

۰/۹۱ درصد افزایش خواهد داشت. میانگین دمای حداکثر ۱/۷-۲/۲ سانتی‌گراد و دمای حداقل ۱/۵۶-۱/۸۸ سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت. در ایستگاه کیاسر نیز مقدار بارندگی در دوره پایه ۵۲۸/۴۶ میلی‌متر می‌باشد که تحت سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 در هر دو مدل در آینده بین سال‌های (۲۰۲۱-۲۰۶۰) به میزان ۰/۹۶ - ۰/۸۷ درصد افزایش خواهد داشت. میانگین دمای حداکثر ۲/۱۸-۱/۷۲ سانتی‌گراد و دمای حداقل ۱/۸۲-۱/۶۲ سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گردش عمومی جو، روند، مدل‌سازی، استان مازندران.

مقدمه

بررسی روند داده‌های آب‌وهوایی ثبت شده در دهه‌های گذشته، مطالعات دیرینه‌شناسی و نتایج خروجی تمامی مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی کننده اقلیم، نشان‌دهنده بروز تغییرات غیرقابل اغماض در اقلیم جهانی است. بدون شک این تغییرات حاصل تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی بوده که از دیاد گازهای گلخانه‌ای را به دنبال داشته است. اثر گلخانه‌ای خودبه‌خود مضر نیست بلکه باعث حیات روی کره زمین شده است، اما تشدید اثر گلخانه‌ای از طریق افزایش دما و تغییرات الگوهای بارش باعث تغییر اقلیم و افزایش مقادیر حدی آب‌وهوایی می‌شود و در نتیجه حیات روی کره زمین را در معرض خطر قرار می‌دهد. دلایل اصلی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای عبارت‌اند از مصرف سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی جنگلی و مرتعی (تأثیر برجذب هم دارد)، گسترش دامداری‌ها، گسترش تولید و استفاده از کودهای نیتروژنه، ضایعات صنعتی و لندفیل‌ها [۲۴] بروز و تشدید پدیده‌های حدی مانند طوفان‌های سهمگین، یخبندان‌های نابهنگام، خشک‌سالی‌ها و موارد مشابه، نتیجه چنین تغییراتی است که ما را در برخورد با تهدیدی جهانی به یقین رسانده است [۷] در بین عناصر مختلف اقلیم، دما و بارش به دلیل تأثیر بر سایر عوامل و بخصوص تأثیراتی که بر فعالیت‌های بشر دارند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند به طوری که تقریباً بیش‌ترین نمود تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین روی این دو پارامتر متمرکز شده است [۳] تغییرات اقلیم در دهه‌های اخیر اثرات مهم و معنی‌داری بر عملکرد اکوسیستم‌ها از مقیاس جهانی تا مقیاس‌های کوچک محلی گذاشته

پیش‌بینی تغییرات پارامترهای بارش، دما و تابش تحت سناریوهای اقلیمی مناطق کوهستانی مرتفع البرز میانی

مهرنوش پارسا^۱، حسین بارانی^۲، افشین سلطانی^۳، عبدالرضا بهره‌مند^۴، حسن

قلیچ‌نیا^۵

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

DOI:10.22034/wmji.2024.2026652.1063

چکیده

تغییر اقلیم، از بزرگ‌ترین چالش‌هایی است که بشر در قرن بیست و یک با آن مواجه بوده است چراکه می‌تواند اثرات شدیدی بر منابع آب، کشاورزی، انرژی و حتی زیست اقلیم انسان داشته باشد. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی در چهار سایت پلور، رینه، کنگرچال و پشتکوه استان مازندران با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو می‌باشد. داده‌های مدل‌های IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 تحت سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 گزارش پنجم برای ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی با ریزگردان آماری LARS WG ریزمقیاس شده‌اند. پس از انجام واسنجی، صحت سنجی و مدل‌سازی داده‌ها در دو ایستگاه (آبعلی و کیاسر) کارایی مدل‌ها از نظر مقدار انطباق داده‌های مشاهده شده با مقدار شبیه‌سازی شده با استفاده از شاخص $RMSE$ ، R^2 ، MAE ارزیابی گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل‌های IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 نتایج قابل قبولی به دست می‌دهند در ایستگاه آبعلی مقدار بارندگی در دوره پایه ۵۴۲/۰۸ میلی‌متر می‌باشد تحت سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 در هر دو مدل IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 در آینده بین سال‌های (۲۰۲۱-۲۰۶۰) به میزان ۰/۹۷-

۱- دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشکده ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و نویسنده مسئول
Email: mehrynush_parsa65@yahoo.com

۲- دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- استاد گروه منابع طبیعی، دانشکده ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

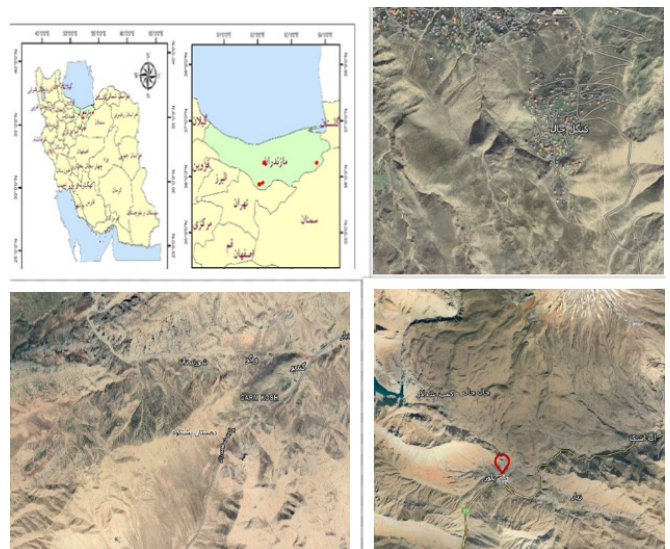
۵- دانشیار پژوهش - بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات و آموزش ترویج کشاورزی، ساری، ایران

است [۲۶]. ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، همواره با کم آبی و خشک سالی های متناوب مواجه بوده است. وقوع خشک سالی می تواند با کاهش موجودیت منابع آب شیرین، باعث بروز خسارت های زراعی و هیدرولوژیکی شود [۹]. لذا، تعیین الگوی تغییرات زمانی و مکانی بارش برای طراحی و مدیریت بهینه فعالیت های مرتبط با آب نظیر تعیین مناطق مستعد برای کشت دیم، مطالعات فرسایش خاک، هیدرولوژیکی و آبخیزداری و مدیریت منابع آب ضروری است [۱۷]. معتبرترین ابزار، جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سامانه های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل های جفت شده گردش عمومی جوی- اقیانوسی می باشد [۱]. این مدل ها سناریوهای اقلیمی از جمله داده های بارش و دما آینده را برای سراسر کره زمین شبیه سازی می کنند. با توجه به این که مدل های جهانی عناصر اقلیمی را تا آستانه سال ۲۱۰۰ میلادی شبیه سازی نموده اند، امکان استفاده از داده های مدل های جهانی به منظور شبیه سازی متغیرهای مورد نظر نظیر دما و بارش در سطح حوزه های آبخیز و حتی مقیاس نقطه ای (ایستگاه های هواشناسی) وجود دارد. این مدل ها برای محاسبه هر یک از متغیرهای اقلیمی نیازمند محاسبه، ذخیره و تکرار محاسبات در هر یک از نقاط شبکه می باشند [۲۱]. این مدل ها قابل استفاده در مطالعات کاربردی با ابعاد کوچک تر از خود نیستند. از این رو مدل های جهانی برای استفاده در مطالعات هیدرولوژیکی باید ریزمقیاس شوند [۲۷]. یکی از مشهورترین مدل های مولد داده های تصادفی وضع هوا LARS-WG است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت های بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می رود. مدل LARS-WG برای مدل سازی متغیرهای هواشناسی توزیع های آماری پیچیده ای را به کار می برد. مبنای این مدل برای مدل سازی طول دوره های خشک و تر، بارش روزانه و سری های تابش توزیع نیمه تجربی می باشد. خروجی های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می باشند. بررسی شاخص هایی مانند افزایش دما و کاهش بارش در ایران نشان داده از سال ۱۳۵۵-۱۳۹۵ دمای کشور نسبت به میانگین بلندمدت ۱/۵ درجه سانتی گراد افزایش و نسبت به میانگین بلندمدت ۱۳۹۵-۱۳۷۶ بارش کشور نسبت به میانگین بلندمدت ۱۴ درصد کاهش داشته است. اشرف و همکاران [۲] در تحقیقی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی مشهد در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ را با استفاده از داده های شبیه سازی شده مدل LARS-WG بررسی نموده و نتایج حاصل نشان از توانمندی بالای این مدل مولد داده های هواشناسی در تولید داده های روزانه پارامترهای اقلیمی داشت. درزی نفت چالی و همکاران [۶] با بررسی اهمیت پارامترهای اقلیمی بر تولید در استان مازندران با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی LARSWG کارایی قابل قبول مدل را برای شبیه سازی اقلیم آینده بررسی کردند. پیش بینی ها نشان داد که میانگین دمای حداقل و حداکثر ماهانه در ماه های گرم بیش تر از مقدار آن ها در ماه های سرد افزایش خواهد

