Archive of SID

اثرات تغییر اقلیم بر رواناب با مدل هیدرولوژیکی IHACRES در برخی از حوزه‌های آبخیز استان اردبیل

نیر آقابیگی[۱]، اباذر اسمعلی عوری[۲]*، رئوف مصطفی‌زاده[۳]، محمد گلشن[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۶/۳۱

مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که بخش‌های مختلف زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در دهه‌های اخیر شرایط اقلیمی سبب تغییر در حجم، زمان و مدت رواناب شده است که پیامد این اتفاق در عرصه مدیریت منابع آب، تحولات و تغییرات بسیاری را به‌وجود خواهد آورد. هدف از پژوهش حاضر به‌دست آوردن نوسانات رواناب طی دهه‌های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱)، با استفاده از مدل IHACRES می‌باشد. بدین منظور پارامترهای اقلیمی دمای‌حداکثر، دمای حداقل و بارش طی دهه‌های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و استفاده از خروجی مدلHadCM3 بررسی شدند و داده‌های به‌دست آمده با استفاده از مدل IHACRES در ۸ ایستگاه هیدرومتری واقع در جنوب و جنوب غربی استان اردبیل اجرا شدند و میزان رواناب در ایستگاه‌ها طی دهه‌های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱) تخمین زده شدند. نتایج نشان می‌دهد میزان بارش طی دهه‌های آینده دچار نوساناتی شده و به‌طورکلی برای دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مقدار بارندگی ۳/۶۸ درصد کاهش یافته و دمای حداقل ۱۶/۴۸ و دمای حداکثر نیز ۵/۳۹ درصد افزایش یافته است. هم‌چنین بررسی میزان رواناب طی دهه‌های آینده در ایستگاه‌های هیدرومتری نشان داد که دبی متوسط به‌طورکلی ۰/۱۶ درصد کاهش یافته است و از طرف دیگر تعداد وقایع دبی اوج افزایش یافته است که بیش‌ترین افزایش مربوط به ایستگاه هیدرومتری یامچی با دبی متوسط ۲/۰۹ مترمکعب بر ثانیه و ۱۶ روز دبی اوج بالای ۶ مترمکعب برثانیه می‌باشد.

کلید واژه: مدل LARS-WG، مدل HadCM3، ریز مقیاس نمایی، تغییرات رواناب.

[۱] د، کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، nayer.aghabeigi@yahoo.com
[۲] دانشیار، دکتری آبخیزداری، هیأت علمی، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، esmaliouri@uma.ac.ir
تلفن تماس: ۰۹۱۴۴۵۳۸۶۲۳ (نویسنده مسئول)
[۳] استادیار، دکتری آبخیزداری، هیأت علمی، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، raoofmostafazadeh@yahoo.com
[۴] دانشجوی دکتری، رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، m.golshan@snru.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تغییر اقلیم جهانی به‌دلیل انباشت گازهای گلخانه‌ای در لایه‌های پایینی در حال وقوع می‌باشد، این گازها در سطح جهان در حال افزایش است که علت آن فعالیت‌های بشر شامل سوزاندن سوخت‌های فسیلی و قطع درختان جنگل می‌باشد (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (۲۰۰۸) بیان می‌کند که افزایش دما در دهه‌های متوالی باعث تغییرات بزرگ‌مقیاس در چرخه هیدرولوژیکی مانند افزایش بخارآب موجود در آتمسفر، تغییر الگو و شدت بارش، تغییر در وقایع حدی، کاهش پوشش برف و ذوب گسترده یخ و تغییر در رطوبت خاک و رواناب می‌شود. تغییر اقلیم در چند دهه اخیر سبب تغییر رژیم هیدرولوژیکی در جهان شده است؛ به گونه‌ای که بارندگی و جریان‌های سطحی در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانی، بیشتر و در عرض‌های پایینی کمتر شده و احتمال مواجهه با رخدادهای حداکثر اقلیمی مانند سیلاب و خشکسالی افزایش یافته است (Spickett et al., 2011). به‌دلیل اهمیت تغییر اقلیم و اثراتی که می‌تواند روی منابع آب داشته باشد، در سال‌های اخیر این مهم برای حوزه‌های آبریز مختلف در سطح کره‌زمین مد نظر قرار گرفته است (مساح بوانی و مرید، ۱۳۸۴).

تغییر اقلیم با تاثیر بر میزان رواناب و سایر فرآیندهای هیدرولوژیک، کیفیت آب و دسترسی به آب سالم را تحت تاثیر قرار می‌دهد، لذا آنالیز اثرات تغییر اقلیم بر رواناب در دوره‌های آتی در راستای مدیریت صحیح منابع آب و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، ضروری به‌نظر می رسد. ارزیابی پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای احتمالی آن بر فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه، به مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب برای رویارویی با چالش‌ها دوره های آتی بسیار کمک خواهد کرد.

