

بررسی روند تغییرات اقلیمی آینده تحت سناریوهای واداشت تابشی با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال (مطالعه موردی: جنوب اهواز)

محبوبه قاسمی^{۱*}، عبدعلی ناصری^۲، امیر سلطانی محمدی^۳، هادی معاضد^۴

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استاد بازنشسته گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۶، بازنگری: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰، انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰)

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده، حاصل از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو بر اساس سناریو IPCC-AR5 برای جنوب اهواز، انجام شده است. بدین منظور، داده‌های دمای متوسط و بارش شش مدل اقلیمی گزارش پنجم IPCC استخراج گردید. بعد از بررسی عملکرد آن‌ها برای منطقه مورد مطالعه، از دو مدل EC-EARTH و CESM1-CAM5 به منظور بررسی تغییرات اقلیمی دما و دو مدل EC-EARTH و BNU-ESM برای پارامتر بارش در محدوده مورد مطالعه تحت دو سناریو RCP2.6 و RCP8.5 استفاده شد و تحت سناریوهای واداشت تابشی RCP2.6 و RCP8.5 با بهره‌گیری از LARS-WG ریزمقیاس‌سازی شدند. نتایج نشان داد دما در دوره ۲۰۳۵-۲۰۱۶ بین ۰/۵ تا ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۰ افزایش می‌یابد. این در حالی است که منطقه مورد مطالعه شاهد کاهش بارش در اکثر ماه‌ها خواهد بود. روند تغییرات فصلی بارش با استفاده از آزمون من-کندال نشان داد که پارامتر بارش در اکثر مدل‌ها و سناریوها از روند معنی‌داری پیروی نمی‌کند و تنها در الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP2.6 برای فصل تابستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد روند افزایشی دارد. روند تغییرات دما، در الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP8.5 برای فصل بهار در سطح ۹۵ درصد و تابستان در سطح ۹۹ درصد افزایشی می‌باشد و در الگوی اقلیمی CESM1-CAM5-RCP2.6 در فصل تابستان روند افزایشی در سطح ۹۵ درصد را نشان می‌دهد. در الگوی اقلیمی CESM1-CAM5-RCP8.5، روند دما در فصول پاییز و زمستان در سطح ۹۵ درصد دارای روندی معنی‌دار افزایشی می‌باشد.

کلمات کلیدی: گزارش پنجم IPCC، دما، بارش، آزمون من کندال، جنوب اهواز

مقدمه

مجموعه‌ای از گزارش‌های ارزیابی و تخصصی و مقالات فنی را منتشر نموده که به عنوان معتبرترین منابع اطلاعاتی در مورد تغییرات اقلیمی شناخته می‌شوند و تاکنون گزارش‌های ارزیابی اول، دوم، سوم و چهارم تهیه و منتشر کرده است. در سال ۲۰۱۴، گروه‌های کاری IPCC گزارش ارزیابی پنجم تغییر اقلیم را ارائه نموده‌اند. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم IPCC ارزیابی خود از سناریوهای جدید RCP تحت عنوان سناریوهای خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است (جعفرپور و کانونی، ۱۳۹۴).

با توجه به توسعه سریع صنعت و تکنولوژی و توجه کمتر به محیط زیست، اثرات منفی پدیده تغییر اقلیم در آینده شدت زیادی خواهد داشت که این موضوع به عنوان تهدید جدی، برای آینده بشریت بوده و بنابراین بررسی دقیق وضعیت اقلیم کره زمین و اثرات آن بر متغیرهای مختلف ضروری می‌باشد. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) با هدف اصلی شناخت جنبه‌های تغییر اقلیم و بخصوص چگونگی اثر فعالیت‌های انسانی بر آن، پس از بررسی، عنوان کرد که عوامل طبیعی و غیر طبیعی باعث برهم خوردن شرایط حاکم بر اجزاء مختلف اقلیم کره زمین می‌شود. این هیات از زمان شروع به کار خود

گردید. نتایج نشان داده است که مولفه بارش از یک روند مثبت و منفی معنی دار پیروی می کند. همچنین درجه حرارت متوسط نیز یک روند مثبت معنی دار با سطوح اعتماد ۹۰، ۹۹ و ۹۹/۹ درصد از خود نشان می دهند.

اشرف و آفاکوچک^۵ (۲۰۱۷) به بررسی و تحلیل تغییرات دما و بارش در دریاچه ارومیه در قرن ۲۱م پرداختند. نتایج حاکی از آن است که شاخص شدت گرما (سرما) روند مثبتی (منفی) را در حوضه دریاچه ارومیه در سه دهه گذشته نشان می دهد. در حالی که تغییرات ضعیفی در بارش مشاهده شده است.

رحیمی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) ریسک ناشی از تنش گرما در ذرت دانه ای استان خوزستان تحت شرایط تغییر اقلیم را در شش شهرستان مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، ابتدا اقلیم آینده این شهرستان ها با استفاده از داده های اقلیمی بلندمدت دوره پایه و با استفاده از روش AgMIP تحت دو سناریوی اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره ۲۰۶۹ - ۲۰۴۰ تولید شدند و سپس از مدل APSIM برای شبیه سازی رشد و عملکرد ذرت دانه ای استفاده شد. نتایج نشان داده است که در استان خوزستان تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 میانگین دما در طول فصل رشد به ترتیب ۲۹/۵ و ۳۷/۴ درجه سانتیگراد خواهد بود که نسبت به دوره پایه، ۸/۵ و ۳۴/۵۷ درصد افزایش خواهد داشت.

نیکبخت شهبازی (۱۳۹۷) به بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم پرداخته است. با این هدف، داده های اقلیمی مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت دو سناریوی واداشت تابشی در استان خوزستان استفاده گردیده است. نتایج نشان داده است که میزان دما بطور میانگین در کلیه ایستگاه های منتخب و در همه سناریوها تا ۴ درجه سانتیگراد افزایش یابد و این افزایش در مورد سناریو RCP8.5 از سناریو RCP4.5 بیشتر است. میزان میانگین بارش نیز در دوره های ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ کاهش یافته است.

