[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

ارزیابی کارایی مدل هیدرولوژیکی IHACRES درمناطق مرطوب (مطالعه موردی حوضه ناورود، گیلان)

سیدهادی صادقی[۱]، هدی قاسمیه[G۱]* و سیدجواد ساداتی نژاد[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۵)

چکیده

رواناب سطحی یکی از دلایل اصلی در فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، رسوب‌گذاری در مخازن و کاهش کیفیت آب رودخانه است. بنابراین، پیش‌بینی دقیق پاسخ حوضه به رویدادهای بارش، بسیار مهم است. مدل‌های هیدرولوژیک، نمایش ساده شده‌ای از سامانه واقعی آبخیز هستند، که به مطالعه درباره عملکرد حوضه در واکنش به ورودی‌های گوناگون و فهم بهتر فرآیندهای هیدرولوژی کمک می‌کنند. با توجه به تنوع مدل‌های بارش- رواناب، انتخاب یک مدل مناسب برای حوضه به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب حائز اهمیت است و در این راستا قابلیت‌ها ومحدودیت‌های مدل‌ها می‌تواند در انتخاب آنها اثرگذار باشد. لذا در این پژوهش، کارایی مدل IHACRES در شبیه‌سازی روزانه رواناب حوضه ناورود با استفاده از معیارهای ارزیابی ناش- ساتکلیف و میانگین خطای کل(Bias) مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیق حاضر از آمار بارش، دما و دبی با گام زمانی روزانه و با بهره‌گیری از داده‌های موجود در ایستگاه‌های خلیان وخرجگیل طی سال‌های آبی ۱۳۹۰- ۱۳۸۵ استفاده شده است. به‌این‌ترتیب که ۳۶ ماه از مهر ۱۳۸۵ برای کالیبراسیون مدل و ۳۶ ماه از مهر ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۹۱ برای آزمون مدل انتخاب شد. در نهایت نتایج نشان داد که میزان نمایه ناش ساتکلیف و میانگین خطای کل در دوره واسنجی به‌ترتیب ۵۷/. و ۸/۵۳ و در مرحله آزمون ۴۸/. و ۱۴/۹ است. بنابر نتایج حاصل، مدل مورد استفاده نشان داد دارای دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی جریان حوضه مورد مطالعه است.

کلید واژه‌ها: مدل هیدرولوژیکی IHACRES، حوضه ناورود، جریان روزانه، مناطق مرطوب

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۲. گروه مهندسی اکو هیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.ghasemieh@kashanu.ac.ir