اهمیت موضوع تغییر اقلیم و اثرات آن از جنبه‌های مختلف نظیر منابع آب موجب شده تا پژوهشگران مختلف توجه ویژه‌ای به این موضوع داشته و دامنه مطالعات در این زمینه افزایش قابل توجهی داشته باشد. بر اساس گزارش‌های IPCC[1] با اطمینان بالا می‌توان گفت که تغییرات اقلیمی اخیر، تأثیرات زیادی بر روی سیستم‌های فیزیکی و بیولوژیکی دارد. پیش‌بینی‌های انجام شده توسط بسیاری از مدل‌های گردش عمومی GCMS[2] حاکی از افزایش تعداد و مقدار وقایع اقلیمی بزرگ و تغییرات بارش در مناطق مختلف دنیا می‌باشد که این مساله بر روی منابع آب در آینده اثرات زیادی دارد. بارندگی و دما دو عامل اثرگذار بر بسیاری از فرآیندهای مرتبط با مدیریت منابع آب هستند که تغییر در رواناب و نیاز آبی از مهم‌ترین مسائل در هیدرولوژی سطحی می‌باشد (خزایی و همکاران، ۱۳۹۳). تغییر اقلیم آثار مهمی بر بارش، تبخیر و تعرق، رواناب و در نهایت بر تأمین آب دارد. پیش‌بینی تغییرات اقلیم یکی از راهکارهای مدیریتی است که به برنامه‌ریزی صحیح جهت استفاده از منابع محدود آب کمک شایانی می‌کند (Barrow and Yu, 2005؛ معافی مدنی و همکاران، ۱۳۹۱).

تغییر اقلیم باعث ایجاد تغییراتی در مقدار، زمان و نوع بارش، افزایش خشکسالی، افزایش تقاضا برای آب و مشکلات ناشی از آن می‌شود. هم‌چنین تأثیر تغییر اقلیم بر روی رودخانه باعث افزایش حمل رسوب و درنتیجه خطرات ناشی از سیلابی شدن و تغییر در مرفولوژی رودخانه را باعث می‌شود (Macklin and Lewin, 2003). هرچندکیفیت آب رودخانه بیشتر به نوع سازند منطقه بستگی دارد، ولی پدیده تغییر اقلیم با تأثیر روی بارش، درجه‌حرارت و میزان رسوب تولیدی به‌صورت غیرمستقیم کیفیت آب را نیز تحت تأثیر قرارمی‌دهد (Li et al., 2007).

در مطالعه‌ای Gosain et al. (2006) تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر دبی جریان در ۱۲ حوضه رودخانه‌های هند را برای دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱ مورد مطالعه قرار دادند نتایج ایشان دلالت بر کاهش جریان

1 - Intergovernmental Panel on Climate Change

2 - General Circulation Models

www.SID.ir

Archive of SID

و افزایش شدت سیلاب و خشکسالی دارد. در تحقیقی در استرالیا Sriwongsitanon و Taesombat (۲۰۱۱) با استفاده از مدل‌های GCM به شبیه‌سازی مقدار رواناب پرداختند نتایج نشان دهنده افزایش ۰/۷ الی ۱/۳ درجه دما و کاهش ۱۶درصدی بارش و هم‌چنین کاهش رواناب بود. هم‌چنین Dong et al. (2012) در مطالعات خود بر روی رواناب حوزه آبخیز نینجیانگ[1] در شمال چین به این نتیجه رسیدند که تغییرپذیری اقلیمی عامل تعیین کننده در کاهش رواناب حوضه می‌باشد که در مجموع ۶۹/۶ تا ۸۰/۳ درصد از این کاهش مربوط به عوامل اقلیمی می‌باشد.

در پژوهشی Musau et al (2015) به بررسی پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوزه‌ی تحت‌تأثیر تغییر اقلیم در حوضه‌های بالادست رودخانه زویا در کنیا پرداختند، در این پژوهش تغییرات اقلیمی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ برونداد مدل HadCM3 تحت سناریو A_1B و A_2 توسط مدل ریزمقیاس شده و شبیه‌سازی سیستم هیدرولوژیک منطقه مطالعاتی صورت گرفت. نتایج نشان‌دهنده افزایش ۲ تا ۲/۴، ۰/۹ تا ۴ و ۱ تا ۵/۹ درجه سانتی گرادی و افزایش ۴ تا ۶/۶ درصد، کاهش ۲/۲- تا ۱/۵- درصد و افزایش ۳/۳ تا ۷/۷ درصد به‌ترتیب برای دهه‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ بوده است که منجر به تغییرات شدید جریان رودخانه شده است.

در مطالعه‌ای Daisuke et al. (2016) با استفاده از دبی ۲۴ رودخانه در دنیا با استفاده از ۱۹ مدل گردش عمومی جو بر اساس سناریوی A1B مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان دهنده افزایش دبی در رودخانه‌هایی با عرض‌های جغرافیایی بالا می‌باشد و هم‌چنین پیش‌بینی‌های ایشان نشان داده رودخانه‌های واقع در اروپا تا منطقه مدیترانه و آمریکای جنوبی با کاهش جریان مواجه خواهند شد. در پژوهش گودرزی و همکاران (۱۳۹۴) تاثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات رواناب سطحی حوزه آبریز دریاچه ارومیه تحت سناریو A1B، A2 و B1 با استفاده از مدل LARS-WG و مدل IHACRES بررسی شد. تحلیل عملکرد مدل IHACRES نشان از دقت خوب و مناسب این مدل در شبیه‌سازی تغییرات رواناب در حوزه مورد بررسی است. بر اساس نتایج سناریوهای مختلف، حوزه آبریز دریاچه ارومیه در دوره‌های آتی با مشکل کاهش رواناب سطحی، کاهش بارندگی و افزایش دما روبرو می‌باشد. طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل ریزمقیاس گردانی LARS-WG و خروجی مدل HadCM3 تحت سه سناریوی A1B، A2، B1 به پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی در سه دوره زمانی مختلف پرداخته‌اند، نتایج نشان دهنده کاهش بارش و افزایش دما در دوره‌های آتی را دارد. در پژوهش لکزائیان پور و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از داده‌های دما و بارش پیش‌بینی شده و مدل اقلیمی و رواناب رودخانه نازلوچای در دوره پایه و هم‌چنین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پویا، میزان آورد دبی رودخانه تحت دو سناریو A2 و B2 برای دوره آتی و هم‌چنین وضعیت سیلاب‌ها بررسی شد نتایج حاکی از افزایش رواناب در دوره‌های آتی تحت سناریوهای انتشار به‌میزان ۴۹ درصد بوده است.