یافت. حجازی زاده و همکاران [۱۰] برای دستیابی به بازتولید داده های اقلیمی و مقایسه سناریوهای مدل گردش عمومی جو از سه متغیر مهم اقلیمی شامل بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه در استان سمنان استفاده کرده اند. شرقی و همکاران [۲۲] به منظور بررسی تغییر اقلیم از مدل گردش عمومی جو CSIRO-MK36 تحت سه سناریو RCP2/6، RCP4/5 و RCP8/5 استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو روش، حداکثر دما، مشابه با حداقل دما، برای تمام فصول روند افزایشی در دوره آتی برای تمام سناریوها داشته است. خدامرادپور و همکاران [۱۲] خروجی های دمای مدل RegCM جفت شده با طرح واره سطح CLM4/5 و مدل دریاچه با شرایط مرزی مدل CSIRO-MK36 تحت سناریوی RCP4/5 در شمال غرب و غرب کشور در دوره ارزیابی (۲۰۱۵ - ۲۰۰۶) و دوره پیش بینی (۲۰۲۵ - ۲۰۱۶) مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی مدل نشان از عملکرد مناسب مدل، در برآورد بیشینه، کمینه و به ویژه میانگین دمای هوا در مقیاس زمانی روزانه، به دلیل خطاهای کوچک تر و ضریب کارایی مثبت و بالای مدل، دارد. دماهای بیشینه، میانگین و به ویژه کمینه دمای هوا در دوره پیش بینی نسبت به دهه اخیر در اکثر ماه ها، افزایش می یابد. قدمی دهنو و همکاران [۸] عملکرد ۶ مدل گردش عمومی جو از مدل های CGCM3، HADCM3، NCARPCM، GFDL30، CGCM^۳ از مجموعه CSIROMK3 و AR در شبیه سازی پارامترهای اقلیمی دمای میانگین و بارش حوزه سزار مورد ارزیابی قرار دادند و بیان کردند که مدل CSIROMK3 و CGCM1 بیش ترین اختلاف را با پارامترهای اقلیمی مشاهداتی دارند. پناهی و همکاران [۱۸] از داده های گزارش پنجم مدل CSIRO تحت سه سناریو RCP8/5، RCP4/5 و RCP2/6 برای دوره آتی ۲۱۰۰-۲۰۲۰ و هم چنین از دو روش ریزمقیاس نمایی LARSWG و روش دلتا برای شبیه سازی بارش، دمای حداقل و حداکثر در استان آذربایجان شرقی استفاده کردند. نتایج نشان داد میزان بارش در اکثر فصول تحت سناریوهای انتشار روند کاهشی داشته است. مخبری و همکاران [۱۵] به بررسی عملکرد مدل های AOGCM پرداختند. نتایج نشان داد میانگین بارش آتی (۲۰۵۰-۲۰۲۱) در کل حوضه نسبت به میانگین بارش مشاهداتی در طول دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ در هر دو مدل و سناریوها، در دو حوضه از نظر مقدار و مساحت پهنه بارشی، روند کاهشی داشته است. بیش تر بارش ها در حوضه کارون بزرگ در تمامی سناریوها و مدل ها در شرق حوضه متمرکز بوده است. بیش ترین بارش را مناطق کوهپایه ای مرکزی دریافت کرده است. کم ترین دریافت بارش جنوب غرب و جنوب شرق است. تحقیقات انجام شده مؤید کاربرد مؤثر ریزگردان LARSWG و کارایی قابل قبول مدل های پیش بینی کننده آب و هوایی می باشد. در این تحقیق سعی شده است به بررسی تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل سازی داده های اقلیمی تحت سناریوهای میانه و بدبینانه برای آینده (۲۰۶۰-۲۰۲۱) پرداخته شود تا با برآورد میزان این تغییرات بتوان گام مهمی در برنامه ریزی های ناحیه ای برداشت.

معرفی مناطق مورد مطالعه

منطقه پلور در استان مازندران و در امتداد رشته‌کوه‌های البرز و در فاصله ۱۰۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان آمل در محدوده بخش لاریجان قرار دارد. دامنه ارتفاعی آن بین ۲۳۶۱ تا ۲۶۳۸ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۵۴۵ میلی‌متر می‌باشد. منطقه رینه در استان مازندران و در امتداد رشته‌کوه‌های البرز و در فاصله ۹۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان آمل در محدوده بخش لاریجان قرار دارد. دامنه ارتفاعی آن بین ۲۴۴۱ تا ۲۶۷۹ متر از سطح دریا و میزان بارندگی به‌طور متوسط حدود ۵۴۲/۳ میلی‌متر در سال برآورد شده است. منطقه کنگرچال در استان مازندران و در امتداد رشته‌کوه‌های البرز و در فاصله ۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهر چمستان در محدوده منطقه نور قرار دارد. دامنه ارتفاعی آن بین ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا است. منطقه پشتکوه در ارتفاع ۱۷۰۰-۱۵۰۰ در ارتفاعات جنوب شرق ساری قرار دارد [۳۰]. موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان و کشور در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان و کشور

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

سایت	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دامنه ارتفاعی (متر)
پلور	۵۲°۴۶'	۳۵°۴۹'	۲۳۶۱-۲۶۳۸
رینه	۵۲°۰۷'	۳۵°۰۵'	۲۴۴۱-۲۶۷۹
کنگرچال	۵۲°۱۲'	۳۶°۱۵'	۲۴۰۰-۲۵۰۰
پشتکوه	۵۲°۴۶'	۳۶°۱۴'	۱۷۰۰-۱۵۰۰

جدول ۲: ایستگاه‌های هواشناسی به همراه موقعیت جغرافیایی آن‌ها واقع در منطق کوهستانی البرز میانی

شماره	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	دوره آماری	طول	عرض	ارتفاع (متر)
۱	کیاسر	سینوپتیک	۲۰۰۲-۲۰۲۰	۵۳°۴۶'	۳۶°۱۵'	۱۷۰۰
۲	آبعلی	سینوپتیک	۱۹۸۳-۲۰۱۶	۵۱°۰۸'	۳۵°۰۷'	۲۴۶۵

جمع‌آوری داده‌های اقلیمی منطقه

در این پژوهش به‌منظور بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی استان مازندران، از داده‌های روزانه ۲ ایستگاه سینوپتیک استان مازندران استفاده شد. پارامترهای مورد استفاده شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر، ساعات آفتابی و مقدار بارندگی بود. آمار مورد نیاز دما و بارش روزانه ایستگاه‌های آبعلی و کیاسر برای دوره آماری از سال‌های (۲۰۱۶-۱۹۸۳) ایستگاه آبعلی و (۲۰۲۰-۲۰۰۲) ایستگاه کیاسر (از طریق اداره کل هواشناسی استان تهران و استان مازندران دریافت گردید. داده‌های مربوط به مدل گردش عمومی جو در بانک اطلاعاتی ضمیمه مدل LARSWG وجود دارند که با انتخاب آن‌ها در پنجره لارس، مدل، داده‌های مربوط به آن GCM را فراخوانی نمود. در این مطالعه کارایی ۱۹ مدل گردش عمومی جو مقایسه گردیدند و از بین آن‌ها دو مدل برای بارندگی و دمای ایران مناسب شناخته شدند. اطلاعات موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و سال تأسیس آن‌ها از سازمان هواشناسی کل کشور تهیه شد. آمار هواشناسی دوره پایه شامل دمای حداکثر (Tmax, °C)، دمای حداقل (Tmin, °C) و بارندگی (PR, mm) برای ۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. مقادیر تشعشع روزانه (SRAD, MJ m⁻² d⁻¹) با استفاده از تعداد ساعت آفتابی محاسبه شد [۲۳].

آزمون تعیین روند من کندال

تحلیل روند از جمله مهم‌ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی مانند سری‌های مشاهداتی دما در نقاط مختلف جهان استفاده شده است. یکی از این آزمون‌های ناپارامتری که برای تعیین روند در سری‌های زمانی هیدرو اقلیمی، زیاد مورد استفاده قرار گرفته است آزمون من-کندال می‌باشد [۵]. آزمون من-کندال در ابتدا توسط من [۱۴] و به‌عنوان یک آزمون ناپارامتری برای تعیین روند به وجود آمد و توسط کندال [۱۱] تغییر و اصلاح یافته است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به توزیع غیر نرمال سری‌های دما و بارش از روش ناپارامتریک من کندال بهره گرفته شد. برای انجام آزمون من کندال از افزونه xlstat در نرم‌افزار اکسل بهره‌گیری شد. برای انجام این آزمون ابتدا باید آماره S را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، X_i مقدار داده i ام، n تعداد داده‌ها و sgn تابع علامت بوده و با رابطه زیر قابل محاسبه است.

رابطه ۲

$$\text{sgn} = \begin{cases} 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ 1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

در این آزمون هر داده‌ها تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای مقادیر اصلی داده‌ها از مرتبه داده‌ها در مجموعه موردنظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه داده‌ها را به همین روش مقایسه نمود. این آزمون یک آزمون بر پایه مرتبه داده‌ها می‌باشد. با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند. میانگین و واریانس S از روابط زیر به دست می‌آید:

رابطه ۳

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

در رابطه بالا n تعداد داده‌ها m تعداد گره‌ها و t تعداد داده در هر گره می‌باشد. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده بیش‌تر از یکی وجود داشته باشد این مقدار مساوی، تشکیل یک گره آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید [۵].

رابطه ۴

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

این آزمون یک آزمون دو طرفه است بنابراین در صورتی که $|Z| \leq z_{\alpha/2}$ باشد در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند) در صورتی که $S > 0$ باشد سری زمانی دارای روند مثبت و در صورتی که $S < 0$ باشد سری زمانی دارای روند منفی خواهد بود.