مقدمه

تحلیل سیستم‌های مربوط به چرخه آب در مدیریت حوزه آبخیز برای دستیابی به اهداف مدیریتی، جایگاه مهمی دارد و مدل‌سازی یک ابزار مهم و کارآمد برای تحلیل سیستم‌هاست که در فرآیند شبیه‌سازی بارش و رواناب نیز می‌توان از آن استفاده کرد. شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب در حوزه آبخیز از نقطه نظر مسائل هیدرولوژیکی، مدیریت منابع آب، مهندسی رودخانه، سازه‌های کنترل سیل و ذخیره سیلاب اهمیت ویژه‌ای دارد. لذا درک و پیش‌بینی فرآیندهای تولید رواناب و انتقال آن به نقطه خروجی حوزه آبخیز، یکی از اساسی‌ترین مباحث علم هیدرولوژی محسوب می‌شود. به‌دلیل برهمکنش عوامل مختلف، رفتار سیکل هیدرولوژی آبخیز به فرآیند نسبتاً پیچیده‌ای تبدیل می‌شود، لذا برای ارزیابی آن، اغلب از مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌گردد. محدودیت‌های مختلف نظیر کافی نبودن ایستگاه‌های هیدرومتری در آبراهه‌های رتبه پایین و هزینه‌بر بودن جمع‌آوری اطلاعات مشاهده‌ای، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی در برآورد سیل را ایجاب می‌نماید (۳). مدل‌ها را می‌توان به‌منظور بررسی و مدیریت منابع آب، برآورد جریان رودخانه، پیش‌بینی سیل و طراحی عملیات مهندسی به دو گروه مدل‌های یکپارچه و توزیعی طبقه‌بندی کرد (۸،۷). در این بین مدل بارش– رواناب IHACRES به‌علت داده‌های اندک مورد استفاده بدون صرف زمان و هزینهٔ زیاد برای تهیهٔ داده‌ها، به آسانی می‌تواند در بسیاری از حوزه‌های آبخیز به‌کار برده شود (۱۲). این مدل تاکنون برای داده‌های با پایه زمانی ۶ دقیقه تا یک ماه و برای حوزه‌های آبخیز با مساحت‌های متنوع از ۴۹۰ مترمربع تا ۱۰۰۰۰ کیلومترمربع در انگلستان استفاده شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که پیش‌بینی جریان توسط مدل‌های یکپارچه در بسیاری از موارد بهتر از مدل‌های توزیعی بوده است(۱۷). در این بخش، بعضی از تحقیقات صورت گرفته با استفاده از مدل IHACRES در مناطق مختلف جهان به‌صورت مختصر توضیح داده می‌شود. سفتن و هووارت (۱۶) پارامترهای واسنجی شده مدل IHACRES را با ویژگی‌های ۶۰ حوزه آبخیز در انگلستان و ویلز مقایسه کردند و بهترین میزان ضریب تبین میان پارامتر روندیابی و درصدی آبخیز را برابر R^2 = ۰/۵۹ و بین پارامتر تبخیر وتعرق و میانگین بارندگی سالانه، برابر با R^2 = ۰/۶۹ به‌دست آوردند. دای و کروک (۱۰) به‌منظور ارزیابی پیش‌بینی جریان در دو حوزه آبخیز آفریقای جنوبی از مدل IHACRES استفاده نمودند و به‌این نتیجه رسیدند که جریان پیش‌بینی شده در حوضه لامبرچباس در دو دوره مختلف، در دوره قبل از جنگل‌کاری دارای R^2=۰/۸۱ و BIAS=۲۵/۸(MM/YR) و در دوره بعد از جنگل‌کاری دارای R^2=۰/۸۱ و BIAS=۸/۴ (MM/YR) بوده که نشان‌دهنده دقت قابل قبول است. لیتلوود و همکاران (۱۳) با استفاده از پیش‌بینی بارش، جریان روزانه رودخانه را برای دو حوضه در کشور برزیل شبیه‌سازی کردند و به‌این نتیجه رسیدند که برحسب دو مدل آماری به‌کار رفته برای این دو حوضه با رژیم جریان متفاوت، مدل ساده‌تر که مبتنی بر هیدروگراف واحد بوده و برای واسنجی تنها نیاز به داده‌های بارش، جریان و درجه حرارت دارد، تقریباً به‌خوبی مدل‌های پیچیده‌تر که به اطلاعاتی مانند تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های رقومی ارتفاع، کاربری اراضی و خاک نیاز دارند، عمل می‌کند. کارلا کارکانو و همکاران (۹) طی تحقیقی به‌منظور مدل‌سازی جریان روزانه در مناطق شمالی ایتالیا، دو مدل IHACRES و شبکه عصبی مصنوعی را مورد استفاده قرار دادند. سرانجام نتایج به‌دست آمده نشان داد که در صورت دسترسی داده‌های ورودی مناسب، عملکرد مدل‌های ساده مانند مدل IHACRES نسبت به یک مدل پیچیده، بهتر است. مکینتایر و القریشی (۱۴) با هدف محاسبه دبی اوج و حجم جریان خروجی از حوضه وادی آهین در کشور عمان با مساحت ۷۳۴ کیلومتر مربع، از سه مدل IHACRES، KINEROS2 و رگرسیون استفاده نمودند و در نهایت، برتری نتایج مدل IHACRES نسبت به دو مدل دیگر را تأیید نمودند. ابوشندی و مرکل (۶) با استفاده از مدل‌های

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

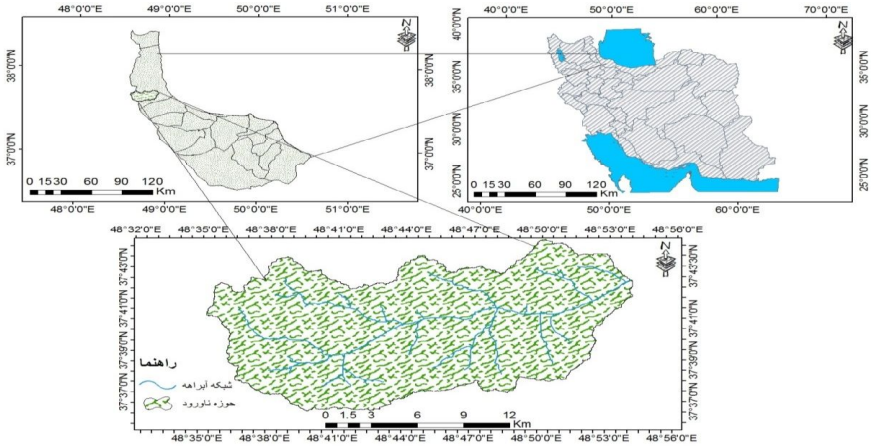
HEC-HMS و IHACRES، یک واقعه بارندگی را در یک ناحیه خشک از اردن شبیه‌سازی کردند. سرانجام نتایج تحقیق حاکی از این بود که هر دو مدل، به‌خوبی قادر به محاسبه حجم جریان در یک واقعه بارندگی در این ناحیه خشک منطقه هستند. سادات آشفته و مسباح بوانی (۲) در بررسی تغییر اقلیم بر دبی‌های حداکثر در آذربایجان شرقی، از مدل IHACRES در بخش شبیه‌سازی استفاده نمودند و نتایج مدل را برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی، به‌ترتیب با مقادیر ضریب همبستگی ۷۹ و ۷۰ درصد قابل قبول ارزیابی نمودند. خیرفام و همکاران (۱) به تخمین دبی روزانه با استفاده از مدل IHACRES در برخی از حوزه‌های آبخیز استان گلستان پرداختند. در نهایت نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها و در هر دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی، مقادیر برآوردی مدل خصوصاً در مقادیر دبی اوج کمتر از مقادیر مشاهداتی است. در مجموع نتایج مدل در تعدادی از زیرحوضه‌های مورد مطالعه با ضریب تعیین و کارایی حداکثر به‌ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۷۰ ($P < ۰/۰۵$) نسبتاً قابل قبول ارزیابی گردید. گودرزی و همکاران (۴) با مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژی IHACRES،SWAT و SIMHYD در شبیه‌سازی بارش- رواناب حوضه قرسو به‌این نتیجه رسیدند که به‌ترتیب، مدل SWAT با ضریب نش ۰/۸ و SIMHYD با ضریب نش ۰/۶۸، بیشترین و کمترین کارایی را در شبیه‌سازی بارش- رواناب در این حوضه دارند و مدل IHACRES، شبیه‌سازی متوسط و نزدیک‌تری به مدل SWAT نشان داد. یعقوبی و مساح‌بوانی (۵) به تحلیل حساسیت و مقایسه عملکرد سه مدل مفهومی HBV، IHACRES و HEC-HMS در شبیه‌سازی بارش – رواناب پیوسته در حوضه های نیمه خشک پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل HBV قادر است جریان را بهتر از دو مدل دیگر پیش‌بینی کند. همچنین مدل HEC-HMS، کمترین کارایی را برای پیش‌بینی جریان از خود نشان داد، ولی مدل IHACRES توانست جریان را با اختلاف بسیار کمی نسبت به مدل HBV شبیه‌سازی کند. اهمیت بروز سیلاب‌های متعدد در آبخیزهای کوهستانی و پربارش جنگلی شمال کشور، کمبود داده‌های ساعتی و نیز برنامه‌ریزی پروژه‌های عمرانی و گردشگری از مواردی است که ضرورت انجام این پژوهش را در گام زمانی پرکاربرد و دارای آمار" روزانه" توجیه می‌نماید.