در پژوهشی الماسی و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه مدل‌های اقلیمی HadCM3 پرداخته‌اند، بررسی میزان رواناب پیش‌بینی شده در دوره‌های آتی نشان‌دهنده افزایش رواناب سالانه در حوزه آبخیز بازفت تحت هر دو سناریو A2 و B2 است. در پژوهشی خیرفام و همکاران (۱۳۹۲) کارایی مدل IHACRES را در شبیه‌سازی دبی رودخانه در هفت زیرحوضه رودخانه گرگانرود بررسی کردند. در این پژوهش کارایی مدل با حداکثر ضریب تبیین ۰/۶۷ و ضریب نش-ساتکلیف ۰/۷۰ قابل قبول ارزیابی شد. در پژوهش صیاحی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از داده‌های شبکه‌ای بارش و دما در

1 - Ninjang

www.SID.ir

Archive of SID

مدل IHACRES رواناب برای دوره آتی شبیه‌سازی شد نتایج نشان‌دهنده افزایش ۰/۱۷ تا ۲ درجه دما و ۳ تا ۷۵ درصدی بارندگی در دوره آتی ۲۰۳۵-۲۰۱۱ نسبت به دوره مشاهداتی دارد. نتایج شبیه‌سازی رواناب افزایش ۹/۷ درصدی برای متوسط رواناب سالانه دراز مدت را نشان می‌دهد. در پژوهش کاویان و همکاران (۱۳۹۶) نتایج مدل‌های اقلیمی نشان‌دهنده افزایش حداکثر و حداقل دمای سالانه و کاهش بارندگی سالانه به‌میزان ۱۸ درصد می‌باشد، نتایج مقایسه دبی جریان‌های شبیه‌سازی شده نشان‌دهنده میزان افزایش دبی اوج برای دوره آتی می‌باشد در حالی‌که متوسط دبی جریان رودخانه به مقدار ۱۴ درصد کاهش خواهد یافت. بررسی تغییرات اقلیمی و آثار آن بر منابع آب به‌ویژه رواناب می‌تواند زمینه ساز اتخاذ سیاست‌های راهبردی آینده مدیریت منابع آب باشد، بدون توجه به این واقعیت که اقلیم در حال تغییر است، نمی‌توان برنامه‌ریزی واقع بینانه‌ای را در زمینه بهره‌برداری از منابع آب انجام داد.

هدف اصلی از انجام این تحقیق پیش‌بینی تغییرات دبی جریان تحت تأثیر تغییر اقلیم در زیرحوضه‌های استان اردبیل می‌باشد. برای این‌منظور تغییرات اقلیمی برای دوره آتی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) پیش‌بینی شد و با استفاده از مدل هیدرولوژیکی IHACRES تأثیر این تغییرات بر دبی جریان در رودخانه‌های مختلف پیش‌بینی شد.

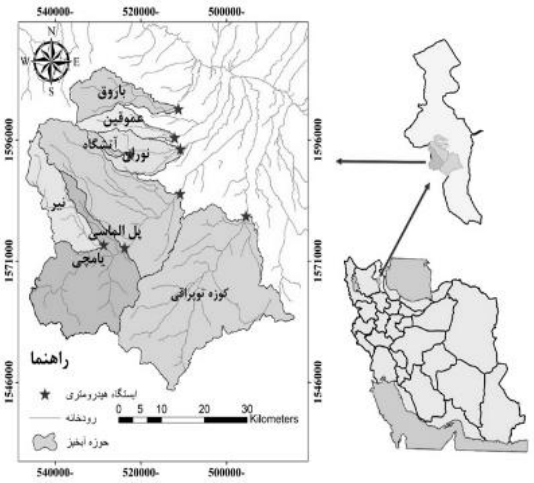
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال غربی فلات ایران بین مختصات ′۳۷ °۴۵ تا ′۴۲ °۳۹ عرض شمالی و ′۳ °۴۷ تا ′۵۵ °۴۸ طول شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده و از شمال با جمهوری آذربایجان همسایه است، از قسمت شرق با استان گیلان، از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان آذربایجان شرقی هم‌جوار است. استان اردبیل جز نواحی سردسیر کوهستانی محسوب می‌شود و میزان نزولات جوی در استان اردبیل به‌طور متوسط ۲۲۰ تا ۴۵۷ میلی‌متر در سال نوسان دارد. بارش‌های منطقه تحت تاثیر اقلیم منطقه شمال‌غرب بوده و در اوایل فصل پاییز با ورود سیستم‌های باران‌زای غربی بارش‌ها شروع می‌شود. اقلیم غالب منطقه نیمه‌خشک سرد-کوهستانی بوده و تغییرات دمایی دربین حوضه‌های مطالعاتی از حداقل ۳۲- درجه سانتی‌گراد در نزدیکی قله‌ی سبلان تا حداکثر ۳۶ درجه سانتی‌گراد در نواحی سد یامچی متغیر است (آقابیگی، ۱۳۹۶).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- موقعیت جغرافیایی حوزه‌های موردمطالعه در ایران و استان اردبیل