یکی از مشهورترین نرم‌افزارهای مولد داده‌های تصادفی وضع هوا LARSWG است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، دماهای بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط تغییر اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود. نسخه اولیه در بوداپست در سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از طرح ارزیابی آسیب‌پذیری کشاورزی در مجارستان ابداع شد. در این نرم‌افزار از روش زنجیره مارکوف برای شبیه‌سازی رخداد بارش استفاده می‌شود [۴]. با توجه به این‌که داده‌های گزارش پنجم را می‌توان از این مدل برداشت کرد برای تحقیق حاضر از LARS WG استفاده شد. در این مدل، لازم است مقادیر عناصر اقلیمی چهارگانه دمای کمینه،

دمای بیشینه، بارش و ساعات آفتابی به صورت روزانه به مدل داده شود. فرایند تولید داده‌های مصنوعی به وسیله مدل LARS-WG سه مرحله انجام می‌شود [۲۰] الف) کالیبره کردن مدل ب) ارزیابی مدل ج) تولید پارامترهای هواشناسی در این تحقیق از خروجی مدل‌های CSIRO-MK36 و IPSL-CM5A-MR استفاده شد. این مدل‌ها یکی از مدل‌های معرفی شده به وسیله IPCC است که با استفاده از خروجی‌های این مدل مطالعات مختلفی در مناطق مختلف ایران (آذربایجان شرقی و غربی، حوضه رود کارون، حوضه سزار و ...) انجام شده است و در مقایسه با مدل‌های دیگر، دارای نزدیک‌ترین نتایج نسبت به داده‌های مشاهداتی است. بر این اساس برای اجرای مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظر گرفتن دوره ۱۵ ساله به عنوان دوره پایه، داده‌های موردنیاز (دمای کمینه، دمای بیشینه، تابش و بارش) از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب‌سازی داده‌ها و تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شد. در مرحله بعد با استفاده از آماره ضریب تعیین R^2 ، جذر میانگین مربعات خطا RMSE و میانگین خطای مطلق MAE که روابط آن‌ها در ادامه آمده است، اقدام به ارزیابی عملکرد مدل در دوره پایه گردید.

ضریب تبیین: معیاری بدون بعد و بهترین مقدار آن برابر ۱ می‌باشد. رابطه زیر نحوه محاسبه آن را نشان می‌دهد [۱۹].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|}{n} \quad \text{رابطه ۷}$$

در این روابط X_i و Y_i به ترتیب داده‌های واقعی (مشاهده شده) و شبیه‌سازی شده توسط مدل، X و Y میانگین کل داده‌های X_i و Y_i و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشد. واسنجی مدل شامل مقایسه و کنترل داده‌های شبیه‌سازی شده بعد از اجرای مدل با داده‌های مشاهداتی می‌باشد مدل با تنظیم ورودی و ارزیابی و بررسی خروجی‌ها واسنجی می‌گردد [۱۳]. در ابتدا داده‌های آب و هوایی مصنوعی با استفاده از داده‌های آب و هوایی دوره مشاهده شده، برای دوره پایه تولید شده است که دارای خصوصیات آماری مشابه با دوره مشاهداتی می‌باشد. پس از بازتولید و آنالیز داده‌های تولید شده توسط مدل لارس، برای ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی ایستگاه‌ها در دوره مشاهداتی، از آزمون آماری T-Student استفاده شد و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۲۰]. پس از کالیبره و ارزیابی مدل لارس دلیوجی باید داده‌های هواشناسی تولید شوند. پس از این که توانمندی مدل LARS-WG در مدل‌سازی متغیرهای اقلیمی موردنظر مشخص شد، اقدام به پیش‌بینی این متغیرها تحت دو سناریوی RCP4/5 و RCP8/5 برای دوره‌های ۲۰۶۰-۲۰۲۱ شد و تغییرات این متغیرها

نتایج

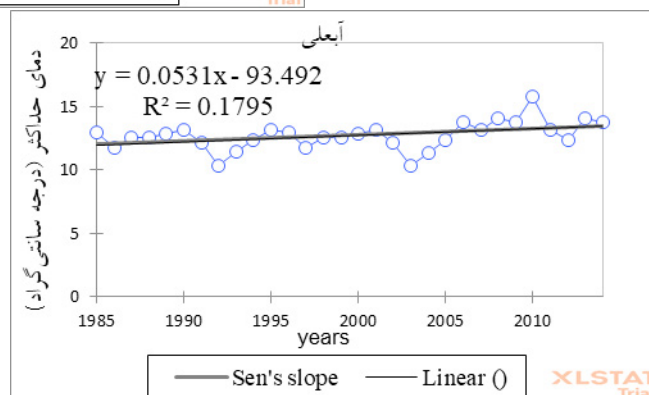
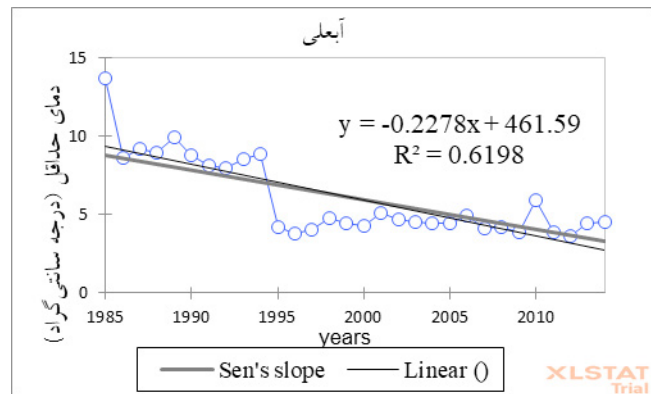
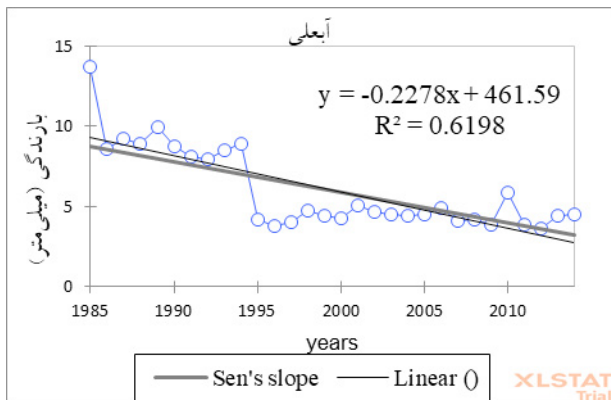
در شکل ۲ روند بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل در ایستگاه آبعلی نشان داده شده است

با توجه به شکل‌ها در ایستگاه آبعلی، دمای حداکثر یک‌روند افزایشی از سال ۱۹۸۵ داشته است. مقدار آماره آزمون من کندال در دوره زمانی مورد مطالعه ۰/۲۸۵ بوده و در سطح ۹۵ درصد معنادار می‌باشد و نشان‌دهنده این است که در این دوره زمانی روند افزایشی دمای حداکثر معنادار بوده است. در این ایستگاه دمای حداقل یک‌روند کاهش یافته داشته است. مقدار آماره آزمون من کندال در دوره زمانی مورد مطالعه ۰/۵۱۳- بوده و در سطح ۹۵ درصد معنادار می‌باشد و نشان‌دهنده این است که در این دوره زمانی روند کاهش دمای حداقل معنادار بوده است. بر اساس شکل روند بارش سالانه در ایستگاه آبعلی، مقدار آماره من کندال ۰/۱۱ بوده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نمی‌باشد و نشان‌دهنده این است که بارندگی سالانه در منطقه از نظر آماری معنی‌دار نیست و استنباط می‌شود که بارش سالانه بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ دارای روند نبوده و تغییرهای اتفاق افتاده در این دوره زمانی طبیعی می‌باشد. در شکل ۳ روند بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل در ایستگاه کیاسر نشان داده شده است.

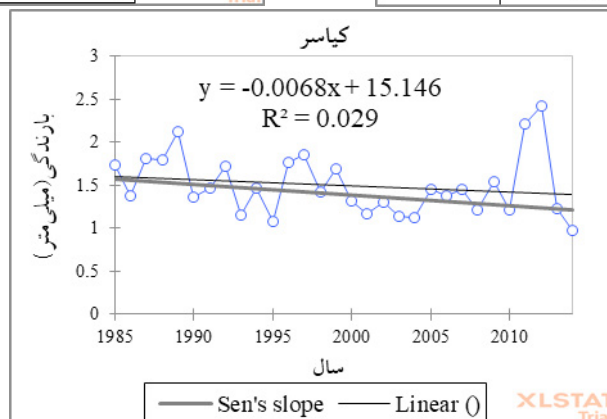
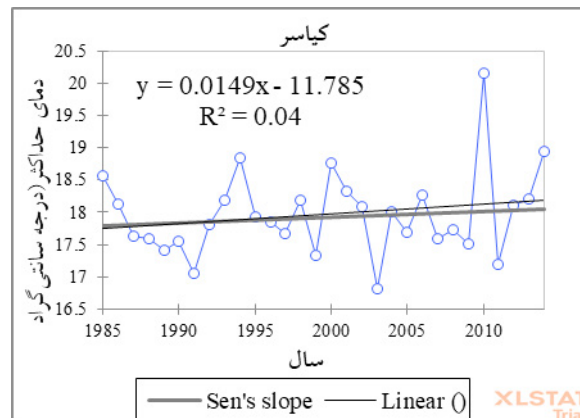
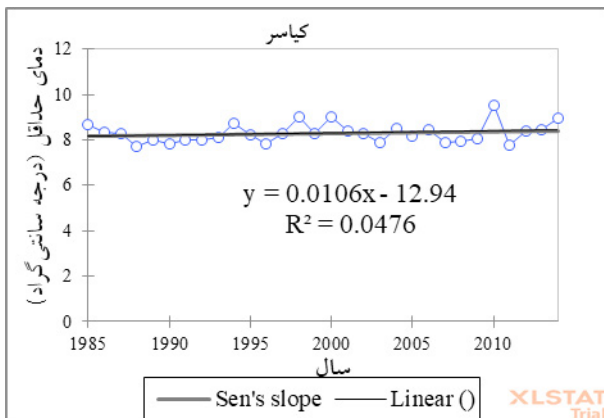
بنا بر شکل در ایستگاه کیاسر، روند بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل سالانه، در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نمی‌باشد

و نشان‌دهنده این است که بارندگی، دمای حداکثر و دمای حداقل سالانه در منطقه از نظر آماری معنی‌دار نیست و استنباط می‌شود که بارش سالانه بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ دارای روند نبوده و تغییرهای رخ داده در این دوره زمانی طبیعی می‌باشد.

