

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 دکترای 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

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۰۶، تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۰)

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی تغییرات اقلیمی پیش بینی 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 BNU-ESM و EC-EARTH برای پارامتر بارش در محدوده مورد مطالعه تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 استفاده شد و تحت سناریوهای واداشت تابشی RCP2.6 و RCP8.5 با بهره گیری از LARS-WG ریزمقیاس سازی شدند. نتایج نشان داد دما در دوره ۲۰۱۶-۲۰۳۵ بین ۰/۵ تا ۴ درجه سانتی گراد نسبت به دوره پایه ۱۹۷۰-۲۰۰۰ 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 معنی داری 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 معنی دار افزایشی می‌باشد.

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

مقدمه

زیادی خواهد داشت که این موضوع به عنوان تهدید جدی،

برای آینده بشریت بوده و بنابراین بررسی دقیق وضعیت اقلیم

با توجه به توسعه سریع صنعت و تکنولوژی و توجه کمتر به

محیط زیست، اثرات منفی پدیده تغییر اقلیم در آینده شدت

برخوردار بوده و اغلب تصمیم گیرندگان استنباط آن‌ها را سخت می‌دانند. در دهه‌های اخیر، ارزیابی و پیش‌بینی این پارامترها توسط مدل‌های 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 مدل‌های گزارش چهارم که دارای قدرت تفکیک پذیری کمتری هستند پرداخته‌اند. از جمله این تحقیقات می‌توان به تحقیقات دلجو^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، زرقامی و همکاران^۳ (۲۰۱۱) و گوهری^۴ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود.

به نظر می‌رسد بررسی تغییر اقلیم نیاز به مدل‌های با وضوح بالاتر به ویژه مدل‌های گزارش پنجم IPCC دارد. مطالعاتی نیز در زمینه بررسی تغییرات اقلیم با مدل‌های 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 پرداخته‌اند. در این تحقیق داده‌های اقلیمی چهار ایستگاه اهواز، آبادان، دزفول و بستان برای تصحیح خروجی مدل‌های اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین مدل EC-EARTH تحت دو سناریوی ۲٫۶ و ۸٫۵ مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان‌دهنده افزایش دما و بارش در ایستگاه‌های اهواز، بستان و آبادان است.

افشار و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل‌های گزارش پنجم

کره زمین و اثرات آن بر متغیرهای مختلف ضروری می‌باشد. هیأت 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 هیأت از زمان شروع به کار خود 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. هیأت 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).

میانگین متغیرهای اقلیمی به خصوص مؤلفه‌های دما و بارش در مقیاس سالانه یا فصلی، نقش مهمی در چرخه هیدرولوژی ایفا می‌نماید و معمولاً به عنوان شاخصی برای ارزیابی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، در ارزیابی پارامترهای بارش و درجه حرارت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، این پارامترها ذاتاً از یک عدم اطمینان

³ Zarghami

⁴ Gohari

¹ Schubert and Lim

² Deljo

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، داده‌های 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 ایستگاه‌های 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 دوره‌های ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ کاهش یافته است.

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

IPCC در حوضه آبریز کشف‌رود تحت سناریوهای جدید انتشار RCP به بررسی تغییرات فصلی دما و بارش پرداختند. به منظور بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه مؤلفه‌های اقلیمی از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده گردید. نتایج نشان داده است که مؤلفه بارش از یک روند مثبت و منفی معنی‌دار پیروی می‌کند. همچنین درجه حرارت متوسط نیز یک روند مثبت معنی‌دار با سطوح اعتماد ۹۰، ۹۹ و ۹۹/۹ درصد از خود نشان می‌دهند.

اشرف و آقاکوچک^۱ (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 می‌دهد. در حالی که تغییرات ضعیفی در بارش مشاهده شده است.