مواد و روش‌ها

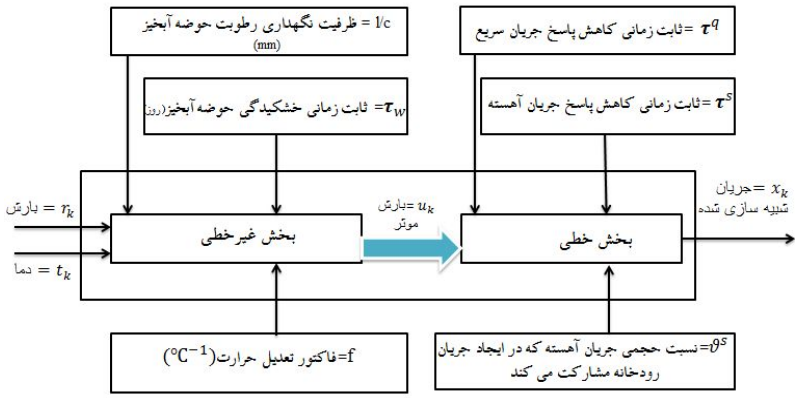
حوزه آبخیز ناورود اسالم با مساحت ۲۶۶ کیلومترمربع، در دامنه‌های شرقی سلسله جبال البرز (رشته‌کوه‌های تالش)، بین طول‌های جغرافیایی ′۳۵ °۴۸ تا ′۵۴ °۴۸ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۳۶ °۳۷ تا ′۴۵ °۳۷ شمالی، در غرب استان گیلان و در شهرستان تالش واقع شده است. این حوضه از سمت شمال به حوزه آبخیز گرگانرود، از جنوب به حوزه آبخیز خاله‌سرا و دیناچال، از غرب به حوزه آبخیز آریاچای و از شرق به دریای خزر متصل گردیده است. حوضه ناورود، شکل مستطیلی دارد و رودخانه اصلی آن در وسط حوضه به موازات طول آن جریان دارد. محیط حوضه، ۸۴ کیلومتر و حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا، برابر با ۲۹۷۳ متر است که از ۲۰۰۰ متری فاقد جنگل بوده و برف‌گیر است. رژیم رودخانه، برفی– بارانی است و دارای دو دوره پرآبی با طول مدت و شدت کم و بیش مساوی است. رودخانه های کوچکی نیز در شمال این رودخانه جریان دارند و به دلتای آن ملحق می‌شوند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۹۱). در شکل ۱، موقعیت حوضه ناورود در شهرستان تالش، استان گیلان و ایران قابل مشاهده است.

به‌منظور مدل‌سازی بارش- رواناب در حوزه آبخیز ناورود، از آمار و اطلاعات دبی ایستگاه هیدرومتری خرجگیل که در خروجی حوضه در مختصات جغرافیایی طول شرقی و ′۴۲ °۳۷ عرض شمالی قرار گرفته و بارش و دما ایستگاه سینوپتیک خلیان که در مختصات

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز ناورود اسالم در شهرستان تالش و استان گیلان



شکل۲. مدل مفهومی شبیه‌سازی بارش - رواناب با مدول‌های خطی و غیرخطی مدلIHACRES

جغرافیایی ′۴۳ °۴۸ طول شرقی و ′۴۰ °۳۷ عرض شمالی در مرکز ثقل حوضه قرار دارد استفاده شد. بدین‌منظور در این تحقیق برای سری‌های روزانه، آمار سال‌های آبی ۱۳۸۵-۱۳۹۰ (به‌مدت ۶ سال) مورد استفاده قرار گرفت.

