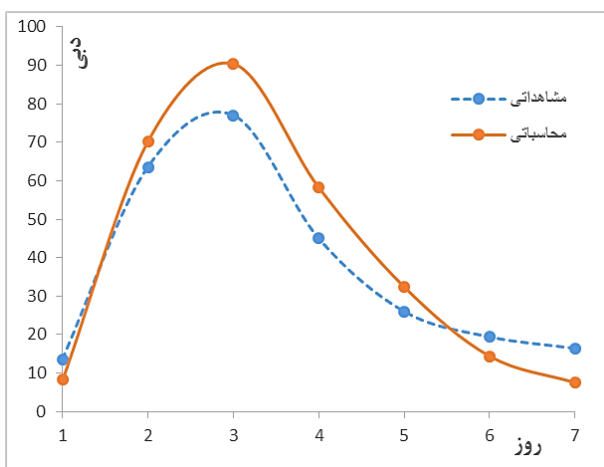
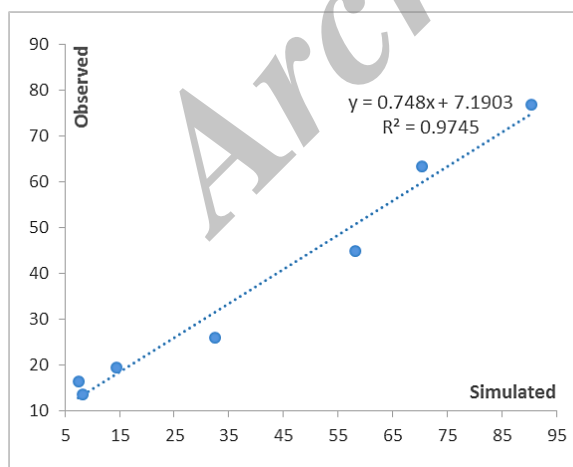
شکل (۲): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (الف) با داده های مشاهداتی در سیلاب اول (۱۸-۲۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۰)



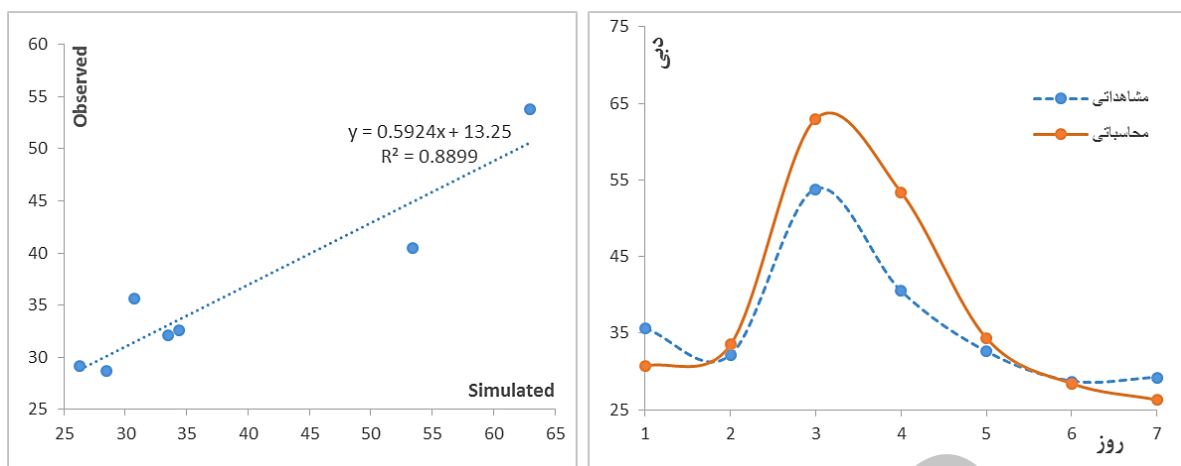
شکل (۳): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (الف) با داده های مشاهداتی در سیلاب دوم (۲۳-۱۷ بهمن ماه ۱۳۸۹)