رحیمی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) ریسک ناشی از تنش گرما در ذرت دانه‌ای استان خوزستان تحت شرایط تغییر اقلیم را در شش شهرستان مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، ابتدا اقلیم آینده این شهرستان‌ها با استفاده از داده‌های اقلیمی بلندمدت دوره پایه و با استفاده از روش AgMIP تحت دو سناریوی اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ تولید شدند و سپس از مدل APSIM برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داده است که در استان خوزستان تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5

¹ Ashraf and Aghakochoak

مواد و روش‌ها:

شکل ۲ الف وضعیت نرمال ماهانه بارش را در طول دوره

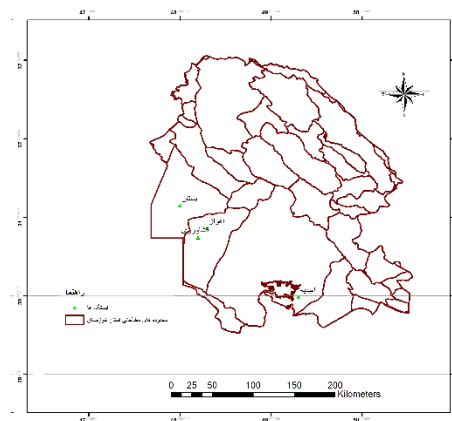
آماری برای محدوده مطالعاتی و ایستگاه مینا در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، فصل تابستان بارندگی نزدیک صفر افتاد است. در فصل زمستان بارش بیش از ۳۰ میلی‌متر مشاهده می‌گردد. در ماه نوامبر نیز بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر روی داده است. در بقیه ماه‌ها بارش کمتر از ۲۰ میلی‌متر مشاهده 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 ژولای اتفاق افتاده است و برابر ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

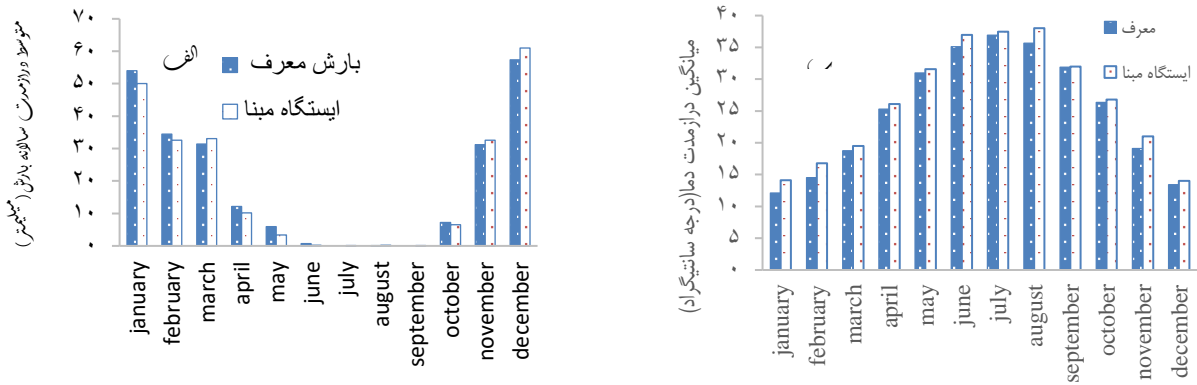
برای انجام مدل‌سازی اقلیمی در این پژوهش، ابتدا داده‌های متغیرهای اقلیمی شامل دمای متوسط و بارش متعلق به ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در محدوده کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر دریافت گردید.

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 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 ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده



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

مورد پارامتر بارش متوسط، مقادیر خوبی را نشان می‌دهد. ضریب تعیین هیچ کدام از مدل‌ها برای این پارامتر رضایت‌بخش 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 (۲۰۱۶-۲۰۳۵) 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 ۱۹۷۱-۲۰۰۵، 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 آن نسبت به بقیه مدل‌ها بالاتر است. جذر میانگین مربعات در

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

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

ریز مقیاس سازی

پس از تکمیل اطلاعات، برای تولید مقادیر بارش و دمای متوسط روزانه محدوده مورد مطالعه، از مدل ریزمقیاس 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 ژولوسوسی) 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 به عنوان یک آزمون ناپارامتری برای تشخیص روند، توسط من (من^۱، ۱۹۴۵) و به عنوان یک آزمون توزیع آماری برای آزمون روند غیرخطی و نقطه عطف، توسط کندال (کندال^۲، ۱۹۵۵) فرموله گردید که در این آزمون پارامتر S به صورت زیر تعریف می‌گردد:

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

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

² Kendall

¹ Mann

پارامترهای T student و x^2 برای بررسی درستی نتایج استفاده گردید. در جدول ۲ مقادیر این پارامترها ارائه شده است. برای دما x^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 x^2 بین ۰/۰۶/۱۸-۰/۰-، پارامتر استاتیکی p بین ۱-۰/۹۵، پارامتر T student بین ۱/۱۴-۱/۵- و پارامتر استاتیکی p بین ۰/۹۵-۰/۴۱ متغیر می‌باشد.

