

۱. مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک همواره دارای منابع آب محدود می‌باشند. بخش وسیعی از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. این مناطق معمولاً دارای بارش‌های نامنظم و کم و همچنین تغییرات شدید بارش در زمان و مکان می‌باشند. درواقع زمان با نیازهای انسان در تضاد می‌باشد و باعث ایجاد مشکل می‌شود. مشخصاً مدیریت مؤثر منابع آب یک امر ضروری است. به این منظور ابزارهای مدل‌سازی موردنیاز می‌باشد که مدل‌سازی پیوسته بارش-رواناب مربوط به یک حوضه آبریز می‌تواند به مدیریت مؤثر منابع آب کمک کند (Chow V.T et al., 1988). دریافت نتایج دقیق و قابل‌اطمینان از مدل‌ها یکی از مشکلات بسیاری از محققین می‌باشد که اکثراً عقیده دارند که انتخاب مدل و روش‌های مدل‌سازی مناسب می‌تواند این مشکل را تا حدودی مرتفع نماید (Jothityangkoon C et al., 2001). نرم‌افزار HEC-HMS به‌منظور شبیه‌سازی فرایند کامل هیدرولوژیک موجود در حوضه آبریز طراحی شده است (Manual HEC-HMS). تحقیقات زیادی با استفاده از مدل مذکور صورت گرفته است به‌مانند تحقیقات (Tassew et al., 2019) که به شبیه‌سازی جریان رودخانه تنا^۱ در اتوپیا^۲ با استفاده از نرم‌افزار HMS-HEC پرداختند، اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به $R^2=0.92$ بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل مذکور توانایی مناسبی در شبیه‌سازی رواناب داشت. در تحقیقی دیگر (Ihimekpen NI et al., 2018) که به بررسی رابطه مدل‌سازی و شبیه‌سازی بارش-رواناب با مدیریت پایدار آب برای حوضه اتوپیا در نیجریه پرداختند، اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل HEC-HMS توانایی بالایی در مدل‌سازی تک‌واقع بارش-رواناب برای حوضه مذکور داشت. در تحقیقی دیگر، (DAHDOUNH et al.,

2018) به بررسی دو روش محاسبه تلفات در شبیه‌سازی رواناب سطحی برای حوضه زعفرانیه^۳ در الجزایر پرداختند. در این تحقیق از دو روش محاسبه تلفات شماره منحنی سرویس حفاظت خاک (SCS) و گرین-امپت^۴ استفاده گردیده است. نتایج نشان داد که روش شماره منحنی SCS از عملکرد بهتری نسبت به روش گرین-امپت برخوردار بود. در پژوهشی دیگر، (DERDOUR et al., 2018) به بررسی رابطه مدل‌سازی بارش-رواناب در منطقه نیمه‌خشک برای حوضه آبن سفرا^۵ در الجزایر پرداختند. در این تحقیق از مدل‌سازی تک‌واقع و روش شماره منحنی سرویس حفاظت خاک^۶ موجود در نرم‌افزار HEC-HMS به‌منظور شبیه‌سازی بارش-رواناب بهره گرفته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های شبیه‌سازی شده از همبستگی بالایی با داده‌های مشاهداتی برخوردار بودند و مدل دارای ضریب نش ۰/۹۵ بود. اما تحقیقات کمی در ایران و همچنین بر روی حوضه رود زرد با استفاده از الگوریتم محاسبه رطوبت خاک^۷ صورت گرفته است. که علت این امر ممکن است در گسترده بودن پارامترهای الگوریتم مذکور و نیاز به حجم اطلاعات زیاد برای کالیبراسیون مدل با استفاده از الگوریتم محاسبه رطوبت خاک باشد. در موضوع آنالیز حساسیت پارامترهای الگوریتم مذکور می‌توان به تحقیقات (Haque et al., 2017)، که به آنالیز حساسیت پارامترهای الگوریتم محاسبه رطوبت خاک برای حوضه رود سری-گوین^۸ پرداخته است، اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که منطقه تنس حساس‌ترین پارامتر در بین پارامترهای الگوریتم محاسبه رطوبت خاک بود. (Waikhom RS et al., 2015) در تحقیقی دیگر به مدل‌سازی پیوسته هیدرولوژیکی با استفاده از الگوریتم محاسبه رطوبت

^۳ Zaafrania^۴ Green-Ampt^۵ Ain Sefra^۶ Soil Conservative Service Curve Number^۷ Soil Moisture Accounting^۸ Sari Gowain^۱ Tana^۲ Ethiopia

