نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴-پاییز ۱۳۹۵

آینده نگری و ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره سو

مسعود گودرزی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٦/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۰۵

چکیده

داده‌های روزانه شبیه سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی برای آینده را می‌توان به عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی لحاظ کرده و نتایج آن را در برنامه‌های بلند مدت توسعه منابع آب منظور نمود. در این تحقیق، داده‌های روزانه دمای حداقل، حداکثر، بارش و ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک گرگان در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ با استفاده از مدل آماری LARS-WG شبیه سازی شد. پس از اطمینان از کارآیی مدل، در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی مذکور، جهت بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم برروناب، داده‌های سه سناریوی A۲ (سناریوی حداکثر)،A۱B (سناریوی حد وسط) و B۱ (سناریوی حداقل) مدل HadCM۳ در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ با مدل LARS-WG ریزمقیاس گردید و سپس، رواناب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی IHACRES شبیه سازی و پس از واسنجی(از۱۹۷۸ تا ۱۹۷۹ با ضریب تعیین ۰/٦٦) و اعتبارسنجی این مدل (از ۱۹۷۹ تا ۲۹ دسامبر ۱۹۸۰ با ضریب تعیین ۰/٦٥)، داده‌های دما و بارش خروجی به مدل IHACRES وارد شده و تغییرات رواناب ناشی از تغییر اقلیم در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه محاسبه شد. نتایج نشان داد در دوره‌های آتی، میانگین دمای حوزه قره سو از ۰/٥٦ تا ۱/۰٤ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. مقدار بارش نیز در مقایسه با دوره پایه به میزان ۱۰/۲۸ تا ۲۳/۷۱ درصد افزایش را نشان می‌دهد. هم چنین رواناب سه سناریو در دو دوره مورد بررسی در مقایسه با دوره پایه ۲۹/۳۵ تا ٤٤/۸ درصد افزایش یافته که این افزایش در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیش تر است.

کلید واژه‌ها: *تغییراقلیم، رواناب، ریز مقیاس نمائی، LARS-WG ، HadCM3، مدل IHACRES، قره سو.*

۱.استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. پست الکترونیک: massoudgoodarzi@yahoo.com

مقدمه

شواهد نشان دهنده آن است که گرمایش زمین به طور گسترده‌ای اتفاق افتاده است. در حال حاضر متوسط جهانی دمای اقیانوس و هوا افزایش یافته است و ذوب گسترده برف و یخ سبب بالا آمدن متوسط سطح دریا شده است. متوسط دمای جهان در سال‌های ۱۹۰٦ تا ۲۰۰۵، ۰/۷٤ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. روند خطی گرمایش بین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹٥٦ ۰/۱۳ درجه سانتی گراد بوده که نسبت به سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۰٦در هر دهه تقریبا دو برابر است. افزایش دما در سراسر جهان گسترده است و این فرایند در عرض‌های شمالی بالاتر وسیع تر است، نرخ متوسط دمای قطب شمال در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۰٦ تقریبا دو برابر متوسط جهانی افزایش یافته است. هم چنین خشکیها نسبت به اقیانوس‌ها گرم تر شده اند. در مقیاس قاره ای، منطقه‌ای و اقیانوسی، تغییرات دراز مدت متفاوتی در جنبه‌های دیگری از اقلیم اتفاق افتاده است. در بسیاری از مناطق بزرگ، بارش در دوره ۲۰۰۵-۱۹۰۰ افزایش قابل توجهی داشته است در حالی که در ساحل مدیترانه، جنوب آفریقا و بخش‌هایی از جنوب آسیا، بارندگی کاهش یافته است [۱۰]. ارتباط تنگاتنگی بین چرخه هیدرولوژی و سیستم اقلیمی وجود دارد. هر تغییر در اقلیم، روی عناصر هیدرولوژی اثر می‌گذارد. رواناب، آبدهی رودخانه ها، آب‌های زیرزمینی، شدت سیلاب و خشکی، همگی متاثر از بارش و دما(که مهم ترین عناصر اقلیمی هستند) می‌باشند. با توجه به افزایش میزان CO_2 و به تبع آن وقوع گرمایش جهانی و تاثیر آن بر منابع آبی، در نظر گرفتن تاثیرات تغییرات فوق در برنامه ریزی‌های منابع آب ضروری به نظر می‌رسد [۱۰]. بسیاری از دانشمندان گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را با عوامل مختلف پیش بینی می‌کنند. ارزیابی تاثیرات بالقوه این پدیده بر تغییرات کیفی و کمی منابع آب مانند رواناب سطحی، شدت سیلاب، ریسک مربوطه از اهم موارد است[٤]. شناخت عوامل و میزان تغییرپذیری اقلیم نقش قابل ملاحظه‌ای در پیش بینی‌ها و برنامه ریزی‌های دقیق محیطی و اقتصادی دارد. به عنوان نمونه، شناخت عوامل موثر در ایجاد شرایط مذکور می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای را در پیش بینی دوره‌های پر باران و کم باران و در نتیجه، برنامه ریزی‌های دقیق تر محیطی و اقتصادی داشته باشد[۱]. هم چنین، در سال‌های اخیر، روند افزایش در ناهنجاری

دمای سطح تراز سطوح آبی[1] جهان مشاهده شده است[۱۱].

هوا و اقلیم تاثیر عمیقی بر زندگی انسان و حیات در کره زمین دارد و در امور برنامه ریزی و مدیریت نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند. به منظور درک، آشکار سازی و تعیین میزان آسیب پذیری تاثیرات انسان بر اقلیم نیاز به درک کامل تاثیرات و نوسانات اقلیمی است. با توجه به گسترش شهرهای بزرگ ایران، نیاز به مطالعات آشکارسازی تغییرات اقلیمی افزایش یافته است. پارامتر بارندگی در مطالعات تغییر اقلیم نتایج بسیار متفاوتی را در سطوح مختلف به نمایش می‌گذارد. در کشور ما در مقیاس منطقه‌ای و آبخیز در این ارتباط تحقیقات زیادی صورت نگرفته است.

با تغییر در اقلیم کره زمین، سیستم‌های مختلف دیگری نظیر منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و... نیز می‌تواند از این تغییرات تاثیر بپذیرند. از طرف دیگر گرمایش جهانی تاثیر بارزی بر چرخه هیدرولوژی و سیستم‌های منابع آب دارد به گونه‌ای که می‌تواند به عنوان تهدیدی بزرگ بر سیستم‌های منابع آب در سراسر جهان قلمداد شود. این تهدیدات برای مناطق مختلف زمین متفاوت است [۸].

کمال و همکاران در تحقیقی تأثیر و تغییر نوسانات اقلیمی بر رواناب حوزه قره سو کرمانشاه در دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ را با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی IHACRES و SIMHYD بررسی نموده و نتایج آن‌ها نشان داد که محدوده عدم قطعیت نوسانات اقلیمی مربوط به منطقه مورد مطالعه در ماه‌های مختلف سال بین ۰/۵ تا ۲ درجه سانتی گراد افزایش دما و بارش منطقه نیز بین ۱۰- تا ۲۰ میلی متر تغییر می‌یابد. هم چنین نتایج آن‌ها نشان از هماهنگی شبیه سازی‌های رواناب هر دو مدل داشته است [۱۰].

آشفته (۱۳۸۹) در تحقیقی تاثیر تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز قرنقو در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ را بررسی نمودند. مقادیر دما و بارش ماهانه سناریوهای A2 و B2 مدل HadCM3 را با روش تناسبی، ریز مقیاس نموده و جهت شبیه سازی رواناب، مدل IHACRES را به کاربرده و به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم بر روی رواناب حوزه آبخیز قرنقو در دوره مذکور تاثیر گذار است [۱۰].

بابائیان و همکاران[۲]، اقلیم ایران را برای دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ مدل سازی نمودند. در این تحقیق، داده‌های سناریوی A1 مدل ECHO-G برای مدل سازی ۴۳ ایستگاه سینوپتیک کشور با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی آماری LARS-WG به کار گرفته شد [۲].

مشکواتی و همکاران[۱۳] در تحقیقی، توانایی مدل LARS-WG در شبیه سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان را در دوره‌ی ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که این مدل عملکرد مناسب در مدل سازی متغیرهای هواشناسی ایستگاه‌های تحت بررسی داشته و می‌توان از آن در جهت ارزیابی اقلیم آینده استان در مقیاس محلی استفاده نمود [۱۳].

1-Water bodies

عباسپور و همکاران [۷] در پژوهش خود اثرات تغییر اقلیم روی منابع آب ایران را با استفاده از سناریوهای A2، A1B و B1 مدل CGCM3 در دو دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ ارزیابی نمودند، ایشان در تحقیقشان مدل هیدرولوژیکی SWAT را به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که در آینده مناطق مرطوب کشور بارش بیش تر و مناطق خشک بارش کم تری را دریافت می‌کنند. تجزیه و تحلیل شدت بارش روزانه، شدت سیل بیش تر در مناطق مرطوب و خشک سالی طولانی مدت در مناطق خشک را نشان داد. تفاوت پیش بینی‌های سه سناریو در سطح استانی نسبت به عدم اطمینان مدل هیدرولوژیکی کوچک تر بود، در سطح زیر حوزه‌ای سه سناریو در مناطق خشک نتایج کاملا متفاوتی داشتند اگر چه نتایج آن‌ها در مناطق مرطوب کم و بیش مشابه بود[۷].