میانگین متغیرهای اقلیمی به خصوص مؤلفه های دما و بارش در مقیاس سالانه یا فصلی، نقش مهمی در چرخه هیدرولوژی ایفا می نماید و معمولاً به عنوان شاخصی برای ارزیابی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می گیرند. بنابراین، در ارزیابی پارامترهای بارش و درجه حرارت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، این پارامترها ذاتاً از یک عدم اطمینان برخوردار بوده و اغلب تصمیم گیرندگان استنباط آن ها را سخت می دانند. در دهه های اخیر، ارزیابی و پیش بینی این پارامترها توسط مدل های اقلیمی صورت پذیرفته است (اسچابرت و لیم^۱، ۲۰۱۳).

بسیاری از تحقیقات گذشته روی تغییر اقلیم به بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی در مناطق مختلف ایران با مدل های گزارش چهارم که دارای قدرت تفکیک پذیری کمتری هستند پرداخته اند. از جمله این تحقیقات می توان به تحقیقات دلجو^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، زرقامی و همکاران^۳ (۲۰۱۱) و گوهری^۴ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود.

به نظر می رسد بررسی تغییر اقلیم نیاز به مدل های با وضوح بالاتر به ویژه مدل های گزارش پنجم IPCC دارد. مطالعاتی نیز در زمینه بررسی تغییرات اقلیم با مدل های گزارش پنجم IPCC انجام گرفته است. قهرمان و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تغییر اقلیم بر نیاز آبی و طول دوره رشد نیشکر در استان خوزستان تحت سناریوهای واداشت تابشی پرداخته اند. در این تحقیق داده های اقلیمی چهار ایستگاه اهواز، آبادان، دزفول و بستان برای تصحیح خروجی مدل های اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته اند. همچنین مدل EC-EARTH تحت دو سناریوی ۲.۶ و ۸.۵ مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده افزایش دما و بارش در ایستگاه های اهواز، بستان و آبادان است.

افشار و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل های گزارش پنجم IPCC در حوضه آبریز کشف رود تحت سناریوهای جدید انتشار RCP به بررسی تغییرات فصلی دما و بارش پرداختند. به منظور بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه مولفه های اقلیمی از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده

⁴ Gohari

⁵ Ashraf and Aghakochak

¹ Schubert and Lim

² Deljo

³ Zarghami

خوزستان استفاده گردید. انتخاب ایستگاه دوم به جهت تصحیح داده‌های ایستگاه اول است.

در ابتدا لازم است داده‌های دما و بارش تصحیح شوند. روشی که در این مقاله برای تصحیح داده‌ها استفاده شده است روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها می‌باشد.

شکل ۲ الف وضعیت نرمال ماهانه بارش را در طول دوره آماری برای محدوده مطالعاتی و ایستگاه مبنا در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، فصل تابستان بارندگی نزدیک صفر افتاده است. در فصل زمستان بارش بیش از ۳۰ میلی‌متر مشاهده می‌گردد. در ماه نوامبر نیز بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر روی داده است. در بقیه ماه‌ها بارش کمتر از ۲۰ میلی‌متر مشاهده شده است.

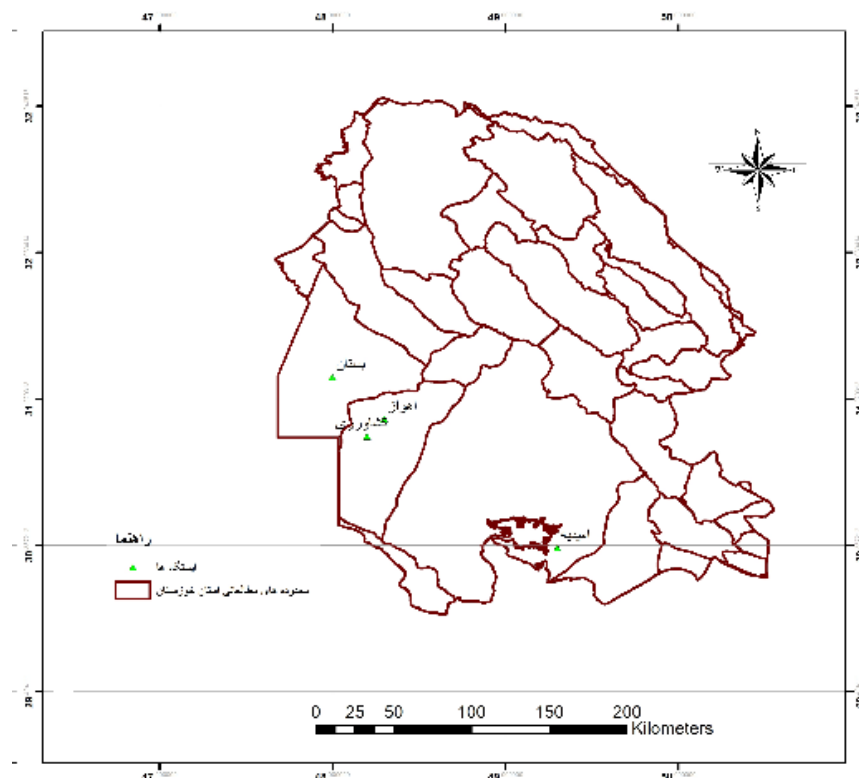
مطابق شکل ۲ ب بررسی میانگین نرمال ماهانه دمای معرف در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که حداقل دما در ماه ژانویه اتفاق افتاده است. حداقل دما در این ماه ۹ درجه بوده و حداکثر به ۱۵ درجه می‌رسد. حداکثر میانگین درازمدت دمای هوا در ماه ژوئای اتفاق افتاده است و برابر ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

با توجه به اهمیت و ضرورت پارامترهای دما و بارش در سیستم‌های منابع آب و سیستم‌های گیاهی و نیز ضرورت این بررسی‌ها بر اساس مدل‌های گزارش پنجم، هدف این تحقیق تعیین مدل‌های با عملکرد مناسب تغییر اقلیم برای جنوب اهواز (کشت و صنعت نیشکر) بر اساس گزارش پنجم IPCC تغییر اقلیم و تجزیه و تحلیل روند تغییرات فصلی و ماهانه دو مؤلفه اصلی بارش و درجه حرارت بر اساس آزمون من-کندال و مقایسه تغییرات این دو مؤلفه با دوره پایه در این محدوده می‌باشد.