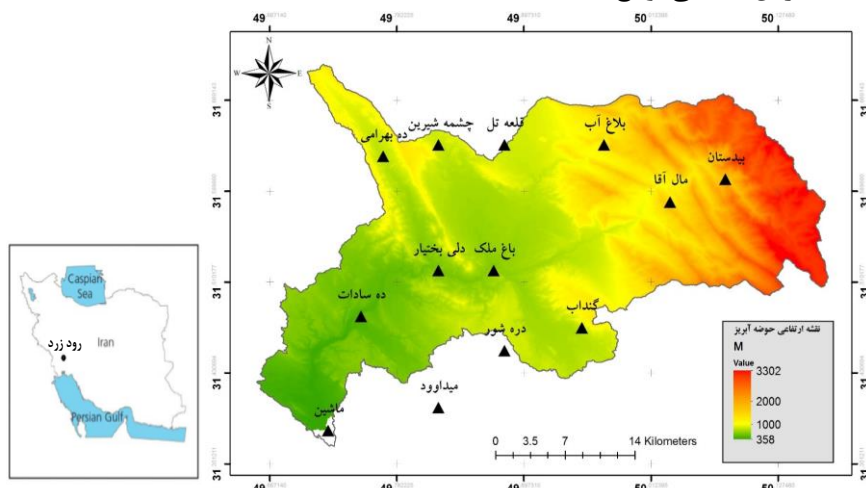
موقعیت این حوضه به همراه ایستگاه‌های باران‌سنجی در مدل رقوم ارتفاعی ۳۰ متری در شکل ۱ نشان داده شده است. رودخانه زرد یکی از شاخه‌های مهم رودخانه اله بوده و با شبکه رودخانه‌ای متراکم در بخش باغ‌ملک (جانکی) شهرستان ایذه واقع گردیده است. شاخه اصلی و اولیه آن به نام ابوالعباس یا بولوان نامیده می‌شود و از دامنه‌های شرقی سفیدکوه و کوه منگشت سرچشمه می‌گیرد پس از تلاقی با دره‌ای که با نام تنگ کور به جنوب غربی تغییر مسیر می‌دهد. این رودخانه در ادامه مسیر، نیاز آبی روستاهای مال آقا، رباط ابوالعباس، زلاب و سنگ را برطرف می‌نماید و سپس وارد باغ‌ملک می‌شود. در ادامه این رودخانه با رودخانه‌های دم آب منگیان، آب گلال، آل خورشید، دم دلی ترکیب شده و رودخانه زرد را تشکیل می‌دهد. رودخانه زرد سپس به جنوب باختری جریان می‌یابد در نزدیکی روستای رود زرد با رودخانه اعلا تلاقی کرده و رودخانه اله را تشکیل می‌دهد و سپس به رود جراحی راه می‌یابد. طول رودخانه زرد تا محل ایستگاه هیدرومتری ماشین حدود ۷۷/۴ کیلومتر و مساحت حوضه آن در حدود ۸۸۹/۲ کیلومتر مربع می‌باشد.

خاک پرداختند. نتایج آنالیز حساسیت پارامترهای الگوریتم محاسبه رطوبت خاک نشان داد که نگهداشت خاک حساس‌ترین پارامتر از میان دیگر پارامترها بود.

با توجه به کمبود تحقیقات در زمینه الگوریتم محاسبه رطوبت خاک به‌عنوان پیچیده‌ترین الگوریتم محاسبه تلفات در نرم‌افزار HEC-HMS و عدم شناخت کافی در مورد حساسیت پارامترهای مختلف آن و عدم بررسی نقش کالیبراسیون خودکار و دستی در بهبود نتایج خروجی، می‌توان اهداف پژوهش را به: (۱) ارزیابی توانایی مدل HEC-HMS در مدل‌سازی پیوسته بارش-رواناب با استفاده از الگوریتم محاسبه رطوبت خاک، (۲) آنالیز حساسیت پارامترهای مدل تلفات به‌عنوان اساس کار مدل‌سازی پیوسته و شناخت بهتر پارامترها به‌منظور ساده‌سازی فرآیند کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، تقسیم کرد.

۲. مواد و روش‌ها

رود زرد در ناحیه جنوب غربی ایران و در منطقه شرق و شمال شرقی شهر رامهرمز در محدوده جغرافیایی ۴۰° تا ۴۹° طول شرقی و ۳۱°۰۵' تا ۳۱°۴۲' عرض شمالی واقع شده است.