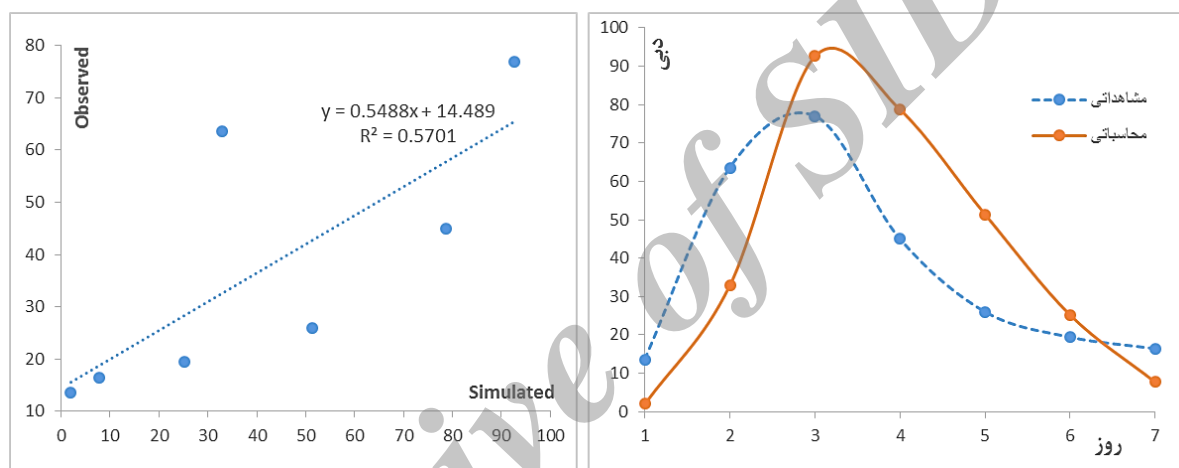
شکل (۴): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (ب) با داده های مشاهداتی در سیلاب اول (۱۸-۱۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۰)



شکل (۵): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (ب) با داده های مشاهداتی در سیلاب دوم (۲۳-۱۷ بهمن ماه ۱۳۸۹)



شکل (۶): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (ج) با داده های مشاهداتی در سیلاب اول (۱۸-۱۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۰)



شکل (۷): مقایسه نتایج محاسباتی در ترکیب مدلی (ج) با داده های مشاهداتی در سیلاب دوم (۲۳-۱۷ بهمن ماه ۱۳۸۹)

HEC-HMS شبیه سازی شده اند با دبی مشاهداتی در جداول (۱) و (۲) و شکل های (۸) و (۹) مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته اند.