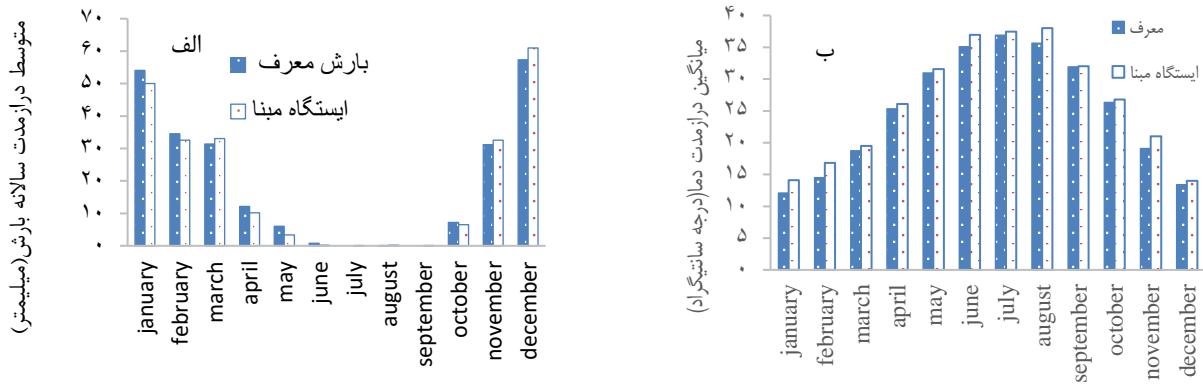
مواد و روش‌ها:

برای انجام مدل‌سازی اقلیمی در این پژوهش، ابتدا داده‌های متغیرهای اقلیمی شامل دمای متوسط و بارش متعلق به ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در محدوده کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر دریافت گردید.

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر (شکل ۱)، محدوده مطالعاتی اهواز جنوبی که شامل کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر می‌گردد، می‌باشد. به منظور انجام مطالعات، از داده‌های دو ایستگاه همدیدی در سطح استان



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده



شکل ۲- دما و بارش متوسط ماهانه ایستگاه کشاورزی (مبنا) و ایستگاه اهواز (معرف) در دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۰

آن نسبت به بقیه مدل‌ها بالاتر است. جذر میانگین مربعات در مورد پارامتر بارش متوسط، مقادیر خوبی را نشان می‌دهد. ضریب تعیین هیچ کدام از مدل‌ها برای این پارامتر رضایت-بخش نیست. این ضریب از ۴ تا ۳۳ درصد متغیر است. مدل CESM1-CAM5 دارای کمترین ضریب تعیین می‌باشد. نظر به عملکرد مدل‌های بررسی شده مطابق با جدول ۱، در این مطالعه از دو مدل EC-EARTH و CESM1-CAM5 به منظور بررسی تغییرات اقلیمی دمای متوسط و دو مدل EC-EARTH و BNU-ESM برای پارامتر بارش متوسط در محدوده مورد مطالعه تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 استفاده گردید. علت انتخاب این دو سناریو، خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) بودن آن‌ها می‌باشد. سپس، داده‌های دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و دوره آینده (۲۰۳۵-۲۰۱۶) برای این مدل‌ها تحت دو سناریوی ذکر شده به منظور بررسی روند تغییرات دما و بارش متوسط دریافت گردید.

بررسی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو (AOGCM) در شبیه‌سازی دما و بارش در دوره پایه

به منظور بررسی عملکرد مدل‌های AOGCM در شبیه‌سازی متغیرهای دما و بارش، در ابتدا داده‌های روزانه دما و بارش متوسط مورد تصحیح و تکمیل قرار گرفت و سپس سری زمانی متوسط محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید. پس از آن فایل داده‌های ماهانه دما و بارش ۶ مدل از مدل‌های گزارش پنجم IPCC در دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۱، تهیه و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و متوسط خطای مطلق (MAE) برای ارزیابی این مدل‌ها استفاده شد. پس از دریافت داده‌ها با استفاده از ابزار NETCDF در نرم‌افزار ARCGIS داده‌های مربوطه از سلول مورد نظر استخراج گردید.

با توجه به جدول ۱، نتایج برای پارامتر دمای متوسط نشان از پایین بودن نسبی جذر میانگین مربعات و بالا بودن ضریب تعیین دارد به جز مدل BNU-ESM که جذر میانگین مربعات

جدول ۱- عملکرد مدل‌های AOGCM در شبیه‌سازی دما و بارش متوسط

بارش		دما		متغیر اقلیمی
R ²	RMSE(mm)	R ²	RMSE(°C)	معیار عملکرد مدل
۰/۳۳	۳۱/۹۴	۰/۸۴	۶/۱۴	BNU-ESM
۰/۴	۲۵/۰۹	۰/۷۴	۱۱/۰۲۳	CESM1-CAM5
۰/۱۴	۲۵/۱	۰/۷۷۶	۴/۸	IPSL
۰/۲۸	۱۸/۷۸	۰/۹۹	۷/۱۳۷	EC-EARTH
۰/۲۳	۱۷/۱	۰/۴۱۲	۷/۴۵	HadGEM2-AO
۰/۱۳	۲۷/۹۸	۰/۷۹۸	۴/۶۲	GFDL-CM3

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, S > 0 \\ 0, S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