شکل ۱. مدل رقوم ارتفاعی ۳۰ متری به همراه موقعیت مکانی حوضه رود زرد و ایستگاه‌های باران‌سنجی

رودخانه و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبریز استفاده شد، که این داده‌ها در طول دوره

جهت بررسی ویژگی‌های هیدرولوژیکی و فیزیکی حوضه آبریز رود زرد از داده‌هایی هواشناسی، دبی

و قلعه تل مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین به منظور کنترل رواناب از ایستگاه هیدرومتری ماشین بهره گرفته شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

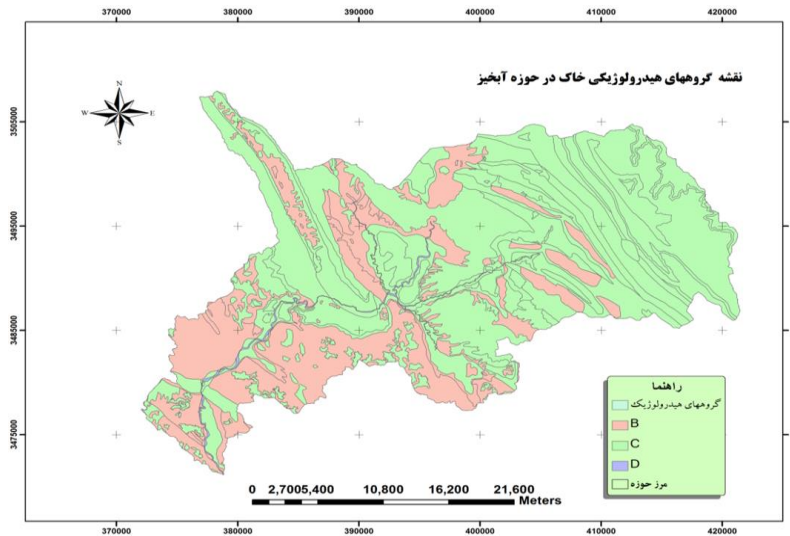
آماری موجود از سازمان آب و برق خوزستان تهیه گردید. بدین منظور از بین داده‌های تاریخی ثبت شده از بین ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی، ۳ ایستگاه که بیشترین میزان همبستگی را به منظور تولید رواناب مورد نیاز را داشتند یعنی ایستگاه‌های ماشین، باغملک

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب مورد استفاده

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سال تأسیس	متوسط بارش سالانه
باغملک	باران‌سنجی و تبخیر سنجی	۴۹,۸۷	۳۱,۵۲	۱۳۵۵	۴۱۶,۴
ماشین	باران‌سنجی و تبخیر سنجی و هیدرومتری	۴۹,۷۲	۳۱,۳۸	۱۳۴۹	۶۰۴,۹
قلعه تل	باران‌سنجی	۴۹,۸۸	۳۱,۶۳	۱۳۵۵	۵۹۷,۵

استخراج شبکه آبراهه انجام گرفت. همچنین جهت استخراج خصوصیات فیزیکی حوضه از نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک شکل ۲ استفاده شد.

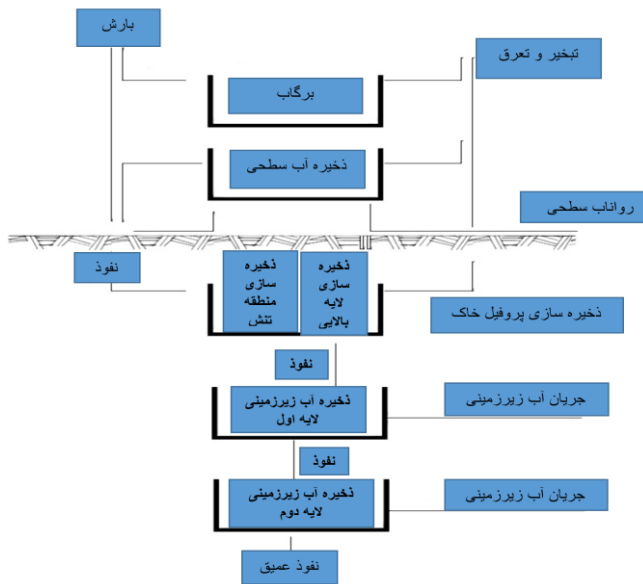
آماده‌سازی داده‌ها جهت ورود به نرم‌افزار HEC-HMS با استفاده از نرم‌افزار GIS صورت پذیرفت. با استفاده از نقشه DEM ۳۰ متری (شکل ۱) مرزبندی حوضه و



شکل ۲. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک

پیچیده‌ترین قسمت در مدل‌سازی هیدرولوژیکی، مازول تلفات می‌باشد. و علت این امر آن است که تعداد زیادی فعالیت به‌طور هم‌زمان در این مازول انجام می‌گیرد پس نیاز است که مقادیر اجزاء به‌خوبی تعریف شده باشند. در این تحقیق از الگوریتم محاسبه رطوبت خاک بهره گرفته شد. این الگوریتم برای شبیه‌سازی ارتباط طولانی‌مدت بین بارش، رواناب،

در این پژوهش از روش جریان پایه ثابت موجود در نرم‌افزار HEC-HMS بهره گرفته شده است. به منظور محاسبه جریان پایه از داده‌های مشاهداتی و استخراج جریان‌های کم برای سه سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ الی ۵۷-۱۳۵۶ استفاده گردید. به منظور شفاف‌سازی، در جدول ۲ روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار HEC-HMS آورده شده است.