ساختار مدل

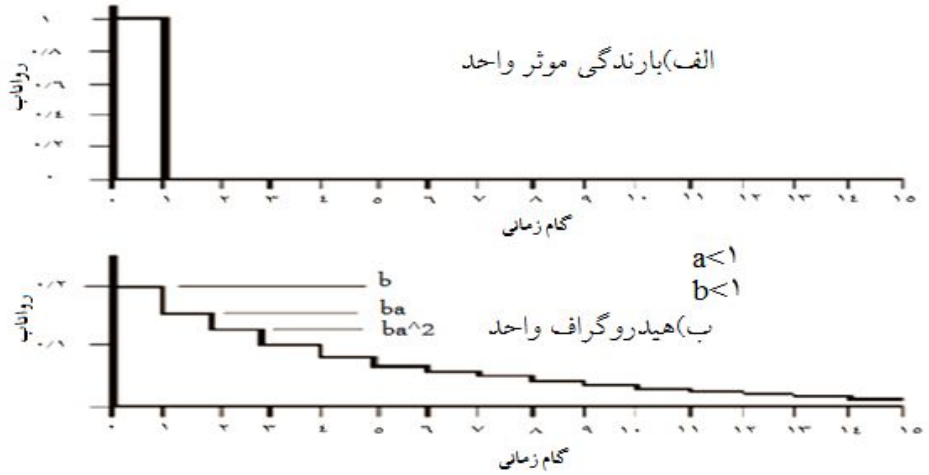
مدل بارش- رواناب IHACRES، یک مدل پارامتری مؤثر و کارآمد است که در اکثر مناطق آب و هوایی مختلف از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک کاربرد دارد. اساس روش مذکور، از دو مدول غیرخطی کاهش و مدول خطی هیدروگراف تشکیل می‌شود. در این مدل، آمار متغیرهای ورودی به‌صورت روزانه، ساعتی و یا دقیقه است که در این تحقیق، آمار روزانه در نظر گرفته شده است. به‌این‌منظور در ابتدا، بارندگی r_k و دما t_k در هر گام زمانی K توسط مدول غیرخطی، به بارندگی مؤثر U_k تبدیل می‌شود و سپس به‌وسیله مدول خطی هیدروگراف واحد، به رواناب سطحی در همان گام زمانی تبدیل می‌شود (شکل ۲).

الف. مدول غیرخطی کاهش

به‌منظور تبدیل بارش به بارندگی مؤثر در حوضه، از ضریب رطوبتی حوضه که با S_k (۱> S_k >۰) نشان داده می‌شود، استفاده می‌گردد. هر چه حوضه قبل از بارندگ، مرطوب‌تر باشد، مقدار تبدیل بارندگی به بارش مؤثر براساس رابطه (۱) بیشتر خواهد بود.

$$U_k = S_k * R_k \qquad [۱]$$

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]



شکل۳. هیدروگراف حاصل از بارندگی مؤثر واحد

درحالتی که حوضه کاملاً خیس باشد (S_k =۱)، تمامی بارش به بارندگی مؤثر تبدیل خواهد شد. از طرف دیگر، ضریب رطوبتی حوضه تابعی از تبخیر و تعرق در حوضه است که با استفاده از روابط (۲) تا (۴) بیان می‌گردد.

$$S = C * R + \left[۱ - \frac{۱}{t_w(t_k)} \right]_{S_{k-۱}} \qquad [۲]$$

$$S_k = ۰ \qquad [۳]$$

$$t_w(t_k) = t_w \theta^{۰/۰۶۲f(R-r_k)} \qquad [۴]$$

در رابطه (۴)، $t_w(t_k)$ مقدار شاخص S_k را در رابطه (۳) هنگامی که بارش رخ نمی‌دهد، کنترل می‌کند که در آن R، برابر دمای مرجع، t_w ، ثابت زمانی خشک شدن حوضه و ، f فاکتور تعدیل دما است. در رابطه (۲) t پارامتر C به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که حجم بارندگی مؤثر و رواناب مشاهداتی در دوره واسنجی یکسان گردد.

ب- مدول خطی هیدروگراف واحد

فرض کنید بارندگی مؤثر واحد در یک گام زمانی (شکل ۳-الف) در یک حوضه، به مقدار b واحد رواناب تولید کند. بدیهی است به‌دلیل افت‌های مختلف در تبدیل بارندگی به رواناب، مقدار رواناب حاصل در همان گام زمانی، کمتر از واحد خواهد بود (b<۱). با این فرض که بارندگی مؤثر و رواناب در تمام گام‌های قبلی صفر است و همچنین بارندگی مؤثر در گام‌های بعدی نیز صفر باشد، می‌توان در گام‌های بعدی، میزان رواناب را به‌صورت نسبت a (a<۱) از مقدار آن در مرحله قبل در نظر گرفت. لذا رواناب حاصل به‌صورت نمایی با نرخ a در هر گام زمانی کاهش می‌یابد (شکل ۳-ب).