نتایج و بحث

ریز مقیاس سازی دما و بارش

در این مطالعه، نرم افزار LARS WG برای ریز مقیاس سازی دمای متوسط و بارش متوسط استفاده شد. ورودی نرم افزار داده‌های دمای متوسط و بارش متوسط دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ می‌باشند. سپس در بخش site analysis از مدل LARS WG توزیع‌های احتمالاتی مختلف به داده‌ها برازش شد و بهترین آن برازش‌ها انتخاب گردید. درستی این توزیع‌های برازش یافته در بخش Q test بررسی شده‌اند. در این مطالعه از پارامترهای T student و χ^2 برای بررسی درستی نتایج استفاده گردید. در جدول ۲ مقادیر این پارامترها ارائه شده است. برای دما χ^2 بین ۰/۰۶ تا ۰/۳۴، پارامتر استاتیکی p بین ۰/۴۳ تا ۱، پارامتر T student بین ۱/۱۲-۰/۰۸- و پارامتر استاتیکی p بین ۱۹/۹۶-۰/۰ متغیر می‌باشد. در مورد بارش، پارامتر χ^2 بین ۰/۱۸-۰/۰۶، پارامتر استاتیکی p بین ۱-۰/۹۵، پارامتر T student بین ۱/۱۴-۱/۵- و پارامتر استاتیکی p بین ۰/۴۱-۰/۹۵ متغیر می‌باشد.

سطح معنی دار برای ارزیابی خروجی LARS WG پنج درصد انتخاب گردید. در همه ماه‌ها مقادیر p بدست آمده برای سری‌های زمانی روزانه دما و بارش بیشتر از پنج درصد هستند. پس از ارزیابی مدل LARS-WG به بررسی داده‌های پیش‌بینی شده برای دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 و سه مدل EC-EARTH، BNU-ESM و CESM1-CAM5 پرداخته شد.

تغییرات دما و بارش در مقیاس منطقه‌ای

شکل ۳ متوسط تغییرات دما را برای الگوهای مختلف تغییر اقلیم نشان می‌دهد. این مقادیر برای متوسط دوره مورد بررسی (۲۰۱۶-۲۰۳۵) برای هر ماه در ایستگاه معرف نشان داده شده است. دمای متوسط در طول همه ماه‌ها برای همه

ریز مقیاس سازی

پس از تکمیل اطلاعات، برای تولید مقادیر بارش و دمای متوسط روزانه محدوده مورد مطالعه، از مدل ریز مقیاس LARS-WG استفاده شد. این مدل، مقادیر روزانه عناصر اقلیمی بارش متوسط، دما متوسط و ساعات آفتابی را مدلسازی می‌کند. در این مدل، لازم است مقادیر عناصر اقلیمی چهارگانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعات آفتابی (به صورت روزانه با تعیین روز شمار ژولوسوی) به مدل داده شود. این مدل، از روش‌های توزیع نیمه تجربی برای طول روزهای تر و خشک، بارش روزانه و ساعات آفتابی استفاده می‌کند. شبیه‌سازی رخداد بارش در این مدل با استفاده از سری‌های تر و خشک انجام می‌شود. طول هر سری به طور تصادفی از توزیع نیمه تجربی ماهانه خشک و تر انتخاب می‌شود.

آزمون من-کندال

در این پژوهش از آزمون من-کندال به منظور بررسی روند داده‌ها در سناریوی اقلیمی استفاده گردید. آزمون من-کندال به‌عنوان یک آزمون ناپارامتری برای تشخیص روند، توسط من (من^۱، ۱۹۴۵) و به‌عنوان یک آزمون توزیع آماری برای آزمون روند غیرخطی و نقطه عطف، توسط کندال (کندال^۲، ۱۹۵۵) فرموله گردید که در این آزمون پارامتر S به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, (x_j - x_i) > 0 \\ 0, (x_j - x_i) = 0 \\ -1, (x_j - x_i) < 0 \end{cases}$$

که در آنها، X_i و X_j داده‌های مربوط به نقاط t_i و t_j می‌باشند. آزمون آماری Z_c به‌صورت رابطه زیر بیان می‌گردد که مقادیر مثبت (یا منفی) برای Z_c نشان‌دهنده یک روند افزایشی (یا کاهش) می‌باشد α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و اگر Z_c از Z_{α} (آماره توزیع نرمال استاندارد) بیشتر باشد، روند تغییرات قابل ملاحظه و معنی دار می‌باشد. در این پژوهش از معادل پنج و یک درصد در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد به‌منظور تجزیه و تحلیل نتایج آزمون من-کندال به کار برده شد.

² Kendall

¹ Mann

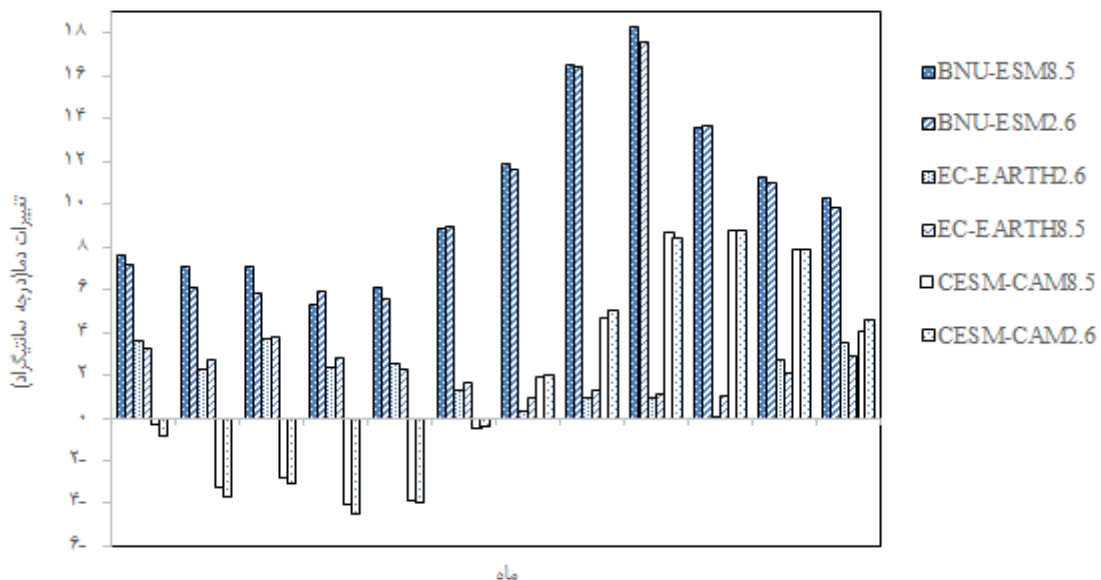
ماه‌های مختلف اتفاق می‌افتد. مدل CESM1-CAM5 در فصول بهار و زمستان بین ۰/۴ تا ۴ درجه کاهش دمای متوسط و در فصول تابستان و پاییز بین ۲ تا ۳ درجه افزایش دمای متوسط را نشان داده است.