شکل ۳. نمای شماتیک الگوریتم محاسبه رطوبت خاک

ذخیره و تبخیر و تعرق و تلفات خاک در حوضه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم سطح حوضه را به ۵ قسمت تبدیل می‌کند. (شکل ۳) از آنجایی که تمامی فرمول‌های مربوط به الگوریتم رطوبت خاک قابل شرح در این پژوهش نیست، به تعدادی از فرمول‌های کلیدی اشاره می‌شود. این فرمول‌ها فرآیندهای مختلفی نظیر نفوذ^۱ و تراوش^۲ و حرکت جانبی آب‌های زیرزمینی و... را شامل می‌شوند. فرایند نفوذ در خاک در الگوریتم محاسبه رطوبت خاک ابتدا توسط نفوذپذیری بالقوه خاک^۳ (PSI) محاسبه می‌شود. واحد این متغیر میلی‌متر بر ساعت می‌باشد.

$$(1) \quad PSI_t = MSI - \left(\frac{SOS_t}{SOS_m} \right) MS$$

جدول ۲. روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی

اجزا مدل	روش محاسبه
تلفات ^۴	الگوریتم محاسبه رطوبت خاک ^۵
انتقال ^۶	هیدروگراف واحد SCS
جریان پایه ^۷	ثابت ماهانه ^۸
تبخیر و تعرق ^۹	میانگین ماهانه ^{۱۰}
جمع‌آوری ^{۱۱}	زمان تأخیر ^{۱۲}

^۱ Infiltration

^۲ Percolation

^۳ Potential Soil Infiltration

^۴ Loss

^۵ Soil moisture accounting algorithm

^۶ Transform

^۷ Base flow

^۸ Constant monthly

^۹ Evapotranspiration

^{۱۰} Average monthly

^{۱۱} Routing

^{۱۲} Lag time

در این تحقیق همان‌طور که گفته شد به‌منظور مدل‌سازی تلفات از الگوریتم محاسبه رطوبت خاک و از هیدروگراف واحد SCS برای روندیابی بارش مازاد به هیدروگراف خروجی و روش جریان پایه ثابت برای محاسبه جریان‌های پایه بهره گرفته شد. به‌منظور استفاده از روش هیدروگراف واحد SCS از فرمول زیر بهره گرفته شد.

$$TL = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}} \quad (4)$$

که در این فرمول TL زمان تأخیر حوضه برحسب ساعت، L طول بزرگ‌ترین آبراهه اصلی برحسب فوت، Y شیب رودخانه اصلی برحسب درصد و S تلفات کل می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی مدل از معیارهای خطای زیر بهره گرفته شد:

خطای جذر میانگین مربعات^۱ (حداکثر دبی):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum (Q_{PO} - Q_{PS})^2 \right]^{0.5} \quad (5)$$

که Q_{PS} و Q_{PO} به ترتیب دبی حداکثر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده می‌باشند.

میانگین خطای مطلق^۲:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Q_{PO} - Q_{PS}|$$

ضریب تشخیص^۳:

$$R^2 = \left[\frac{\sum (V_O - \bar{V}_O)(V_S - \bar{V}_S)}{\sqrt{\sum (V_O - \bar{V}_O)^2 \sum (V_S - \bar{V}_S)^2}} \right]^2 \quad (7)$$

که V_O و V_S به ترتیب حجم رواناب مشاهداتی و شبیه‌سازی شده همچنین \bar{V}_O و \bar{V}_S به ترتیب میانگین حجم رواناب مشاهداتی و شبیه‌سازی شده می‌باشند.