به منظور بررسی عملکرد مدل لارس دلبیوجی، مقادیر دما و بارندگی شبیه‌سازی شده توسط مدل در دوره پایه برای ایستگاه آبعلی (۲۰۱۶-۱۹۸۳) و ایستگاه کیاسر (۲۰۲۰-۲۰۰۲) با مقادیر اندازه‌گیری شده در همان دوره مقایسه شد. پایین بودن آماره‌های جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق نشان‌دهنده کارایی بالای مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی روزانه دمای حداکثر، دمای حداقل، بارندگی و ساعات آفتابی در این ایستگاه‌ها می‌باشد. با داشتن سری‌های زمانی مشاهداتی دمای حداقل و دمای حداکثر و بارندگی در ۲ ایستگاه هواشناسی آبعلی و کیاسر و مقایسه آن‌ها با سری‌های زمانی هر یک از این مدل‌ها برای سناریوی حد واسط و انتخاب مدل‌هایی که بیشترین تشابه را با سری زمانی مشاهداتی دارند مشخص شد که مدل‌های CSIRO-MK36 و IPSL-CM5A-MR مناسب‌ترین مدل‌ها برای مناطق مورد مطالعه می‌باشند. همچنین مقایسه و انتخاب مناسب‌ترین مدل‌ها بر اساس خطای مجموع مربعات بین مشاهدات و نتایج مدل‌ها برای سری‌های زمانی بارندگی صورت گرفت چراکه نتایج مدل‌های مختلف در خصوص دمای حداقل و دمای حداکثر اختلاف بارز و معنی‌داری در دوره موردبررسی نداشتند. برای ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا RMSE و



شکل ۲: روند بارندگی، دمای حداکثر و دمای حداقل سالانه در ایستگاه آبعلی (۱۹۸۵-۲۰۱۴)



شکل ۳: روند بارندگی، دمای حداکثر و دمای حداقل سالانه در ایستگاه کياسر (۱۹۸۵-۲۰۱۴)

جدول ۳: آزمون نا پارامتریک من-کندال در تحلیل روند تغییرهای بارندگی و دمای ایستگاههای آبعلی و کياسر دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۸۵)

ایستگاه	پارامتر Parameter	میانگین Mean	انحراف معیار Std.Deviation	اماره کندال Kendall's statistics	p-value
آبعلی	بارندگی (mm)	۱/۴۷	۰/۳۹	۰/۰۱۱	۰/۹۴۳
	دمای حداکثر (° C)	۱۲/۶۹	۱/۱۰۴	۰/۲۸۵	
	دمای حداقل (° C)	۶/۰۲۴	۲/۵۴	-۰/۵۱۳	
کياسر	بارندگی (mm)	۱/۴۹	۰/۳۵	-۰/۲۰۹	۰/۱۰۸
	دمای حداکثر (° C)	۱۷/۹۷	۰/۶۵	۰/۰۹۴	۰/۴۷۵
	دمای حداقل (° C)	۸/۳۰	۰/۴۲	۰/۱۳۶	۰/۳۰۱

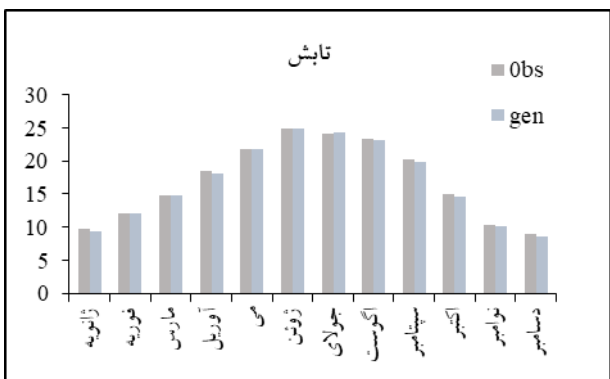
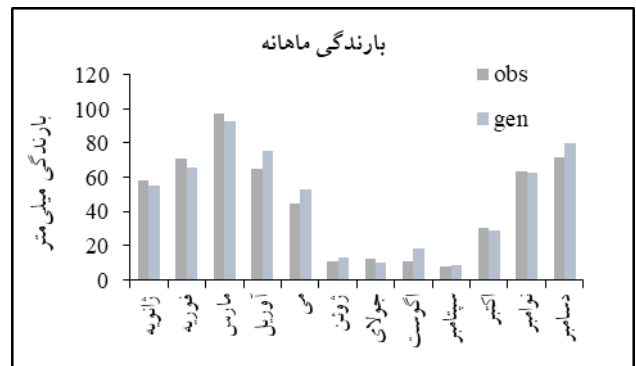
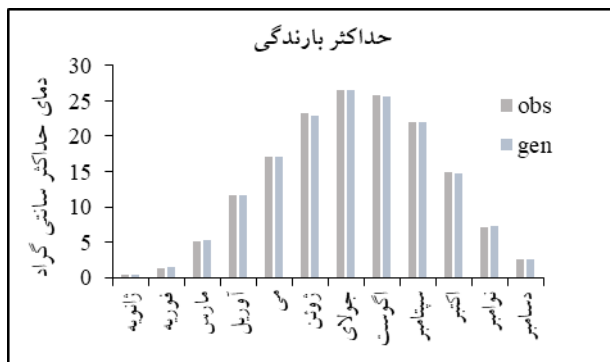
دمای حداقل، بارندگی و تابش به‌عنوان داده‌های دوره پایه و از داده‌های خروجی دو مدل گردش عمومی جو CSIRO-MK36 و IPSL-CM5A-MR تحت دو سناریوی RCP4/5 و RCP8/5 برای تولید داده‌های آبی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) استفاده شد.

نتایج شاخص‌های ارزیابی مدل در جدول ۴ نشان می‌دهد تطابق مناسبی بین بارندگی ماهانه مشاهداتی و پیش‌بینی در اکثر ماه‌ها در ایستگاه آبعلی وجود دارد. ضریب همبستگی، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق برای بارندگی به ترتیب بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی ماهانه ۰/۹۷، ۰/۹۸، ۰/۹۷

میانگین خطای مطلق MAE اقدام به ارزیابی عملکرد مدل در دوره پایه گردید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های دو جامعه (داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده) بیانگر عملکرد قابل قبول مدل است (در سطح معنی داری ۰/۹۵ درصد). نتایج حاصل از عملکرد مدل LARS WG6 در مقایسه میانگین‌های ماهانه در شبیه‌سازی فرآیند بارش در شکل‌های زیر قابل مشاهده است. هم‌چنین نتایج گرافیکی مقایسه میانگین‌ها، ناشی از عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دمای حداقل و حداکثر ماهانه در اشکال نشان داده شده است. از داده‌های روزانه ایستگاه‌های هواشناسی (آبعلی، کياسر) شامل دمای حداکثر،

جدول ۴: نتایج حاصل از ارزیابی و صحت سنجی عملکرد مدل LARS WG برای ایستگاه آبعلی دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۸۶)

ضرایب عملکرد	بارندگی (میلی متر)	دمای حداکثر (سانتی گراد)	دمای حداقل (سانتی گراد)	تابش خورشید
R	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۱
R ²	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۱
RMSE	۳۱/۲۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
MAE	۴/۵۵	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵
RE%	-۹/۴۵	-۰/۷۴	-۰/۸۲	۰/۹۷



شکل ۴: ارزیابی عملکرد مدل LARS WG در شبیه‌سازی متغیرهای مورد مطالعه در دوره پایه ایستگاه (آبعلی)

