صص ۳۵-۱۵

آشکارسازی تغییرات دمای هوا و بارش در استان کهگیلویه و بویر احمد تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل MIROC5

احمد فاخر نسب
دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
بهلول علیجانی*
استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
فریده اسدیان
استادیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۴/۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۹/۴

چکیده

نابهنجاری‌ها و رخداد مخاطرات اقلیمی، اهمیت پدیده تغییر اقلیم بیش از پیش آشکار می‌شود. تغییرات دمای هوا و بارش در آشکارسازی اثرات تغییر اقلیم نقش بارزی ایفا می‌کنند. در پژوهش حاضر با رویکرد آماری به ارزیابی چشم‌انداز تغییرات دمای هوا و بارش در استان کهگیلویه و بویراحمد پرداخته شد. در این راستا از آمار ایستگاه‌های هواشناسی در دوره (۲۰۱۵- ۱۹۸۶) به‌عنوان دوره پایه و مبنا استفاده شد. برای دوره آینده از خروجی مدل شبیه‌سازی کننده گردش کلی جو MIROC5 در قالب سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5 به‌صورت داده ریزمقیاس شده بهره‌گیری شد. بررسی نتایج پیش‌نگری و شبیه‌سازی دوره آینده در قالب سناریوهای واداشتی حد بالا و حد وسط نشان از افزایش کمینه و بیشینه دمای هوای در منطقه پژوهش در دوره آینده نسبت به دوره مبنا است. این انحراف افزایشی در دهه‌های دورتر از زمان حاضر و مبنا بیشتر است. از نظر مکانی تا افق زمانی ۲۰۶۱؛ بر پهنه‌های با دمای خنک و گرم‌تر در سطح استان افزوده خواهد شد. از نیمه کم ارتفاع و جنوبی استان به‌تدریج با گذر به دهه‌های آینده دورتر، بر محدوده دماهای ملایم و گرم‌تر نسبت به دوره مبنا افزوده خواهد شد. فرا سنج بارش نیز در دوره آینده در مقایسه با دوره مبنا با کاهش شدید و قابل ملاحظه‌ای بخصوص در ماه‌های مرطوب سال مواجه خواهد شد. این منطقه پربارش از زاگرس مرتفع در دوره آینده با کاهش چشمگیری در مقدار بارش مواجه می‌گردد.

واژگان کلیدی: **بارش، تغییر اقلیم، دمای هوا، کهگیلویه و بویراحمد، RCP.**

مقدمه

امروزه بشر با معضلات و تهدیدات محیطی عمده‌ای مواجه است، یکی از تهدیدهای عمده و حیاتی، تغییرات آب و هوایی می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی تغییر اقلیم، افزایش معنی‌دار دمای هوا و توزیع ناموزون بارش است که فاکتورهای محدود

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۳۰۴۵۴۱ Email: alijani@yahoo.com