۳. نتایج

به‌منظور واسنجی مدل پیوسته از داده‌های تبخیر، بارش و رواناب مربوط به ۳ سال آبی (۷۶-۱۹۷۵ الی ۷۸-۱۹۷۷ یا ۵۵-۱۳۵۴ الی ۵۷-۱۳۵۶) استفاده شد. این دوره به دلیل ایجاد توازن حجمی موردنیاز و تقارن نسبی داده‌های بارش و رواناب انتخاب شد. همچنین به‌منظور واسنجی و صحت سنجی از سه

SOS_m موجود در خاک برحسب میلی‌متر و حداکثر نگهداشت خاک برحسب میلی‌متر می‌باشند. این فرمول به این نکته اشاره دارد که نفوذپذیری بالقوه خاک هرگز نمی‌تواند از حداکثر نفوذپذیری خاک بیشتر شود و به‌طور خطی به حجم آب موجود در خاک وابسته است.

فرآیند تراوش به فرآیند نفوذ شبیه است و درواقع مقدار آبی است که از لایه‌های خاک به آب زیرزمینی وارد می‌شود. نفوذپذیری بالقوه خاک^۱ (PSP) از فرمول زیر محاسبه می‌گردد که واحد آن میلی‌متر بر ساعت می‌باشد. که MSI حداکثر نفوذپذیری خاک برحسب میلی‌متر بر ساعت، SOS_t مقدار حجم آب

(۲)

$$PSP_t = MSP \left(\frac{SOS_t}{SOS_m} \right) \cdot \left(1 - \frac{GWS_t}{GWS_m} \right)$$

که MSP حداکثر نفوذپذیری خاک برحسب میلی‌متر بر ساعت، SOS_t مقدار حجم آب موجود در خاک برحسب میلی‌متر و SOS_m نگهداشت خاک برحسب میلی‌متر می‌باشند. GWS_t ذخیره آب زیرزمینی برای لایه فعلی آب زیرزمینی برحسب میلی‌متر و GWS_m حداکثر ذخیره آب زیرزمینی برحسب میلی‌متر می‌باشند.

جریان خروجی از لایه‌های آب زیرزمینی نشان‌دهنده جریان آب زیرزمینی جانبی می‌باشد (جریانی که در نهایت به‌عنوان جریان پایه به جریان سطحی اضافه می‌شود). الگوریتم محاسبه رطوبت خاک این جریان جانبی را به‌صورت زیر محاسبه می‌کند:

(۳)

$$GWF_t = \frac{(ASP_t \Delta t) + GWS_{t-1} - (PGWP_t \Delta t) - (0.5 GWF_{t-1} \Delta t)}{K + 0.5 \Delta t}$$

GWF_t جریان آب زیرزمینی برحسب میلی‌متر بر ساعت، PGWP_tΔt نفوذپذیری بالقوه آب زیرزمینی برحسب مترمکعب بر ساعت و K ضریب لایه ذخیره آب زیرزمینی برحسب ساعت می‌باشند.

^۱ Root Mean Square Error

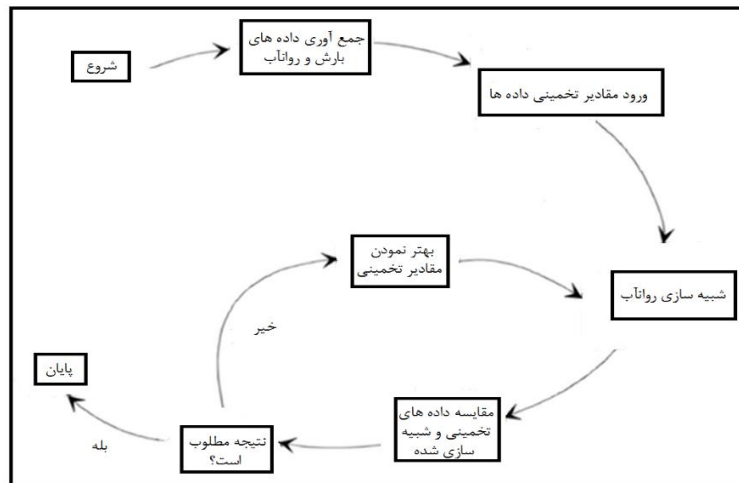
^۲ Mean Absolute Error

^۳ Coefficient of Determination

^۱ Potential Soil Percolation

واسنجی خودکار با استفاده از گزینه بهینه‌سازی در برنامه انجام می‌شود و نحوه انجام واسنجی دستی به صورت شماتیک در شکل ۴ آمده است. در واسنجی خودکار از خطای توازن حجمی و خطای جذر میانگین مربعات به عنوان تابع هدف و در واسنجی دستی از خطای جذر میانگین مربعات استفاده شد. نتایج خطای واسنجی مدل در جدول ۳ آمده است. همچنین دبی روزانه مشاهداتی و محاسباتی در مرحله واسنجی در شکل ۵ ارائه شده است.