روش تحقیق

در پژوهش حاضر از داده‌های باران‌سنجی، تبخیرسنجی، دما و هیدرومتری به‌صورت ماهانه برای ۸ ایستگاه مطالعاتی در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل استفاده شد و به مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم با مدل LARS-WG و مدل هیدرولوژیکی IHACRES پرداخته شد. یکی از پرکاربردترین مدل‌هایی که که در زمینه ریزمقیاس نمایی استفاده می‌شود مدل مولد داده‌ها LARS-WG می‌باشد. این مدل ابتدا توسط Rasco et al. (1991) ارائه شد و سپس توسط Semenov et al. (1998) بازنگری شد. مدل LARS-WG برای شبیه‌سازی وضع هوا احتیاج به‌مقادیر روزانه بارندگی، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشید دارد. خروجی‌های مدل LARS-WG شامل دمای حداقل و حداکثر، بارندگی و تابش روزانه می‌باشد. این مدل از سه بخش اصلی کالیبره کردن، ارزیابی مدل و تولید داده‌های هواشناسی تشکیل شده است. مدل‌های هیدرولوژیکی که روابط آماری مناسبی بین پارامترهای خود و مشخصات فیزیکی حوزه برقرار می‌کنند، پایه و اساس مناسبی برای پیش‌بینی جریان در حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شوند (Littlewood et al., 2007). مدل IHACRES یک مدل بارش رواناب در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشد که با هدف تشخیص رابطه بین بارش و رواناب توسعه داده شده است (Sriwongsitanon and Taesombat, 2011). چارچوب اصلی مدل‌سازی IHACRES بر یک ساختار دو جزئی مبتنی است؛ بخش محاسبه رطوبت‌خاک SAM و بخش روندیابی و یا هیدروگراف واحد. مدل SAM بارش و درجه حرارت را به بارش موثر تبدیل می‌کند. بخش روندیابی بارش موثر را به جریان تبدیل می‌کند Ye et al (1997).

$$u_k = [c(\Phi_k - l)]^p r_k \qquad (۱)$$

که در آن C ضریب تعادل حجم بارش، l آستانه شاخص رطوبت خاک، فاکتور واکنش غیر خطی، r_k بارش مشاهداتی است.

$$\Phi_k = r_k + \left(1 - \frac{1}{t_k}\right)\Phi_{k-1} \qquad (۲)$$

در رابطه مذکور Φ_k نشان دهنده شاخص رطوبت خاک می‌باشد، بقیه پارامترها مطابق با رابطه ۱ می‌باشد.

واسنجی و اعتبار سنجی مدل هیدرولوژیکی IHACRES

پژوهش حاضر بر روی ۸ حوزه آبخیز منتخب واقع در قسمت غربی استان اردبیل اجرا شد و آمار درجه حرارت، بارندگی و دبی رودخانه برای دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵ به مدل هیدرولوژیکی IHACRES معرفی شد و برای شبیه‌سازی مدل به‌صورت ماهانه، گام زمانی ۳۰ روزه به مدل معرفی شد. داده‌های دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۰۸ برای دوره واسنجی و داده‌های آماری ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ برای اعتبارسنجی مدل در حوضه‌های مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی نتایج مدل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه از نمایه‌های آماری ضریب همبستگی (R) و ریشه مجموع

www.SID.ir

Archive of SID

مربعات خطا (RMSE) استفاده شد (Worqlul et al., 2018).

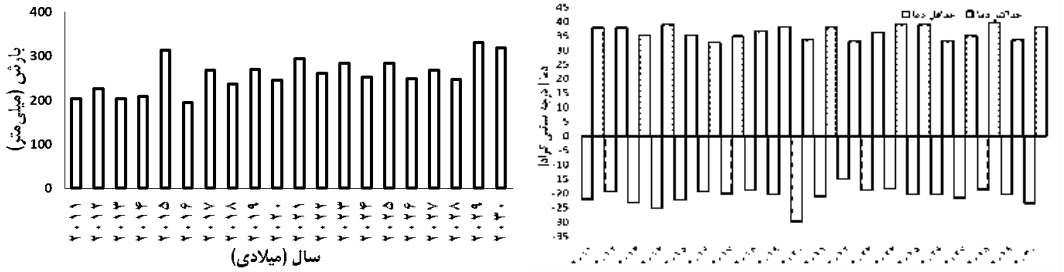
$$R = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs(i)}Q_{sim(i)})-(\sum_{i=1}^{n}Q_{obs(i)})(\sum_{i=1}^{n}Q_{sim(i)})}{\sqrt{[n(\sum Q_{obs(i)}{}^2)-(\sum Q_{obs(i)})^2][n(\sum Q_{sim(i)}{}^2)-(\sum Q_{sim(i)})^2]}} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{n}^{i=1}(Q_{obs(i)}-Q_{sim(i)})^2}{n}} \quad (۴)$$

که در روابط بالا $Q_{obs(i)}$ نشان دهنده دبی مشاهداتی در روز iام، $Q_{sim(i)}$ دبی شبیه‌سازی شده در روز i ام و n تعداد داده‌های آماری می‌باشد.