کارل کارکنو وهمکاران [۵] در تحقیقی مدل JRNN[2] را با مدل IHACRES در مدل سازی جریان‌ای روزانه در دو حوزه آرجنتینا[3] وایمپرو [4]با رژیم‌های سیلابی و نامنظم واقع در شمال غرب ایتالیا در دوره۱۹۷۱ - ۱۹۵۲مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که مدل مفهومی IHACRES به هر دو داده ورودی دما و بارش متکی است و زمانی که داده ورودی خوب در دسترس نیست عملکرد مدل متریک نسبت به مدل مفهومی بهتر است و در کل توجیه اساسی فرایندهای پیچیده مفهوم سازی دشوار است[۵].

ماریول و همکاران [۳] به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر فراوانی و شدت سیلاب‌ها در حوزه رودخانه کاتیگوی[5] واقع در کانادا با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو در دوره‌های پایه و آتی تحت سناریو انتشار B2 پرداختند. نتایج نشان از افت پیک‌های جریان به طور متوسط ۳۰٪ و ۱۲٪ به ترتیب در ماه‌های بهار و تابستان ناشی از مدل ECHAM4 و افت اوج جریان به طور متوسط ۸٪ در فصل بهار تحت مدل CGCM2 داشت. هم چنین نتایج حاصل از مدل HADCM3 در این منطقه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود[۳].

دی و کروک[٤] پیش بینی‌های رواناب با استفاده از مدل IHACRES در دو حوزه لامبرچباس [6]و گروت- نیلریور[7] در آفریقای جنوبی را ارزیابی نمودند. مدل مذکور جریان را در حوزه لامبرچباس با دقت خوبی پیش بینی کرد به طوری که ضریب همبستگی ۰/۸۱ بدست آمد[٤].

دی و کروک [٤] پیش بینی‌های رواناب با استفاده از مدل IHACRES در دو حوزه لامبرچباس[8] و گروت- نیلریور[9] در آفریقای جنوبی را ارزیابی نمودند. مدل مذکور جریان را در حوزه لامبرچباس با دقت خوبی پیش بینی کرد به طوری که ضریب

2- Jordan recurrent neural Network
3- Argentina
4- Impero
5- Chateauguay
6- Lambrechtsbos A
7- Groot- Nylrivier
8- Lambrechtsbos A
9- Groot- Nylrivier

همبستگی ۰/۸۱ بدست آمد[٤].

سِمِنوف[1] [۱۷] در مطالعه‌ای سناریوهای تغییر اقلیم را در انگلستان بر اساس برنامه UKCIPO2 مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق، از مدل آماری LARS-WG برای ساختن سناریوهای اقلیمی روزانه استفاد شد[۱۷] و[۱۸].

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره سو با مساحتی معادل ۱٦۳۸ کیلومتر مربع در دامنه‌های شمالی البرز شرقی بین ″۷ ′۲٦ °۳۲ تا °۳۷ عرض شمالی و ″۱۰ ′۲ °٥٤ تا ″۸ ′٤۳ °٥٤ طول شرقی واقع است. بلندترین نقطه حوزه (قله پیرگردکوه) با ارتفاع ۳۲۰٤ متر از سطح دریای آزاد در جنوب شرق و پست ترین منطقه آن با ارتفاع ۲۷- متر در شمال غرب حوزه واقع شده است. طول رودخانه اصلی حدود ۱۰۸ کیلومتر برآورد شده است. براساس اقلیم نمای آمبرژه آب و هوای بخش عمده‌ای از محدوده مورد مطالعه، مرطوب معتدل و نیمه معتدل می‌باشد که به تدریج از نواحی غربی به نواحی شرق و جنوب شرقی حوزه، اقلیم نیمه خشک معتدل و نیمه خشک سرد و در شرقی ترین نواحی حوزه آب و هوای خشک سرد، حاکم است. شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز قره سو در استان گلستان را نشان می‌دهد.

داده‌های پایه مورد استفاده جهت در این تحقیق واسنجی و اجرای مدل آماری ریزمقیاس گردانی شامل دمای حداقل، حداکثر، بارش و ساعت آفتابی ایستگاه سینوپتیک گرگان در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ میلادی می‌باشد. در این تحقیق داده‌های سه سناریو A2، A1B و B1 مدل HadCM3 در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ با کمک داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک گرگان، ریز مقیاس شد. در مدل‌های آماری علاوه بر داده‌های یک مدل گردش عمومی جو، داده‌های دیدبانی شده نیز موردنیاز است. در واقع ریز مقیاس نمائی آماری، شامل توسعه روابط بین متغیرهای بزرگ مقیاس (پیش بینی کننده) و متغیرهای سطحی محلی(پیش بینی شده ها) است. در واقع پیش بینی شده‌ها به عنوان تابعی از پیش بینی کننده‌ها مطرح می‌شوند. در فرمول ۱ رابطه کلی مربوط به ریز مقیاس نمائی آماری نشان داده شده است.

$$R=f(L) \qquad (۱)$$

در این رابطه R متغیر پیش بینی شونده و L متغیر پیش بینی کننده می‌باشد. F تابعی برای L بوده که بر اساس روش‌های ریز مقیاس نمائی آماری برقرار می‌گردد.

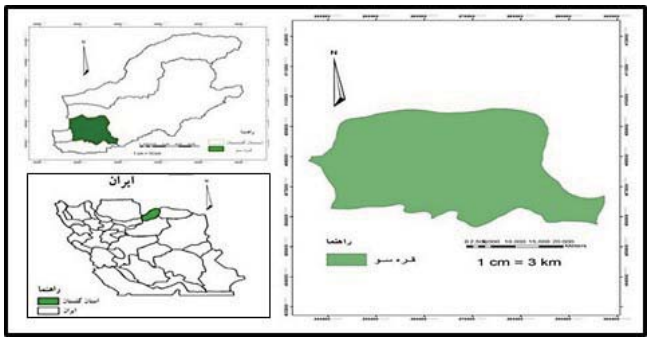
جهت اجرای مدل LARS-WG دو فایل ورودی تهیه شد که یکی شامل نام، مختصات جغرافیایی، و ارتفاع ایستگاه اندازه گیری داده‌های هواشناسی می‌باشد و فایل دیگر شامل داده‌های هواشناسی ورودی به مدل که به ترتیب از سال کم به زیاد مرتب شده و محتوی سال، شماره روز ژولیوسی، حداقل دما، حداکثر دما، بارش و ساعت آفتابی روزانه می‌باشد. که در این تحقیق داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک گرگان به عنوان داده‌های هواشناسی ورودی به مدل معرفی شده و مدل در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ اجرا شد. در نهایت با توجه به پارامترهای آماری از قبیل ضریب ناش-ساتکلیف(NS)[2] (رابطه۲)، میانگین خطای مطلق[3](MAE) (رابطه۳)، ریشه میانگین مربعات خطا(RMSE)[4] (رابطه ٤) که روابط آن‌ها در زیر آمده است.

$$NA = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{X})^2}\right) \qquad (۲)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i - Y_i|}{n} \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - Y_i)^2}{n}} \qquad (٤)$$

هم چنین آزمونT استیودنت بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های شبیه سازی شده، انجام شد[۱۱].



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه آبخیز قره سو در استان گلستان