سطح معنی‌دار 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 CESM1-CAM5، BNU-ESM، EC-EARTH و 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 الگوهای اقلیمی به جز مدل CESM1-CAM5 افزایش یافته

که در آنها، X_i و X_j داده‌های مربوط به نقاط نام و لازم می‌باشند. آزمون آماری Z_c به صورت رابطه زیر بیان می‌گردد که مقادیر مثبت (یا منفی) برای Z_c نشان‌دهنده یک روند افزایشی (یا کاهش) می‌باشد α سطح معنی‌داری 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 معنی‌دار می‌باشد. در این پژوهش از معادل پنج و یک درصد در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد به منظور تجزیه و تحلیل نتایج آزمون من-کندال به کار برده شد.

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

نتایج و بحث

ریزمقیاس‌سازی دما و بارش

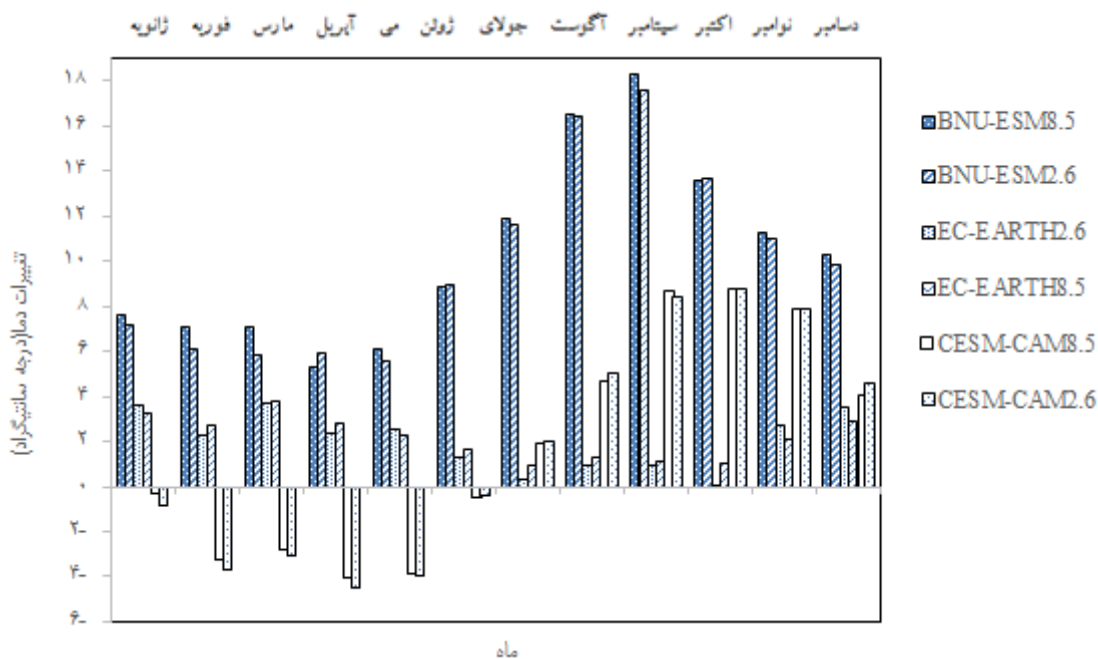
در این مطالعه، نرم‌افزار LARS WG برای ریزمقیاس‌سازی دمای متوسط و بارش متوسط استفاده شد. ورودی نرم افزار داده‌های دمای متوسط و بارش متوسط دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ می‌باشند. سپس در بخش site analysis از مدل LARS WG توزیع‌های احتمالاتی مختلف به داده‌ها برازش شد و بهترین آن برازش‌ها انتخاب گردید. درستی این توزیع‌های برازش یافته در بخش Q test بررسی شده‌اند. در این مطالعه از

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
اگوست	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

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 ماه‌های 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.