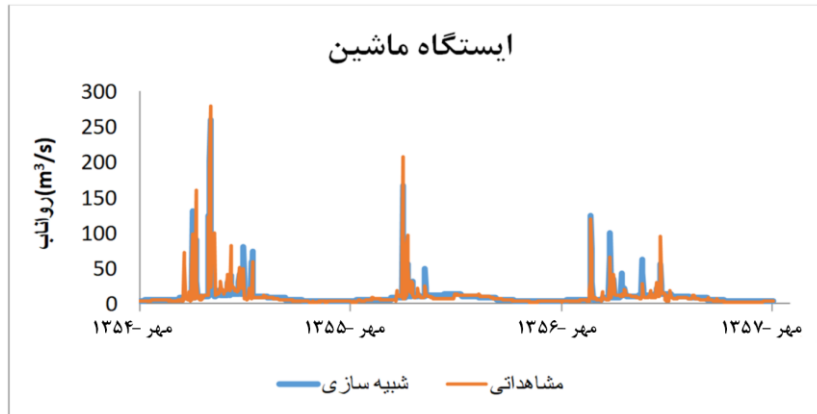
ایستگاه باغملک، قلعه تل و ماشین که نسبتاً معرف قسمت مرکزی و ارتفاعات بالایی و پایینی حوضه هستند استفاده شد. همچنین این سه ایستگاه توازن حجمی مورد نیاز برای شبیه‌سازی رواناب در ایستگاه هیدرومتری را به خوبی ایجاد می‌کردند و درجه همبستگی بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها با یکدیگر داشتند. منظور از سال آبی در این پژوهش از ۱ مهر تا ۳۱ شهریور سال بعد می‌باشد. مدل را می‌توان به دو صورت خودکار و دستی واسنجی کرد که در این تحقیق هر دو روش مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۴. نمای شماتیک از مراحل واسنجی دستی (HEC-HMS Technical Reference Manual)

جدول ۳. نتایج مربوط به واسنجی مدل پیوسته به تفکیک سال آبی

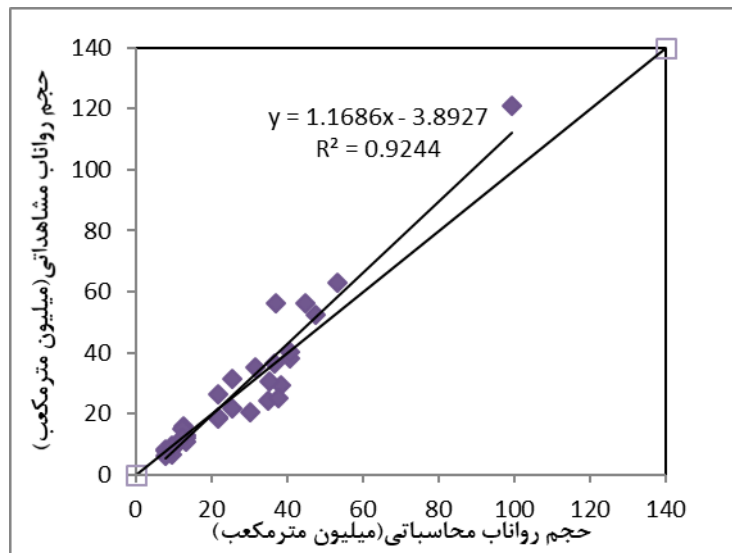
MAE (حداکثر دبی روزانه) (m^3/s)	RMSE (حداکثر دبی روزانه) (m^3/s)	خطای توازن حجمی (ماهانه) (درصد)	R^2 Log (ماهانه)	R^2 (ماهانه)	سال آبی
۴/۳	۱۱/۸	۱۰	۰/۹۶	۰/۹۶	۵۵-۱۳۵۴
۳	۱۱/۸	۱	۰/۸۹	۰/۸۶	۵۶-۱۳۵۵
۳/۱	۹/۲	-۱۲	۰/۹۵	۰/۹۱	۵۷-۱۳۵۶
۳/۲	۸/۵	۱	۰/۹۳	۰/۹۲	۵۷-۱۳۵۴



شکل ۵. دبی روزانه محاسباتی و مشاهداتی در ایستگاه ماشین در مرحله واسنجی

که مدل در شبیه‌سازی روند تغییرات دبی روزانه در طول ۳ سال آبی موردنظر به‌خوبی عمل می‌کند. با این‌وجود از آنجائی که برآورد حجم ماهانه آورد رودخانه‌ای در برنامه‌ریزی منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا از شکل ۶ برای بیان دقت مدل در برآورد حجم آورد رودخانه استفاده شده است. در این شکل نمودار خط ۴۵ درجه مربوط به حجم دبی مشاهداتی در برابر حجم دبی محاسباتی رسم شده است.