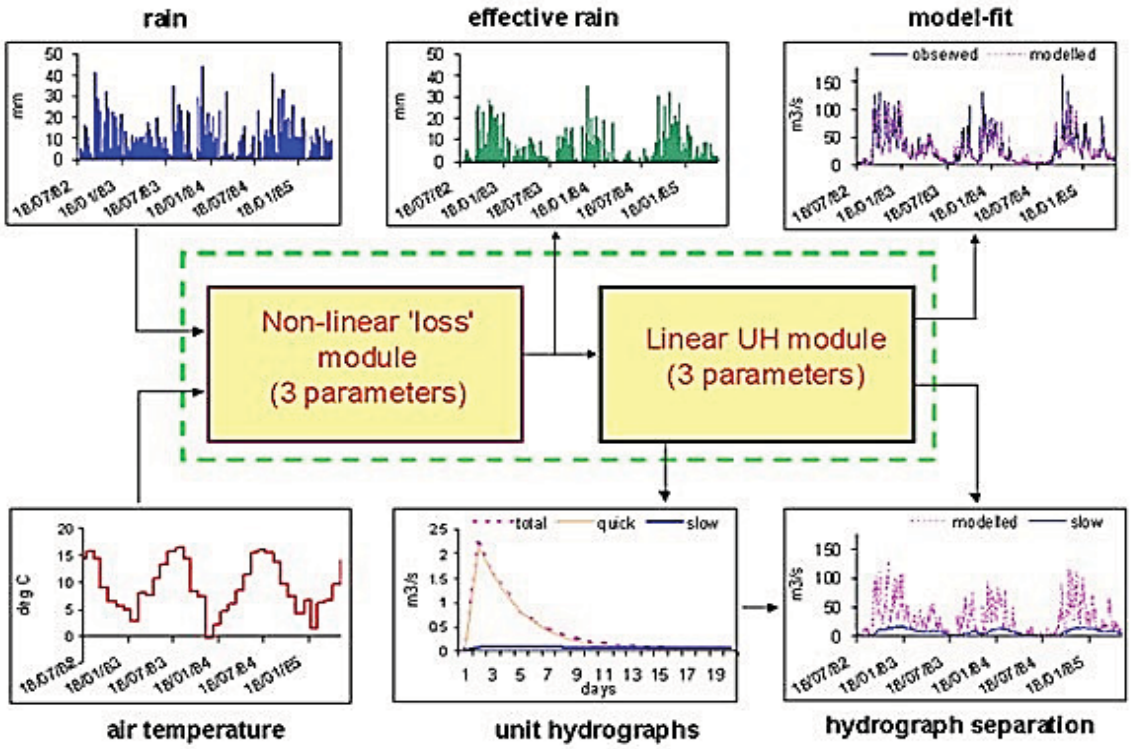
Fig 1. geographic location of Qarehsu basin in the province

مدل IHACRES

جهت بررسی اثر تغییر اقلیم بر رواناب داده‌های دما و بارش کوچک مقیاس شده در مرحله قبل به مدل IHACRES وارد شده و با توجه به رواناب شبیه سازی شده توسط این مدل به بررسی تغییرات رواناب بر اثر تغییر اقلیم در دو دوره آتی نسبت به دوره پایه پرداخته می‌شود. مدل IHACRES یک مدل بارش- رواناب پیوسته و نیمه مفهومی است که در ابتدا توسط جیکمن و همکاران در سال ۱۹۹۰برای استفاده در حوزه‌های معتدل توسعه یافته، و بعد برای رودخانه‌های موقت بهبود داده شد. پیشرفت‌های بعدی آن ایجاد یک جزء تغذیه آب‌های زیرزمینی، یک بخش تلفات و استفاده برای مدل سازی نیمه توزیعی را شامل شده است. این مدل برای حوزه‌های آبخیز با اندازه‌ها و شرایط آب و هوایی متنوع به کار برده

1- Semenev

2- Nash- Sutcliffe
3- Mean Absolute Error
4- Root Mean Square Error



شکل۲- چگونگی شبیه سازی بارش- رواناب مدل IHACRES همراه با مدول‌های خطی و غیر خطی

Fig 2. simulation process of precipitation-runoff in IHACRES model in linear and nonlinear modules

شده است [۱۳].

مدل بارش- رواناب IHACRES که یک مدل پارامتری موثر و کارامد است، توسط جیکمن و هورنبرگر در سال ۱۹۹۳ ارائه شد که از دو مدول غیر خطی کاهش و مدول خطی هیدروگراف واحد تشکیل می‌شود. به این منظور در ابتدا بارندگی r_k و دما t_k در هر گام زمانی k توسط مدول غیر خطی، به بارندگی موثر u_k تبدیل شده و سپس به وسیله مدول خطی هیدروگراف واحد به رواناب سطحی x_k در همان گام زمانی تبدیل می‌شود (شکل ۲).

تحلیل ورودی‌های مدل IHACRES

جهت واسنجی، اعتبارسنجی و اجرای مدل بارش- رواناب IHACRES داده‌های دما از ایستگاه سینوپتیک گرگان، داده‌های دبی از ایستگاه سیاه آب واقع در خروجی حوزه و داده‌های بارش نیز با استفاده از میانگین منطقه‌ای ۱۱ ایستگاه بارانسنجی واقع در حوزه قره سو بدست آمد که مشخصات ایستگاه‌های بارانسنجی مورد استفاده در جدول ۱ و پراکندگی آنها نیز در شکل ۳ نشان داده شده است.

آمار ایستگاه‌های باران سنجی موجود در حوزه قره سو از سال ۱۳۵٤ تا سال ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفت و سرانجام دوره آماری ۱۳۷۷-۱۳۷٤ (۱۹۹۹-۱۹۹۵) با داشتن بیش ترین تعداد ایستگاه باران سنجی (۱۱ ایستگاه) و هم چنین بهترین پراکندگی ایستگاه‌های واقع در حوزه به عنوان دوره آماری مشترک انتخاب گردید. در ابتدا مدل با داده‌های روزانه بارش و دبی ایستگاه سیاه آب واقع در خروجی حوزه قره سو و داده‌های دمای ایستگاه سینوپتیک گرگان اجرا شد. مدل در دوره آماری ۱۹۸۰-۱۹۷۸ از کارایی خوبی برخوردار بود. بنابراین داده‌های بارش سایر ایستگاه‌ها با استفاده ازاده‌های بارندگی ایستگاه سیاه آب در دوره ۱۹۸۰- ۱۹۷۸ بازسازی شد (جهت انجام این کار در ابتدا نرمال بودن داده‌های ۱۱ ایستگاه باران سنجی مذکور با استفاده از آزمون شپیرو در نرم افزار R صورت گرفت. سپس برای دوره ۱۳۷۷-۱۳۷٤ (۱۹۹۹-۱۹۹۵) بین ایستگاه سیاه آب و سایر ایستگاه‌ها رابطه رگرسیونی برقرار گردید و پس از اطمینان از معنی‌دار بودن رابطه رگرسیونی و نرمال بودن داده‌ها و هم چنین نرمال بودن باقیمانده‌ها بازسازی داده‌ها صورت گرفت) و درنهایت میانگین بارش روزانه حوزه با استفاده از درون یابی به روش کریجینگ در دوره ۱۹۸۰-۱۹۷۸ بدست آمد. دو سال آماری ۱۹۷۹-۱۹۷۸ به عنوان دوره واسنجی و سال آماری ۱۹۸۰ به عنوان دوره اعتبارسنجی در نظر گرفته شد.

معیارهای ارزیابی مدل IHACRES

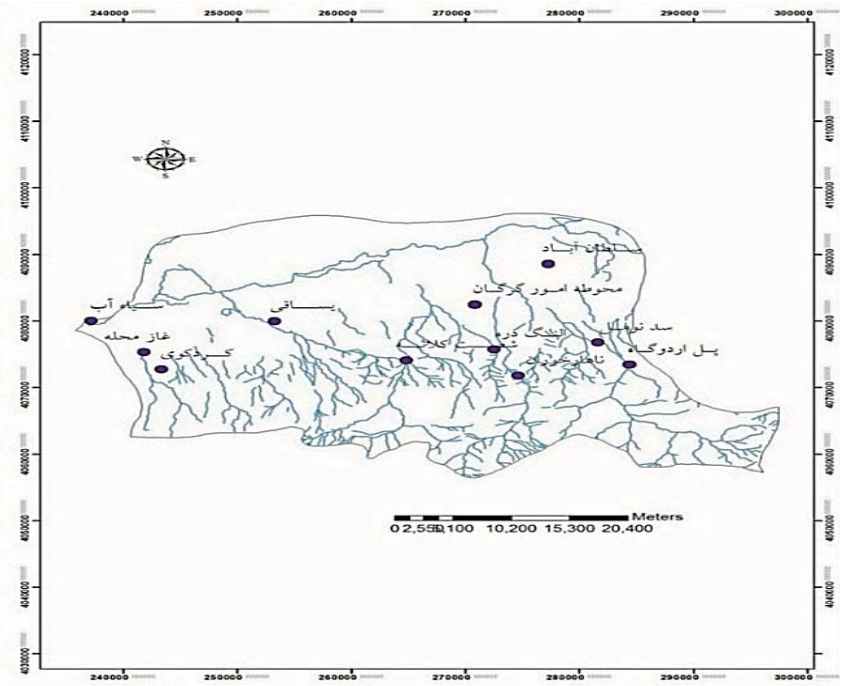
جهت ارزیابی کارایی مدل پارامترهای ضریب تشخیص کالیبراسیون مدل[1] (D)، میانگین خطای نسبی پارامتر[2] (ARPE) و خطای کل در حجم جریان[3] (Bias) که توسط خود مدل محاسبه می‌شود و روابط آنها در زیر آمده است (روابط ۵ تا ۷) مورد استفاده

1- Coefficient of determinatation
2- Average relative parameter error
3 - Overall error in flow volume

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده جهت محاسبه میانگین بارش حوزه قره سو

Table 1. station characteristics used in calculation of mean precipitation

ارتفاع از سطح دریا Altitude(m)	عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی longitude	نام ایستگاه Station name	ردیف No.
150	4074080	264810	Shastkalate	1
360	4071765	274664	Naharkhoran	2
-26	4079985	237187	SiahAb	3
75	4082460	270830	Gorgan	4
12	4088547	277297	Soltan Abad	5
5.5	4075295	241821	Qazmahale	6
140	4072714	243389	Kordkuy	7
250	4073685	279885	Numel	8
465	4073407	284355	Pol-e-ordugah	9
280	4075720	272497	Alangdare	10
6	4079957	253269	Yasaqi	11