نتایج

ریزمقیاس نمایی تغییرات اقلیمی با مدل HadCM3 برای دوره آتی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) تحت سه سناریو اقلیمی (A1، A1B و B1) انجام شد که با توجه به سناریو واقع‌بینانه A1B، این سناریو برای بررسی تغییرات اقلیمی اتخاب شد که نتایج پیش‌بینی مقدار بارش، دمای حداقل و حداکثر در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که برای این دوره مقدار بارندگی به‌طور متوسط ۳/۶۸ درصد کاهش یافته است و بیشترین کاهش مربوط به ماه نوامبر می‌باشد. همچنین دمای حداقل و حداکثر به‌طور متوسط به‌ترتیب ۱۶/۴۸درصد و ۵/۳۹ افزایش یافته است و بیشترین افزایش دما مربوط به دمای حداقل ماه ژانویه با ۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر کاهش دما مربوط به دمای حداقل ماه جولای با ۱/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



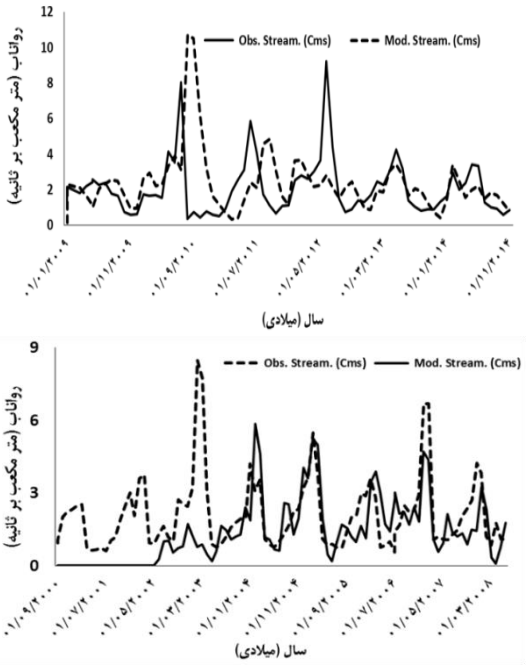
شکل ۲- مجموع بارش سالیانه (الف)، دمای حداقل و حداکثر (ب) شبیه‌سازی شده تحت سناریوی A1B مدل HadCM3

جهت استفاده از مدل هیدرولوژیکی IHACRES برای شبیه‌سازی رواناب آینده ابتدا این مدل در ۸ ایستگاه مطالعاتی واسنجی و اعتبار سنجی شد. نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل در دو ایستگاه نیر و یامچی به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. در جدول ۱ نتایج ارزیابی کارایی مدل IHACRES ارائه شده است

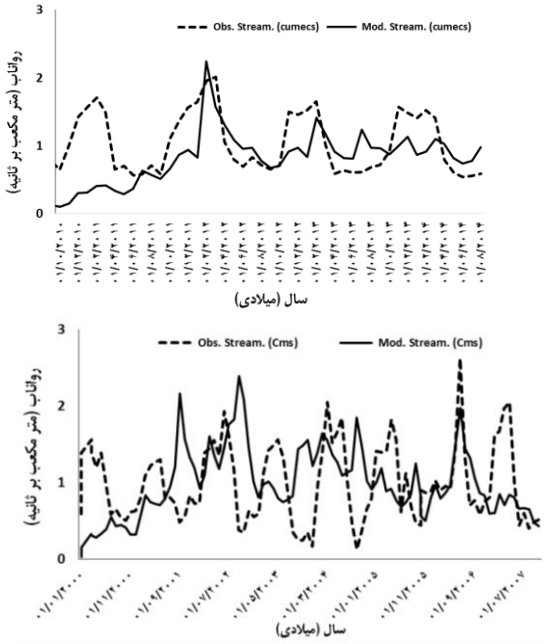
www.SID.ir

Archive of SID

.



شکل ۳- شبیه‌سازی جریان دبی ماهانه حوضه یامچی در دوره واسنجی و اعتبار سنجی توسط مدل IHACRES

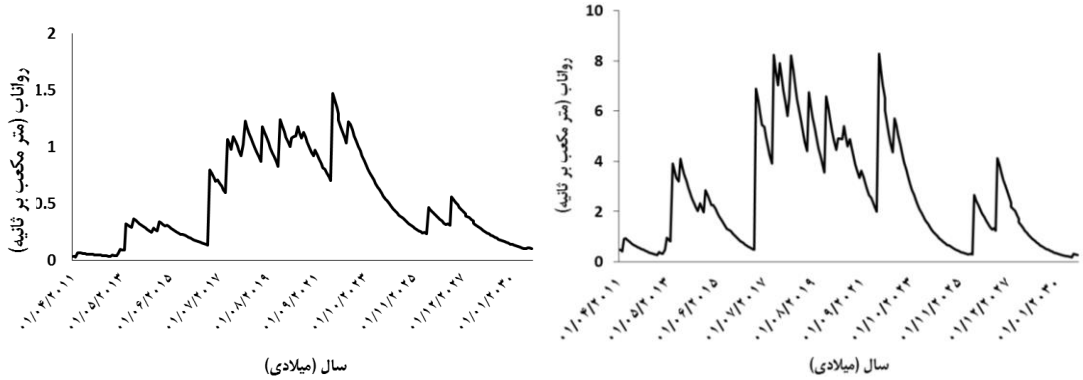


شکل۴ - شبیه‌سازی جریان ماهانه حوضه نیر در دوره واسنجی و اعتبارسنجی توسط مدل IHACRES