براساس شکل قسمت ۳-ب میزان رواناب حاصل از بارندگی مؤثر واحد، برابر مجموع رواناب‌های هر گام زمانی خواهد بود.

$(b + ba + ba^۲ + ba^۳ + ...)$. حال با فرض بارش مؤثر u_k (محاسبه شده از مدول غیرخطی کاهش) در گام زمانی k، میزان دبی حاصل از آن در گام‌های متوالی K، k+۱، k+۲ و ...، مطابق رابطه(۵) زیر است:

$$bu_k + bau_k + ba^۲u_k + ba^۳u_k + ... \qquad [۵]$$

از طرف دیگر اگر فرض شود که بارش مؤثر $u_{k-۱}$ در گام زمانی k +۱ رخ داده باشد، آن‌گاه رواناب حاصل از آن در گام‌های زمانی k -۱، k، k +۱ و براساس شکل (۳-ب) برابر خواهد بود با رابطه (۶).

$$bu_{k-۱} + bau_{k-۱} + ba^۲u_{k-۱} + ba^۳u_{k-۱} + ... \qquad [۶]$$

با فرض بارش‌های مؤثر در گام‌های مختلف $(k-۱,.....,k-۲,k-۱,k,k+۱,k+۲,.....,k+n)$ و محاسبه مقدار دبی حاصل از آنها در گام‌های مختلف مطابق روابط ۵ و ۶ می‌توان مقدار رواناب در گام زمانی k را مطابق رابطه زیر نوشت.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

$$x_k = bu_{k-1} + bau_{k-2} + ba^2u_{k-3} + ... \quad [7]$$

همچنین مقدار رواناب در گام زمانی k-1 برابر خواهد بود با :

$$x_{k-1} = bu_{k-1} + bau_{k-2} + ba^2u_{k-3} + ... \quad [8]$$

با مقایسه رابطه‌های ۷ و ۸ می‌توان نوشت :

$$x_k = bu_k + ax_{k-1} \quad [9]$$

با توجه به این رابطه می‌توان دبی هر گام را تابعی از بارندگی مؤثر در همان گام و دبی حاصل از گام‌های قبل دانست. با توجه به آن‌که در یک حوضه، مقدار u_k از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد، بنابراین به‌منظور به‌دست آوردن رواناب حاصل از آن، کافی است که مقادیر پارامترهای a و b در رابطه (۹) مشخص گردد. با توجه به این‌که (۱>a>۰) است، مساحت زیر نمودار شکل (۳)، مطابق رابطه (۱۰) قابل محاسبه است.

$$b + ba + ba^2 + ba^3 + ... \quad [10]$$

از طرف دیگر با توجه به مفهوم هیدروگراف واحد، رابطه (۱۰) برابر واحد است. بنابراین :

$$\frac{b}{1-b} = 1 \quad [11]$$

از طرف دیگر می‌توان هیدروگراف واحد اصلی را به‌صورت تلفیقی از تعداد مختلفی از هیدروگراف‌های واحد به‌صورت موازی یا سری و یا به‌صورت منفرد در نظر گرفت. به‌عنوان مثال با تقسیم هیدروگراف واحد کل به دو قسمت موازی هیدروگراف سریع q و هیدروگراف کند s، رابطه(۱۱) مطابق رابطه (۱۲) تعریف می‌گردد.

$$\frac{b^q}{1-a^q} + \frac{b^3}{1-a^3} = 1 \quad [12]$$

بر این اساس، رابطه (۹) مطابق رابطه (۱۰) تبدیل خواهد شد:

$$x_k = a^q x_{k-1} + b^q u_{k-1} + a^3 x_{k-1} + b^3 u_{k-1} \quad [13]$$

به‌طور کلی در روش ارائه شده توسط جیکمن و هورنبرگر (۱۱) مدل دو مقدار برای ضرایب t_w و f در نظر می‌گیرد و پارامترهای مدول خطی و پارامتر C در مدول غیرخطی را به‌صورت خودکار محاسبه می‌کند.

معیارهای ارزیابی

الف- نمایه ناش- ساتکلیف

نمایه ناش- ساتکلیف نشان می‌دهد که دبی‌های جریان تا چه حد توسط مدل درست شبیه‌سازی شده‌اند. این نمایه براساس رابطه (۱۴) به‌دست می‌آید.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Qs_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(Qo_i - \overline{Q}_O)^2} \quad [14]$$

که در این رابطه، هر کدام از پارامترها عبارتند از :

NS : شاخص کارایی ناش– ساتکلیف که برای ارزیابی توانایی شبیه‌سازی جریان آبراهه به‌کار می‌رود و مقدار NS از ۱- تا ۱+ متغیر است و زمانی که میزان آن ۱ باشد، نمایانگر انطباق کامل بین هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است