شکل۳- نقشه موقعیت ایستگاههای باران سنجی منتخب در منطقه مطالعاتی

Fig 3. location of selected rain guage stations in the study area

قرار گرفته است. هرچه مقدار D بیش تر و مقادیر پارامتر ARPE کم تر باشد نتایج مدل ایده آل تر می‌باشد (لیتلوود و همکاران، ۲۰۰۷). مقادیر اریبی هم نشان دهنده بیش تر یا کم تر بودن جریان شبیه سازی شده نسبت به جریان مشاهداتی است و به عبارتی مشخص می‌کند که مدل جریان را بیش تر یا کم تر از واقعیت شبیه سازی می‌کند (کروک و همکاران، ۲۰۰۵).

$$D = 1 - \frac{(Q_O - Q_M)^2}{(Q_O - \overline{Q_O})^2} \quad (۵)$$

$$ARPE = \frac{\left[\left(\frac{\sigma_{a_1}}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{a_2}}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{b_0}}{b_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{b_1}}{b_1}\right)^2\right]}{4} \quad (۶)$$

$$Bias = \frac{\sum(Q_O - Q_M)}{n} \quad (۷)$$

D: ضریب تشخیص کالیبراسیون مدل

Q_O: دبی روزانه مشاهده شده

Q_M: دبی روزانه شبیه سازی شده
ARPE: میانگین خطای نسبی پارامتر
σ: انحراف معیار
a1، a2، b1 و b0: پارامترهای مرتبه دوم تابع انتقال که بر اساس روابط زیر تعیین می‌شوند:

رابطه (۸) $1< a_1 <0$ $\quad a_1 = a_1^{(q)} a_1^{(s)}$

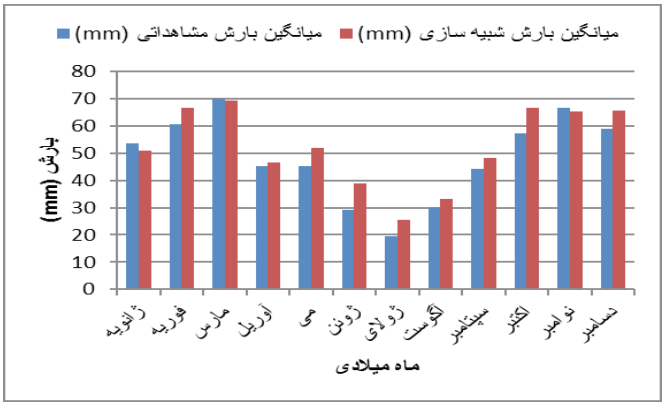
رابطه (۹) $-1<a_2<0$ $\quad a_2 = a_1^{(q)} a_1^{(s)}$

رابطه(۱۰) $\quad b_1 = b_0^{(q)} a_1^{(s)} + b_0^{(s)} a_1^{(q)}$

جدول ۲- مقایسه مقادیر واقعی و شبیه سازی شده مدل LARS-WG۵ در دوره پایه

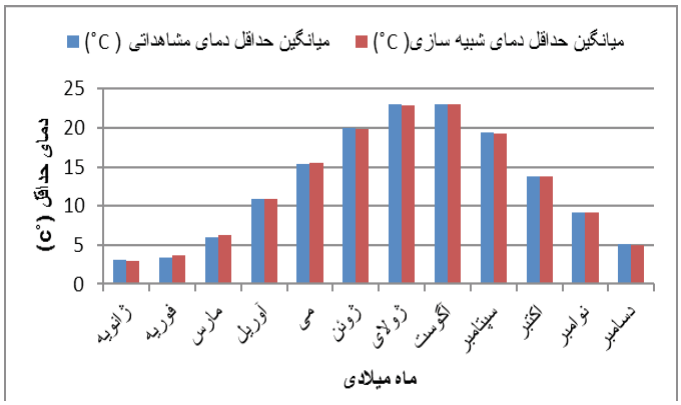
Table 2. comparison of observed and simulated datain base period

پارامترهای آماری Statistical parameters	بارش(mm) Precipitation (mm)	حداقل دما (°C) Min temperature (°C)	حداکثردما (°C) Max temperature (°C)	ساعت آفتابی(h) Sunny hours
MAE	4.25	0.12	0.3	0.26
NA	0.88	0.99	0.99	0.77
RMSE	5.05	0.16	0.34	0.3



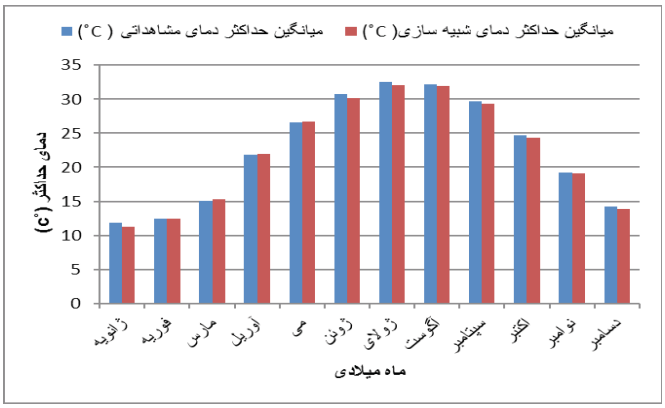
شکل ٤- نمودار میانگین بارش مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰

Fig 4. Mean monthly observed and simulated precipitation in 1970-1999



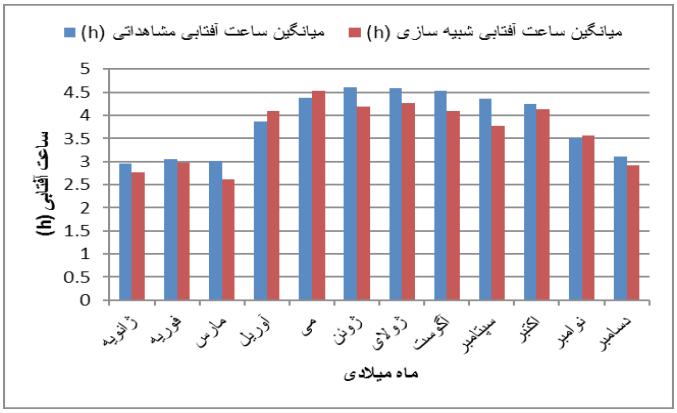
شکل ٥- نمودار میانگین دمای حداقل مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰

Fig 5. Mean monthly observed and simulated minimum temperatures in 1970-1999



شکل ٦- نمودار میانگین دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰

Fig 6. Mean monthly observed and simulated maximum temperatures in 1970-1999



شکل ۷- نمودار میانگین ساعت آفتابی مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰

Fig 7. Mean monthly observed and simulated sunshine hours in 1970-1999

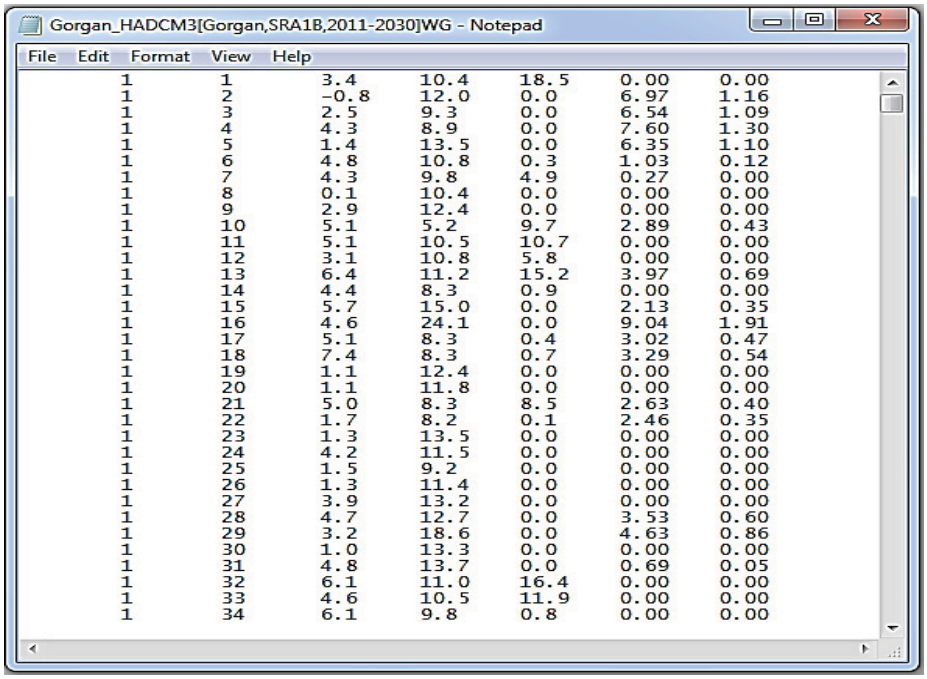
نتایج

در جدول ۲ نتایج پارامترهای آماری حاصل از مقایسه مقادیر مشاهداتی و تولید شده توسط مدل LARS-WG5 آورده شده است. همان گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود بالا بودن مقدار NA و پایین بودن مقادیر مربوط به شاخص‌های خطاسنجی MAE و RMSE متغیرهای هواشناسی بارش، حداقل دما، حداکثر دما و ساعت آفتابی نشان دهنده کارآیی بالای مدل در شبیه سازی داده‌های هواشناسی حوزه آبخیز قره سو در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ می‌باشد. نمودارهای میانگین مشاهداتی و شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG برای هر کدام از متغیرهای هواشناسی مورد بررسی در دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ در اشکال ٤ تا ۷ نشان داده شده است. با دقت در شکل ٤ متوجه می‌شویم در ماه‌های ژانویه، مارس و نوامبر بارش مشاهداتی بیش تر از بارش شبیه سازی شده توسط مدل می‌باشد و در سایر ماه‌های سال بارش شبیه سازی شده بیش تر از میزان بارش مشاهداتی است. اشکال ۵ و ٦ نشان می‌دهد که اختلاف بین میانگین دمای حداقل و حداکثر مشاهداتی و شبیه سازی شده بسیار جزئی بوده و در برخی از ماه‌ها هم برابر است به طوری که میزان دمای حداقل مشاهداتی و شبیه سازی شده در ماه‌های آوریل، آگوست و نوامبر و در مورد میانگین دمای حداکثر نیز مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده توسط مدل در ماه فوریه تقریبا برابر می‌باشند.

همان گونه که در شکل ۷ قابل مشاهده است، ساعت آفتابی شبیه سازی شده در تمامی ماه‌های سال به جز در ماه‌های آوریل، می‌و نوامبر کم تر از مقدار مشاهداتی است. پس از اطمینان از صحت و کارایی مدل LARS-WG5 در شبیه سازی پارامترهای هواشناسی بارش، دمای حداقل، حداکثر و ساعات آفتابی در حوزه آبخیز قره سو، با کمک مدل لارس داده‌های روزانه پارامترهای مذکور برای سه سناریوی A2، A1B و B1 مدل HadCM3 برای دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ شبیه سازی شد. که به عنوان نمونه فایل‌های خروجی سناریوی A1B در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در شکل ۸ و فایل خروجی سناریوی B1 در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ در شکل ۹ ارائه شده است. ستون‌های مشاهداتی در شکلهای ۸ و ۹ به ترتیب بیانگر شماره سال، روز، دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش، ساعت آفتابی و پتانسیل تبخیر و تعرق شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG5 است.

تغییرات متغیرهای هواشناسی

در اشکال ۱۰ و ۱۱ تغییرات دمای حداقل و حداکثر در دو دوره برای سه سناریو A2، A1B و B1 نشان داده شده است. دمای حداقل و حداکثر در ۲۰۹۹-۲۰۸۰ در مقایسه با ۲۰۳۰-۲۰۱۱ به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. از بین سه سناریو مورد بررسی بیش ترین تغییرات مربوط به سناریو A2 و سپس سناریو A1B و سناریو B1 نسبت به دو سناریو دیگر کم ترین تغییر در دمای حداقل و حداکثر را خواهد داشت. در بین سناریوها و دوره‌های آماری، تغییرات بارش در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیش تر بوده و از بین سه سناریو بیش ترین تغییرات مربوط به سناریوی A1B بوده و سپس سناریوی A2 و در نهایت سناریوی B1 در مقایسه با دو سناریو دیگر کم ترین تغییرات بارش را داراست. در شکل ۱۲ تغییرات بارش در دو دوره آماری سناریوهای A2، A1B و B1 نشان داده شده است.



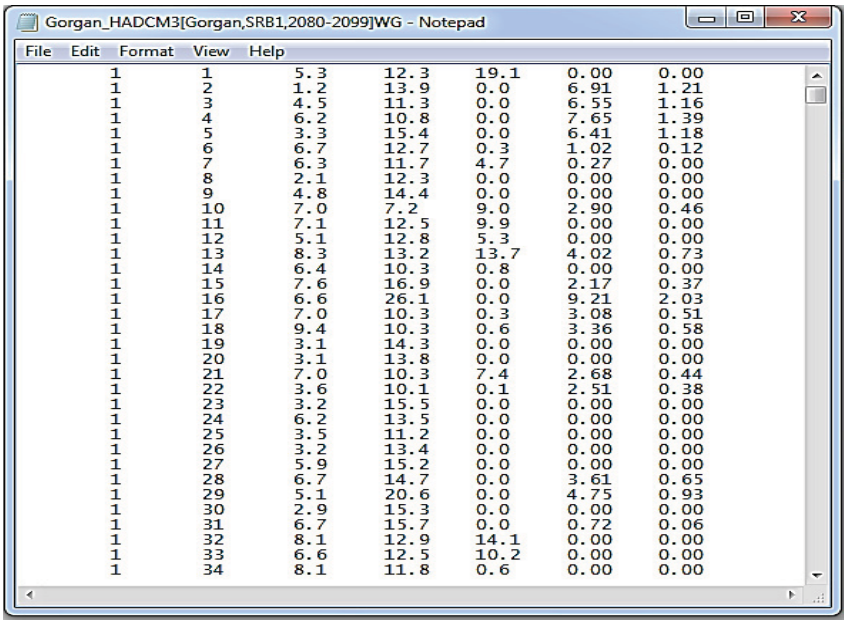
Gorgan_HADCM3[Gorgan,SRA1B,2011-2030]WG - Notepad

File Edit Format View Help

1	1	3.4	10.4	18.5	0.00	0.00
1	2	-0.8	12.0	0.0	6.97	1.16
1	3	2.5	9.3	0.0	6.54	1.09
1	4	4.3	8.9	0.0	7.60	1.30
1	5	1.4	13.5	0.0	6.35	1.10
1	6	4.8	10.8	0.3	1.03	0.12
1	7	4.3	9.8	4.9	0.27	0.00
1	8	0.1	10.4	0.0	0.00	0.00
1	9	2.9	12.4	0.0	0.00	0.00
1	10	5.1	5.2	9.7	2.89	0.43
1	11	5.1	10.5	10.7	0.00	0.00
1	12	3.1	10.8	5.8	0.00	0.00
1	13	6.4	11.2	15.2	3.97	0.69
1	14	4.4	8.3	0.9	0.00	0.00
1	15	5.7	15.0	0.0	2.13	0.35
1	16	4.6	24.1	0.0	9.04	1.91
1	17	5.1	8.3	0.4	3.02	0.47
1	18	7.4	8.3	0.7	3.29	0.54
1	19	1.1	12.4	0.0	0.00	0.00
1	20	1.1	11.8	0.0	0.00	0.00
1	21	5.0	8.3	8.5	2.63	0.40
1	22	1.7	8.2	0.1	2.46	0.35
1	23	1.3	13.5	0.0	0.00	0.00
1	24	4.2	11.5	0.0	0.00	0.00
1	25	1.5	9.2	0.0	0.00	0.00
1	26	1.3	11.4	0.0	0.00	0.00
1	27	3.9	13.2	0.0	0.00	0.00
1	28	4.7	12.7	0.0	3.53	0.60
1	29	3.2	18.6	0.0	4.63	0.86
1	30	1.0	13.3	0.0	0.00	0.00
1	31	4.8	13.7	0.0	0.69	0.05
1	32	6.1	11.0	16.4	0.00	0.00
1	33	4.6	10.5	11.9	0.00	0.00
1	34	6.1	9.8	0.8	0.00	0.00

شکل ۸- داده‌های روزانه شبیه سازی شده سناریو A1B در حوزه قره سو در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱

Fig 8. daily simulated data of A1B scenario for 2011-2030



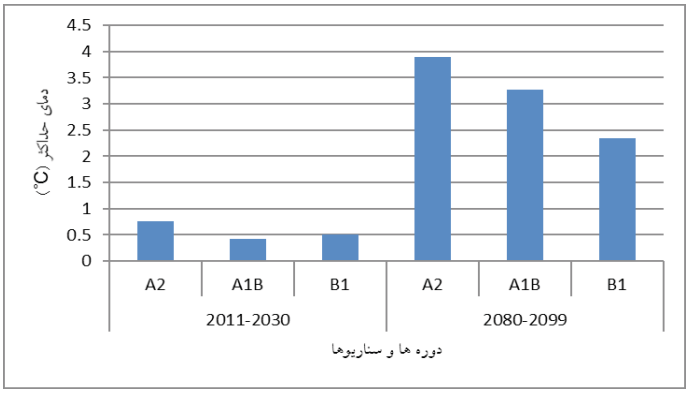
Gorgan_HADCM3[Gorgan,SRB1,2080-2099]WG - Notepad