الگوهای اقلیمی به جز مدل CESM1-CAM5 افزایش یافته است این افزایش در ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. حداکثر افزایش دمای متوسط در بین تمام الگوهای اقلیمی در سپتامبر مشاهده می‌گردد. حداقل افزایش دمای متوسط نیز در

جدول ۲- عملکرد مدل LARS WG در برآورد بارش و دما

ماه	بارش				دما			
	p value	t	p value	x ²	p value	t	p value	x ²
ژانویه	۰/۴۴	-۰/۱۸	۰/۹۶	۰/۰۹	۰/۹۶	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۱۲
فوریه	۰/۵۸	۱/۱۴	۰/۹۹	۰/۱۳	۰/۶۳	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۱۳
مارس	۰/۹۱	-۰/۸۷	۱	۰/۱۵	۰/۵۳	-۰/۳۴	۰/۹۲	۰/۰۷
آوریل	۰/۷۵	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۱۵
می	۰/۶۷	۰/۸۷	۱	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۱۶	۱	۰/۱۴
ژوئن	۰/۴۴	۰/۲۹	۰/۸۷	۰/۰۸	۰/۶۹	-۰/۰۸	۰/۵۹	۰/۰۸
جولای	۰/۴۱	-۰/۸۵	۰/۰۹۵	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۱۶	۰/۸۷	۰/۳۴
آگوست	۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۱۸	۰/۷۴	۰/۰۹
سپتامبر	۰/۹۲	-۱/۵	۰/۹۶	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۹۵	۱	۰/۰۶
اکتبر	۰/۷۶	۱/۲	۰/۷۴	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۸۴	۰/۴۳	۰/۰۷
نوامبر	۰/۶۴	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۱	۰/۶۴	-۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۱۲
دسامبر	۰/۹۵	۰/۲	۰/۷۸	۰/۰۷	۰/۶۲	۱/۱۲	۰/۶۶	۰/۱۵

دسامبر نوامبر اکتبر سپتامبر آگوست جولای ژوئن می آوریل مارس فوریه ژانویه



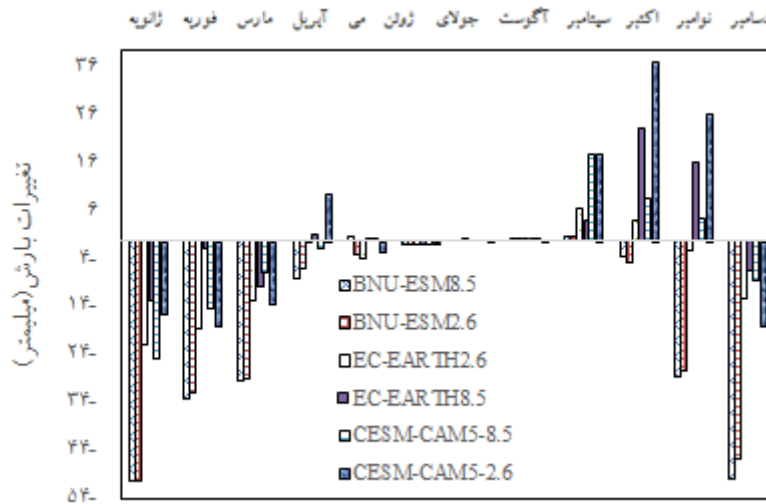
شکل ۳- تغییرات دمای متوسط ماهانه با مدل LARS WG و الگوهای تغییر اقلیم مختلف

۱۵ سال دما برای هر ماه در ایستگاه معرف نشان داده شده است. مقادیر بارش متوسط یک الگوی افزایشی یا کاهش دنیال

شکل ۴ متوسط تغییرات بارش متوسط را برای الگوهای اقلیمی در ایستگاه معرف نشان می‌دهد. این مقادیر برای متوسط

تغییرات فصلی دمای متوسط در محدوده مورد مطالعه در جدول ۳ خلاصه شده است. نتایج نشان می‌دهد که فصل تابستان در همه مدل‌ها افزایش دما مشاهده می‌گردد. در فصل بهار به جز مدل CESM1-CAM5- RCP8.5 بقیه مدل‌ها افزایش دما نشان می‌دهند.

نمی‌کنند. میزان کاهش بارش متوسط در فصل زمستان نسبت به سایر فصل‌ها مشهودتر است. در مدل BNU-ESM این کاهش بیشتر می‌باشد. در ماه سپتامبر افزایش بارش متوسط به میزان ۰/۹ میلی‌متر نسبت به دوره پایه اتفاق افتاده است. حداقل کاهش بارش متوسط در EC-EARTH RCP8.5 اتفاق افتاده است.



دسامبر نوامبر اکتبر سپتامبر آگوست جولای ژوئن می آوریل مارس فوریه ژانویه

شکل ۴- تغییرات بارش ماهانه با مدل LARS WG و الگوهای تغییر اقلیم مختلف

حداکثر کاهش بارش را در مقایسه با دیگر فصل‌ها دارد. در بهار، تابستان و پاییز هیچ روند خاصی مشاهده نمی‌گردد.