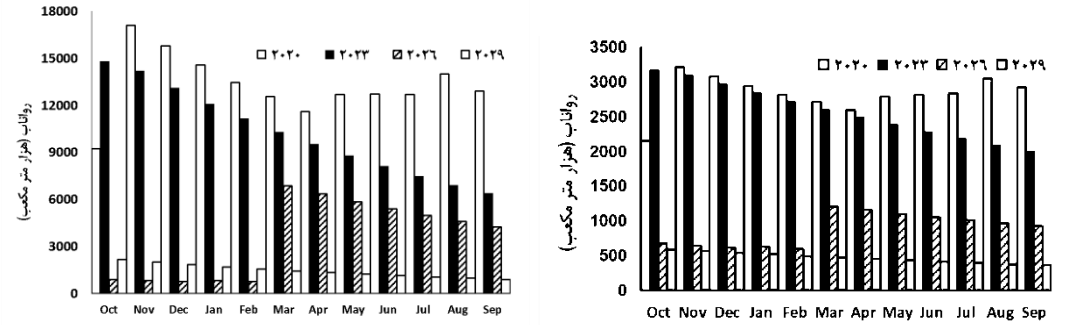
بعد از واسنجی کردن مدل برای منطقه مورد مطالعه مقادیر بهینه برای پارامترهای مدل شامل ظرفیت ذخیره رطوبت (C)، زمان خشک شدن ($w\tau$)، ضریب حرارت (F)، ضریب آستانه رطوبت (I)، شدت رطوبت خاک (P)، ضریب خشکیدگی ($a(s)$)، شاخص پیک ($B(s)$)، کاهش جریان آهسته (τ^s) و نسبت حجم ($V(s)$) مشخص شدند که برای حوضه کوزه‌توپراقی این مقادیر به‌ترتیب ۰/۰۰۹، ۴، ۲، ۰/۰۰۵، ۱، ۰/۹۸، ۰/۰۱۲، ۸۵ و ۱ به‌دست آمدند. این مدل برای پیش‌بینی رواناب دوره آینده مورد استفاده قرار گرفت که در شکل ۵ نتایج پیش‌بینی رواناب برای دو ایستگاه هیدرومتری یامچی و نیر ارائه شده است. همچنین نتایج تخمین رواناب آینده برای دوره‌های زمانی مختلف در دو ایستگاه نیر و یامچی در شکل ۶ آورده شده است. در جدول ۲ مقدار رواناب‌های تخمین زده شده برای دوره آتی در مقایسه با دبی مشاهداتی (۲۰۰۰-۲۰۱۴) ارائه شده است که در اکثر ایستگاه‌های هیدرومتری، کاهش رواناب حوضه قابل ملاحضه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- پیش‌بینی رواناب برای دوره آتی ایستگاه هیدرومتری یامچی و نیر



شکل ۶- مقایسه رواناب شبیه‌سازی شده در مقطع‌های زمانی مختلف برای دوره‌های آتی حوزه یامچی و نیر تحت سناریوی A1B

جدول ۲- مقایسه مقادیر پایه رواناب با دبی شبیه‌سازی شده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) تحت سناریوی A1B

ایستگاه	دبی مشاهده‌ای (m^3s^{-1})	دبی آتی (m^3s^{-1}) (1
باروق	۰/۱۶	۰/۰۴
عموقین	۰/۱۹	۰/۱۷
آتشگاه	۰/۱۱	۰/۰۳
نیر	۰/۱۴	۰/۵۱
یامچی	۲/۰۹	۲/۶۲
نوران	۰/۱۱	۰/۰۵
کوزه‌توپراقی	۰/۱۴	۰/۰۶

نتایج مقایسه رواناب در مقاطع زمانی مختلف نشان می‌دهد که روند کاهشی در مقدار رواناب خروجی از حوزه‌های آبخیز وجود دارد و مقدار کاهش رواناب برای دوره ۲۰۲۶ تا ۲۰۲۹ نسبت به دوره‌های قبل بسیار شدیدتر می‌باشد. همچنین مقایسه متوسط رواناب پایه مشاهداتی و پیش‌بینی شده نشان می‌دهد که ایستگاهای کوزه‌توپراقی و آتشگاه با کاهش ۰/۰۸ مترمکعب بر ثانیه‌ای دارای بیشترین کاهش دبی می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

مقدار بارندگی و درجه حرارت در تولید مقدار رواناب نسبت به دیگر متغیرهای اقلیمی نقش بسیار مهمی بر سیستم‌های منابع‌آب،کشاورزی، محیط زیست و غیره دارند که در بیش‌تر مطالعات تغییر اقلیم این پارامترها به‌عنوان معیارهای اصلی مورد مطالعه قرار می‌گیرند (نامدار، ۱۳۹۴). با توجه به نتایج مقدار متوسط دراز مدت درجه حرارت حداقل و حداکثر در ماه‌های گرم سال (بهار و تابستان) افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد که با مطالعات کاویان و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. در منطقه مطالعاتی مقدار درجه حرارت حداکثر برای ماه‌های اگوست و جولای به مقدار ۲/۳، ۲/۸ درجه سانتی‌گراد و مقدار درجه حرارت حداقل به مقدار ۰/۶۸ و ۰/۳۶درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. افزایش دما در ماه‌های گرم سال در اثر تغییر اقلیم در مطالعات Dong et al. (2014)، Tan et al. (2015) و رضایی زمان و همکاران (۱۳۹۲) نیز عنوان شده است. متوسط مقدار بارندگی شبیه‌سازی شده برای ماه‌های آگوست و سپتامبر به‌طور متوسط ۸۵ درصد و ۸۰ دردصد افزایش بارندگی را نشان می‌دهد ولی برای اکثر ماه‌های سال مقدار بارندگی به‌طور متوسط کاهش بارندگی را نشان می‌دهد کاهش بارندگی برای دوره آتی در مناطق نیمه‌خشک در مطالعات رضایی زمان و همکاران (۱۳۹۲) ذکر شده است.