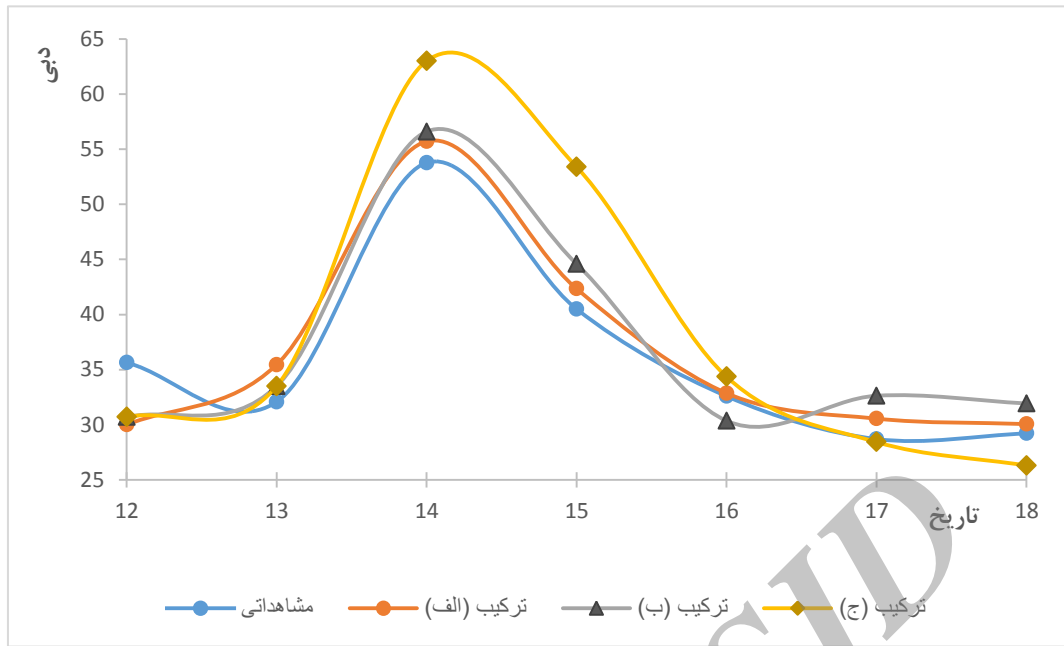
#### مقایسه نتایج سه ترکیب مدلی

به منظور بررسی کارایی سه ترکیب بکار رفته در این تحقیق دبی محاسباتی دو سیلاب که با مدل

جدول (۱): مقایسه نتایج سه ترکیب مدلی در سیلاب اول

تاریخ وقوع سیل	دبی مشاهداتی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی محاسباتی (مترمکعب بر ثانیه)			اختلاف (درصد)		
		ترکیب (الف)	ترکیب (ب)	ترکیب (ج)	ترکیب (الف)	ترکیب (ب)	ترکیب (ج)
۱۳۸۰-۲ ۱۲	۳۵.۶۴	۳۰	۳۰.۷	۳۰.۷	-۱۵.۸۲	-۱۳.۷۶	-۱۳.۷۶
۱۳۸۰-۲ ۱۳	۳۲.۰۸	۳۵.۴۴۷	۳۳.۵	۳۳.۵	۱۰.۵۰	۴.۳۶	۴.۳۶
۱۳۸۰-۲ ۱۴	۵۳.۷۷	۵۵.۷۱۲	۵۶.۶	۶۳	۳.۶۱	۵.۲۰	۱۷.۱۰
۱۳۸۰-۲ ۱۵	۴۰.۵	۴۲.۳۴	۴۴.۶	۵۳.۴	۴.۵۴	۱۰.۱۲	۳۱.۸۵
۱۳۸۰-۲ ۱۶	۳۲.۵۹	۳۲.۸۶۵	۳۰.۳۶	۳۴.۳۶	۰.۸۴	-۶.۸۷	۵.۴۰
۱۳۸۰-۲ ۱۷	۲۸.۷	۳۰.۵۵۶	۳۲.۶۳	۲۸.۴۳	۶.۴۷	۱۳.۶۹	-۰.۹۴
۱۳۸۰-۲ ۱۸	۲۹.۲۱	۳۰.۰۵۸	۳۱.۹۳	۲۶.۳	۲.۹۰	۹.۳۵	-۹.۹۳