مقدار خطای توازن حجمی، ضریب تشخیص و ضریب تشخیص لگاریتم رواناب ماهانه نشان می‌دهند که مدل در برآورد دبی ماهانه به‌خوبی واسنجی شده است. همچنین میزان خطا در برآورد دبی حداکثر روزانه در برابر میزان دبی حداکثر رخ داده بسیار ناچیز است. بطوریکه مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) در تمامی سال‌ها کمتر از ۱۲ مترمکعب بر ثانیه بوده و میانگین خطای وزنی دبی اوج کمتر از ۴ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. شکل ۵ نیز نشان می‌دهد



شکل ۶. مقایسه حجم ماهانه دبی مشاهداتی و محاسباتی در مرحله واسنجی

شمسی) استفاده شد. این دو سال آبی نیز بعد از بررسی سال‌های آبی اخیر و با توجه به دو معیار انتخاب گردید. اول اینکه تطابق مناسبی بین بارش و

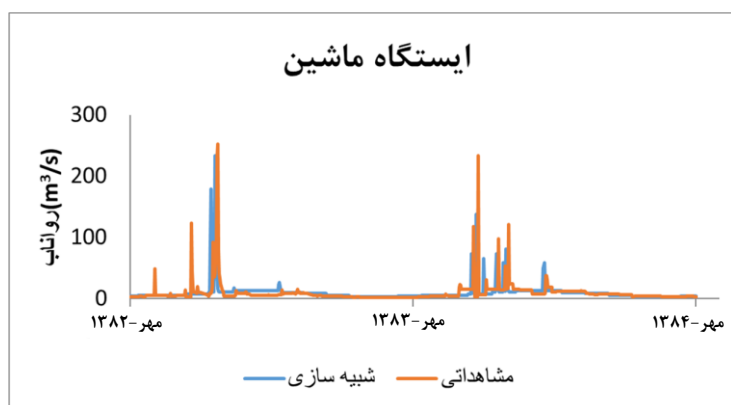
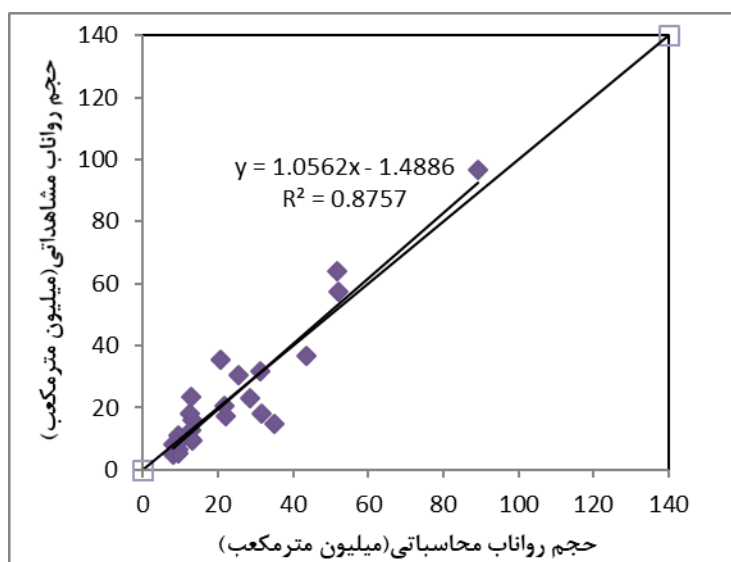
به‌منظور صحت‌سنجی مدل نیز از داده‌های تبخیر، بارش و رواناب مربوط به ۲ سال آبی (۲۰۰۳-۲۰۰۴ تا ۲۰۰۴-۲۰۰۵ میلادی یا ۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۴-۱۳۸۳

میزان خطای توازن حجمی بازهم کمتر از ۱۲ درصد در برآورد دبی‌های ماهانه خواهد بود. همچنین خط ۴۵ درجه و برازش شده در شکل ۷ و شکل ۸ نشان می‌دهند مدل واسنجی شده در برآورد حجم ماهانه نیز به خوبی عمل کرده است.