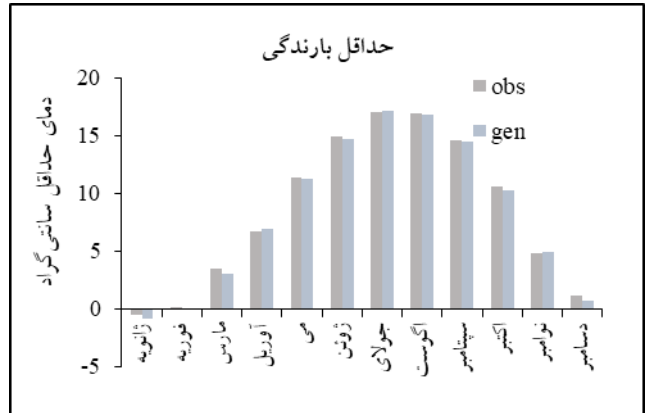
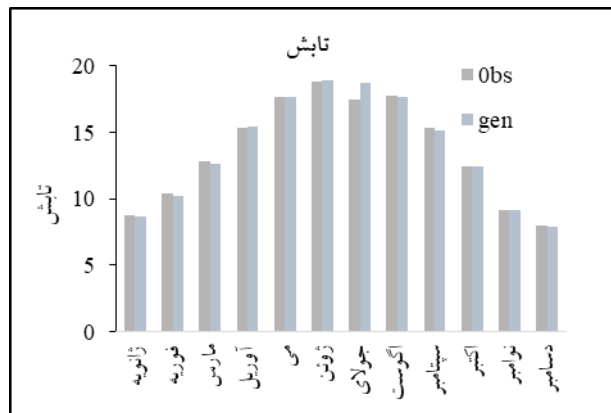
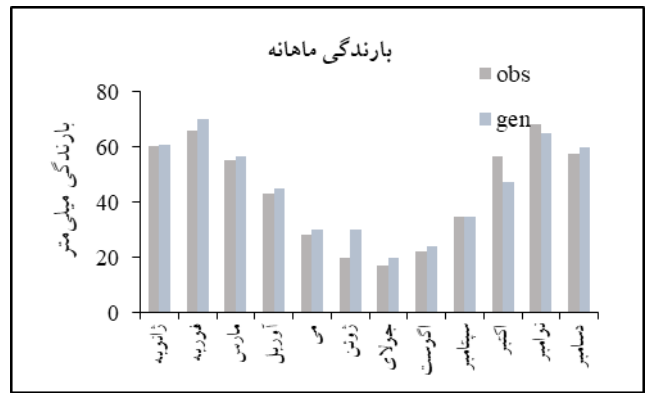
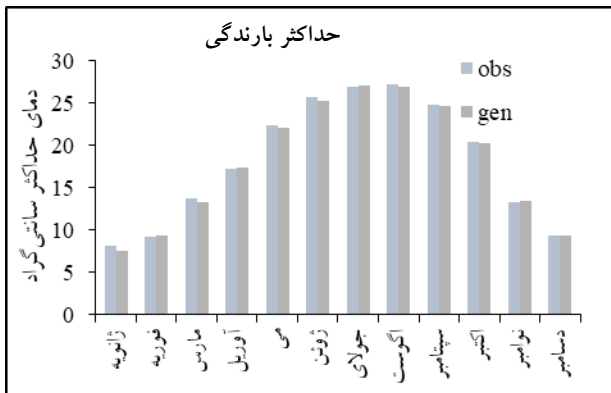
در ایستگاه کیاسر وجود دارد. ضریب همبستگی، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق برای بارندگی به ترتیب بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی ماهانه ۰/۹۵، ۰/۹۸، ۰/۹۹، ۱۷/۶۵ و ۳/۲۶ میلی‌متر می‌باشد. هم‌چنین نتایج این جدول گویای این می‌باشد که خطای نسبی متوسط بارندگی ماهانه ۴/۴۴- درصد است که نشان می‌دهد که مدل به‌طور متوسط پیش‌بینی بارندگی را بیش‌تر از واقعیت نشان می‌دهد. ضریب همبستگی، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق به ترتیب بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی ماهانه برای دمای حداکثر ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۱۷ و ۰/۳۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ضریب همبستگی، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق به ترتیب بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی ماهانه برای دمای حداقل ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۱۱ و ۰/۲۷ می‌باشد. هم‌چنین نتایج این جدول گویای این می‌باشد که خطای نسبی متوسط ماهانه به ترتیب برای

۳۱/۲۳ و ۴/۵۵ میلی‌متر می‌باشد. هم‌چنین نتایج این جدول گویای این می‌باشد که خطای نسبی بارندگی متوسط ماهانه ۹/۴۵- درصد است که نشان می‌دهد که مدل به‌طور متوسط پیش‌بینی بارندگی را بیش‌تر از واقعیت نشان می‌دهد.

جدول ۵: نتایج حاصل از ارزیابی و صحت سنجی عملکرد مدل LARS WG برای ایستگاه کیاسر دوره پایه (۲۰۲۰-۲۰۰۲)

ضرایب عملکرد	بارندگی (میلی متر)	دما حداکثر (سانتی گراد)	دما حداقل (سانتی گراد)	تابش خورشید
R	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۱
R ²	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
RMSE	۱۷/۶۵	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۱
MAE	۳/۲۶	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۰۸
RE%	-۴/۴۴	۰/۷۵	۱۱/۶۴	۰/۲۰

نتایج شاخص‌های ارزیابی مدل در جدول ۵ نشان می‌دهد تطابق مناسبی بین بارندگی ماهانه مشاهداتی و پیش‌بینی در اکثر ماه‌ها



شکل ۵: ارزیابی عملکرد مدل LARS WG در شبیه‌سازی متغیرهای مورد مطالعه در دوره پایه ایستگاه کیاسر

جدول ۶: درصد تغییرات بارندگی ماهانه دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) نسبت به دوره پایه ایستگاه آبعلی (۲۰۱۶-۱۹۸۳)

مدل IPSL-CM5A-MR		مدل CSIRO-MK36		دوره پایه	ماه
سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	میانگین بارندگی (میلی‌متر)	
۰/۹۶	۱/۰۲	۱/۱۹	۱/۱۸	۵۸/۱۴	زانویه
۱/۱۶	۱/۰۳	۱/۲۶	۱/۲۵	۷۰/۹۱	فوریه
۱/۱۵	۱/۰۴	۱/۱۶	۱/۰۹	۹۷/۲۷	مارس
۱/۰۸	۱/۱۱	۱/۰۶	۰/۹۳	۶۴/۹۲	آوریل
۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹	۴۴/۵۱	می
۱/۲۳	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۹۲	۱۰/۷۲	ژوئن
۱/۳۳	۱	۰/۷۴	۰/۸۹	۱۲/۰۴	ژولای
۰/۸۷	۱/۰۲	۰/۶۷	۰/۶۶	۱۰/۶۷	اگوست
۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۵۹	۰/۵۲	۷/۶	سپتامبر
۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۷	۳۰/۱۲	اکتبر
۰/۷۲	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۹	۶۳/۷۳	نوامبر
۰/۷۰	۰/۹۴	۱/۰۴	۱/۰۱	۷۱/۴۵	دسامبر
۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۱	۵۴۲/۰۸	مجموع/میانگین

نشان می‌دهد. میانگین بارندگی در دوره پایه ۵۴۲/۰۸ میلی‌متر بوده است. نتایج حاصل از جدول، درصد تغییرات میانگین بارندگی، در سناریو حد وسط RCP4/5 و تحت سناریوی RCP8/5 برای هر دو مدل IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 افزایش یافته است. نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد در مدل CSIRO-MK36 درصد

دمای حداکثر، دمای حداقل و تابش ۰/۷۵، ۱۱/۶۴ و ۰/۲۰ درصد است که نشان می‌دهد که مدل به طور متوسط پیش‌بینی بارندگی را بیش‌تر از واقعیت نشان می‌دهد.

جداول زیر میانگین درصد تغییرات میانگین بارندگی ماهانه ایستگاه آبعلی دوره پایه (۱۹۸۳-۲۰۱۶) نسبت به دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰)

جدول ۷: تغییرات دما حداکثر ماهانه دوره آتی (۲۰۶۰-۲۰۲۱) نسبت به دوره پایه ایستگاه ابعلی برحسب درجه سانتی گراد

مدل IPSL-CM5A-MR		مدل CSIRO-MK36		دوره پایه	ماه
سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	میانگین دمای حداکثر (سانتی گراد)	
۱/۷۷	۱/۶۳	۱/۶۶	۰/۹۵	۰/۴۲	ژانویه
۱/۹۸	۱/۷۶	۱/۵۱	۱/۰۹	۱/۲۶	فوریه
۲/۱	۲/۰۶	۱/۶۱	۱/۶۴	۵/۰۶	مارس
۲/۰۶	۱/۸۶	۱/۵۶	۱/۷۵	۱۱/۶۵	آوریل
۱/۸۵	۱/۵	۱/۶۸	۱/۵۷	۱۷/۰۱	می
۱/۸۴	۱/۴۵	۲/۱۳	۱/۷۳	۲۳/۲۲	ژوئن
۲/۲	۱/۶۴	۲/۲	۲/۰۵	۲۶/۴۶	ژولای
۲/۵۶	۱/۸۶	۲/۱۵	۲/۰۹	۲۵/۸۸	اگوست
۲/۷۶	۲/۱	۲/۳۴	۲/۱۱	۲۱/۹۶	سپتامبر
۲/۸۹	۲/۳۸	۲/۲۹	۲/۲	۱۴/۸۹	اکتبر
۲/۶۳	۲/۴۸	۲	۱/۹۲	۷/۱۸	نوامبر
۱/۹۷	۲/۱۱	۱/۹۱	۱/۳۸	۲/۵۱	دسامبر
۲/۲	۱/۹	۱/۹۲	۱/۷	۱۳/۱۲	میانگین