ب. میانگین خطای کل

$$Bias = \frac{\sum(Qo_i - Qs_i)}{n} \quad [15]$$

نتایج

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، ایستگاه خلیان به‌عنوان ایستگاه سینوپتیک و همچنین ایستگاه خرجگیل به‌عنوان ایستگاه هیدرومتری براساس پایهٔ مشترک آماری انتخاب شدند و قبل از هر اقدامی بازسازی داده‌های آماری و آزمون نرمال بودن داده‌ها در محیط SPSS صورت گرفت که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. سپس مدل IHACRES برای حوزهٔ آبخیز ناورود در مقیاس روزانه در طی سال های آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۷ مورد واسنجی و سال‌های آبی ۱۳۸۸-۱۳۹۰ به‌عنوان دوره آزمون، نتایج زیر را درپی داشتند که نتایج واسنجی و آزمون مدل در جدول (۱) و همچنین نتایج واسنجی به تفکیک سال در جدول (۲) نشان داده شده است. مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی روزانه در خروجی حوضه ناورود، برای دوره واسنجی و آزمون در

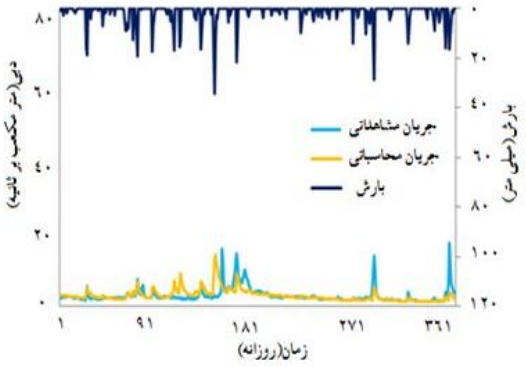
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

جدول ۱. نتایج دوره‌های واسنجی و آزمون با مدل IHACRES

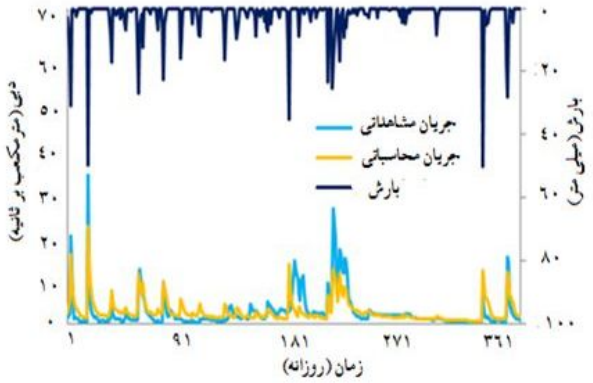
دوره / شاخص	NSE	Bias(mm/yr)
واسنجی	۰/۵۷	۸/۵۳
ارزیابی	۰/۴۸	۱۴/۹

جدول ۲. نتایج دوره واسنجی به تفکیک سال با مدل IHACRES

سال / شاخص	NSE	Bias(mm/yr)
۸۵-۸۶	۰/۴۲	۱۴/۷
۸۶-۸۷	۰/۶۴	-۱۶/۰۴
۸۷-۸۸	۰/۳۹	۶/۳۱



شکل ۴. دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده مدل IHACRES برای سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۷



شکل ۵. دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده مدل IHACRES برای سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹

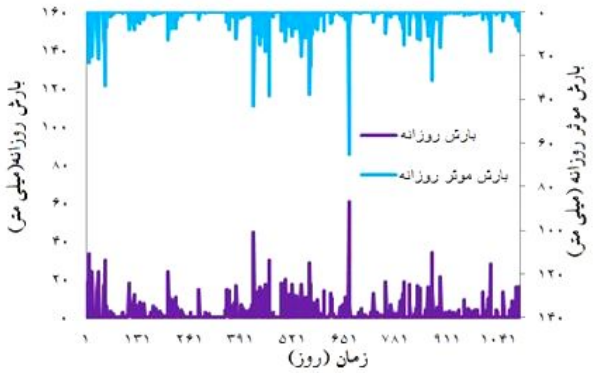
شکل(۴ و ۵) ارائه شده است.

در این بخش بارش مؤثر محاسبه شده در دوره‌های واسنجی و آزمون توسط مدل IHACRES، در شکل های(۶ و۷) آورده شده است.

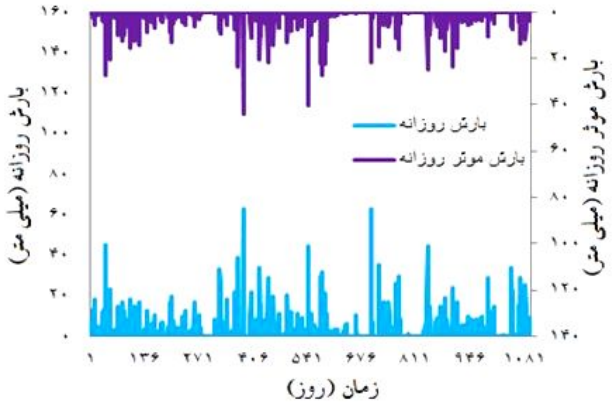
بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدل هیدرولوژیکی IHACRES به‌منظور ارزیابی کارایی این مدل در حوضه مرطوب و جنگلی ناورود مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که این مدل بیشتر برای مناطق خشک و نیمه‌خشک پیشنهاد شده، لذا برآورد میزان جریان رواناب روزانه درحوضه مرطوب ناورود مورد ارزیابی قرار گرفت. حوضه ناورود در استان گیلان از مجموعه حوضه‌های معرف است که میزان بارندگی در این مناطق از متوسط بارش در کل کشور بیشتر بوده بنابراین انتخاب دوره‌های مناسب برای واسنجی از گام‌های اساسی در استفاده از ای‌ن مدل می‌باشد. بدین‌منظور برای تعیین دوره‌های واسنجی و ارزیابی سال‌های آماری با دوره‌های متفاوت مورد واسنجی قرار گرفت و مبنا بر این شد که بهترین نتیجه در هر دوره واسنجی به‌عنوان دوره اصلی واسنجی انتخاب شود، از آنجا که از شش سال آمار موجود که با توجه به‌محدودیت داده‌ها و کاهش میزان خطای