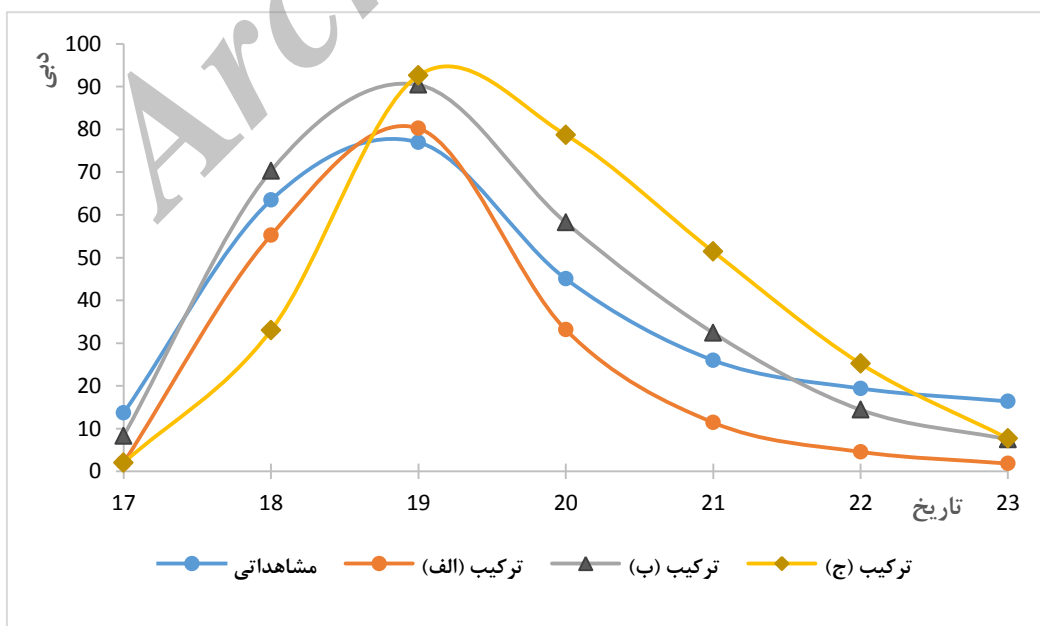




شکل (۸): مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و محاسباتی توسط سه ترکیب مدلی در سیلاب اول

جدول (۲): مقایسه نتایج سه ترکیب مدلی در سیلاب دوم

تاریخ وقوع سیل	دبی مشاهداتی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی محاسباتی (مترمکعب بر ثانیه)			اختلاف (درصد)			
		ترکیب (الف)	ترکیب (ب)	ترکیب (ج)	ترکیب (الف)	ترکیب (ب)	ترکیب (ج)	
ماه-سال	روز							
1389-11	17	13.65	2	8.3	2	-85.3	-38.97	-85.29
1389-11	18	63.45	55.2	70.3	33	-13.0	10.71	-48.03
1389-11	19	76.97	80.2	90.4	92.6	4.2	17.40	20.26
1389-11	20	45.03	33.118	58.2	78.7	-26.5	29.33	74.89
1389-11	21	25.99	11.4	32.4	51.4	-56.0	24.62	97.69
1389-11	22	19.4	4.6	14.4	25.2	-76.5	-25.77	29.90
1389-11	23	16.37	1.8	7.5	7.7	-88.9	-54.27	-53.05



شکل (۹): مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و محاسباتی توسط سه ترکیب مدلی در سیلاب دوم

**نتایج:**

آنچه از بررسی نتایج نمودار ها، هیدروگراف ها و جداول حاصل از آنها بیش از سایر موارد به چشم می آید وابستگی شدید نتایج و داده های شبیه سازی شده محاسباتی توسط مدل به داده ها و اطلاعاتی است که توسط کاربر به مدل معرفی می شود، از این رو هر چه این داده ها از دقت و صحت بیشتری برخوردار باشند خروجی اطلاعات محاسباتی نیز دقیق تر، دارای خطای کمتر و نهایتاً به نتایج مشاهداتی منطبق تر خواهند بود. بر این اساس می توان گفت که ترکیب مدلی روش شماره منحنی SCS برای محاسبه میزان تلفات با روش هیدروگراف واحد SCS برای محاسبه میزان رواناب نتایج بهتر و دقیق تری را ارائه خواهد داد.

با همه این تفصیلات کلیه عملیات شبیه سازی و مدل سازی به توانایی هیدرولوژیست یا کاربر آن مدل و همچنین دقت داده ها و پارامتر های وارد شده به مدل بستگی دارد و عدم دسترسی به برخی از پارامتر ها عملاً شبیه سازی با ترکیبات مدلی متفاوت جهت محاسبه رواناب، تلفات و دبی پایه و ... را غیر ممکن می سازد و آنرا تنها به روش هایی محدود می کند که داده های مورد نیاز در حوضه مورد مطالعه کم و بیش در دسترس باشد