جدول ۸: تغییرات دمای حداقل ماهانه دوره آتی (۲۰۶۰-۲۰۲۱) نسبت به دوره پایه ایستگاه ابعلی بر درجه سانتی گراد

مدل IPSL-CM5A-MR		مدل CSIRO-MK36		دوره پایه	ماه
سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	سناریوی RCP8/5	سناریوی RCP4/5	میانگین دمای حداقل (سانتی گراد)	
۲/۲	۱/۵۳	۱/۳۸	۰/۹۶	-۷/۵۷	ژانویه
۱/۶۱	۱/۶۸	۱/۲۶	۰/۹	-۶/۹۲	فوریه
۱/۱۶	۱/۵۳	۱/۴	۱/۱۸	-۲/۹۱	مارس
۱/۴۱	۱/۶۶	۱/۵۳	۱/۳۶	۲/۹۷	آوریل
۱/۵۵	۱/۷۱	۱/۶۱	۱/۳۷	۷/۶۴	می
۱/۷۰	۱/۸۲	۲/۰۲	۱/۶۸	۱۲/۶۸	ژوئن
۲/۰۳	۲	۲/۲۴	۲/۰۸	۱۵/۸۸	ژولای
۲/۱۵	۱/۹۹	۲/۱۹	۲/۰۴	۱۵/۲۹	اگوست
۲/۴۹	۲/۲۱	۲/۳۱	۱/۹۷	۱۱/۶	سپتامبر
۲/۵	۲/۱۲	۲/۲۸	۲/۰۷	۵/۸۴	اکتبر
۱/۸۸	۱/۴۳	۱/۹۴	۱/۸۳	-۰/۳	نوامبر
۱/۹۹	۱/۱۴	۱/۶۱	۱/۳۳	-۴/۹۸	دسامبر
۱/۸۸	۱/۷۳	۱/۸۱	۱/۵۶	۴/۱	میانگین

درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۱/۹۲ درجه سانتی گراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت. درحالی که در مدل IPSL-CM5A-MR میزان تغییرات در سناریوی RCP4/5 برابر ۱/۹ درجه سانتی گراد و سناریوی RCP8/5 برابر ۲/۲ درجه سانتی گراد می باشد.

نتایج جدول ۸ نشان می دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات دمای حداقل ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۱/۵۶ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۱/۸۱ درجه

تغییرات میانگین بارندگی ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۰/۹۱ درصد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۰/۹۱ درصد نسبت به دوره پایه می باشد. درحالی که در مدل IPSL-CM5A-MR میزان تغییرات در حالت متوسط سناریوی RCP4/5 برابر ۰/۹۲ درصد و در سناریوی RCP8/5 برابر ۰/۹۷ درصد افزایش نسبت به دوره پایه می باشد.

نتایج جدول ۷ نشان می دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات دمای حداکثر ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۱/۷

جدول ۹: درصد تغییرات تابش خورشید ماهانه دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) نسبت به دوره پایه ایستگاه آبدلی

ماه	تابش	مدل CSIRO-MK36 سناریوی RCP4/5	مدل IPSL-CM5A-MR سناریوی RCP8/5
ژانویه	۹/۸۴	۰/۹۹	۰/۹۹
فوریه	۱۲/۰۸	۱	۰/۹۸
مارس	۱۴/۸۵	۱/۰۱	۰/۹۹
آوریل	۱۸/۴۶	۱/۰۱	۱
می	۲۱/۷۵	۱/۰۱	۰/۹۹
ژوئن	۲۴/۸۴	۱	۰/۹۸
ژولای	۲۴/۱۵	۱	۰/۹۶
اگوست	۲۳/۲۷	۱	۰/۹۷
سپتامبر	۲۰/۱۹	۱	۰/۹۹
اکتبر	۱۵/۰۲	۱	۱/۰۱
نوامبر	۱۰/۳۶	۱/۰۱	۱/۰۳
دسامبر	۸/۹	۱	۱/۰۱
میانگین	۱۶/۹۷	۱	۰/۹۹

جدول ۱۰: درصد تغییرات بارندگی ماهانه دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) نسبت به دوره پایه ایستگاه کیاسر

ماه	دوره پایه میانگین بارندگی (میلی متر)	مدل CSIRO-MK36 سناریوی RCP4/5	مدل IPSL-CM5A-MR سناریوی RCP8/5
ژانویه	۶۰/۴	۱/۰۱	۰/۹۴
فوریه	۶۵/۹۶	۱/۱۹	۱/۱۵
مارس	۵۵/۱۳	۱/۱	۱/۱۷
آوریل	۴۳/۱۱	۱/۰۱	۱/۰۶
می	۲۷/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۶
ژوئن	۱۹/۵۸	۰/۹۱	۰/۹۱
ژولای	۱۷/۱۴	۰/۸۳	۱/۰۲
اگوست	۲۲/۰۶	۰/۵۸	۱/۲
سپتامبر	۳۴/۶۲	۰/۴۵	۱/۰۵
اکتبر	۵۶/۴۶	۰/۶	۰/۷۸
نوامبر	۶۸/۱۸	۰/۸۱	۰/۶۸
دسامبر	۵۷/۵۶	۰/۹۵	۰/۷۰
میانگین	۵۲۸/۴۶	۰/۸۷	۰/۹۶

بارندگی در دوره پایه ۵۲۸/۴۶ میلی متر بوده است. نتایج حاصل از جدول تغییرات بارندگی در سناریوی خوش بینانه RCP4/5 و تحت سناریوی بدبینانه RCP8/5 مدل CSIRO-MK36 و IPSL-CM5A-MR نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت.

نتایج جدول ۱۰ نشان می دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات بارندگی ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۰/۸۷ درصد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۰/۹۱ درصد افزایش نسبت به دوره پایه خواهد داشت. درحالی که در مدل IPSL-CM5A-MR

سانتی گراد می باشد. درحالی که در مدل IPSL-CM5A-MR میزان تغییرات در حالت متوسط سناریوی RCP4/5 برابر ۱/۷۳ درجه سانتی گراد و در حالت بدبینانه سناریوی RCP8/5 برابر ۱/۸۸ درجه سانتی گراد می باشد.

نتایج جدول ۹ در خصوص میزان تغییرات تابش در آینده نشان می دهد تغییرات خاصی در میزان تابش خورشید صورت نمی گیرد. جدول ۲۹ درصد تغییرات بارندگی ایستگاه کیاسر دوره پایه (۲۰۲۰-۲۰۰۲) نسبت به دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) نشان می دهد. میانگین

جدول ۱۱: تغییرات دما حداقل ماهانه دوره آتی (۲۰۶۰-۲۰۲۱) نسبت به دوره پایه ایستگاه کیاسر بر درجه سانتی گراد

ماه	دوره پایه	مدل CSIRO-MK36	مدل IPSL-CM5A-MR
	میانگین دمای حداقل (سانتی گراد)	سناریوی RCP4/5	سناریوی RCP8/5
ژانویه	-۰/۴۷	۰/۹۶	۱/۹۱
فوریه	۰/۱۴	۰/۸۵	۱/۳۵
مارس	۳/۴۹	۱/۲۱	۰/۹۸
آوریل	۶/۷۴	۱/۴۵	۱/۴۳
می	۱۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۶۸
ژوئن	۱۴/۹۳	۱/۷۴	۱/۸۹
ژولای	۱۶/۹۹	۲/۱۲	۲/۲۴
اگوست	۱۶/۹۶	۲/۱۱	۲/۲۴
سپتامبر	۱۴/۵۷	۲/۰۵	۲/۴۷
اکتبر	۱۰/۵۴	۲/۱۶	۲/۴۲
نوامبر	۴/۷۹	۱/۹۵	۱/۶۳
دسامبر	۱/۱۵	۱/۴۲	۱/۵۸
میانگین	۸/۴۳	۱/۶۲	۱/۸۲

جدول ۱۲: تغییرات دما حداکثر ماهانه دوره آتی (۲۰۶۰-۲۰۲۱) نسبت به دوره پایه ایستگاه کیاسر بر حسب درجه سانتی گراد

ماه	دوره پایه	مدل CSIRO-MK36	مدل IPSL-CM5A-MR
	میانگین دمای حداکثر (سانتی گراد)	سناریوی RCP4/5	سناریوی RCP8/5
ژانویه	۷/۶۲	۱/۰۲	۱/۷۷
فوریه	۹/۳۶	۱/۱۱	۱/۹۳
مارس	۱۳/۲۶	۱/۶۱	۱/۹۷
آوریل	۱۷/۴۵	۱/۷۱	۲/۰۴
می	۲۲/۰۶	۱/۵۳	۱/۹۲
ژوئن	۲۵/۲۹	۱/۷۱	۱/۸۵
ژولای	۲۷/۰۳	۲/۰۶	۲/۱۷
اگوست	۲۶/۹۶	۲/۱	۲/۵۶
سپتامبر	۲۴/۶۳	۲/۰۹	۲/۷۷
اکتبر	۲۰/۲۶	۲/۲۲	۲/۸۴
نوامبر	۱۳/۴۹	۲	۲/۴۹
دسامبر	۹/۳۸	۱/۴۷	۱/۸۸
میانگین	۱۸/۲۱	۱/۷۲	۲/۱۸

تغییرات در حالت متوسط سناریوی RCP4/5 برابر ۰/۹۵ درصد و در حالت بدبینانه سناریوی RCP8/5 برابر ۰/۹۶ افزایش نسبت به دوره پایه دارد.