تغییرات اقلیمی منطقه در دوره آتی به‌طورمستقیم بر مقدار رواناب تأثیرگذار می‌باشد، مقدار متوسط دبی برای ایستگاه‌های مطالعاتی نسبت به دوره مشاهداتی ۰/۱۶ درصد کاهش رواناب را نشان می‌دهد که سیدقاسمی و همکاران (۱۳۹۲) به کاهش رواناب۱۰ درصدی در رودخانه زاینده رود و گودرزی و همکاران (۱۳۹۵) به کاهش رواناب ۵ درصدی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه اشاره نموده‌اند. حوزه‌های آبخیز مطالعاتی در منطقه کوهستانی و سردسیر واقع می‌باشند که دارای متوسط بارش برف بالایی می‌باشند. در این مناطق برای دوره‌ی آتی زمان شروع دبی‌های اوج نسبت به دوره مشاهداتی زودتر می‌باشد و می‌توان بیان کرد که این فرآیند به‌طور مستقیم تحت تأثیر افزایش دمای مناطق بالادست می‌باشد که با مطالعات سید قاسمی و همکاران (۱۳۸۵) و Bavay et al. (2013) مطابقت دارد.

هم‌چنین بررسی نتایج در این ایستگاه‌ها نشان داد که با وجود کاهش دبی متوسط مقدار دبی اوج افزایش یافته است که این نتایج در مطالعات کاویان و همکاران (۱۳۹۶) در حوزه آبخیز هراز نیز پیش‌بینی شده است. در بین ایستگاه‌های مطالعاتی، ایستگاه یامچی با ۱۶ روز دبی اوج بالای ۶ متر مکعب برثانیه دارای افزایش ۰/۴۰ درصدی در دبی اوج برای دوره آتی می‌باشد. بنابراین با توجه به شرایط منطقه و افزایش دبی اوج احتمال افزایش وقوع سیل در منطقه وجود دارد. بنابراین جهت جلوگیری از مشکلات حاصل از تغییرات اقلیمی و برای داشتن یک رویکرد مناسب برای بحران کم‌آبی یا خشکسالی لازم است اقدامات مدیریتی و اجرایی مناسب در این منطقه استفاده شود.

منابع

آقابیگی، ن. ۱۳۹۶. ارزیابی تغییرپذیری رواناب و رسوب ناشی از تغییرات اقلیمی در برخی از حوزه‌های آبخیز استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی. ۸۴ ص.

الماسی، پ؛ س. سلطانی، م. گودرزی، ر. مدرس. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب سطحی در حوزه آبخیز بازفت، علوم آب و خاک، سال ۲۰، شماره ۷۸، ص ۵۲-۳۹.

خزایی، م؛ میرزایی، م، ملکیان آ. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مدل‌های MLP و RBF در مدل‌سازی بارش-رواناب در مقیاس‌های زمانی مختلف. مدیریت منابع آب در مناطق خشک، سال۱،شماره ۱، ص ۱۳-۱.

www.SID.ir

رضایی زمان، م؛ مرید، س، دلاور، م. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدروکلیماتولوژی حوضه سیمینه‌رود. نشریه آب و خاک، سال ۶، شماره۲۷، ص ۱۲۵۹-۱۲۴۷.

سیدقاسمی، س؛ ابریشم چی،ا، تجریشی، م. ۱۳۸۵. اثرات تغییرات جریان رودخانه زاینده -رود بر اثر تغییر اقلیم، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.

صیاحی، ث؛ ع. شهبازی ، خ. خادمی. ۱۳۹۶. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر رواناب ماهانه حوزه دز با استفاده از مدل IHACRES، علوم و مهندسی آب، سال ۷، شماره ۱۵، ص ۱۸-۷.

طائی سمیرمی، س؛ ح، مرادی. م، خداقلی. ۱۳۹۴. پیش‌بینی تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و خروجی مدل HADCM3 تحت سناریوهای مختلف، مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۷، شماره۲، ص ۱۵۶-۱۴۵.

کاویان، ع؛ م. نامدار، م. گلشن، م. بحری. ۱۳۹۶. مدل‌سازی هیدرولوژیکی اثرات تغییر اقلیمی بر نوسانات دبی جریان در رودخانه هراز، مخاطرات محیط طبیعی، سال ۶، شماره ۱۲، ص ۱۰۴-۸۹.

گودرزی، م؛ ب. صلاحی، ا. حسینی. ۱۳۹۴، بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات رواناب سطحی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه)، اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲، ص ۱۸۹-۱۷۵.

لکزائیان پور، غ؛ ا. محمدرضاپور، م. مالمیر . ۱۳۹۵. ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر میزان رواناب رودخانه نازلوچای در حوزه آبریز دریاچه ارومیه، جغرافیا و توسعه، شماره ۴۲، ص ۱۹۸- ۱۸۳.

مساح بوانی، ع؛ س. مرید. ۱۳۸۴. اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان، علوم آب و خاک، سال ۹، شماره ۴، ص ۲۷-۱۷.

معافی مدنی، ف؛ م، موسوی بایگی،ح، انصاری .۱۳۹۱. پیش‌بینی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریز مقیاس نمایی آمار خروجی مدل LARS-WG، جغرافیا و مخاطرات طبیعی، شماره ۳، ص ۳۷-۲۱.

