اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص ۵۴۳-۵۳۳

ارزیابی مدل هیدرولوژی IHACRES در شبیه‌سازی دبی روزانه (مطالعهٔ موردی: رودخانه‌های پل‌رود و شلمان‌رود)

ابراهیم امیری[1*] و میرماکان رودباری موسوی[2]

۱. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۷/۰۶؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۰۸/۱۹)

چکیده

به‌دلیل محدودیت اطلاعات آماری در بیشتر ایستگاه‌ها و اقتصادی‌نبودن جمع‌آوری اطلاعات مشاهده‌ای، شناخت نوعی مدل هیدرولوژی مناسب می‌تواند کمک به‌سزایی در امر مدیریت منابع آب داشته باشد. مدل IHACRES با توجه به اینکه برای داده‌های ورودی نیاز به داده‌های پیچیده ندارد، از این لحاظ نسبت به مدل‌های دیگر هیدرولوژیکی برتری دارد. در این پژوهش قابلیت کارایی مدل هیدرولوژی IHACRES در شبیه‌سازی دبی روزانهٔ رودخانه‌های پل‌رود و شلمان‌رود در استان گیلان ارزیابی شد که در منطقهٔ مرطوب واقع هستند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده R^2 (ضریب تبیین) در بازهٔ ۰/۶۰ تا ۰/۷۰ است و همچنین وجود خطای میانگین نسبی کم برای دو رودخانهٔ مطالعه‌شده که به‌ترتیب برای رودخانهٔ پل‌رود (APRE =۰/۳۶۷) و برای رودخانهٔ شلمان‌رود (APRE =۰/۰۵۸) است، نشانگر انحرافات کم مدل در شبیه‌سازی مقادیر روزانهٔ دبی است. با درنظرگرفتن نتایج می‌توان بیان کرد که این مدل در شبیه‌سازی جریان در مناطق مرطوب که دبی زیادی دارند، توانایی مناسبی دارد.

کلیدواژگان: دبی روزانه، مدل، هیدرولوژی، IHACRES.

* نویسندهٔ مسئول

Email: eamiri57@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

استفاده از مدل هیدرولوژی به‌دلیل محدودیت اندازه‌گیری دبی جریان در زمان و مکان می‌تواند ابزاری مناسب برای پیش‌بینی و تخمین باشد که تصمیم‌گیری درست و مناسب در مدیریت منابع آب سطحی کمک خواهد کرد [۶]. در این زمینه مدل‌سازی هیدرولوژی، ابزاری مناسب برای فراهم‌کردن بستر مدیریت پایدار منابع آب است [۲۲]. اطلاع از توزیع زمانی و مکانی بارش و شناخت روابط بارش و رواناب و اثر بارش بر دبی رودخانه‌ها از مواردی است که به مدیران در مدیریت صحیح منابع آب در یک حوضهٔ آبخیز کمک می‌کند [۱۵]. به‌دلیل تأثیرگذاری عوامل مختلف، رفتار هیدرولوژی یک حوضهٔ آبخیز به فرایند نسبتاً پیچیده‌ای تبدیل می‌شود، بنابراین برای شناخت و ارزیابی آن، اغلب از مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. محدودیت‌های مختلفی نظیر کافی‌نبودن آمار و اطلاعات و نیز ایستگاه‌های هیدرومتری در آبراهه‌های رتبهٔ پایین و اقتصادی‌نبودن جمع‌آوری اطلاعات مشاهده‌ای، به استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی ارزش ویژه‌ای می‌دهد [۱۶].

به‌منظور بررسی و مدیریت منابع آب، پیش‌بینی سیلاب و جلوگیری از خطرات آن، برآورد جریان رودخانه و طراحی عملیات مهندسی، مدل‌ها را می‌توان به دو گروه یکپارچه و توزیعی طبقه‌بندی کرد [۲ و ۳]. در این بین مدل IHACRES به‌علت داده‌های اندک استفاده‌شده، کارایی بهتری نسبت به باقی مدل‌ها دارد و به‌آسانی می‌تواند در بسیاری از حوضه‌های آبخیز به‌کار برده شود [۱۴].

خیرفام و صادقی [۱۱] دبی روزانه را با استفاده از مدل IHACRES در برخی از حوضه‌های آبخیز استان گلستان تخمین زدند. در نهایت، نتایج شبیه‌سازی نشان داد در بیشتر ایستگاه‌ها و در هر دو دورهٔ واسنجی و اعتبارسنجی، مقادیر برآوردی مدل به‌خصوص در مقادیر دبی اوج کمتر از مقادیر مشاهداتی است. در مجموع، نتایج مدل در تعدادی از زیرحوضه‌های مطالعه‌شده با ضریب تبیین و ضریب کارایی حداکثر به‌ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۷۰ ($P<0/05$) نسبتاً قابل قبول ارزیابی شد [۱۱].

آشفته و مساح بوانی(۱۳۸۷) در پژوهشی برای بررسی تغییرات شدت، مدت و فراوانی سیلاب در دوره‌های آتی نسبت به دورهٔ پایه در حوضهٔ رودخانه آیدوغموش، از مدل IHACRES برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی نسبت به دورهٔ پایه استفاده کردند. بررسی نتایج مختص‌به محدودهٔ تغییرات شدت سیلاب در دورهٔ آتی نسبت به دورهٔ پایه نشان داد هر دو وضعیت افزایش و کاهش سیلاب برای حوضه قابل انتظار است [۱].

ابوشندی و همکارانش (۲۰۱۳) مدل‌سازی روابط بارش ـ رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS و IHACRES برای یک رویداد باران در منطقهٔ خشک اردن را بررسی کردند. هدف از این مطالعه توسعهٔ چارچوبی جدید از برنامه‌های کاربردی مدل بارش‌ـ رواناب در حوضهٔ خشک‌شده توسط داده های دوباره تنظیم‌شدهٔ ماهوارهٔ بارش برای تعیین محل توفان بارش است. عملکرد IHACRES نشان‌دهندهٔ برخی ضعف‌ها بود، در حالی که در HES-HMS مقایسهٔ جریان بین نتایج رودخانهٔ کالیبره‌شده با داده‌های مشاهداتی رودخانهٔ نشانگر نتایج بهتری بود. ضریب ناش ـ ساتکلیف برای دو مدل اعداد ۰/۵۱ و ۰/۸۸ به‌دست آمد [۱۳].

دی و کروک (۲۰۰۳) کارایی مدل بارش‌ـ رواناب را در پیش‌بینی رواناب در حوضه‌های آفریقای جنوبی بررسی کردند. پس از کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل برای حوضه‌های گروت نیل ریور و لمبرشبوس قبل و بعد از تغییرات کاربری اراضی (احداث جنگل)، نتایج عملکرد مدل در پیش‌بینی جریان‌های سریع و آرام حوضه تجزیه و تحلیل شد [۱۸].

کروک و جیکمن (۲۰۰۸) برای شبیه‌سازی جریان در کشور استرالیا در چهار حوضهٔ آبخیز با مساحت ۱۸۱ تا ۲۵۴۰ کیلومترمربع، از مدل IHACRES استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد کلی مدل مناسب بوده است [۵].