همانگونه که از مقایسات فوق مشاهده می شود از آنجا که ضرایب تبیین ترکیب مدلی (الف)، (روش شماره منحنی SCS برای تلفات و روش هیدروگراف واحد SCS برای محاسبه میزان رواناب) در سیلاب اول برابر  $R^2=0.9054$  و در سیلاب دوم برابر  $R^2=0.9883$  است، در مقایسه با ترکیب مدلی (ب)، (روش شماره منحنی SCS برای تلفات و روش هیدروگراف واحد کلارک برای محاسبه میزان رواناب)، که در آن  $R^2=0.8824$  برای سیلاب اول و  $R^2=0.9745$  برای سیلاب دوم است به مراتب از دقت شبیه سازی بیشتری برخوردار می باشد و نتایج محاسباتی به نتایج مشاهداتی منطبق تر است. همچنین مدل سازی فرآیند بارش- رواناب با استفاده از ترکیب مدلی (ج)، (روش شرایط اولیه و نرخ ثابت برای تلفات و روش هیدروگراف واحد کلارک برای محاسبه میزان رواناب) دارای ضریب تبیین  $R^2=0.8899$  در سیلاب اول و  $R^2=0.5701$  در سیلاب دوم است، که با مقایسه نتایج این ترکیب مدلی با سایر ترکیب ها می توان گفت، ترکیب (ج) نتایج دور از انتظاری را ارائه می دهد. از اینرو ترکیب مدلی (الف) بهترین برآزش را نتیجه خواهد داد.

**منابع:**

۱. جعفر نیا، ج.، امامقلی زاده، ص.، ۱۳۹۲. برآورد سیلاب حوضه آبریز رودخانه تلار (زیر حوضه کسلیان) با استفاده از مدل HEC-HMS، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.
۲. فتحی، ن.، بارانی، غ.، رهنما، م.، رادمنش، ف.، ۱۳۹۱. ارزیابی روشهای هیدروگراف واحد SCS و کلارک در برآورد هیدروگراف سیل حوضه آبریز ابوالعباس، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳. قادری، س. ج.، عنایتی سردره، م. ا.، ابراهیمیان، ص. ۱۳۹۱. شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب با استفاده از روش استنتاج فازی- عصبی تطبیقی و مقایسه آن با روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل مفهومی HEC-HMS حوضه آبریز رودخانه مهاباد. سومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۴. نوحه گر، ا.، قشقایی زاده، ن.، حلی ساز، ا.، ۱۳۹۱. واسنجی و اعتبار یابی مدل HEC-HMS و آنالیز حساسیت آن در برآورد مشخصه های هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جاماش استان هرمزگان)، همایش ملی علوم مهندسی آب و فاضلاب، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.
۵. نوری، ف.، بهمنش، ج.، ۱۳۹۱. ارزیابی مدل WMS/HEC-HMS در پیش بینی سیلاب حوضه آبریز قروه. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد نوزدهم، شماره چهارم.

## Evaluation and Calibration of the HEC-HMS/WMS model in Mahabad dam's basin

Saber Ebrahimiyan<sup>1</sup>, Seyed Jamil Ghaderi<sup>2</sup>

### Abstract

Lack of water which Iranians have faced it from the old times, it has created such a technical, cultural and socio-economical complications that even the scientific exploitation of these resources are affected, hence before any decision making, the hydrological dimensions of these should be explored. Using of empirical relation of the rainfall - runoff is known as one of the simplest way in calculating the outlet runoff volume of the basins. By the development of the computers and their calculating and logical decision abilities, researchers have developed more accurate and more efficient methods for different problems and phenomena. In this research rainfall- runoff process of Mahabad dam basin is simulated by the HEC-HMS conceptual model. The simulating process is done by using the SCS curve number and Initial and Constant Loss methods for calculating the loss rate, and Clark unit hydrograph and Snyder unit hydrograph for calculating the runoff rate, and their performance was evaluated using statistical criteria, Peak-weighted Root Mean Square Error (PRMSE) and correlation coefficient (R<sup>2</sup>). Reviewing the Simulation results indicate a better adaptation of the SCS Curve Number method in compare to Initial and Constant Loss method.

**Keywords:** HEC-HMS model, Hydrograph, Mahabad Dam Basin, Rainfall - Runoff

<sup>1</sup> Master of Water-Civil Engineering, Young Researchers and Elite Club, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

Ebrahimiysaber@yahoo.com

<sup>2</sup> Assistant Professor of Civil Engineering Department, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran  
Ghaderi.jamil@gmail.com