File Edit Format View Help

1	1	5.3	12.3	19.1	0.00	0.00
1	2	1.2	13.9	0.0	6.91	1.21
1	3	4.5	11.3	0.0	6.55	1.16
1	4	6.2	10.8	0.0	7.65	1.39
1	5	3.3	15.4	0.0	6.41	1.18
1	6	6.7	12.7	0.3	1.02	0.12
1	7	6.3	11.7	4.7	0.27	0.00
1	8	2.1	12.3	0.0	0.00	0.00
1	9	4.8	14.4	0.0	0.00	0.00
1	10	7.0	7.2	9.0	2.90	0.46
1	11	7.1	12.5	9.9	0.00	0.00
1	12	5.1	12.8	5.3	0.00	0.00
1	13	8.3	13.2	13.7	4.02	0.73
1	14	6.4	10.3	0.8	0.00	0.00
1	15	7.6	16.9	0.0	2.17	0.37
1	16	6.6	26.1	0.0	9.21	2.03
1	17	7.0	10.3	0.3	3.08	0.51
1	18	9.4	10.3	0.6	3.36	0.58
1	19	3.1	14.3	0.0	0.00	0.00
1	20	3.1	13.8	0.0	0.00	0.00
1	21	7.0	10.3	7.4	2.68	0.44
1	22	3.6	10.1	0.1	2.51	0.38
1	23	3.2	15.5	0.0	0.00	0.00
1	24	6.2	13.5	0.0	0.00	0.00
1	25	3.5	11.2	0.0	0.00	0.00
1	26	3.2	13.4	0.0	0.00	0.00
1	27	5.9	15.2	0.0	0.00	0.00
1	28	6.7	14.7	0.0	3.61	0.65
1	29	5.1	20.6	0.0	4.75	0.93
1	30	2.9	15.3	0.0	0.00	0.00
1	31	6.7	15.7	0.0	0.72	0.06
1	32	8.1	12.9	14.1	0.00	0.00
1	33	6.6	12.5	10.2	0.00	0.00
1	34	8.1	11.8	0.6	0.00	0.00

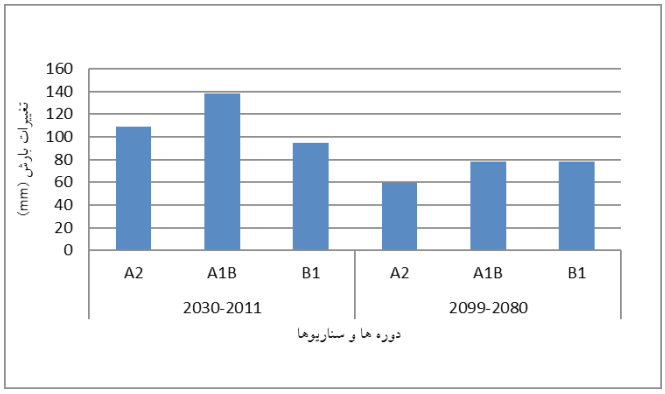
شکل ۹- مقادیر داده‌های روزانه شبیه سازی شده سناریو B۱ در حوزه قره سو در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰

Fig 9. daily simulated data for B1 scenario in 2080-2090



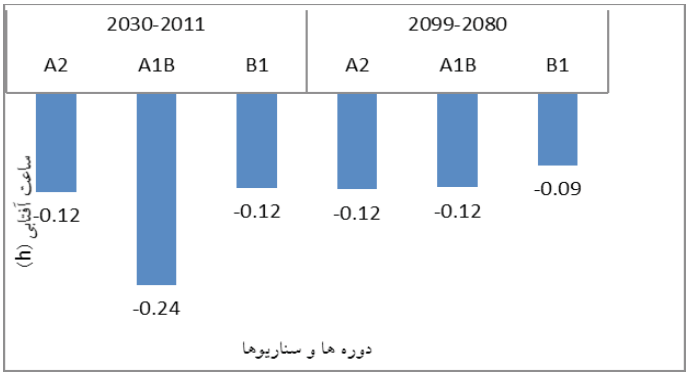
شکل ۱۰- تغییرات میانگین ماهانه دمای حداقل شبیه سازی شده سناریوهای دو دوره

Fig 10. changes in monthly minimum simulated temperatures in different scenarios



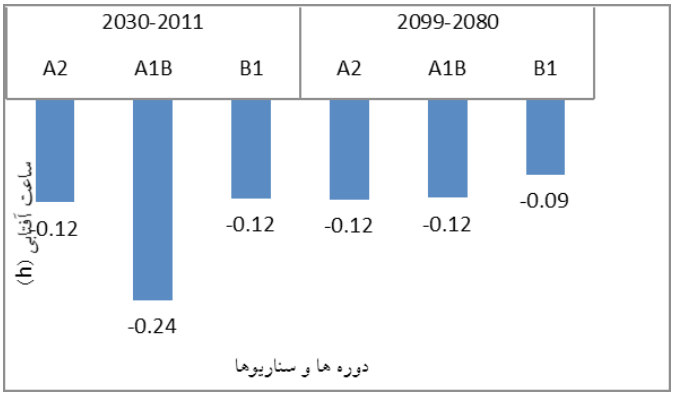
شکل ۱۱- تغییرات میانگین ماهانه دمای حداکثر شبیه سازی شده سناریوهای دو دوره

Fig 11.changes in monthly maximum simulated temperatures in different scenarios



شکل ۱۲- تغییرات ماهانه بارش شبیه سازی شده سناریوهای دو دوره

Fig 12. changes in monthly simulated precipitation in different scenarios



شکل ۱۳- تغییرات میانگین ساعت آفتابی شبیه سازی شده سناریوهای دو دوره

Fig 13. changes in mean sun shine hours in two periods

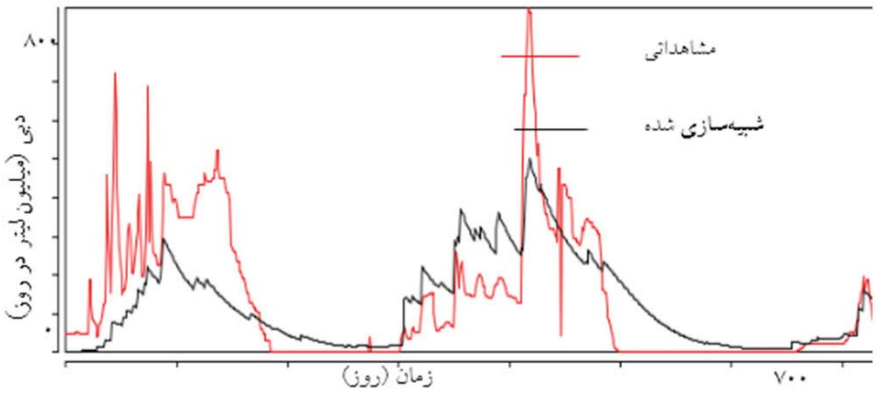
تغییرات ساعت آفتابی بر اساس پیش بینی‌های مدل LARS-WG5 در طول دو دوره مورد بررسی برای هر سه سناریوی A2، A1B و B1 به میزان ناچیزی کاهش می‌یابد که این کاهش در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیش تر می‌باشد. در شکل ۱۳ نحوه تغییرات ساعت آفتابی در دو دوره آماری سناریوهای A2، A1B و B1 نشان داده شده است.

واسنجی و اعتبارسنجی مدل IHACRES

اشکال ۱٤ و ۱۵ مقدار رواناب مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره واسنجی و اعتبارسنجی مدل IHACRES را نشان می‌دهد. مقایسه نمودارهای دبی مشاهداتی و شبیه سازی شده در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی نشان دهنده توانایی مدل در شبیه سازی رواناب منطقه می‌باشد. نتایج مقایسه شاخصه‌های آماری هم نشان از توانایی خوب مدل در شبیه سازی رواناب در دوره واسنجی دارد. جدول ۳ مقادیر مربوط به شاخص‌های D، ARPE و Bias در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی مدل بارش-رواناب IHACRES را نشان می‌دهد. و نیز در جدول ٤ مقادیر بهینه پارامترهای مدل در مرحله واسنجی ارائه شده است.

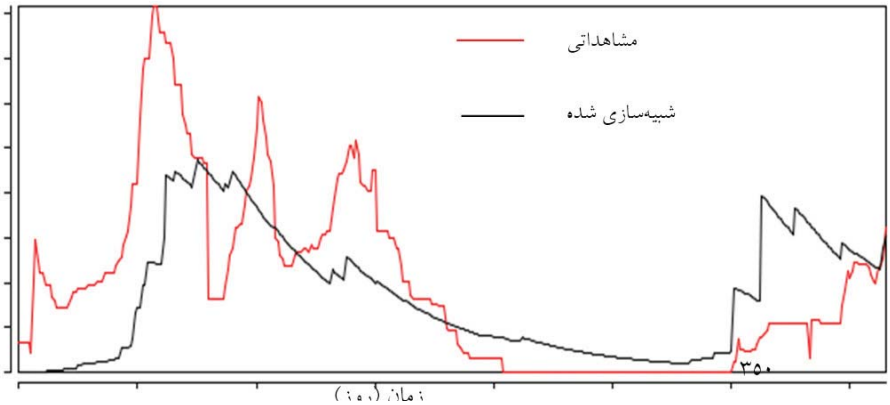
تغییرات رواناب

مقادیر تغییرات ماهانه رواناب حوزه آبخیز قره سو در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸ در اشکال ۱٦ و ۱۷ نشان داده شده است. همان گونه که از این نمودارها بر می‌آید در دو دوره مورد بررسی برای هر سه سناریو رواناب افزایش می‌یابد و در مجموع این افزایش رواناب در دوره ی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به ۲۰۳۰-۲۰۱۱ کم تر است. هم چنین تغییرات رواناب در تمام فصول سال به جز بهار افزایش می‌یابد. علاوه بر این در بین سناریوهای بررسی شده در دو دوره آتی بیش ترین افزایش رواناب در ماه دسامبر و سپس در ماه‌های نوامبر و ژانویه و بیش ترین کاهش رواناب نیز در ماه آوریل مشاهده شد.