لیتلوود و همکارانش (۲۰۰۷) با استفاده از پیش‌بینی بارش، جریان روزانهٔ رودخانه را در کشور برزیل برای دو حوضه شبیه‌سازی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد براساس دو مدل آماری به‌کاررفته برای این دو حوضه با رژیم جریان متفاوت، مدل ساده‌تر که بر هیدروگراف واحد مبتنی است و برای کالیبراسیون تنها نیاز به داده‌های بارش، جریان و دما دارد، تقریباً نسبت به مدل‌های پیچیده‌تر عمل می‌کند که به اطلاعات اضافی حوضهٔ آبخیز مانند تصاویر ماهواره‌ای و نقشهٔ رقومی، ارتفاع، کاربری اراضی و خاک نیاز دارند [۹].

کارلا کارکانو و همکارانش (۲۰۰۸) طی پژوهشی برای مدل‌سازی جریان روزانه در مناطق شمالی ایتالیا، دو مدل IHACRES و شبکهٔ عصبی را استفاده کردند. نتایج نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داد وقتی داده‌های ورودی مناسب در دسترس هستند، عملکرد مدل‌های ساده مانند IHACRES نسبت به یک مدل پیچیده بهتر است [۴].

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی مدل IHACRES برای دو رودخانهٔ مهم حوضهٔ آبخیز شرق استان گیلان (پل‌رود و شلمان‌رود) است، بنابراین با توجه به اینکه مدل هیدرولوژیکی یادشده در این منطقهٔ مرطوب به کار برده نشده است، در این پژوهش به شبیه‌سازی جریان با استفاده از آن پرداخته شده است.

مواد و روش

منطقهٔ مطالعه‌شده

استان گیلان غنی‌ترین منابع آب سطحی و زیرزمینی در کشور و خاورمیانه را دارد. باران سالانه با ارتفاع بیش از یک متر و احتمال وقوع بارش در همهٔ فصل‌های سال، شرایط مطلوب و مساعدی در زندگی اجتماعی و اقتصادی گیلان پدید آورده است. آب‌های سطحی و زیرزمینی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل زمین‌شناسی، اقلیمی و پوشش زمین شکل می‌گیرد.

از آنجا که در مناطق مرطوب، بارش بیشتر است، دورهٔ کالیبراسیون را کوتاه‌تر و در مناطق خشک به‌دلیل بارش کمتر، دوره را طولانی‌تر در نظر می‌گیرند. با توجه به منطقهٔ مطالعه‌شده که بارندگی نسبتاً زیادی دارد، دوره‌های کالیبراسیون کوتاه در نظر گرفته شده است.

بخش تلفات برای همهٔ فرایندهای غیرخطی بارش‌ـ جریان در مقیاس حوضهٔ آبخیز در نظر گرفته می‌شود و بخش هیدروگراف (بخش تابع تبدیل) بر تئوری سیستم‌های خطی مبتنی است [۷ و ۱۰].

حوضهٔ آبخیز شرق گیلان در دامنهٔ شمالی البرز بین رود چابکسر و لنگرود و در سمت مشرق درهٔ سفیدرود قرار دارد. تعدادی از رودهای این حوضه در برخی فصول سال آب ندارند و پس از بارش باران، در آن سیلاب جاری می‌شود. بزرگ‌ترین رود این حوضه، پل‌رود با میزان آبدهی سالانه ۷۹۱ میلیون مترمکعب در یک سال مرطوب است.

در این پژوهش دربارهٔ دو رودخانهٔ پل‌رود و شلمان‌رود در استان گیلان تحقیق شده است. حوضهٔ آبریز پل‌رود در شمال ایران و شرق استان گیلان قرار گرفته است. به‌طوری که از سمت شمال به دریای خزر، از جنوب به حوضهٔ آبریز شاهرود و رشته‌کوه‌های البرز، از غرب به حوضهٔ آبریز شلمان‌رود و از سمت شرق به حوضهٔ آبریز خشکه‌رود محدود شده است.

این حوضه بین مختصات جغرافیایی ´۳۶ ۴۹ تا ´۳۳ ۵۰ طول جغرافیایی شرقی و ۳۳ ۳۶ تا ´۰۶ ۳۷ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه ۱۷۶۴۲۷ هکتار است که مرتفع‌ترین بلندی در انتهای مرز جنوب شرقی حوضه روی رشته‌کوه البرز با ۳۹۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا و پست‌ترین آن در نقطهٔ خروجی با ارتفاع ۲۰ متر است.

رودخانهٔ پل‌رود پس از سفیدرود پرآب‌ترین رود گیلان است و از دو شاخهٔ اصلی تشکیل شده است. شاخهٔ اولی که از ارتفاعات اشکور سرچشمه می‌گیرد با رودخانه‌های تینکارود و کاکرود شاخهٔ پل‌رود را می‌سازد. شاخهٔ دوم که از کوه‌های دیلمان و شاهی‌جان و لسبور چشمه می‌گیرد، به چاکرود مشهور است. این دو شاخه در محلی به‌نام می‌پل به هم ملحق می‌شوند و از آن پس پل‌رود را تشکیل می‌دهند. وسعت حوضهٔ آبریز پل‌رود در ایستگاه درازلات که ایستگاه آب‌سنجی این رود است ۱۵۶۴ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط حوضه ۱۸۸۳ متر است. طول شاخهٔ اصلی رودخانه ۶۰ کیلومتر و وسعت اراضی آبخور آن ۸۱۴۷ هکتار است.

حوضهٔ رودخانهٔ شلمان‌رود در شرق شهرستان لنگرود از استان گیلان بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۵ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۹ دقیقه و ۵۷ ثانیهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۵ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۱۴ دقیقهٔ شرقی واقع شده است. از طرف شمال، به دریای خزر؛ از جنوب و جنوب شرقی، به حوضهٔ آبریز رودخانهٔ پل‌رود؛ از شرق، به حوضهٔ آبریز رودخانهٔ رودسر؛ از طرف غرب و شمال غرب، به‌ترتیب به حوضهٔ آبریز رودخانه‌های شمرود و لنگرود محدود می‌شود. این حوضهٔ شمال غرب به‌ترتیب به حوضهٔ آبریز رودخانه‌های شمرود و لنگرود محدود می‌شود. این حوضه با وسعتی برابر ۳۶۲ کیلومترمربع تا ایستگاه هیدرومتری شلمان، حوضه ای کوهستانی است که به شکل تقریباً مستطیلی از جنوب به شمال امتداد یافته است. متوسط حجم آب سالیانهٔ این رودخانه بر طبق آمار ۲۵ ساله (۱۳۴۸ـ ۱۳۷۲) ۲۶۷۴/۴۳ میلیون مترمعکب است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مطالعه‌شده

رودخانه	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
پل‌رود	درازلات	۳۶-۵۹-۳۲	۵۰-۱۷-۲۸
شلمان‌رود	شلمان	۳۷-۰۹-۳۹	۵۰-۱۳-۰۳