مختلف اتفاق می‌افتد. مدل CESM1-CAM5 در فصول بهار

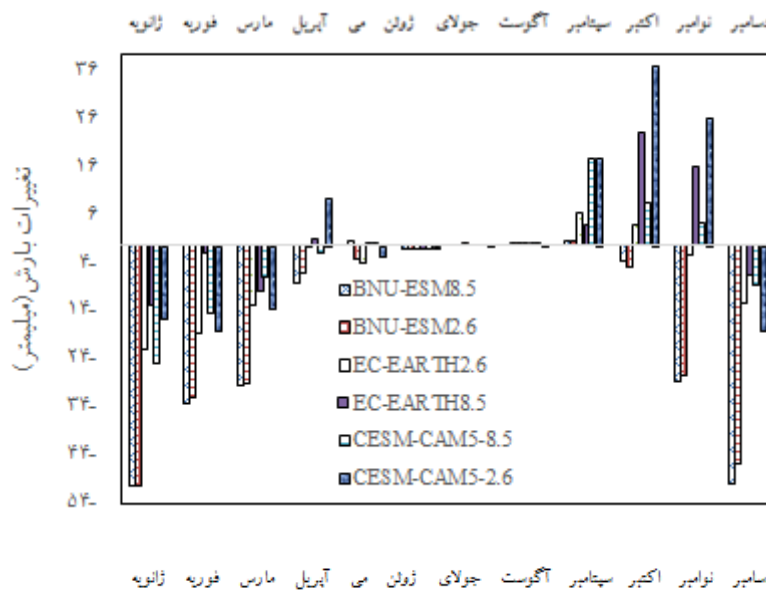


شکل ۳- تغییرات دمای متوسط ماهانه با مدل LARS WG و الگوهای تغییر اقلیم مختلف

کاهش بارش متوسط در EC-EARTH RCP8.5 اتفاق افتاده است.

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.

شکل ۴ متوسط تغییرات بارش متوسط را برای الگوهای اقلیمی در ایستگاه معرف نشان می‌دهد. این مقادیر برای متوسط ۱۵ سال دما برای هر ماه در ایستگاه معرف نشان داده شده است. مقادیر بارش متوسط یک الگوی افزایشی یا کاهشی دنبال 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



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

CESM1-CAM5- RCP8.5 کاهش دمای متوسط و در بقیه افزایش دمای متوسط وجود دارد.

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

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 (کاهشی) معنی داری پیروی نمی‌کند. تنها الگوی اقلیمی EC-RCP2.6 - 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 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.

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

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 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)

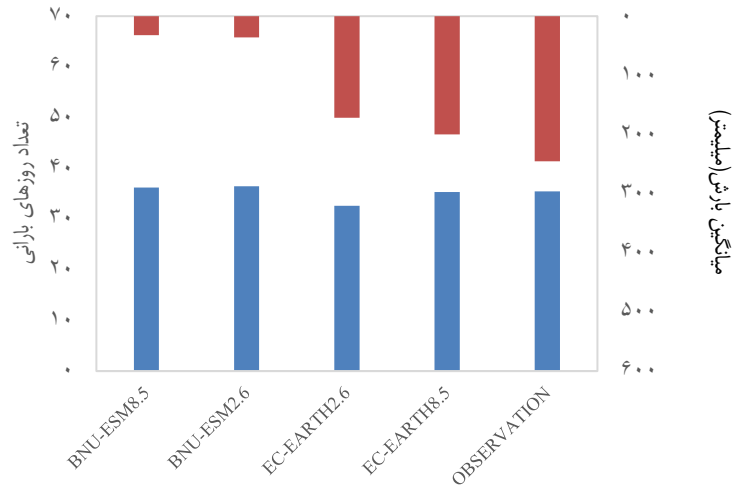
مدل های اقلیمی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
EC-EARTH-RCP2.6	-۵/۵	۶/۶۲	-۱۰/۶۵	-۵۳/۰۲
EC-EARTH-RCP8.5	۰/۱۳	۱/۴۱	۱۱/۲۲	-۸
BNU-ESM-RCP2.6	-۳/۳۲	۰/۲	-۲۵/۹۴	-۳۷/۰۶
BNU-ESM-RCP8.5	-۲/۶۲	۰/۲۹	-۲۷/۴۵	-۳۷/۶۸
CESM1-CAM5-RCP2.6	۲/۲	۶/۲	۱۵/۴۴	-۱۵/۴۵
CESM1-CAM5-RCP8.5	-۰/۷۲	۵/۹۹	۱/۵۲	-۱۵/۳۱