جدول ۴- تغییرات فصلی بارش متوسط در الگوهای اقلیمی مختلف (میلی‌متر)

مدل های اقلیمی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
EC-EARTH-RCP2.6	-۵/۵	۶/۶۲	-۱۰/۶۵	-۵۳/۰۲
EC-EARTH-RCP8.5	۰/۱۳	۱/۴۱	۱۱/۲۲	-۸
BNU-ESM-RCP2.6	-۳/۳۲	۰/۲	-۲۵/۹۴	-۳۷/۰۶
BNU-ESM-RCP8.5	-۲/۶۲	۰/۲۹	-۲۷/۴۵	-۳۷/۶۸
CESM1-CAM5-RCP2.6	۲/۲	۶/۲	۱۵/۴۴	-۱۵/۴۵
CESM1-CAM5-RCP8.5	-۰/۷۲	۵/۹۹	۱/۵۲	-۱۵/۳۱

مطابق شکل ۵، بررسی تعداد روزهای بارانی در الگوهای اقلیمی مختلف نشان می‌دهد که در همه الگوها این پارامتر در برخی سال‌ها بیشتر از مشاهدات و در برخی این پارامتر کمتر می‌باشد. تعداد روزهای بارانی متوسط این دوره مورد بررسی

در فصل پاییز تنها در الگوی اقلیمی CESM1-CAM5- RCP2.6 کاهش دمای متوسط قابل مشاهده است. در فصل زمستان در دو الگوی CESM1-CAM5- RCP2.6 و CESM1-CAM5- RCP8.5 کاهش دمای متوسط و در بقیه افزایش دمای متوسط وجود دارد.

جدول ۳- تغییرات فصلی دما در الگوهای اقلیمی مختلف (درجه سانتی‌گراد)

مدل های اقلیمی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
EC-EARTH-RCP2.6	۶/۳	۲/۴	۶/۴	۳/۱
EC-EARTH-RCP8.5	۲/۳	۱/۱۵	۲/۰۴	۳/۲۹
BNU-ESM-RCP2.6	۶/۸۶	۱۵/۲۷	۱۱/۵۲	۶/۴
BNU-ESM-RCP8.5	۶/۷۸	۱۵/۶۳	۱۱/۷۵	۷/۳۱
CESM1-CAM5-RCP2.6	۷/۱۲	۵/۱۹	-۲/۹۲	-۲/۵۱
CESM1-CAM5-RCP8.5	-۲/۷۹	۵/۰۹	۶/۹۱	-۲/۱۱

تغییرات بارش متوسط فصلی در محدوده مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که فصل زمستان

سطح ۹۵ درصد را نشان می‌دهد (شکل ۶ ب). در فصل تابستان این روند افزایشی در سطح ۹۹ درصد نیز معنی‌دار می‌باشد. الگوی اقلیمی CESM1-CAM5-RCP2.6 در فصل تابستان روند افزایشی در سطح ۹۵ درصد را نشان می‌دهد. در مدل CESM1-CAM5-RCP8.5 فصول پاییز و زمستان روند دمای متوسط روندی افزایشی در سطح ۹۵ درصد می‌باشد. کوثری و همکاران (۲۰۱۳) برای اهواز روند تغییرات دما را برای ماه‌های تیر و مرداد در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و افزایشی گزارش نموده‌اند.

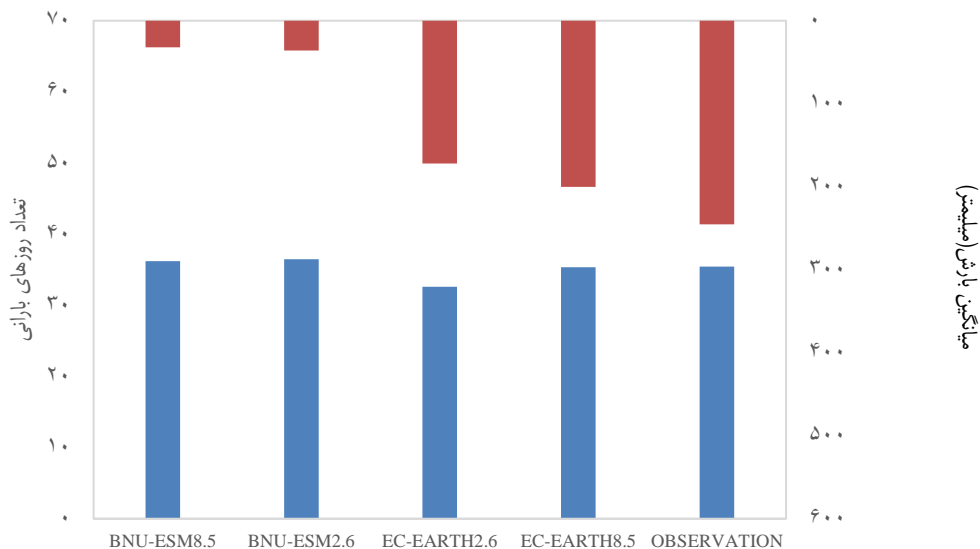
گوهردوست و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از آزمون من کندال نشان دادند افزایش دما در سطح ۹۹ درصد در بیشتر ماه‌ها برای شهرستان اهواز معنی‌دار است. پارامتر دمای متوسط در مقیاس سالانه در همه الگوهای اقلیمی در سطح ۹۰ درصد دارای روند مثبت می‌باشند. در مقیاس سالانه الگوهای EC-EARTH-RCP8.5، CESM-CAM5-RCP2.6 و CESM1-CAM5-RCP8.5 دارای روند مثبت در سطح ۹۵ درصد نیز می‌باشند.

در همه الگوهای اقلیمی بیشتر از متوسط تعداد روزهای بارانی دوره مشاهداتی می‌باشد.