جدول ۲. سال‌های تحقیق‌شده در این پژوهش

رودخانه	شروع دوره	پایان دوره
پل‌رود	21 March 2002	20 March 2012
شلمان‌رود	21 March 2002	20 March 2013

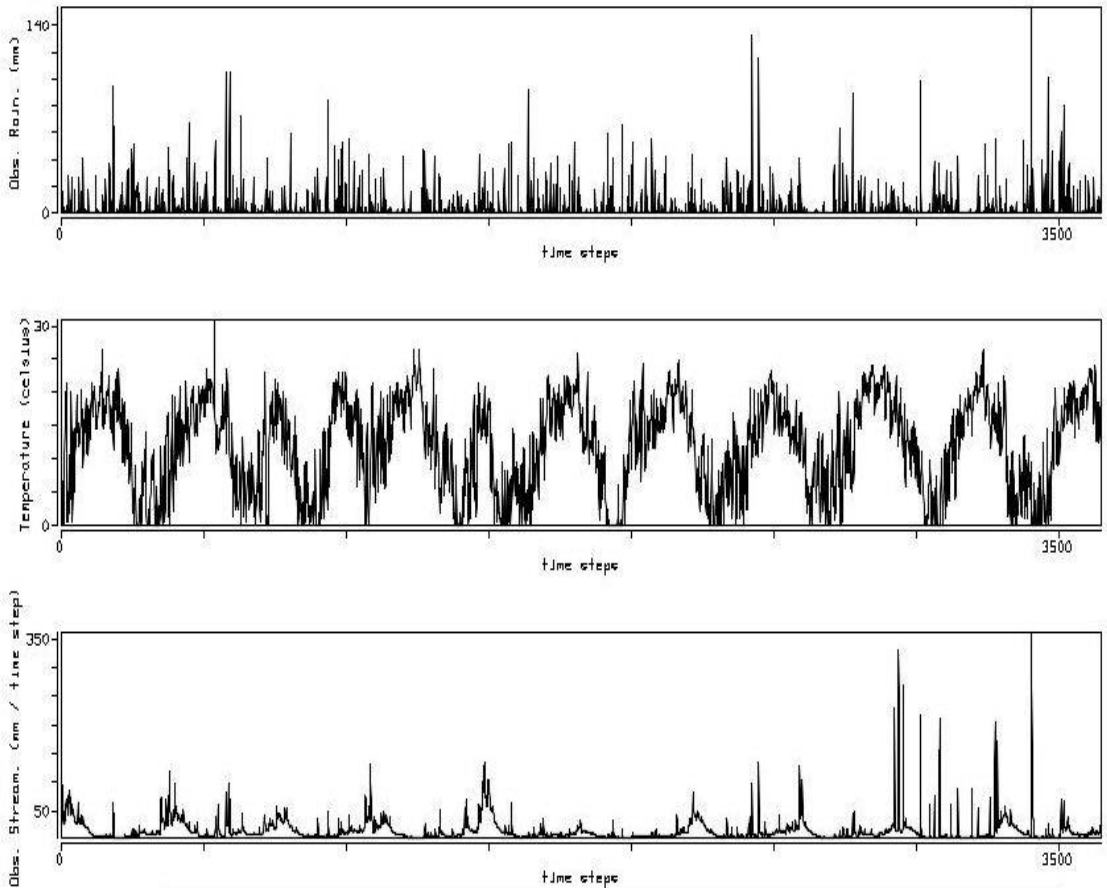
روش پژوهش

تهیهٔ داده‌های ورودی مدل

داده‌های روزانهٔ بارندگی (میلی‌متر) و دما (درجهٔ سانتی‌گراد) به‌عنوان متغیرهای ورودی برای شبیه‌سازی جریان و داده‌های مشاهداتی دبی روزانه (مترمکعب در ثانیه) در ایستگاه‌های هیدرومتری برای کالیبراسیون مدل و نیز سنجش دقت نتایج به‌دست‌آمده از مدل IHACRES استفاده شده است. براساس آمار موجود که در جدول ۲ آمده به‌عنوان دوره‌های آماری انتخاب و در این تحقیق استفاده شد.

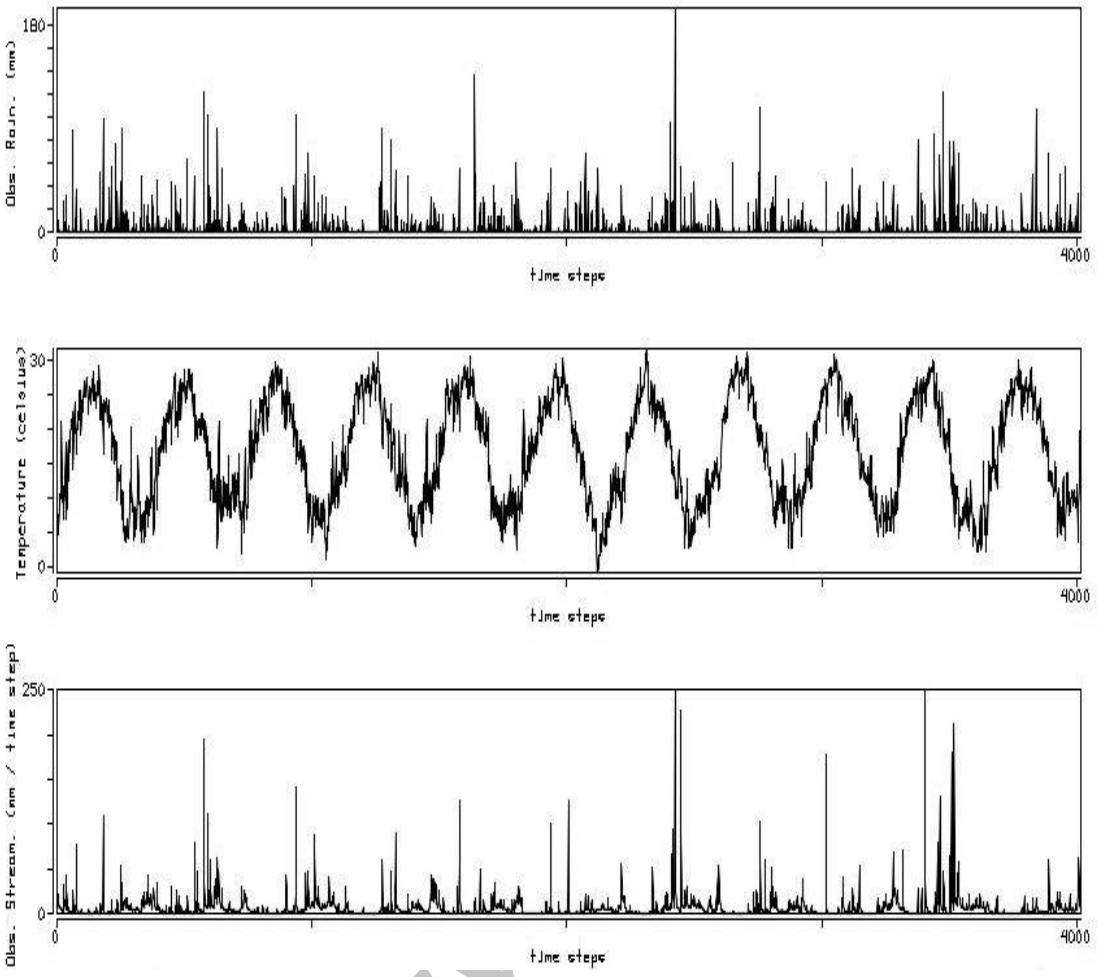
پس از واردکردن داده‌های یادشده، شکل‌های بارش و دما و دبی مشاهده‌ای برای هر رودخانه به‌دست می‌آید که در شکل ۱ به‌ترتیب بارندگی، دما و دبی مشاهده‌ای برای رودخانهٔ پل‌رود و همچنین شکل ۲ به‌ترتیب بارندگی، دما و دبی مشاهده‌ای برای رودخانهٔ شلمان‌رود نمایش داده شده است.