کننده‌ای برای توسعه پایدار هستند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۹۶). در دهه‌های اخیر افزایش دمای هوا و کاهش بارش و دیگر شاخص‌های اقلیمی مؤثر بیانگر تغییرات عظیم آب و هوایی بودند که اکنون از آن به‌عنوان تغییر اقلیم با منشأ انسانی یاد می‌شود (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۶: ۲). افزایش و انتشار گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های اخیر و گرمایش جهانی ناشی از آن، بی نظمی‌های زیادی در سامانه آب و هوا، تغییرات در زیست کره شده است. بررسی‌ها نشان داده که پدیده تغییر آب و هوا می‌تواند بر بخش‌های مختلف اعم از منابع آب، کشاورزی، محیطزیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد اثرات منفی و جدی داشته باشد (دسترنج و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱). از مهم‌ترین مسیرهای آشکارسازی تغییرات و دگرگونی‌های آب و هوایی، ارزیابی تغییرات دمای هوا و بارش است. تقریباً بیشترین نمود تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین بر روی این دو پارامتر متمرکز شده است (طباطبایی و حسینی، ۱۳۸۲: ۲). این عناصر و مؤلفه‌های اقلیمی، به دلیل مشخص بودن تأثیر معنی‌دار آن‌ها بر جوامع انسانی و سیستم‌های طبیعی، همواره از اهمیت روز افزونی برخوردار بوده است (روشن و قانقرمه، ۱۳۹۵: ۱۹۷). گرمایش جهانی و ارتباط معنی‌دار تغییرات دما و بارش نقاط مختلف دنیا با افزایش دمای کره زمین، به‌عنوان مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم در قرن حاضر قابل توجه هستند (ایمانی پور و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۹۹). برآوردهای اخیر مطالعات تغییر اقلیم نشان‌دهنده یک افزایش در وضعیت میانگین دمای هوای سالانه است؛ به‌طوری که تا ۲۰۲۵ یک درجه سانتی‌گراد و تا آخر قرن حاضر ۴-۳ درجه سانتی‌گراد بر میانگین دمای سالانه افزوده خواهد شد (ماتو کومالی[۱] و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس برونداد مدل‌های گردش کلی جو تحت سناریوهای مختلف؛ متوسط دمای جهان طی دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد که این افزایش دما همراه با تغییراتی در الگوهای مکانی و زمانی بارش خواهد بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ ۲۳۲). آشکارسازی و ارزیابی تغییرات دمای هوا و بارش تحت شرایط اقلیم گذشته و تحت شرایط تغییر اقلیم آینده همواره مورد توجه مطالعات محققان مختلف بوده است که در این بین می‌توان به مطالعات: مسعودیان و همکاران (۱۳۹۸)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۱)، احمدی و همکاران (۱۳۹۸)، احمدی و همکاران (۱۳۹۸)، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۶)، بابائیان و همکاران (۱۳۹۵)، ماساکی[۲] (۲۰۲۰)، کارماکار و برادلی[۳] (۲۰۱۷)، احمدی و عزیز زاده (۲۰۲۰)، آدنینی[۴] (۲۰۱۶)، دولابیان (۱۳۹۶)، دسترنج و همکاران (۱۳۹۵)، روشن و قانقرمه (۱۳۹۵)، احمدی و همکاران (۱۳۹۷)، باعقیده و همکاران (۱۳۹۵)، محمدی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود. مطالعات فوق و دیگر مطالعات مشابه، آثار و شواهد تغییرات آب و هوایی را بر اساس آمار واقعی و شرایط پیش‌نگری شده تحت شرایط تغییر اقلیم واکاوی نموده‌اند. نتایج این مطالعات در دو دهه اخیر روند افزایشی در دمای هوا و کاهش بارش و افزایش ناهنجاری‌های اقلیمی به دلیل بی‌نظم شدن سامانه آب و هوا را گوشزد کرده‌اند.