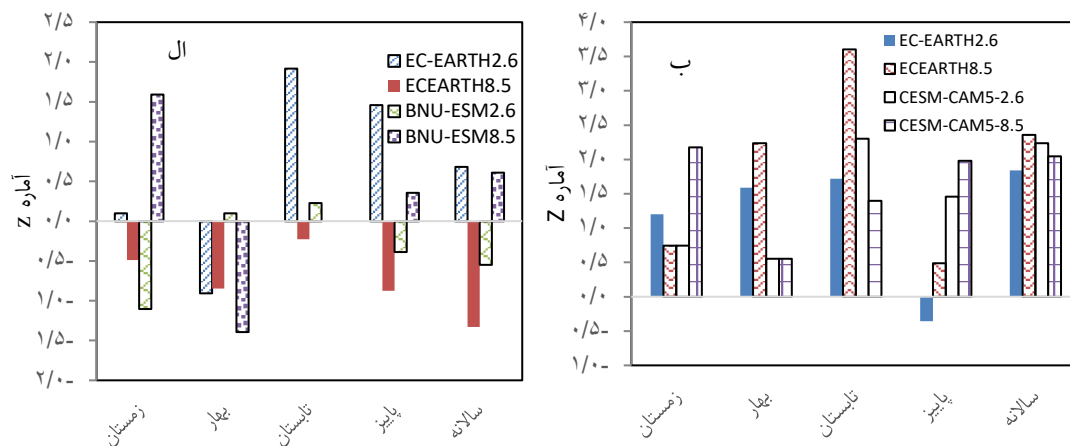
همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با وجود افزایش تعداد روزهای بارانی در الگوهای اقلیمی، بارش متوسط نسبت به مقادیر داده‌های مشاهداتی کاهش یافته است. تعداد روزهای بارانی در الگوی بارشی BNU-ESM-RCP2.6 بیشتر از سایر الگوهای اقلیمی می‌باشد. هرچند افزایش تعداد روز بارانی نسبت به دوره مشاهداتی قابل ملاحظه نیست.

بررسی تجزیه و تحلیل روند تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی با استفاده از آزمون من-کندال در شکل ۶ ارائه شده است. مطابق شکل ۶ الف پارامتر بارش متوسط در اکثر مدل‌ها و سناریوها از روند مثبت (افزایشی) و منفی (کاهش) معنی‌داری پیروی نمی‌کند. تنها الگوی اقلیمی EC-EARTH برای فصل تابستان روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۰ درصد را نشان می‌دهد.

در مورد پارامتر دمای متوسط الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP8.5 در فصول بهار و تابستان روند معنی‌دار افزایشی در



شکل ۵- تعداد روزهای بارانی و متوسط بارش در الگوهای اقلیمی مختلف



شکل ۶- روند فصلی بارش متوسط (میلیمتر) و دمای متوسط (درجه سانتیگراد) در الگوهای اقلیمی مختلف با آزمون من-کندال

و فصل‌های گرم را نشان داده است. ایستگاه سینوپتیک اهواز نیز یکی از ایستگاه‌های مورد بررسی این مطالعه می‌باشد که در این ایستگاه نیز روند مثبت معنی‌دار دما مشاهده شده است که با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. نتایج تحقیق انجام شده توسط رحیمی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) نیز مشابه نتایج تحقیق حاضر است. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در استان خوزستان تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 میانگین دما در طول فصل رشد به ترتیب ۲۹/۵ و ۳۷/۴ درجه سانتیگراد خواهد بود که نسبت به دوره پایه ۸/۵ و ۳۴/۵۷ درصد افزایش خواهد داشت. در تحقیق حاضر افزایش دمای بیشتری گزارش شده است که دلیل آن تفاوت مدل‌های تغییر اقلیم است.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که دمای متوسط منطقه مورد مطالعه در دوره ۲۰۳۵-۲۰۱۶ بین ۰/۵ تا ۴ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. این افزایش برای فصول زمستان و بهار بین ۰/۵ تا ۴ درجه سانتیگراد و برای فصول تابستان و پاییز بین ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین این منطقه شاهد کاهش بارش متوسط در اکثر ماه‌ها خواهد بود. بررسی تعداد روزهای بارانی نشان داد که در همه الگوهای اقلیمی این پارامتر افزایش یافته است. روند تغییرات فصلی بارش متوسط با استفاده از آزمون من-کندال نشان داده

بررسی و تحلیل حاصل از آزمون کندال^۱ توسط گوهردوست و همکاران (۱۳۹۷) در استان خوزستان نشان داده است که بارش در زمستان، بهار و پاییز در اکثر ایستگاه‌ها هیچ‌گونه روندی نداشته است. میزان تغییرات بارش سالانه در اکثر ایستگاه‌ها فاقد روند بوده است. دما در رامهرمز در تمام فصول روند افزایشی داشته است و همچنین بیشترین تغییرات تنوعی دما مربوط به فصل تابستان می‌باشد. دما در شمال شرق، جنوب و جنوب شرقی فاقد روند بوده ولی در نیمه غربی استان روند افزایشی داشته است. این نتیجه با نتیجه بدست آمده از تحقیق حاضر تطابق دارد.

بسیاری از مطالعات نشان‌دهنده افزایش دما در شرایط تغییر اقلیم هستند (زننگ^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، لیو^۳ و همکاران (۲۰۱۳)). در تحقیقی که توسط زننگ و همکاران (۲۰۱۲) انجام شده است به طور کلی تحت سناریوهای مختلف در همه‌ی مناطق استرالیا و تاریخ‌های کاشت گندم، میانگین دما افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش دما در طول فصل رشد از ۰/۶۱ تا ۳/۱۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به منطقه روما، کوئزلند بود. همچنین کمترین افزایش دما در طول فصل رشد با ۰/۴۵ تا ۱/۹۲ درجه سانتی‌گراد مربوط به منطقه کامینز بود.