منطقهٔ مطالعه‌شده در این پژوهش مرطوب است، بنابراین بازهٔ زمانی برای دورهٔ کالیبراسیون به‌علت بارش بیشتر، دوره‌های کوتاه در نظر گرفته می‌شود که در جدول ۳ بازهٔ زمانی دورهٔ کالیبراسیون برای هر رودخانه آمده است.



شکل ۱. به‌ترتیب (از بالا به پایین) بارندگی، دما و دبی مشاهده‌ای برای رودخانهٔ پل‌رود

www.SID.ir



شکل ۲. به‌ترتیب بارندگی، دما و دبی مشاهده‌ای برای رودخانهٔ شلمان‌رود

جدول ۳. بازهٔ زمانی دورهٔ کالیبراسیون مدل هیدرولوژی IHACRES

رودخانه	شروع دوره	پایان دوره
پل‌رود	10 June 2005	06 April 2006
شلمان‌رود	05 July 2003	20 October 2004

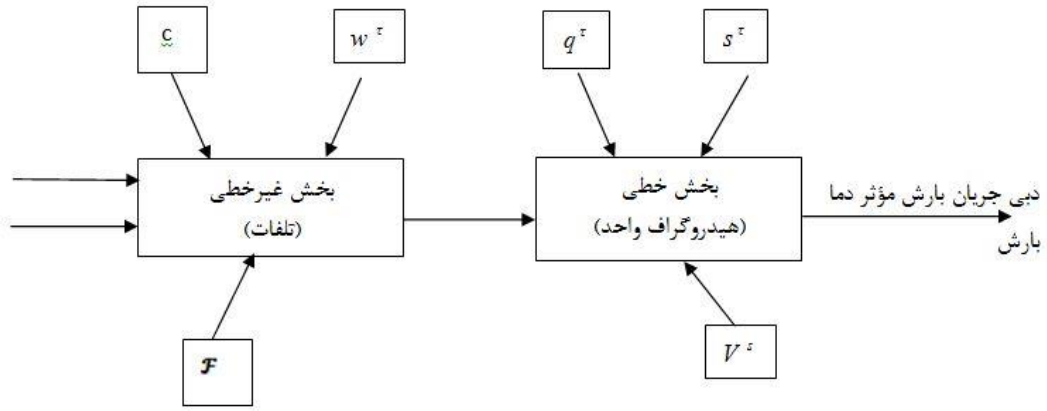
Archive

ساختار مدل IHACRES

مدل هیدرولوژی IHACRES توسط جیک‌من و هورن‌برگر (۱۹۹۳) ارائه و در مطالعات و پژوهش‌های مختلفی استفاده می‌شود. این مدل را در مرکز مدیریت و ارزیابی جامع حوضهٔ آبخیز دانشگاه ملی استرالیا، کانبرا و مرکز اکولوژی و هیدرولوژی انجمن پژوهش‌های زیست‌محیطی انگلستان به‌صورت مشترک توسعه داده‌اند [۲۱].

ساختار مدل هیدرولوژی IHACRES شش پارامتر دارد (شکل ۳) که سه پارامتر آن مختص‌به بخش غیرخطی است و بارش و دمای ورودی را به بارش مؤثر تبدیل می‌کند و سه پارامتر دیگر مختص‌به بخش هیدروگراف واحد خطی است که بارش مؤثر به‌دست‌آمده را به دبی جریان تبدیل می‌کند.

www.SID.ir



شکل ۳. ساختار کلی مدل IHACRES [۱۲]

w^{τ} = ثابت زمانی خشکیدگی حوضهٔ آبخیز (روز)

c= ظرفیت نگهداری رطوبت حوضهٔ آبخیز (میلی‌متر)

F = فاکتور تعدیل حرارت ($^{0}C^{-1}$)

v^{s}= نسبت حجمی جریان آهسته که در ایجاد جریان رودخانه مشارکت دارد.

q^{τ}= ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان سریع (روز)

s^{τ} = ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان آهسته (روز)

معیار ارزیابی

ضریب تبیین

برای بررسی عملکرد مدل IHACRES از معیار R^2 (ضریب تبیین) استفاده می‌شود. ضریب تبیین بیانگر ارتباط خطی بین داده‌های بزرگ‌مقیاس و کوچک‌مقیاس است که از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$۱-\frac{\sum(Q_o-Q_M)^{۲}}{\sum(Q_o-\overline{Q_o})^{۲}}$$

Q_o مقدار جریان مشاهده‌شده

Q_M مقدار جریان مدل‌شده

میانگین خطای کل

مقادیر خطا در حجم جریان BIAS یکی دیگر از معیارهای بررسی عملکرد این مدل است که از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{\sum(Q_o-Q_M)}{n}$$

میانگین خطای نسبی

APRE (میانگین خطای نسبی) دیگر معیار بررسی مدل IHACRES است:

$$APRE=\left[\left(\frac{\sigma_{\alpha_۱}}{\alpha_۱}\right)^{۲}+\left(\frac{\sigma_{\alpha_۲}}{\alpha_۲}\right)^{۲}+\left(\frac{\sigma_{b_۰}}{b_۰}\right)^{۲}+\left(\frac{\sigma_{b_۱}}{b_۱}\right)^{۲}\right]\Big/۴$$

که در آن σ انحراف معیار، $\alpha_۱$ و $\alpha_۲$ و $b_۰$ و $b_۱$ پارامترهای مرتبهٔ دوم تابع انتقال هستند که براساس رابطه‌های زیر تعیین می‌شوند:

$$b_۱=b_۰^{(q)}\alpha_۱^{(s)}b_۰^{(s)}\alpha_۱^{(q)}$$

$$\alpha_۱=\alpha_۱^{(q)}\alpha_۱^{(s)}\quad(-۱<\alpha_۱<۰)$$

$$\alpha_۲=\alpha_۱^{(q)}\alpha_۱^{(s)}\quad(-۱<\alpha_۲<۰)$$

ضریب تبیین (R^2) مقداری بدون بعد و بهترین میزان آن برابر ۱ است [۱۷] یعنی هر چه ضریب تبیین به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشانگر آن است که رابطه‌ای قوی بین داده‌ها برقرار بوده است، ولی معیار ضریب تبیین به‌تنهایی نمی‌تواند بیانگر رابطهٔ قوی بین داده‌ها باشد. به این منظور از معیار میانگین خطای نسبی APRE و همچنین معیار میانگین خطای کل BIAS در کنار ضریب تبیین استفاده می‌شود. این سه پارامتر توسط خود مدل محاسبه می‌شود و هر چه مقادیر R^2 بیشتر و مقادیر پارامتر APRE کمتر باشد، نتایج مدل ایده‌آل‌تر است [۱۳].