رواناب در این سال‌ها وجود داشته باشد، و دوم اینکه سال‌هایی انتخاب شوند که رواناب ثبت شده در آن‌ها تحت تأثیر مراحل احداث و بهره‌برداری سد جره نباشند. جدول ۴ میزان خطا را در مرحله صحت-سنجی نشان می‌دهد. اگرچه میزان همبستگی از ۰/۹۲ در مرحله واسنجی به ۰/۸۷ رسیده است، اما

جدول ۴. نتایج مربوط به صحت‌سنجی مدل پیوسته

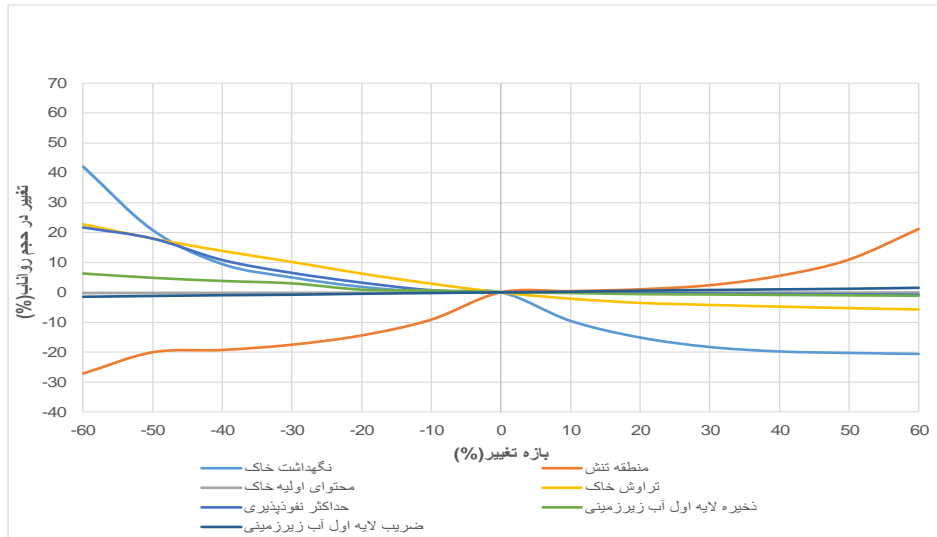
سال آبی	R ² (ماهانه)	R ² Log (ماهانه)	خطای توازن حجمی (ماهانه)(درصد)	RMSE (حداکثر دبی روزانه) (m ³ /s)	MAE (حداکثر دبی روزانه) (m ³ /s)
۸۳-۱۳۸۲	۰/۸۷	۰/۸	-۱۲/۱	۱۹/۱	۶/۳
۸۴-۱۳۸۳	۰/۹۱	۰/۸۷	۹	۲۰/۴	۶
۸۴-۱۳۸۲	۰/۸۷	۰/۸	-۰/۵	۱۸/۳	۶/۲



بازه تغییرات از +۶۰ الی -۶۰ درصد در نظر گرفته شد. شکل ۹ میزان تغییرات حجم رواناب را برحسب درصد در برابر درصد تغییرات ۷ پارامتر که بیشترین میزان حساسیت را داشتند نشان می‌دهد. در جدول ۵ پارامترها بر اساس بیشترین حساسیت به کمترین حساسیت از بالا به پایین نمایش داده شده است.

آنالیز حساسیت با استفاده از مدل HEC-HMS و بر روی پارامترهای الگوریتم رطوبت خاک صورت پذیرفت. در مجموع ۱۳ پارامتر مورد آنالیز قرار گرفتند. به منظور بررسی حساسیت پارامترها هر پارامتر به صورت جداگانه و درحالی که دیگر پارامترها ثابت بودند به میزان ۱۰ درصد اضافه و کم شدند و

آنالیز حساسیت مربوط به سال های ۱۳۵۷-۱۳۵۴



شکل ۹. آنالیز حساسیت مربوط به حساس ترین پارامترهای مدل Hec-Hms

جدول ۵. رتبه بندی پارامترهای مدل از نظر حساسیت

رتبه بندی از نظر حساسیت	پارامترهای مدل
۱	نگهداشت خاک
۲	منطقه تنش
۳	تراوش خاک
۴	حداکثر نفوذپذیری
۵	ذخیره سازی لایه اول آب زیرزمینی
۶	ضریب لایه اول آب زیرزمینی
۷	محتوای اولیه خاک
۸	درصد آب زیرزمینی اولیه لایه اول
۹	تراوش لایه اول آب زیرزمینی
۱۰	ذخیره سازی لایه دوم آب زیرزمینی
۱۱	ضریب لایه دوم آب زیرزمینی
۱۲	درصد آب زیرزمینی اولیه لایه دوم
۱۳	تراوش لایه دوم آب زیرزمینی

خاک و حداکثر نفوذپذیری از بیشترین حساسیت و پارامترهای تراوش لایه دوم آب زیرزمینی و درصد آب

همان طور که در جدول و شکل مشاهده می‌شود پارامترهای نگهداشت خاک، منطقه تنش، تراوش