شکل ١٤- نمودارهای دبی مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره کالیبراسیون

Fig 14. Observed and simulated discharge in calibration period



شکل ۱۵- نمودارهای دبی مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره اعتبارسنجی

Fig 15. Observed and simulated discharge in verification period

جدول ۳- نتایج واسنجی مدل IHACRES در دوره ۷۹-۱۹۷۸

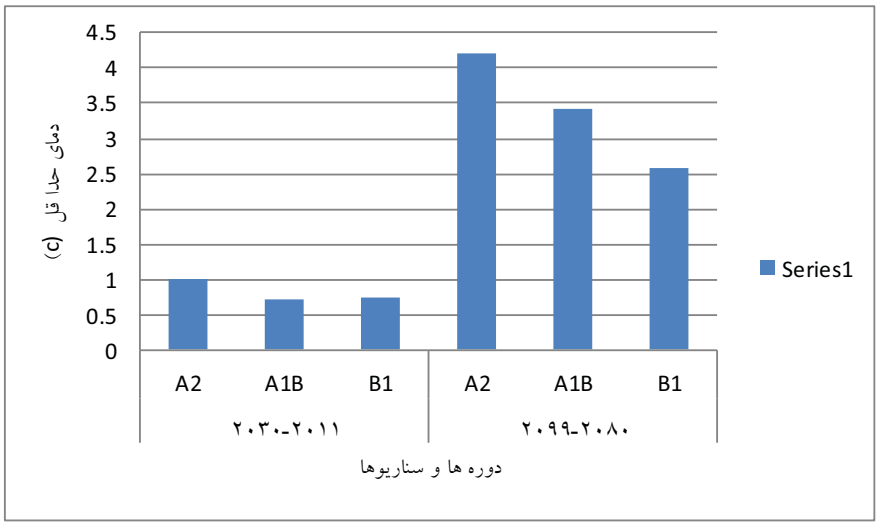
Table 3. IHACRES calibration results in 1978-79

ARPE	BIAS (mm/yr)	D	Q (mm/yr)	P (mm/yr)	دوره Duration
0.004	-2.505	0.66	32	592	واسنجی Calibration
0.012	-0.40	0.65	42.48	719.68	اعتبارسنجی Verification

جدول ٤- مقادیر بهینه پارامترهای مدل در مرحله واسنجی

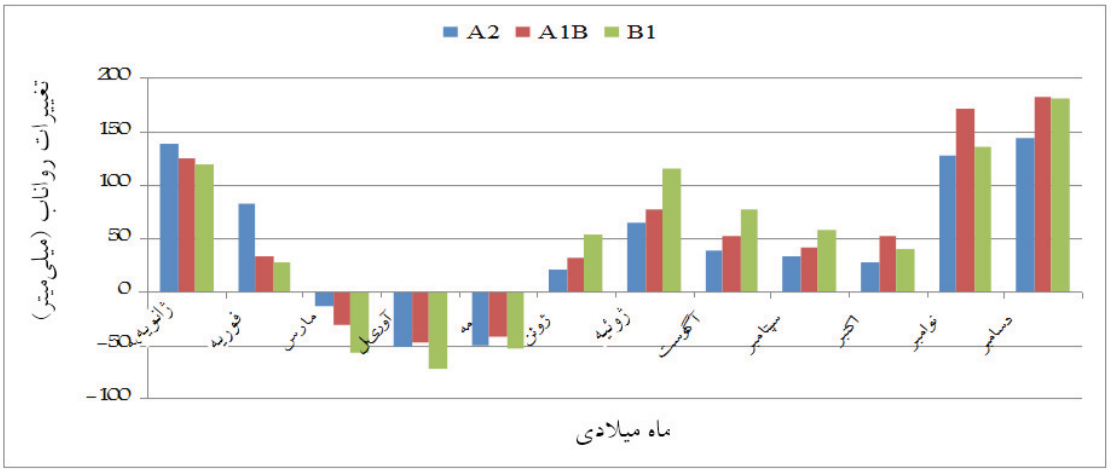
Table 4. optimized parameters of the model in calibration phase

τ (s)	f	τ_w	C	v (s)	زمان Time- scale
25.653	5.0	58.0	0.0004	1.0	Daily



شکل ١٦- مقایسه تغییرات ماهانه رواناب حوزه قره سو در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱

Fig 16. changes in Qaresu monthly runoff in 2011-2030



شکل ۱۷- تغییرات ماهانه رواناب حوزه قره سو در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰

Fig 17. changes in Qarehsu monthly runoff in 2080-2099

بحث و نتیجه‌گیری

با تدوین سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط هیئت بین الدول تغییر اقلیم، مدل‌های گردش عمومی اجرا شده اند تا وضعیت اقلیمی دهه‌های آتی را مشخص کنند. اجرای مدل‌های گردش عمومی جو برای یک دوره زمانی طولانی مدت با دو مشکل وقت گیر بودن و نیاز به سرعت‌های بالای پردازش مواجه است. لذا برای فائق آمدن به این مشکل، ساده سازی‌هایی در مدل‌های گردش عمومی جو انجام شده که از آن جمله قدرت تفکیک فضایی کم مدل و حذف برخی فرآیندهای فیزیکی و ترمودینامیکی در مقیاس خرد است. این ساده سازی‌ها خطای مدل‌های گردش عمومی جو را افزایش داده و موجب بروز خطا در ارزیابی اقلیم آتی کره زمین می‌گردد. برای رفع این نقیصه باید خروجی مدل‌های گردش عمومی جو ریز مقیاس شوند. در این تحقیق داده‌های سه سناریوی A1B، A2 و B1 مدل HadCM3 جهت بررسی اثر تغییر اقلیم بر رواناب به کار گرفته شد. کمال و همکاران ۱۱: [۱۱] در تحقیقشان در حوزه آبخیز قره سو کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که در مجموع مدل‌های HadCM3 و ECHAM5 توانایی نسبتا خوبی در شبیه سازی متغیرهای اقلیمی حوزه داشته و می‌توان به خروجی آن‌ها برای این حوزه، اعتماد داشت. هم چنین شاه کرمی و همکاران (۱۳۸٤) در رابطه با تحلیل عدم قطعیت مدل‌های جفت شده اقیانوس- اتمسفر گردش عمومی جو بر سناریوهای تغییراقلیم دما و بارندگی در حوزه زاینده رود به این نتیجه رسیدند که مدل HadCM3 در مقایسه با ۷ مدل گردش عمومی که در سومین گزارش هیئت بین الدول تغییر اقلیم به آن‌ها اشاره شده است برای بارندگی عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته است. در این تحقیق جهت ریز مقیاس نمائی داده‌های بارش و دما از روش آماری استفاده شد. کمال و همکاران (۱۳۸۸) و گودرزی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقاتی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در صورت استفاده از روش ریز مقیاس نمائی آماری در مقایسه با روش ریز مقیاس نمائی تناسبی، نتایج شبیه سازی رواناب بهتر می‌باشد و گرچه محاسبات لازم برای ریز مقیاس نمائی تناسبی به سهولت قابل انجام است ولی به دلیل آن که در این روش مقادیر نوسانات مربوط به متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی با دوره پایه همسان در نظر گرفته می‌شود، لذا رواناب حاصل از این روش نمی تواند معرف واقعی رواناب دوره آتی منطقه مطالعاتی باشد. این در حالیست که در روش آماری این نوسانات بخوبی مدل می‌شود. اما باید توجه داشت که روش آماری ریز مقیاس نمائی احتیاج به زمان زیاد و تجربه کارشناسی قوی تری نسبت به روش تناسبی دارد. هم چنین صمدی و همکاران (۱۳۸٦) در تحقیقشان به این نتیجه رسیدند که روش‌های ریز مقیاس نمائی آماری نسبت به سایر روش‌ها نتایج بهتری برای متغیر دمای حوزه داشته و هم چنین مدل HadCM3 نیز نسبت به سایر مدل‌ها برآورد بهتری از پارامترهای اقلیمی ارائه می‌دهد. هم بستگی بالایی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG وجود دارد که با نتایج حاصل از مطالعات بابائیان و نجفی نیک در خراسان، عباسی و همکاران در در زاگرس، اشرف و همکاران در سال ۱۳۹۰ مطابقت داشت. هم چنین با مقایسه میانگین‌های ماهانه پارامترهای مذکور با استفاده از آزمون t استیودنت این نتیجه حاصل شد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری بین داده‌ای شبیه سازی شده و داده‌ای مشاهداتی در دوره پایه وجود نداشته و میانگین پارامترهای اقلیمی داده‌ای شبیه سازی شده و داده‌های واقعی شبیه به هم بوده و هم بستگی بالایی بین آن‌ها وجود دارد. هم چنین مقادیر دمای حداقل و حداکثر، بیش ترین هم بستگی را داشته و مقادیر مربوط به ساعت آفتابی کم ترین میزان هم بستگی را داراست. که با نتایج حاصل از مطالعه مشکواتی و همکاران مطابقت داشت [۱۳].