یافته‌ها

در مدل IHACRES قسمت کالیبراسیون شامل دو بخش خطی و غیرخطی است که در بخش غیرخطی (تلفات) داده‌های ورودی (بارش و دما و دبی مشاهده‌ای) را به بارش مؤثر (بخشی از بارش که سرانجام وارد رودخانه می‌شود) و بارش مازاد که سرانجام توسط تبخیر و تعرق از بین می‌رود (با فرض نفوذناپذیربودن حوضهٔ آبخیز) تبدیل

Archive of SID

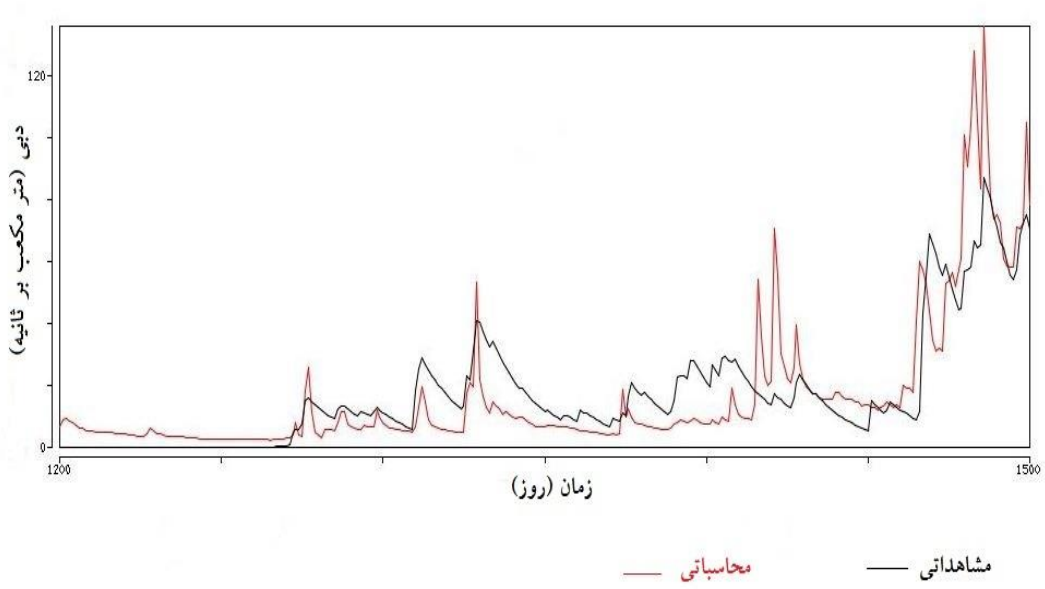
www.SID.ir

می‌کند که شامل سه پارامتر c ظرفیت نگهداری رطوبت حوضهٔ آبخیز و $\mathcal{F}$ فاکتور تعدیل حرارت و t_w ثابت زمانی خشکیدگی حوضهٔ آبخیز است. همچنین در بخش خطی (هیدروگراف واحد) که تابع تبدیل نامیده می‌شود شامل سه پارامتر v_s نسبت حجمی جریان آهسته که در ایجاد جریان رودخانه مشارکت دارد و t_s ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان آهسته و t_q ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان سریع است. ضریب تبیین و مقادیر خطا در حجم جریان و میانگین خطای نسبی، معیارهای شناخت بهترین دورهٔ کالیبراسیون است که با توجه به R^2=۰/۶۹۲ برای رودخانهٔ پل‌رود و R^2=۰/۶۳۶ برای رودخانهٔ شلمان‌رود و میانگین خطاهای کم، بهترین دورهٔ زمانی برای ارزیابی انتخاب می‌شود و پارامترهای یادشده مشخص می‌شود که در جدول ۴ پارامترهای به‌دست‌آمده در دورهٔ کالیبراسیون برای رودخانه های پل‌رود و شلمان‌رود قابل ملاحظه است. از آنجا که منطقهٔ مطالعه شده، میزان بارندگی بیشتری نسبت به متوسط بارندگی دیگر مناطق کشور دارد، انتخاب دوره‌های مناسب برای واسنجی از گام‌های اساسی در استفاده از این مدل است.

پس از اجرای مدل برای رودخانه‌ها و انجام کالیبراسیون با روش دستی سعی و خطا با استفاده از آمار مشاهداتی ایستگاه‌های هیدرومتری، پارامترهای به‌دست‌آمدهٔ مدل برای رودخانه‌های پل‌رود و شلمان‌رود در جدول ۴ ارائه شده است. مقایسهٔ ظاهری هیدروگراف‌های مشاهداتی و محاسباتی، امکان ارزیابی کلی و سریع دقت مدل را فراهم می‌کند.

جدول ۴. مقادیر پارامترهای به‌دست‌آمده در مرحلهٔ کالیبراسیون مدل IHACRES

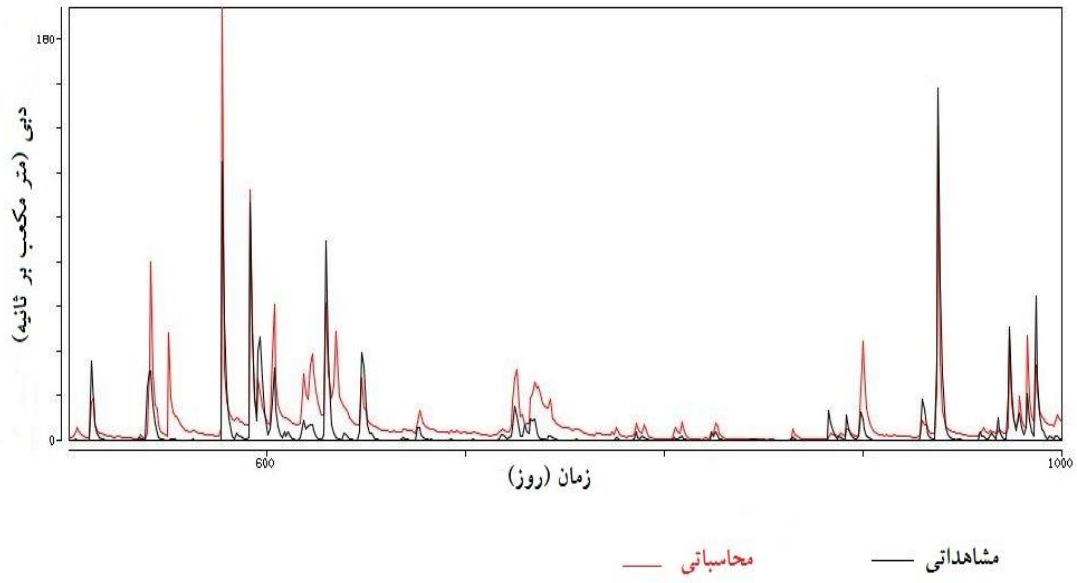
پارامتر	پل‌رود	شلمان‌رود
c= ظرفیت نگهداری رطوبت حوضهٔ آبخیز (میلی‌متر)	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴
$\mathcal{F}$= فاکتور تعدیل حرارت ($^0C^{-1}$)	۱۰	۰
τ_w= ثابت زمانی خشکیدگی حوضهٔ آبخیز (روز)	۵۸	۷
v_s= نسبت حجمی جریان آهسته که در ایجاد جریان رودخانه مشارکت دارد	۱	۱
τ_s= ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان آهسته (روز)	۱۳/۶۹۸	۱/۱۸۸
APRE میانگین خطای نسبی	۰/۳۷۶	۰/۰۵۸
BIAS مقادیر خطا در حجم جریان	-۰/۰۳۲	۰/۴۷۶
R^2 ضریب تبیین	۰/۶۹۲	۰/۶۳۶