مهدی‌زاده، ص؛ م. مفتاح هلقی، س. سید قاسمی، ا. مساعدی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش در حوضه سدگلستان، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد۱۸، شماره ۳. ص ۱۳۳-۱۱۷.

نامدار، م.، ۱۳۹۳، پیش‌بینی رواناب سطحی بر پایه تغییرات اقلیمی حوزه آبخیز هراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۲۴ ص.

Barrow, E. and Yu, G. 2005. "Climate Scenario for Alberta", A report prepared for the priarie Adaptation Research.

Bavay M., Grünewald T. and Lehning M. 2013. Response of snow cover and runoff to climate change in high Alpine catchments of Eastern Switzerland. Advances in Water Resources, 55: 4-16.

Daisuke, N., Akio, K., Masahiro, H. and Taikan, O. 2016. Impact Of Climate Change On River Discharge Projected By Multi model Ensemble, Journal Of Hydrometeorology,7,1076-1088.

Dong W., Cui B., Liu Z. and Zhang K. 2014. Relative effects of human activities and climate change on the river runoff in an arid basin in northwest China. Hydrological processes, 28:4854-4864.

Dong, L.Q., Zhang, G.X. and Xu, Y.J. 2012. Effects of climate change and human activities on runoff in the Nenjiang River Basin, Northeast China. Hydrology and Earth System Sciences Discussions,9 (10): 11521-11549.

www.SID.ir

Archive of SID

Gosain A., Rao S. and Basuray D. 2006. Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins. Current Science. 90(3): 346-353.

IPCC .2008. Climate change and water. Cambridge University Press, Cambridge, 83-96.

Li, L.J., Zhang, L., Wang, H., Wang, J., Yang, J.W., Jiang, D.J., Li, J.Y. and Qin, D.Y. 2007. Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow from the Wuding River basin in China. Hydrol Process. 21(25): 3485-3491.

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

Musau, J., Sang, J., Gathenya, J. and Luedeling, E. 2015. Hydrological responses to climate change in Mt. Elgon watersheds. Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, 233-246.

Rasco, P., Szeidl, L., Semenov, MA. 1991. A Serial Approach to Local Stochastic Models. Journal Ecological Modeling. 57: 27-41.

Semenov, MA., Brooks, RJ., Barrow, EM., Richardson, CW. 1998. Compa rison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in the diverse climates. Climate Research, 10:95-107.

Spickett, T., Jeffery, B., Helen, L. and Katscherian, D. 2011. Adaptation strategies for health impacts of climate change. Application of a Health Impact. 56-61.

Sriwongsitanon, N., and Taesombat, W. 2011. Estimation of the IHACRES model parameters for Flood Estimation of Ungauged catchments in the upper ping river basin. Journal Kastsart (natural science) 45: 917-931.

Tan M., Ibrahim A., Yusop Z., Duan Z. and Ling L .2015. Impacts of landuse and climate variability on hydrological components, Malaysia. Hydrological Sciences, 60:1-17.

Worqlul, A. W., Ayana, E. K., Maathuis, B. H., MacAlister, C., Philpot, W. D., Leyton, J. M. O. and Steenhuis, T. S. 2018. Performance of bias corrected MPEG rainfall estimate for rainfall-runoff simulation in the upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Journal of Hydrology, 556, 1182-1191.

Ye, W., Jakeman. A.J. and Young. P.C. 1997. Identification of improved rainfall runoff models for an ephemeral low-yielding Australian catchment. Environmental Modelling and Software, 13: 59-74.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effects of Climate Change on Runoff Using IHACRES Hydrologic Model in Some of Watersheds, Ardabil Province

Nayer Aghabeigi[1], Abazar Esmali Ouri*[2], Raoof Mostafazadeh[3], Mohammad Golshan[4]

Abstract

Climate change is one of the most important challenges that have significant effects on human life. In the recent decades, the climate situation resulted in changes in the volume, duration and time of runoff, which might have many considerable effects on the management of water resources. In this study, the main purpose is to obtain fluctuation of runoff over the coming decades (2030-2011) using the IHACRES model. For this purpose, the maximum temperature, minimum temperature and precipitation parameters over the coming decades (2030-2011) were investigated using the LARS-WG program and the HadCM3 model. The obtained data of HadCM3 have entered the IHACRES model at 8 hydrometric stations, located in Ardabil province south and southwest. So, the runoff rate was achieved in the coming decades (2030-2011). The result shows that the precipitation rate has fluctuated in the coming decades, and for the period of 2011-2030, precipitation has decreased till 3.68% and the maximum temperature and minimum temperature increased, 16.48 and 5.39 percent, respectively. Also, the results of the runoff amount during the next decades at the hydrometric stations showed that the average discharge has decreased total 0.16 percent, and on the other hand, peak discharge has increased. The highest increase in the floods evens was observed in the Yamchi hydrometric station with 2.09 m3.s-1average and 16 days with discharge higher than 6 cubic meters per second.

Keywords: LARS-WG model, HadCM3 model, exponential fine-scale, runoff variation.

1- Master, Watershed Management, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, nayer.aghabeigi@yahoo.com
2 - Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, esmaliouri@uma.ac.ir, Tel: 09144538623 (Corresponding Author)
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, raoofmostafazadeh@yahoo.com
4- PhD Student in Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, m.golshan@sanru.ac.ir

www.SID.ir