۱- Mathukumalli

2- Masaki

۳- Karmalkar & Bradley

۴- Adeniyi

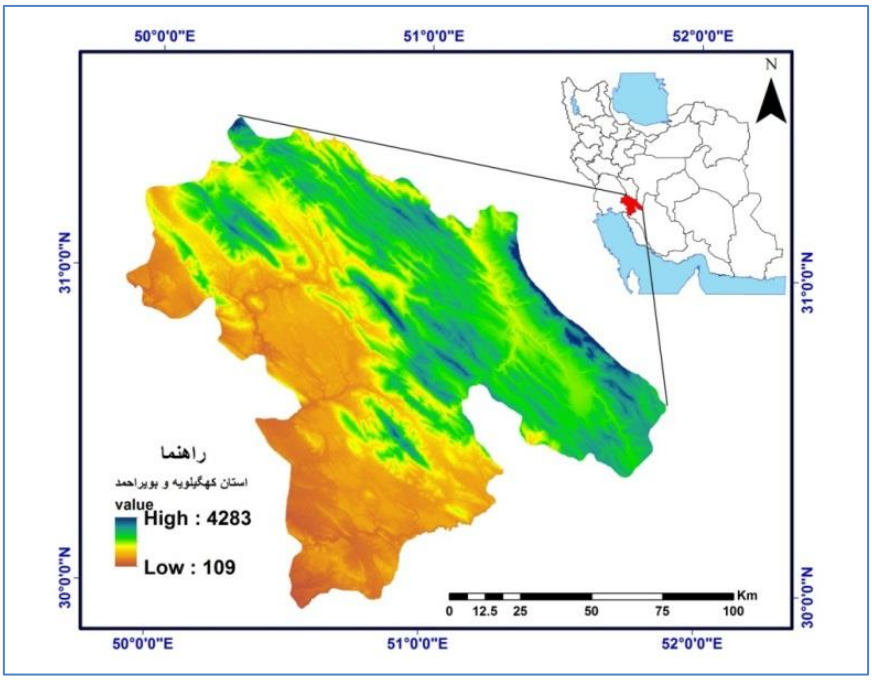
دگرگونی در وضعیت آب و هوا بر کسی پوشیده نیست. هرگونه تغییر در دستگاه جو، بر تمامی بخش‌های زیست‌کره تأثیر می‌گذارد. تغییر اقلیم به زبان ساده فرایندهایی است که درگذشته وجود داشته و با بررسی شاخص‌های اقلیمی مرتبط با آن می‌توانیم به تغییرات فصول و الگوهای اقلیمی پی برد و تغییرات شکل‌گرفته است را سنجید و به وضعیت‌های آتی آن پی برد. استان کهگیلویه و بویراحمد به‌عنوان یکی از مناطق جنوب غربی کشور با دارا بودن عرصه‌ها و منابع طبیعی غنی، به‌عنوان نمادی از فلور و فون رویشگاه بزرگ زاگرس؛ از تغییرات اقلیمی در امان نخواهد بود. هرگونه تغییر در وضعیت الگوهای اقلیمی بخصوص دمای هوا و بارش، پیامدهای جدی بر بخش‌های مختلف زیست‌بوم این استان خواهد داشت. منطقه پژوهش به‌عنوان یکی از سرچشمه‌های اصلی رودخانه‌های دائمی تغذیه کننده سدهای بزرگی و مهمی چون کارون، از جنبه منابع آبی، از موقعیت راهبردی برخوردار می‌باشد. نقش بسیار بالای دمای هوا و بارش بر بخش‌های منابع طبیعی و کشاورزی استان، زمینه ساز بررسی پژوهش حاضر شده است. پژوهش حاضر در نظر دارد در تکمیل دیگر مطالعات در سطح کشور با تمرکز بر روی استان کهگیلویه و بویراحمد به‌عنوان نماینده زاگرس جنوبی، سعی دارد با رویکرد آماری، آشکارسازی تغییرات دمای هوا و بارش بر اساس آمار مشاهداتی و برونداد مدل‌های CMIP5[1] و سناریوهای واداشت تابشی در دهه‌های آتی را مورد ارزیابی قرار بدهد.

داده‌ها و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان کهگیلویه و بویراحمد در جنوب غربی ایران و در ادامه سلسله جبال زاگرس، بین ۳۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است. از شمال به استان چهارمحال و بختیاری و اصفهان، از جنوب به فارس و بوشهر، از شرق به اصفهان و فارس و از غرب به استان خوزستان محدود است. این استان با مساحتی حدود ۱۶۲۶۴ کیلومترمربع، حدود یک درصد از مساحت کشور را در بر می‌گیرد شکل (۱). استان کهگیلویه و بویراحمد سرزمینی کوهستانی و نسبتاً مرتفع است که ۸۵ تا ۹۰ درصد مساحت آن را ارتفاعات و تپه ماهورها در بر گرفته و فقط ۱۰ تا ۱۵ درصد آن در دشت‌ها و جلگه‌ها قرار دارد. بلندترین نقطه استان قله دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر و پست‌ترین ناحیه آن، بیشتر با ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا است. با توجه به موقعیت جغرافیایی استان و نحوه استقرار ارتفاعات زاگرس در آن، هر چه در امتداد اصلی ارتفاعات زاگرس از سمت شمال شرقی به جنوب غرب حرکت کنیم، از ارتفاع کوهستان‌ها و مقدار ریزش‌های جوی و رطوبت منطقه کاسته می‌شود. این توزیع طبیعی ارتفاعات، ویژگی‌های اقلیمی دوگانه‌ای را به وجود آورده است و استان کهگیلویه و بویر احمد را به دو ناحیه اقلیمی سردسیری و گرمسیری تقسیم کرده است (پارسایی، ۱۳۸۴: ۳۹).