شکل ۴. مقایسهٔ مقادیر جریان مشاهداتی و محاسباتی در مرحلهٔ کالیبراسیون مدل IHACRES رودخانهٔ پل‌رود

Archive of SID

www.SID.ir

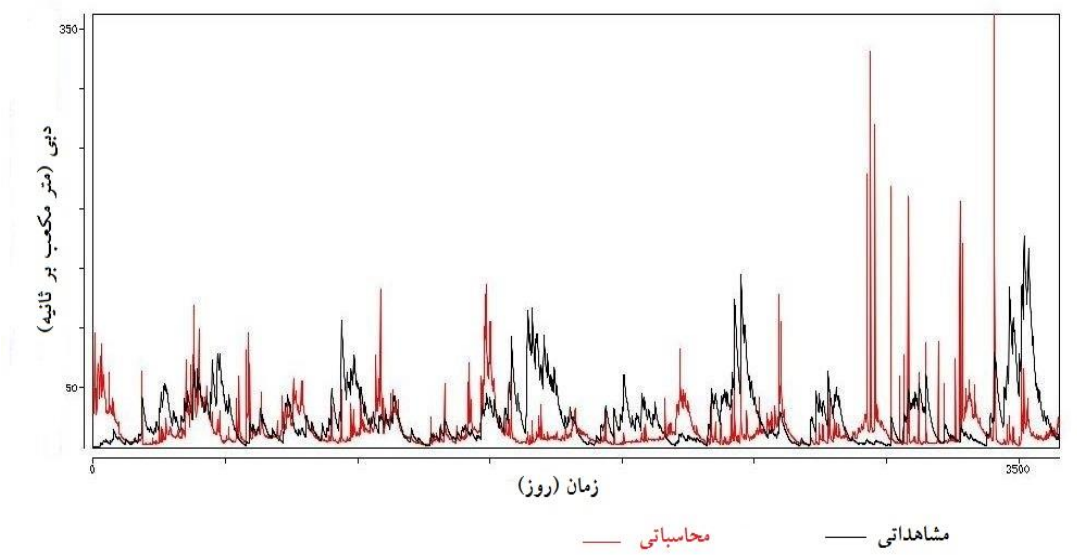


شکل ۵. مقایسهٔ مقادیر جریان مشاهداتی و محاسباتی در مرحلهٔ کالیبراسیون مدل IHACRES رودخانهٔ شلمان‌رود

در قسمت ارزیابی موتوویلو و همکارانش [۱۶] که مطالعه‌هایی براساس آمار هفت‌ساله انجام داده بودند، بیان کرده‌اند که اگر مقادیر ضریب تبیین در ارزیابی مدل بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۷۵ باشد، نتایج خوب و در صورتی که این مقدار بین ۰/۳۶ تا ۰/ ۷۵ باشد، نتایج شبیه‌سازی‌شده قابل قبول است. در جدول ۵ نتایج به‌دست‌آمده برای ارزیابی آورده شده است.

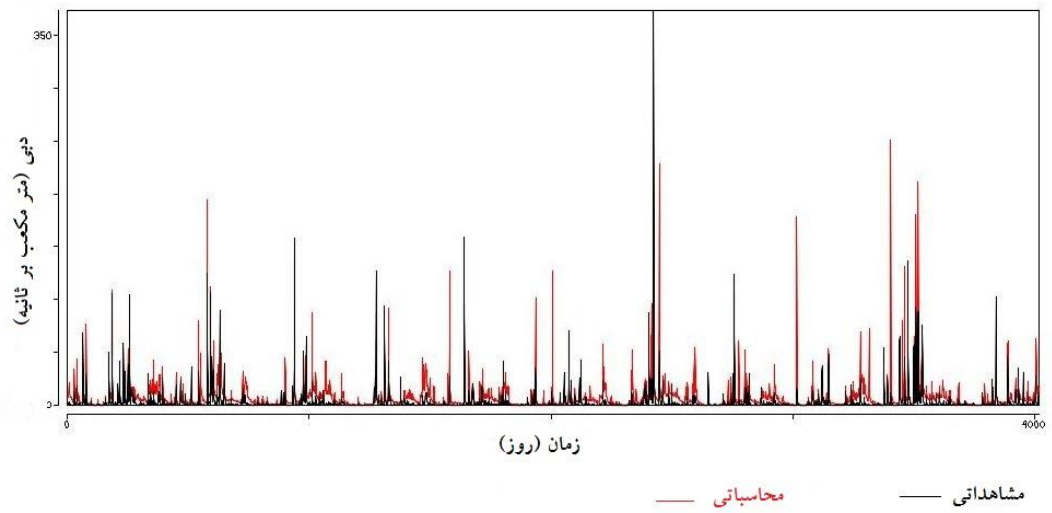
جدول ۵. نتایج به‌دست‌آمده در مرحلهٔ ارزیابی (اعتبارسنجی) مدل IHACRES

پارامتر	پل‌رود	شلمان‌رود
R^2	۰/۶۹۲	۰/۶۳۳
BIAS	-۰/۰۳۲	۰/۴۷۵

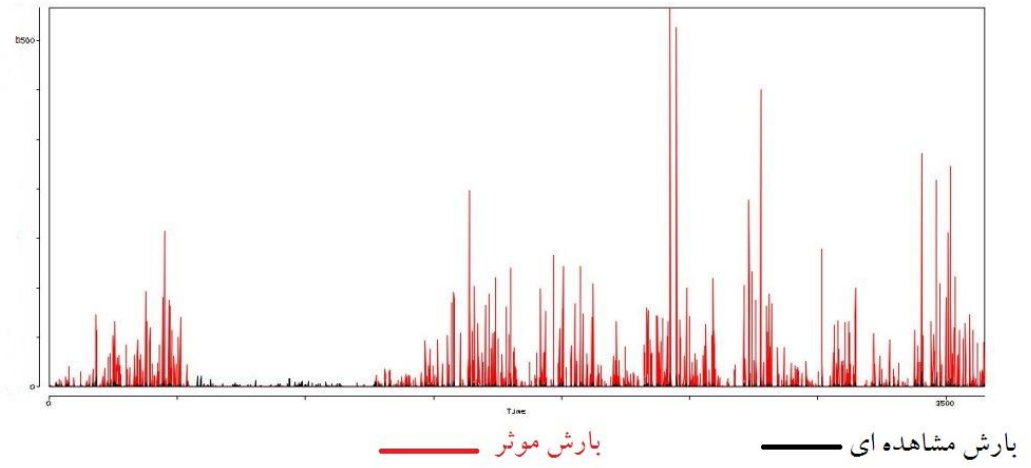


شکل ۶. مقایسهٔ مقادیر جریان مشاهداتی و محاسباتی در مرحلهٔ ارزیابی مدل IHACRES رودخانهٔ پل‌رود