رابطه بین رواناب و بارندگی غیر خطی است به طوری که یک تغییر کوچک در بارندگی، اثر شدیدی بر جریان رودخانه خواهد داشت. با توجه به این که مهم ترین پارامتر در تغییرات رواناب، بارش است، تغییرات رواناب رابطه مستقیمی با تغییرات بارش دارد. لذا با افزایش بارش شاهد افزایش رواناب خواهیم بود. در قسمت نتایج نیز نشان داده شده که تغییرات بارش و دبی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیش تر می‌باشد. اختلاف در روند افزایش و کاهش می‌تواند به دلیل تغییر در روند تغییرات دما و تاثیرات آن در میزان تبخیر، تغییر رطوبت خاک و کمبود بارش در سال‌های قبل باشد. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، در تمام دوره‌ها و سناریوهای مورد بررسی، رواناب حوزه آبخیز قره سو در فصل بهار کاهش می‌یابد، علت این امر را می‌توان افزایش ناچیز بارش در فصل بهار در مقایسه با فصول تابستان، پاییز و زمستان دانست و هم چنین در نظر نگرفتن ذوب برف در مدل بارش- رواناب استفاده شده نتایج این تحقیق. با نتایج حاصل شده از مطالعه مهدی زاده و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه سد گلستان مطابقت نداشت. کاهش دبی در حوزه از یک سو و افزایش دما و تبخیر و تعرق از سوی دیگر می‌تواند فصل بهار خشک تری نسبت به حال حاضر را منجر گردد. از سوی دیگر افزایش ریسک تامین آب کشاورزی می‌تواند کاهش محصولات کشاورزی در منطقه را موجب گردد. تنها در سایه برنامه ریزی‌های دقیق می‌توان از این بحران‌ها گذر نمود. به دلیل وجود عدم قطعیت در مدل‌های مختلف AOGCM، روش‌های مختلف ریز مقیاس نمائی و سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه ای، پارامترهای اقلیمی موثر بر رژیم رواناب حوزه تنها یک حالت نبوده و حالت‌های مختلفی را در بر خواهد گرفت. این در حالی است که در پارامترهای اقلیمی ارائه شده در این تحقیق اگرچه سه سناریوی مختلف انتشار به کار گرفته شده است ولی تنها حاصل از یک مدل AOGCM بوده و فقط با یک روش ریزمقیاس شده اند. لذا مقادیر رواناب شبیه سازی شده برای دوره‌های آتی تنها نمایانگر چند جواب از محدوده جواب قابل انتظار است. بنابراین لحاظ نکردن عدم قطعیت‌های موثر بر متدولوژی تحقیق، می‌تواند منجر به حصول نتایج غیر واقعی و غیر دقیق و همراه با خطا گردد و برنامه ریزی‌های حاصل از این نتایج را با شک و تردید مواجه سازد. هم چنین باید توجه داشت که چگونگی شبیه سازی بارش- رواناب و روابط استفاده شده در مدل سازی آن، می‌تواند بر نتایج

نهایی رواناب تاثیر گذار باشد. به عنوان مثال در مدل بارش- رواناب استفاده شده در این تحقیق، ذوب برف که می‌تواند بر میزان رواناب تاثیر بگذارد نادیده گرفته شده است. در این راستا می‌توان از مدل‌هایی مانند SWAT استفاده کرد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق کمال و همکاران که در رابطه با تاثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوزه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی IHACRES و SIMHYH ا، تطابق دارد [۱۰].

منابع

1. Asakereh, Hosein, (2007), Climate Change, Zanjan, Iran, (in Persian).

2. Babaeian, I., Najafi Nik, Z. et al., (2009), Assessment of Climate Change in Iran Using ECHO-G Model, Journal of Geography and Development, (16) : 135-152 (in Persian).

3. Babaeian, I., Kwon, W.T. &Im, E.S. (2004). Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research Lab, 98pp.

4. Baede, A.P. M., Ahlonsou, E., Ding, Y.& Schimel, D.(2001). the climate system: An overview in climate change 2001: the scientific basis contribution of Working group I to the third assessment report of Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University press, Cambridge and New York, 525-582.

5. Downing, T.E., Harrison, P.A., Butterfield, R.E. & Lonsdale, K.G. (2000). Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe: An Integrated Assessment. Environmental Change Institute, University of Oxford.

6. Elshamy, M.E., Weather, H.S., Gedney, N. &Huntingford, C. (2005). Evaluation of the rainfall component of weather generator for climate change studies.Journal of hydrology, 326, 1-24.

7. Goodarzi, M., (2011), Assessing Climate Change Impacts on Surface Runoff in Upper Karkheh River Basin, A PhD Dissertation to the Graduate Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Physical Geography, University of Tabriz, Tabriz, Iran, (in Persian).

8. Harrison, P.A., Butterfield, R.E. & Downing, T.E. (1995). Climate Change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptations. Environmental Change Unit Research Report No. 9, Environmental Change Unit, University of Oxford.

9. IPCC Fourth Assessment report, Climate Change (2007): Syntesis Report. Valencia, Spain, 12-17 November 2007: 52.

10. Iranian Climatology Institute website, http://www.cri.ac.ir/show=06, Lars-WG.

11. Kamal, A., (2009) Assessing Climate Change Impacts on Surface Runoff considering uncertainties and AOGCM-AR4 Using Downscaling Methods in Qaresu Subbasin, Msc. Thesis in Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Aburaihan compus, (in Persian).

12. Mehdizadeh, S., (2010), Prediction of Flow Changes in Gorganrud Caused by Climate Change, Msc. Thesis in Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (in Persian).

13. Meshkati, A., Kordjazi, M., & Babaeian, I., (2010), Investigation and Assessment of Lars-WG Model in Simulation of Meterorological Data of Golestan in 1993-2007, Journal of Applied Geographic Science, (16): 81-96 (in Persian).

14. Racsko, P., Szeidl, L. & Semenov M. (1991).A serial approach to local stochastic weather models, Ecological Modelling, 57: 27-41.

15. Rietveld, M.R.(1978). A new method for the estimating the regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine.Agricultural Meteorology 19, 243-252.

16. Richardson, C.W. & Wright, D.A. (1984). WGEN: A model for generating daily weather variables. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8, 83pp.

17. Semenov, M.A. & Barrow, E. M.(2002).LARS-WG A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User Manual, Version 3.0: 28.

18. Semenov, M. A., Brooks, R.J., Barrow, E. M. & Richardson, C. W.(1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in divers climates. Climate Research.

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴- پاییز ۱۳۹۵

Abstract

Prediction and Assessssment of Climatic Parameters Using LARS-WG Model in Qaresu

M. Goodarzi[1]

Received: 2015/08/24 Accepted: 2016/02/24

Climate change impacts are very dependent on regional geographic features and local climate variability. Impact assessment studies on climate change should therefore be performed at local or at most at the regional level for the evaluation of possible consequences. However, climate scenarios are produced by Global Circulation Models with spatial resolutions of several hundreds of kilometers. For this reason, downscaling methods are needed to bridge the gap between the large scale climate scenarios and the fine scale where local impacts happen. A stochastic weather generator, however, can serve as a computationally inexpensive tool to produce multiple-year climate change scenarios at the daily time scale which incorporate changes in both mean climate and in climate variability. In paper, LARS-WG model were used to downscale GCM outputs and then assessment of the performance were done for generated daily data of precipitation, minimum and maximum temperature and sunshine hours. Study area is Ghare-su basin in Gorgan and the station is called Gorgan synoptic station. The first step is running the model for the 1970-1999 period. Then mean of observation and synthetic data were compared. T-test was used in the 95% significance level, and the difference between observation and synthetic data was not significant. Finally monthly mean of observation and synthetic data were compared using Statistical parameters such as NA, RMSE & MAE. As a final result, it is found that performance of model is appropriate for generating daily above listed data in Ghare-su basin. So, it is possible to predict the climatic parameters from GCM output using LARS-WG model. Also minimum and maximum temperatures have highest and sunshine hours have lowest correlation.

Keywords: Climate change, Climatic scenarios, Down-scaling, LARS-WG, QareSu

7. Associated professor, Forest and rangeland research institute, Tehran, Iran .