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]



شکل ۶. بارش موثر محاسبه شده مدل IHACRES در دوره واسنجی



شکل ۷. بارش موثر محاسبه شده مدل IHACRES در دوره آزمون

مدل ونظر به این‌که تعادل در انتخاب سال‌های آماری از جهت خشکسالی وترسالی به‌وجود بیایید بدین‌معنا که از شش سال آمار موجود چهار سال آماری میزان بارش بالای ۸۰۰ میلی‌متر مربع و دو سال آماری بارش کمتر از ۵۵۰ میلی‌متر مربع داشت (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۹۱). لذا دو سال از آمار با بارش بالاتر به‌همراه یک سال از آمار با بارش کمتر که سال‌های آبی ۸۷-۸۵ را شامل می‌شد با توجه به‌پاسخ نسبتاً مناسب مدل نسبت‌به دوره‌های دیگر واسنجی، که جمعاً سه سال واسنجی را تشکیل می‌داد به‌عنوان دوره اصلی در نظر گرفته شد. همچنین نکته قابل تأمل در انتخاب ایستگاه سینوپتک، از بین ایستگاه های موجود در حوضه معرف ناورد که شامل ایستگاه‌های خلیان (مرکز ثقل حوضه)، ناو (جنوب غربی حوضه)، گاو خس (شمال شرقی حوضه) و ایستگاه هیدرومتری و سینوپتیک خرجگیل (خروجی حوضه) را شامل می‌شد، تنها با استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک خلیان بود که تأخیر در تبدیل بارش به رواناب صفر شد و نتایج به‌دست آمده از کاربرد اطلاعات این ایستگاه در هر دو دوره واسنجی و آزمون در مقایسه با نتایج حاصل از کاربرد آمار ایستگاه های دیگر همچون ناو، گاوخس و خرجگیل نتایج بهتر ومطمئن‌تری را در پی داشت.

در بررسی پارامترهای اصلی مدل، $\vartheta^{(s)}$ نشان‌دهنده مشارکت جریان پایه در ایجاد جریان رودخانه است. مقادیر زیاد این پارامتر، نشان‌دهنده وجود جریان پایه بسیار قوی در ایجاد جریان رودخانه است، این امر ناشی از پوشش جنگلی وسیع و شرایط اقلیمی حوزه آبخیز ناورود است، این بخش از نتایج با نتایج لیتلوود و همکاران (۱۳) مطابقت دارد، ایشان نیز به مقادیر تقریباً مشابه‌ای در حوضه‌ای با کاربری‌های متفاوت زراعت، مرتع و جنگل با غالبیت زراعت و مرتع، برای این پارامتر دست یافتند. پارامتر 1/c (ظرفیت نگهداری رطوبت حوزه آبخیز) نشان‌دهنده سرعت واکنش حوزه آبخیز به بارش است. به‌طوری که هرچه این مقدار بیشتر باشد، حوضه واکنش آهسته‌تری نسبت به بارش نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده، پارامتر مذکور در مقایسه با مقدار به‌دست آمده توسط لیتلوود و همکاران (۱۳) در حوضه‌ای با کاربری غالب زراعت و مرتع (۱۸۷ میلی‌متر در مقیاس روزانه) بیشتر بوده است، به‌این معنا که حوضه به بارش با سرعت کمتری واکنش نشان می‌دهد که این میزان، ناشی از جنگلی بودن حوضه بوده که باعث نگهداشت بارش شده و بنابراین بارش با کمی تأخیر به جریان رودخانه اضافه می‌شود. پارامتر t^q (ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان سریع) نشان‌دهنده مدت زمانی است که طول می‌کشد جریان سریع کاهش یابد، هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد حوضه دیرتر به جریان پاسخ داده و دیرتر جریان سریع کاهش می‌یابد،

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

این پارامتر برای حوضه مورد مطالعه برابر۲/۲۳ در دوره آزمون برآورد گردید از آنجا که پارامتر t^s(ثابت زمانی کاهش پاسخ جریان آهسته) برابر ۷۹/۴۶ می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت حوضه در زمان کوتاه‌تری به جریان سریع پاسخ می‌دهد و مدت زمان بیشتری نیاز است تا جریان آهسته حوضه تقلیل یابد. مقایسه آماری آب نمودهای محاسبه‌ای و مشاهده‌ای برای دوره آزمون نشان داد که مدل، حجم جریان را با اختلاف جزئی نسبت به جریان مشاهده‌ای پیش‌بینی می‌کند که این نتیجه‌گیری، حاکی از دقت مناسب مدل در برآورد حجم جریان است.