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات دمای حداقل ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۱/۷۲ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۱/۹۴ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت. در حالی که در مدل IPSL-CM5A-MR میزان تغییرات در سناریوی RCP4/5 برابر ۱/۶۵ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 نسبت به دوره پایه برابر ۱/۸۲ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت.

نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات دمای حداقل ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۱/۶۲ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۱/۸۹ درجه سانتی گراد نسبت به دوره پایه می‌باشد. در حالی که در مدل

نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد در مدل CSIRO-MK36 میانگین تغییرات دمای حداکثر ماهانه در سناریوی RCP4/5 حدود ۱/۷۲ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 برابر با ۲/۱۸ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت. در حالی که در مدل IPSL-CM5A-MR میزان تغییرات در سناریوی RCP4/5 برابر ۱/۷۲ درجه سانتی گراد و در سناریوی RCP8/5 نسبت به دوره پایه برابر ۲/۱۸ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت.

جدول ۱۳: درصد تغییرات تابش ماهانه دوره آتی (۲۰۶۰-۲۰۲۱) نسبت به دوره پایه ایستگاه کیاسر

ماه	تابش	مدل CSIRO-MK36 سناریوی RCP4/5	مدل IPSL-CM5A-MR سناریوی RCP8/5
ژانویه	۸/۷۸	۱	۱
فوریه	۱۰/۳۸	۰/۹۹	۰/۹۹
مارس	۱۲/۸۶	۱/۰۱	۰/۹۹
آوریل	۱۵/۳۴	۱/۰۱	۱
می	۱۷/۶۴	۱/۰۱	۰/۹۹
ژوئن	۱۸/۸۴	۱	۰/۹۸
ژولای	۱۷/۵۱	۱	۰/۹۶
اگوست	۱۷/۷۶	۱	۰/۹۷
سپتامبر	۱۵/۳۷	۱	۰/۹۹
اکتبر	۱۲/۴۳	۱	۱/۰۱
نوامبر	۹/۱۱	۱/۰۱	۱/۰۲
دسامبر	۷/۹۵	۱/۰۱	۱/۰۱
میانگین	۱۳/۶۶	۱	۰/۹۹

در این پژوهش برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر تولید اکوسیستم مرتع از خروجی مدل گردش عمومی جو و تحت دو سناریوی RCP4/5 و RCP8/5 مدل LARSWG و دو مدل ریزمقیاس گردانی IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 تغییرات دماهای حداکثر، حداقل، بارندگی و تابش در ۴ سایت مرتعی و دو ایستگاه هواشناسی (آبعلی و کیاسر) استفاده شد. نتایج ارزیابی مدل از طریق مقایسه بین داده‌های گذشته با داده‌های تولیدشده توسط مدل برای سال‌های (۲۰۲۱-۲۰۴۰) و (۲۰۴۱-۲۰۶۰) نشان داد که مقادیر مدل‌سازی شده با مقادیر واقعی آن‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری ندارند و مقادیر همبستگی بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده قابل قبول می‌باشد. هم‌چنین مقادیر آماره‌های ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق تمام پارامترها نشان‌دهنده پایین بودن شاخص‌های خطا سنجی و انطباق مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده دوره پایه است. نتایج حاصل از مقادیر اندازه‌گیری شده و مدل‌سازی دمای حداکثر، حداقل، بارندگی و تابش ماهانه همراه با مقادیر انحراف معیار ایستگاه آبعلی و کیاسر نشان می‌دهد که مدل‌های IPSL-CM5A-MR و CSIRO-MK36 به‌خوبی می‌توانند روند تغییرات داده‌ها را مدل‌سازی کنند که با نتایج تحقیقات درزی نفت چالی و همکاران [۶] یوسف دوست و همکاران [۲۴] مخبری و همکاران [۱۵] شرف و همکاران [۲] نیز هم‌خوانی دارد. بررسی تغییر اقلیم توسط مدل LarsWG6 نشان می‌دهد که در ایستگاه آبعلی مقدار بارندگی برای دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۶۰) در بازه ۴۰ ساله نسبت به دوره پایه تحت سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 برای هر دو مدل CSIRO-MK36 و IPSL-CM5A-MR افزایش خواهد

میزان تغییرات در سناریوی RCP4/5 برابر ۱/۸۳ و در سناریوی RCP8/5 برابر ۲/۱۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه می‌باشد.

نتایج جدول ۱۳ در خصوص میزان تغییرات تابش در آینده نشان می‌دهد تغییرات خاصی در میزان تابش خورشید صورت نمی‌گیرد

بحث و نتیجه‌گیری

به علت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، انتظار می‌رود پدیده تغییر اقلیم در سال‌های آینده رخ داده و مناطق مورد مطالعه را تحت الشعاع قرار دهد. تغییر اقلیم از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی است که در سال‌های اخیر با توجه به مطرح شدن گرمایش جهانی و بحران در منابع آبی و تغییر اکوسیستم‌ها و هم‌چنین مشکلات اجتماعی و اقتصادی ناشی از این تغییرات توجه بسیاری از محافل جهانی را به خود جلب کرده است. تغییر فصل‌ها و زمان بارندگی، وقوع خشک‌سالی‌های شدید و طولانی، باران‌های سیل‌آسا، طغیان آفت‌ها، خشک شدن تالاب‌ها و گسترش تشدید ریزگردها از پیامدهای تغییر اقلیم است که امروزه برای همه قابل‌درک است. برای بررسی روند تغییر اقلیم دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۸۵) برای دو ایستگاه آبعلی و کیاسر با استفاده از آزمون ناپارامتریک من‌کنندال، نتایج نشان دادند که در ایستگاه آبعلی دمای حداکثر با مقدار آماره من‌کنندال روند افزایشی (۰/۲۸۵) و دمای حداقل (-۰/۵۱۳) روند کاهشی داشته است. در هر دو ایستگاه متغیر بارندگی دارای روند نبوده است. برای آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک آبعلی و کیاسر مازندران برای دوره‌های پایه استفاده شد.

پایه افزایش خواهد یافت که این امر می‌تواند افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش را به دنبال داشته باشد که این امر هم می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع برفی و آبی منطقه و نیز افزایش خسارات ناشی از وقوع بارش‌های رگباری باشد.

منابع

1-Abkar., A. G., Habibnejad, M., Soleimani, K and Naghavi, H. 2012. Investigating the effectiveness of SDSM model in simulating temperature indices in arid and semi-arid regions. Irrigation and water engineering scientific research quarterly. 14. 1-17. (In Persian)

2-Agriculture and Natural Resources Center.

3-Alizadeh, A. 2007. Principles of Applied Hydrology, University of Ferdowsi Mashhad, Iran. 698 pp. (In Persian)

4-Ashraf, B., Mousavibaygi, M., Kamali, GH., and Davoodi., K. 2011. Investigating the process of changing climatic parameters of Mashhad in the period from 2011 to 2030 using simulated data with the LARS WG model, Proceedings of the First National Conference on Meteorology and Agricultural Water Management, Tehran University of Agriculture and Natural Resources. 123-129. (In Persian)

5-Babaeian, I., and Najafinik., Z. 2000. Introduction and evaluation of LARS-WG model for modeling meteorological parameters of Khorasan province in the period of 1961-2003. 63. 24-30. (In Persian)

6-Chen, H., Guo, S.C.X., and Singh, V.P. 2007. Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin. Journal of Hydrology, 344: 171-184.

7-Darzinaftchali, A., Maldarbadeli, M., Ziatabar Ahmadi, M,KH., and Karandish, F. 2014. Analysis of the effects of climate change on agricultural sustainability in Mazandaran province. Iran Irrigation and Drainage Journal. 6.9. 994-1004. (In Persian)

8-Esmaeili, R., Habibi Nokhandan, M., and Falahfalher, G.A. 2010. Evaluation of changes in the growth period and glaciers caused by climatic fluctuations, a case study of Razavi Khorasan, Journal of Natural Geography Research.73. 69-82. (In Persian)