مطالعات کوثری و همکاران (۲۰۱۳) نیز روند مثبت معنی‌دار دما در بیش از ۳۸ ایستگاه سینوپتیک کشور در ماه‌ها

³ Liu

¹ Kendall

² Zheng

7-Ashraf B. AghaKouchak A. 2017. Changes of climate extremes in Urmia lake basin: observations and multimodel ensemble projections. AGU Fall Meeting Abstracts.

8-Delju, A. H., Ceylan, A., Piguet, E. and M. Rebetez. 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. *Theoretical and applied climatology*, 111(1-2): 285-296.

9-Gohari A. Madani K. Mirchi A. Bavani A. M. 2014. System-Dynamics approach to evaluate climate change adaptation strategies for Iran's Zayandeh-Rud Water System. In *Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress* pp: 1598-1607.

10-Kendall, M. G. 1955. Rank Correlation Methods. Griffin, London, 196p.

11-Kousari, M., Ahani, H. and Hendizadeh, R., 2013. Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960–2005. *Global and Planetary Change*. 111: 97–110.

12-Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Journal of Econometrica*. 13(3):245-259.

13-Schubert S. D. and Lim Y. K. 2013. Climate variability and weather extremes: Model-simulated and historical data. *Journal of Extremes in a Changing Climate*, P:239–285. Springer. Netherlands. Doi: 10.1007/978-94-007-44790_9.

14-Zarghami M. Abdi A. Babaeian I. Hassanzadeh Y. and Kanani R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global food security—A review. Progress in Natural Science*, 12(12), 1665 and *Planetary Change*, 01(3), 130-146.

15-Zheng, B., Chenu, K., Dreccer, M.F., Chapman, S.C., 2012. Breeding for the future: what are the potential impacts of future frost and heat events on sowing and flowering time requirements for Australian bread wheat (*Triticum aestivum*) varieties? *Global Change Biology*. 18, 2899–2914.

است که پارامتر بارش متوسط در اکثر مدل‌ها و سناریو‌ها از روند معنی‌داری پیروی نمی‌کند. تنها روند افزایشی معنی‌دار در الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP2.6 برای فصل تابستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد وجود دارد. در مورد پارامتر دمای متوسط، الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP8.5 در فصول بهار و تابستان روند افزایشی بوده و به ترتیب در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار است. الگوی اقلیمی CESM1-CAM5-RCP2.6 در فصل تابستان روند افزایشی در سطح ۹۵ درصد نشان می‌دهد.

منابع

- ۱- افشار ا. ا. حسن زاده، ی. بسالت پوری ع. ا. و پوررضا بیلندی م. ۱۳۹۵. تغییرات فصلی بارش و درجه حرارت حوضه آبخیز کشف‌رود در دوره‌های آتی با رویکرد مدل‌های گردش کلی سری CMIP5. *مجله آب و خاک*، (۵) ۳۰: ۱۷۱۸-۱۷۳۲.
- ۲- جعفرپور، ش و امین کانونی. ۱۳۹۴. سناریوهای تغییر اقلیم در گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم و مقایسه آن با گزارش قبلی. دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.
- ۳- رحیمی مقدم، س.، کامبوزیا، ج، دیهیم‌فرد، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی ریسک ناشی از تنش گرما در ذرت دانه‌ای استان خوزستان تحت شرایط تغییر اقلیم. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۷۶۴-۷۴۹.
- ۴- قهرمان ن. بابائیان ا. طباطبائی م. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و طول دوره رشد گیاه نیشکر تحت سناریوهای واداشت تابشی. *مجله حفاظت منابع آب و خاک*. (۱) ۶: ۷۴-۶۳.
- ۵- گوهردوست، ا.، عظیمی، ف.، برنا، ر.، کردوانی، پ.، تحلیل روند تغییر اقلیم استان خوزستان با استفاده از مدل‌های آماری. *فصلنامه علمی-پژوهشی*، ۹۱-۹۹.
- ۶- نیکبخت شهبازی. ۱۳۹۷. بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. ۲۵ (۶): ۱۲۳-۱۳۹.

Investigating the trend of future climate change under the radiation induction scenarios using my non-parametric Kendall test (Case study: South of Ahvaz)

Mahboobe Ghasemi^{*1}, Abdali Naseri², Amir Soltani Mohammadi³, Hadi Moazed⁴

1- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Professor of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3- Associate Professor of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4- Retired professor of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

(Received: 28 Jul 2019, Revised: 22 Oct 2019, Accepted: 11 Nov 2019, Published online: 11 Nov 2019)

Abstract

This research was developed to assess future climatic changes in south of Ahvaz using General Circulation Models (GCM) based on IPCC-AR5. Temperature and precipitation data were extracted from 6 models in AR5. Then, EC-EARTH and CESM1-CAM5 for temperature and EC-EARTH and BNU-ESM for precipitation were used in LARS WG for downscaling. The results showed the temperature increase of 0.5 to 4 °C in winter and spring and 2 to 3 °C in summer and autumn. Precipitation will decrease in all months during 2016–2035 in this basin. This case study predicted the reduction of precipitation in most of the months. Investigation of the number of rainy days showed that this parameter had increased in all patterns. The results of the Mann-Kendall test also revealed that the precipitation could have variable positive and negative trends a statistically significant. Only EC-EARTH2.6 had an increasing trend for summer. This increase was significant at the 90 % confidence level. In the case of the temperature parameter, the EC-EARTH8.5 pattern was increased in spring and summer and it was statistically significant at the 95% level. This increase was significant at the 99 % confidence level for the summer season. CESM-CAM5-2.6 had an increasing trend significant at the 95 % confidence level in summer. CESM-CAM5-8.5 had an increasing trend significant at 95 % confidence level in autumn and winter. In the yearly scale, temperature parameter had an increasing trend significant at the 90 % confidence level.

Keywords: AR5, Man Kendall, Temperature, Precipitation

* Corresponding author:

Email Address: mq.en2009@gmail.com