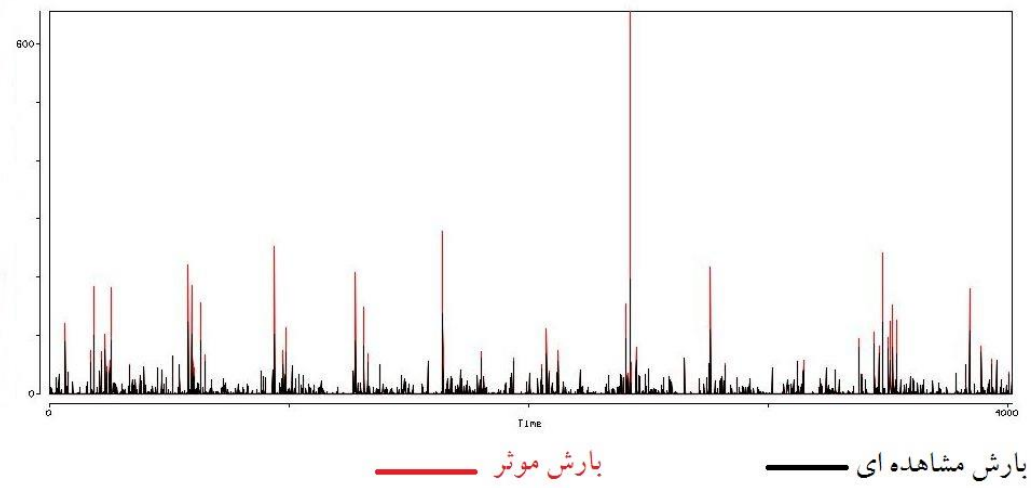
www.SID.ir



شکل ۷. مقایسهٔ مقادیر جریان مشاهداتی و محاسباتی در مرحلهٔ ارزیابی مدل IHACRES رودخانهٔ شلمان‌رود



شکل ۸. مقایسهٔ بارش مشاهداتی و بارش مؤثر در مرحلهٔ ارزیابی (اعتبارسنجی) مدل IHACRES رودخانهٔ پل‌رود



شکل ۹. مقایسهٔ بارش مشاهداتی و بارش مؤثر در مرحلهٔ ارزیابی (اعتبارسنجی) مدل IHACRES رودخانهٔ شلمان‌رود

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده R^2 (ضریب تبیین) در جدول ۵ در بازهٔ ۰/۶۰ تا ۰/۷۰ است. همان طور که گفته شد اگر مقادیر ضریب تبیین در ارزیابی مدل بزرگ‌تر یا مساوی ۰/ ۷۵ باشد، نتایج خوب و در صورتی که این مقدار بین ۰/۳۶ تا ۰/ ۷۵ باشد، نتایج شبیه‌سازی‌شده قابل قبول است. با توجه به نتایج جدول ۵ که نشان می‌دهد مدل تا حد قابل قبولی جریان را شبیه‌سازی کرده و ارتباط خطی مناسبی بین داده‌های بزرگ‌مقیاس و کوچک‌مقیاس برقرار است. همچنین در قسمت میانگین خطای کل BIAS، مقادیر مثبت نشانگر کمتربودن متوسط دبی محاسباتی نسبت به دبی مشاهداتی و مقادیر منفی نشانگر بیشتربودن متوسط دبی محاسباتی نسبت به دبی مشاهداتی است. پارامتر v^c نشانگر نسبت حجمی جریان آهسته که در ایجاد جریان رودخانه مشارکت دارد و مقادیر زیاد این پارامتر نشان‌دهندهٔ وجود جریان پایهٔ بیشتر در رودخانه است که این نتیجه با نتایج زارعی و همکارانش [۲۰] و خیرفام و صادقی [۱۱] مطابقت دارد. پارامتر c نشانگر ظرفیت نگهداری رطوبت حوضهٔ آبخیز برحسب میلی‌متر است و نشان‌دهندهٔ سرعت واکنش حوضهٔ آبخیز نسبت به بارش است. اگر مقدار پارامتر یادشده کم باشد، نشانگر این است که حوضه، واکنش آهسته‌تری نسبت به بارش نشان می‌دهد. مقدار به‌دست‌آمده برای این عامل در این دو حوضهٔ مطالعه‌شده کم بوده است و بنابراین حوضه نسبت به بارش با سرعت کمتری واکنش نشان می‌دهد، که علت آن را احتمالاً می‌توان در وجود پوشش جنگلی در بخش‌هایی از حوضه دانست که سبب تأخیر در تولید جریان می‌شود که این نتیجه با نتیجهٔ پژوهش دوستی و شاهدی [۸] مطابقت دارد. پارامتر qT ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان سریع است؛ هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، حوضه دیرتر به جریان پاسخ می‌دهد و دیرتر جریان سریع کاهش می‌یابد.

همچنین وجود خطای میانگین نسبی کم برای دو رودخانهٔ مطالعه‌شده که برای رودخانهٔ پل‌رود (۰/۳۶۷ = APRE) و برای رودخانهٔ شلمان‌رود (۰/۰۵۸ = APRE) است، نشانگر انحرافات کم مدل در شبیه‌سازی مقادیر روزانهٔ دبی است. این نتایج با نتایج پژوهشگرانی همچون کارلا کارکانو و همکارانش [۴] و گودرزی و مساح [۱۰] مبنی بر کارایی مدل در شبیه‌سازی جریان مطابقت دارد. بنابراین، با درنظرگرفتن این نتایج می‌توان گفت مدل یادشده در شبیه‌سازی جریان در مناطق مرطوب (مناطق مطالعه‌شده) که دبی زیادی دارند، توانایی مناسبی دارد که با نتایج تحقیق خیرفام و صادقی [۱۱] مطابقت دارد. اما این نکته هم شایان یادآوری است که با توجه به مقایسهٔ نتایج عملکرد مدل در دو مرحلهٔ کالیبراسیون و ارزیابی می‌توان دریافت که عملکرد مدل IHACRES در شبیه‌سازی دبی جریان در مرحلهٔ ارزیابی مقداری ضعیف‌تر از مرحلهٔ کالیبراسیون بوده است که این نتیجه با نتایج کروک و جیکمن [۵] مطابقت دارد.