مقادیر مثبت و منفی میانگین خطای کل به‌ترتیب بیانگر کمتر و بیشتر بودن متوسط دبی محاسباتی نسبت‌به دبی مشاهداتی است که این معیار در دوره آزمون برابر ۱۴/۹ میلی‌متر در سال برآورد گردید که بیانگر اختلاف نسبتاً کم بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی جریان روزانه حوضه ناورود است. همچنین نمایه ناش- ساتکلیف در دوره‌های واسنجی و آزمون، به‌ترتیب برابر ۰/۵۷ و ۰/۴۸ محاسبه گردید. طبق نتایج موتوویلو و همکاران(۱۵) هرگاه مقادیر فاکتور NSE بین ۰/۳۶ تا ۰/۷۵ باشد، نتایج مدل خوب است و درصورتی که مقادیر فاکتور مذکور بیش از ۰/۷۵ باشد، نتایج مدل عالی محسوب می‌شود. این نتایج با نتایج پژوهشگرانی همچون کارلا کارکانو و همکاران (۹)، ابوشندی و مرکل (۶)، خیرفام و همکاران(۱) و گودرزی و همکاران(۴) مبنی بر کارایی مدل در شبیه‌سازی جریان مطابقت دارد.

همچنین این نتایج با نتایج پژوهشگرانی چون یعقوبی و مساح بوانی(۵) که مدل را در منطقه نیمه خشک مورد آزمایش قرار دادند نزدیک است بر این مبنا میتوان بیان داشت مدل در مناطق مرطوب باشرایط حوضه جنگلی ناورود کارایی قابل قبولی را داراست.

منابع مورد استفاده

۱.خیرفام، ح. ر. مصطفی‌زاده و س. ح. ر. صادقی.۱۳۹۰. تخمین دبی روزانه با استفاده از مدل IHACRES در برخی از حوزه‌های آبخیز استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز ۴ (۷): ۱۲۶-۱۱۴.

۲. سادات آشفته، پ. و ع. ر. مساح بوانی. ۱۳۸۷. تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی حوضه آیدوغموش- آذربایجان شرقی)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک (۵۳) : ۳۹-۲۵.

۳. صادقی، ح.، ر. ح. ر. مرادی، م. مزین و م. وفاخواه. ۱۳۸۴. کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش- رواناب، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (۳): ۹۰-۸۱.

۴. گودرزی، م.، ر. ذهبیون، ب. مساح بوانی و ع. ر. کمال. ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژی SWAT، IHACERS ، SIMHYD در شبیه‌سازی رواناب حوضه قره‌سو، مجله مدیریت آب و آبیاری ۲ (۱): ۴۰-۲۵.

۵. یعقوبی، م. و ع. ر. مساح بوانی. ۱۳۹۲. تحلیل حساسیت و مقایسه عملکرد سه مدل مفهومی HBV، IHACRES، HEC-HMS در شبیه‌سازی بارش- رواناب پیوسته در حوضه‌های نیمه‌خشک (بررسی موردی حوضه اعظم هرات- یزد)، مجله فیزیک زمین و فضا ۴۰(۲): ۱۷۲-۱۵۲.

6. Abushandi, E., B. Merkel. 2011. Rainfall Estimation over the Wadi Dhuliel arid Catchment, Hydrology. Earth System. Sci. Discuss. 8: 1665-1704.

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

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

9.Carlacarcano, E. P. Bartolini., M. Muselli and L. Piroddi. 2008. Jordan recurrent Neural Network versus IHACRES in Modelling Daily Streamflows, J. of Hydrology 362: 291– 307.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]

10. Dye, P. J. and B. F. W. Crock. 2003. Evaluation of Streamflow Predictions by the IHACRES Rainfall-Runoff Model in two South African Catchments, Environmental Modelling & Software 18: 705-712.
11. Jakeman, A., J. and G. M. Hornberger. 1993. How much Complexity is Warranted in a Rainfall-Runoff Model?. Water Resour Research. 29(8): 2637-2649.
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., R. T. Clarke, W. Collischonn and B. F. W. Crock. 2007. Predicting Daily Streamflow Using Rainfall Forecasts, A Simple Loss Module and Unit Hydrographs: Two Brazilian Catchments, Environmental Modelling and Software 22: 1229-1239.
14. McIntyre, N. and A. Al-Qurashi. 2009. Performance of Ten Rainfall-Runoff Models Applied to an Arid Catchment in Oman. Environmental Modelling and Software 24: 726-738.
15. Motovilov, Y., G., L. Gottschalk., K. Engeland and A. Rohde. 1999. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. Agric. and Forest Meteorology 98-99: 257-277.
16. Sefton, C. E. M. and S. M. Howarth. 1998. Relationships between Dynamic Response Characteristics and Physical Descriptors of Catchments in England and Wales,. J. of Hydrology 211:1-16.
17. Ye, W. B., C. Bates, N. R.Viney, M. Sivapalan and A. J. Jakeman. 1997. Performance of Conceptual Rainfall–Runoff Models in Low-Yielding Ephemeral Catchments, Water Resour. Research 33: 153-166.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2025-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.73.5.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.73.73]