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

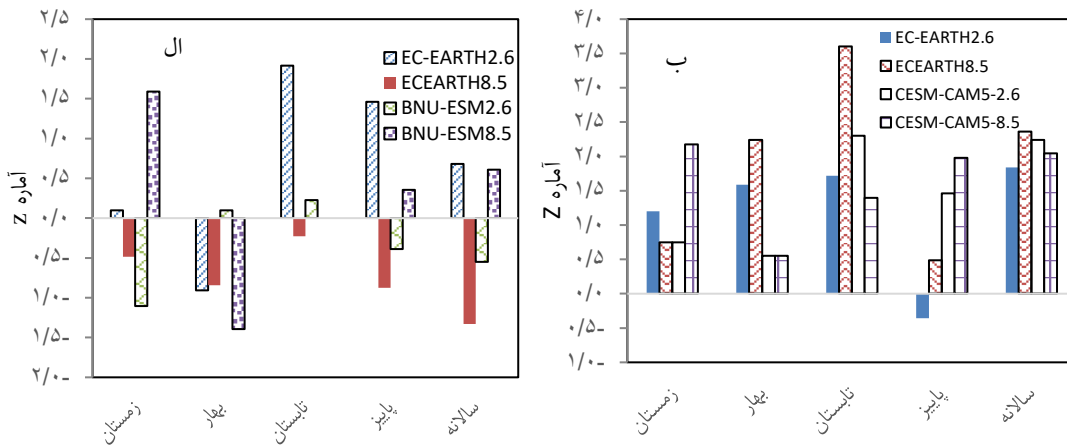
همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با وجود افزایش تعداد روزهای بارانی در الگوهای اقلیمی، بارش متوسط نسبت به مقادیر داده‌های مشاهداتی کاهش یافته است. تعداد روزهای

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.



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

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

^۱ Kendall

این ایستگاه نیز روند مثبت معنی دار 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.

نتیجه گیری

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 در الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP2.6 برای فصل تابستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد وجود دارد. در مورد پارامتر دمای

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^۱ و همکاران (۲۰۱۲)، لیو^۲ و همکاران (۲۰۱۳)). در تحقیقی که توسط زننگ و همکاران (۲۰۱۲) انجام شده است به‌طور 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 معنی دار دما در بیش از ۳۸ ایستگاه سینوپتیک کشور در ماه‌ها و فصل‌های گرم را نشان داده است. ایستگاه سینوپتیک اهواز نیز یکی از ایستگاه‌های مورد بررسی این مطالعه می‌باشد که در داده است که پارامتر بارش متوسط در اکثر مدل‌ها و سناریوها از روند معنی داری پیروی نمی‌کند. تنها روند افزایشی معنی دار

² Liu

¹ Zheng

متوسط، الگوی اقلیمی EC-EARTH-RCP8.5 در فصول بهار و تابستان روند افزایشی بوده و به ترتیب در سطح ۹۵ و ۹۹ نشان می دهد.

درصد معنی دار است. الگوی اقلیمی CESM1-CAM5- RCP2.6 در فصل تابستان روند افزایشی در سطح ۹۵ درصد

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 کشف رود در دوره های آتی با رویکرد مدل های 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 بین الدول تغییر اقلیم و مقایسه آن با گزارش قبلی. دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.
- ۳- رحیمی مقدم، س.، کاموزیا، ج، دیهم فرد، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی ریسک ناشی از تنش گرما در ذرت دانه ای استان خوزستان تحت شرایط تغییر اقلیم. تنش های 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: ۶۳-۷۴.
- ۵- گوهر دوست، ا.، عظیمی، ف.، برنا، ر.، کردوانی، پ.، تحلیل روند تغییر اقلیم استان خوزستان با استفاده از مدل های 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 پژوهش های حفاظت آب و خاک. (۶) ۲۵: ۱۲۳-۱۳۹.
- 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.