همچنین با توجه به اینکه مدل IHACRES برای شبیه‌سازی جریان به داده‌های ورودی کمی نیاز دارد، استفاده از آن برای بسیاری از هدف‌ها می‌تواند مفید باشد که نظر یی و همکارانش [۱۹] را تأیید می‌کند. با درنظرگرفتن اینکه داده‌های دما و بارش در مقیاس روزانه در اغلب حوضه‌ها موجود است، پس استفاده از این مدل برای دیگر حوضه‌ها هم قابل بحث است که در صورت تناسب نتایج، می‌توان از این مدل برای حوضه‌های بدون داده هم استفاده کرد.

از آنجا که این مدل بیشتر برای مناطق خشک و نیمه‌خشک پیشنهاد شده است، بنابراین برآورد میزان دبی روزانه در حوضهٔ مرطوب ارزیابی شد که در مجموع با توجه به انحرافات کم مدل و شبیه‌سازی مناسب مقادیر می‌توان نتیجه گرفت که توانایی مدل در حوضهٔ مطالعه‌شده قابل قبول است و می‌توان از این مدل به‌دلیل کاربرد آسان، ورودی‌های محدودتر و کاهش صرف زمان با توجه به سطح دقت نشان داده‌شدهٔ آن در این مطالعه در زمینه‌های مختلف از جمله ارزیابی و تخمین دبی روزانه و ماهانه و سیلاب و رواناب و تأثیرات هیدرولوژی در تغییر پوشش زمین و پژوهش‌های کیفیت آب استفاده کرد. به‌طور کلی، استفاده از مدل‌های مفهومی مانند IHACRES در مدیریت منابع آب در مناطق که در آن محدودیت آماری وجود دارد ضروری است که این نتیجه با نتایج تولچا و همکارانش (۲۰۱۶) مطابقت دارد [۱۸]. شایان یادآوری است که برای کارایی بهتر مدل IHACRES در پیش‌بینی جریان رودخانه، بهتر است داده‌های بیشتری در دسترس باشد. همچنین می‌توان گفت که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مدل IHACRES جریان‌های پایین حوضه را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند، اما در شبیه‌سازی جریان‌های حداکثر توانایی کمی دارد و مقادیر کمتری را شبیه‌سازی می‌کند.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

[1].Ashofte, P. Masah Bovani, A. 2008. Analysis uncertainty impacts of climate change on flood regime Bayesian approach; Case Study Aidoghmoush Basin, East Azerbaijan, thesis, Tehran University.

[2].Beven, K. J. 2000. Rainfall-Runoff Modeling. John Willey and Sons Ltd, England, 200 pp.

[3].Booij, M. J. 2002. Appropriate modeling of climate change impacts of river flooding, Ph.D. Thesis, University Twente, Netherlands, 179 pp.

[4].Carla Carcano, E., Bartolini, P., Muselli, M., and Piroddi, L. 2008. Jordanrecurrent neural network versus IHACRES in modelling daily streamflows. J.Hydrol. 362: 291-307.

[5].Croke B. F. W. and Jakeman A. J. 2008. Use ofthe IHACRES rainfall-runoff model in arid andsemiarid regions. In: Weather H. S. SorooshianS. and Sharma K. D. (Eds.), HydrologicaModeling in Arid and Semi-arid Areas.Cambridge University Press, Cambridge. pp.41-48.

[6].Day.P.J and Croke.B.F.W.(2003), Evalution of streamflow predictions by the IHACRES rainfall-runoff model in two South African catchments, Enviromental Modeling & software 18.705-712

[7].Dooge, J.C.I. 1973. Linear Theory of Hydrologic Systems. Technical Bulletin No 1468. United States Department of Agriculture,Washington DC. 327.

[8].Doosti, M. Shahedi, K. 2012. IHACRES in the semi-conceptual model to simulate daily flow (Case study: Tamar Basin)

[9].Eyad Abushandi & Broder Merkel. Modelling Rainfall Runoff Relations Using HEC-HMS and IHACRES for a Single Rain Event in an Arid Region of Jordan. Water Resour Manage (2013) 27:2391–2409

[10]. Goodarzi, M. Masah, A. 2012. Comparison of hydrologic models IHACERS, SWAT. SIMHYD Gharehsou in simulating runoff, water management and irrigation Journal 2 (1), 40-25.

[11]. KheyrFam , H. Sadeghi, H.R. 2011. Using the model to estimate daily discharge IHACRES some watersheds in Golestan Province Journal of Watershed Management

[12]. Littlewood, I. G. K., J. R. Parker and D. A. Post. 1997. IHACRES Catchment-Scale Rainfall-Streamflow Modelling (PC version), Center for Ecology and Hydrology, The Australian National University, 95 p.

[13]. Littlewood, L.G., Clarke, R.T., Collischonn, W., and Croke, B.F.W. 2007.Predicting daily Streamflow using rainfall forecasts, a simple loss module andunit hydrographs: Two Brazilian catchments.Environmental Modelling andSoftware, 22: 1229-1239

[14]. Motovilov, Y.G., L. Gottschalk, K. Engeland and A. Rohde. 1999. Validation of adistributed hydrological model against spatial observations. Agricultural and Forest Meteorology, 98-99: 257-277.

[15]. Sadeghi, S.H.R., B. Yasrebi, and F. NoorMohammadi. 2005. Development and analysis of monthly precipitation runoff relationships for Haraz Watershed in Mazandaran Province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Khazar, 3(1): 1-12. (In Persian)

[16]. Sadeghi, H.R. Moradi, H. 2004. Effectiveness of different methods of statistical analysis on rainfall-runoff modeling, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan

[17]. Sedaghat, A. Fatahi, A. 2008. Drought early warning indicators in Iran. Journal of Geography and Development, University of Sistan and Baluchestan. The sixth volume. Numbers 11: 76-59

[18]. Wondimu Tolcha, Istvan Waltner. Performance Assessment of the IHACRES Model in the Upper Catchment of Dawa Sub-basin, Borna Rangeland, Ethiopia. Engineering and Applied Sciences. Vol. 1, No. 2, 2016, pp. 13-19. doi: 10.11648/j.eas.20160102.11

[19]. Ye, W., A.J. Jakeman and P.C. Young. 1998. Identification of improved rainfallrunoff models for an ephemeral low-yielding Australian catchment. Environmental Modelling and Software, 13: 59-74.

[20]. Zarei, M., Ghanbarpour, M., Habibnezhad Roshan, M., and Shahedi, K. 2010. Calibration and evaluation of IHACRES hydrological model to simulate runoff. J. Water Soil Agric. Sci. Tech. 25: 104-114.

[21]. Zarei, M., Ghanbarpoor, M.R. 2009. River flow simulations using rainfall-runoff models IHACRES (Kasilian River case study). Of watershed Iran. Number 8: 20-11

[22]. Zlatunova, D., G. Gergov and I.G. Littlewood. 2002. Preliminary assessment of a unit hydrograph-based continuous simulation model for bulgarian rivers, Proceedings International Environmental Modelling and Software Society Conference, iEMSs. Lugano, Switzerland. Vol. I, 405-409 pp.

Archive of SID

www.SID.ir