9-Ghadamidehno, M., Godazi, M., Soltani, S.,

داشت که میزان این افزایش در مدل IPSL-CM5A-MR و تحت سناریوی RCP4/5 به مقدار ۰/۸ / ۱۲ میلی‌متر خواهد بود. بیش‌ترین میزان بارش تحت همه سناریوها در ماه‌های فوریه، مارس و آوریل و کم‌ترین میزان بارش در ماه‌های اگوست، سپتامبر و اکتبر خواهد بود. بر اساس نتیجه این پژوهش برای ایستگاه کیاسر (سایت پشتکوه) حداکثر میزان بارندگی طبق مدل IPSL-CM5A-MR برای سناریوی RCP4/5 به میزان ۱۲/۲۶ میلی‌متر خواهد بود و کم‌ترین میزان بارندگی به مقدار ۲/۹۲ میلی‌متر در مدل CSIRO-MK36 برای سناریوی RCP4/5 خواهد بود. بارندگی در همه سناریوها در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل افزایش خواهد داشت و میزان این افزایش در هر دو سناریوی مدل IPSL-CM5A-MR بیش‌تر خواهد شد. هم‌چنین بر اساس نتایج حاصل از خروجی مدل‌های جهانی و سناریوهای مختلف میزان دمای حداکثر در دوره آتی نسبت به دوره پایه در ایستگاه آبعلی افزایش خواهد یافت. دما برای همه سناریوها نرخ افزایشی را نشان می‌دهد. دمای حداکثر تا سال ۲۰۶۰ با توجه به سناریوی RCP8/5 مدل CSIRO-MK36 به میزان ۱/۷۱ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و در سناریوی RCP4/5 مدل IPSL-CM5A-MR کم‌ترین مقدار را نشان می‌دهد که افزایشی برابر با ۱/۴۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیش‌ترین تغییرات بر اساس سناریوی RCP8/5 برآورد شده است که ناشی از ویژگی‌های است که این سناریو به نمایش می‌گذارد تحت سناریوی RCP8/5 دمای حداکثر از ماه ژوئن تا دسامبر نسبت به سناریوی RCP4/5 روند افزایشی خواهد داشت. دمای حداکثر در ایستگاه کیاسر در سناریوی RCP8/5 میزان بیش‌تری خواهد داشت که مقدار آن ۱/۷۸ درجه سانتی‌گراد خواهد شد که در ماه‌های جولای، اگوست، سپتامبر و اکتبر دما افزایش می‌یابد و تحت سناریوی RCP8/5 مدل IPSL-CM5A-MR به حداکثر مقدار یعنی ۲/۳۸ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. دمای حداقل برای دوره آینده نیز در سناریوی RCP8/5 بیش‌ترین مقدار را خواهد داشت و میزان آن به ۱/۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و در ماه‌های ژوئن، جولای، اگوست و سپتامبر افزایش خواهد یافت و تحت سناریوی RCP4/5 افزایش کم‌تری خواهد داشت. دمای حداقل تحت تمام سناریوها افزایش خواهد داشت که بالاترین مقدار آن ۱/۶۴ تحت سناریوی RCP8/5 مدل CSIRO-MK36 می‌باشد. با توجه به مطالعات دمای حداقل در ماه‌های جولای، اگوست، سپتامبر و اکتبر افزایش خواهد یافت. به‌طورکلی تفاوت‌هایی بین نتایج سناریوهای میانه و بدبینانه گزارش پنجم دیده‌شده است اما روند تغییرات یکسان می‌باشد. با توجه به این تحقیق نتایج دمای حداقل و دمای حداکثر با یافته‌های حجازی زاده و همکاران [۱۰] حقل‌طلب و همکاران [۱۱] پناهی و همکاران [۱۸]. خدامراد پور و همکاران [۱۲]، شرقی و همکاران [۲۲] مطابقت دارد. به‌طورکلی بر اساس نتایج حاصل از خروجی مدل‌های جهانی و سناریوهای مختلف و در مناطق مورد مطالعه میزان دمای حداکثر نسبت به دوره

climate change on the components of Iran's surface water balance. Proceedings of the 18th Iran Geophysical Conference. 124-127.

19-Nadi, M., and Khalili, A. 2012. Classification of Iran's rainfall climate by cluster factor analysis method. Iran water and soil research. 44(3): 237-244. (In Persian)

20-Panahi, A., and Khoramabadi, F. 2009. Evaluation of accuracy of CSIRO data and LARS-WG model in simulating climatic variables of East Azarbaijan province. Journal of climate changes and hazards. first year. 2. Zanzan University. (In Persian)

21-Sedaghatkerdar, A., and Fattahi, E. 2008. Warning of drought indices in Iran, Journal of Geography and Development, 6 (11): 76-59. (In Persian)

22-Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M and Richardson, C.W. 1998. Comparison of the WGEN and L16-RS-WG Stochastic Weather Generation in diverse climates. Climate Research 10,95-107.

23-Shahabfar, A., and Ghiamibajgirani, A. 2001. Long-term forecasting of climatic variables by digital models of general circulation and methods of converting the output scale of these models from global to regional scale. Scientific Bulletin of Climatology Center. 8. 10-22. (In Persian)

24-Sharghi, A., Norani, V., and Aghayilahordi, F. 2016. Evaluation of climate change effects on temperature and precipitation parameters of Tabriz station in 2020-2049 using LARS-WG model and change factor method. The 16th Iranian Hydraulic Conference, Technical and Engineering Faculty, Mohaghegh Ardabili University. (In Persian)

25-Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CAB International, Wallingford, UK. (In Persian)

26-Soltani, A., and Mirzaee, A.R. 2021. sustainable agriculture. (In Persian)

27-Vatankhah, T., Moosavi, S. N., and Tabatabaei, S.M. 2020. The economic impacts of climate change on agriculture in Iran: A CGE model analysis. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 42, 19351949-. (In Persian)

28-Walther, G., Post, E., Convey, P., Menzel,

Naderi, S., and Kakapour, S. 2018. Performance of ATR and AR4 models in simulating climatic parameters with artificial neural network, case study: Caesar watershed. Journal of Abkhazdari Science and Engineering of Iran. Course 12. 42. 1-9. (In Persian)

10-Ghamghami, M., Ghahraman, N., and Hejabi, S. 2014. Revealing the impact of climate change on meteorological droughts in northwest Iran. Journal of Earth and Space Physics, 40. 1. 167-184. (In Persian)

11-Haghtalab, N., Godarzi, M., Habibinokhdan, M., Yavari, A.R., and Jafari, H.R. 2015. Modeling the climate of Tehran and Mazandaran provinces using the LARS-WG climate model and comparing its changes in the northern and southern fronts of Central Alborz, Environmental Science and Technology Quarterly.

12-Hejazizadeh, Z., Hosseini, M.H., and Karbalaieidaree, A. 2014. Simulation of climatic variables of Semnan province with the scenarios of general atmospheric circulation model hadcm3. Geography and Environmental hazards. 15. 1-24. (In Persian)

13-Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Measures London: Charles Griffin. 202 pp.

14-Khodamoradpour, M., and Khani, F., Mahmoodvand, R. 2018. Prediction of climatic changes of air temperature by RegCM model coupled with lake model in the next decade (case study of northwest and west of Iran). Second National Conference on Hydrology and Meteorology of Iran. 19. (In Persian)

15-Kumar, A. A., Shekh, A. M., and Kumar, M. 2008. Growth and yield response of soybean in relation to temperature, photo period and sunshine duration at Anand Gujarat, India. American –Euarsian Journal of Agronomy, 2(1): 45-50.

16-Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend. Econometric, 13: 245-259.

17-Mokhberi, Z., Fatahi, A., and Borna, R. 2020. Investigating the prospect of changes in precipitation in Karun-e-Borgar using the CMIP5 series of models. Geographical Sciences Applied Research Journal. (In Persian)

18-Moslemzadeh, A., Irannejad, P., and Alizadehcobri, A. 2018. Investigating the effects of

31-Yosefdost, A., Abonori, R., and Esmaeli, P. 2015. Analysis and evaluation of the performance of CSIRO-MK3 model compared to HasCM3 model in studying the effects of climate change on temperature and precipitation in Taleghan basin. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure. (In Persian)

A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., and Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416: 389-395

29-Wilby R.L., and Wigley T.M.L. 1997. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography*. 21: 530-548.

30-Yaghobzadeh, M., Khasheesioki, A., Ramezani, Y., and Hoseini, A. 2020. Choosing the best climate change model in estimating the meteorological variables of Birjand synoptic station. *Geographical studies of dry areas*. 10. 37. 68-78. (In Persian)



Abstract

Investigating Changes in Precipitation, Temperature and Radiation Parameters Under Climatic Scenarios in the High Mountain Areas of Middle Alborz

M. Parsa¹, H. Barani², Afshin Soltani³, A. Bahremand⁴, H. Ghelichnia⁵

Received: 2024/04/16 Accepted: 2024/05/15

Climate change is one of the biggest challenges that humanity has faced in the 21st century, because it can have severe effects on water resources, agriculture, energy, and even human bioclimate. The purpose of this study is to investigate the changes of climatic parameters in four sites of Plour, Rineh, Kangarchal and Poshtkoh in Mazandaran province using general atmospheric circulation models. For this purpose, the data of IPSL-CM5A-MR and CSIRO-MK36 models under RCP4/5 and RCP8/5 scenarios have been scaled with LARS WG statistical micro-rotator to evaluate the impact of climate change. After carrying out calibration, verification and modeling of data in two stations (Abali and Kiasar), the effectiveness of the models in terms of the amount of compliance of the observed data with the simulated value using the RMSE index, R², MAE was evaluated. The obtained results showed that IPSL-CM5A-MR and CSIRO-MK36 models obtain acceptable results. Considering that in Abali station, the amount of rainfall in the base period is 542.08 mm under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios in both IPSL-CM5A-MR and CSIRO-MK36 models in the future between (2021-2060) will increase by 0.91-0.97 percent. The average maximum temperature will increase by 1.7-2.2 centigrade and minimum temperature by 1.56-1.88 centigrade compared to the base period. Accordingly, the amount of rainfall in the base period in Kiasar station is 528.46 mm, which under the scenarios of RCP4.5 and RCP8.5 in both models in the future between the years (2021-2060) is 96.0-87% will increase. The average maximum temperature will increase by 1.72-18.2 centigrade and the minimum temperature will increase by 1.62-1.82 centigrade compared to the base period.

Keywords: Climate change, Global circulation model, Trend, Simulation, Mazandaran.

1. Corresponding author, Natural Engineering Department, Faculty of Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran
Email: mehrnush.parsa@gmail.com

2. Associate Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Gorgan University, Gorgan, Iran.

3. Professor., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Gorgan University, Gorgan, Iran.

4. Professor., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Gorgan University, Gorgan, Iran

5. Associate Professor, Forest and Rangeland Research Department. Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education .Center, AREEO, Sari, Iran