1 - Coupled Model Inter Comparison Project Phase 5



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده و ایستگاه‌های پژوهش

در پژوهش حاضر از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی واقع در داخل و مجاور استان کهگیلویه و بویراحمدی استفاده شده است (جدول ۱). بعد از شناسایی و کنترل آمار ایستگاه‌ها، دوره آماری ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ به‌عنوان دوره پایه و مبنا برای بررسی تغییرات دما و بارش و همچنین مقایسه با دوره آینده مشخص شد. برای دوره آینده نیز از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۱ برای چهار دهه آتی مشخص گردید. داده دوره پایه و مبنا از بدو تأسیس ایستگاه‌ها تا حال حاضر به‌عنوان داده مشاهداتی و واقعی حاصل پایش شرایط جوی منطقه در بلند مدت از سازمان هواشناسی کشور به‌صورت روزانه و ماهانه تهیه گردید. داده دوره آینده به‌عنوان داده ریزمقیاس شده نیز در ادامه تشریح شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	شناسه ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۱	لردگان	۴۰۸۱۴	۵۰ ۸۳	۳۱ ۵۰	۱۶۱۱
۲	بهبهان	۴۰۸۳۴	۵۰ ۲۱	۳۰ ۶۰	۳۱۳
۳	امیدیه	۴۰۸۳۰	۴۹ ۵۴	۳۰ ۸۳	۳۴/۹
۴	سمیرم	۹۹۵۱۵	۵۱ ۵۴	۳۱ ۴۱	۲۴۵۹/۹
۵	یاسوج	۴۰۸۳۶	۵۱ ۵۵	۳۰ ۶۹	۱۸۱۶/۳
۶	سی سخت	۹۹۵۵۵	۵۱ ۴۶	۳۰ ۸۴	۲۱۳۳/۴
۷	دهدشت	۴۰۸۳۸	۵۰ ۵۸	۳۰ ۷۸	۷۹۳
۸	دوگنبدان	۴۰۸۳۵	۵۰ ۸۱	۳۰ ۳۴	۷۲۶
۹	گچساران	۴۰۸۳۶	۵۰ ۴۶	۳۰ ۲۶	۶۹۹

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

مدل‌ها و سناریوهای مورد مطالعه

فرایندها و سازوکارهای مختلفی در سال‌های اخیر برای دستیابی به داده تغییر اقلیم دوره آینده به‌عنوان داده شبیه‌سازی شده وجود دارد. از عمده‌ترین روش‌ها در این زمینه، مولدهای هوایی هستند که بر اساس روش توزیع‌های نیمه تجربی، رگرسیون و زنجیره ماکوف به تولید داده آینده بر اساس رفتار گذشته به ریزمقیاس نمایی برونداد مدل‌های GCM در بعد محلی و ایستگاهی می‌پردازند. امروزه با توجه به پیشرفت‌های حاصل شده در دانش آب و هواشناسی و تغییر اقلیم، با ظهور پایگاه‌های داده شبکه‌ای جهانی، دستیابی به داده ریزمقیاس شده در سطح جهانی برای کل کره زمین توسط مؤسسات مختلف فراهم شده است.

در پژوهش حاضر، داده‌های شبیه‌سازی شده دوره آینده تحت شرایط و الگوی خط سیر سناریوهای واداشت تابشی، به‌صورت داده ریزمقیاس شده (دمای کمینه، بیشینه و بارش) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از طریق MarkSim GCM به آدرس[1] (کوربیلس[2] و همکاران، ۲۰۱۹؛ اوما[3] و همکاران، ۲۰۱۶) به‌عنوان یک پایگاه داده شبکه‌ای ریزمقیاس شده بهره‌گیری شد. مارک سیم یک مولد هوای روزانه است که از فرایند زنجیره مارکوف برای تولید داده بارندگی، تابش و دمای کمینه و بیشینه تحت سناریوهای RCP[4] استفاده می‌کند (کوربلیس و همکاران، ۲۰۲۰). این پایگاه به‌عنوان یک پایگاه جهانی تحت وب داده شبیه‌سازی شده دوره آینده را بر اساس ۱۷ مدل CMIP5 در چهار خط سیر سناریوهای واداشت تابشی از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۹۵ ارائه می‌کند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

داده شبیه‌سازی شده به‌صورت روزانه و ماهانه برای هر ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه بررسی و تنظیم گردید. بعد از بررسی اولیه، بر اساس روش وزن دهی به برونداد مدل‌های GFDL-ESM2M، MRICGCM3 و MIROC5 در مقایسه با دوره مبنا یا پایه بر اساس داده مشاهداتی، وزن داده شد. نتایج وزن دهی، رفتار مدل در جهت شبیه‌سازی دوره آینده تحت شرایط تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه یا مبنا را سنجش می‌کند. مدل‌های پیشنهادی منتخب بر اساس وضعیت تفکیک مکانی و قابلیت شبیه‌سازی آن‌ها بر اساس مؤلفه‌های استفاده شده به‌منظور شبیه‌سازی انتخاب شده است.

$$W_{i,j} = \frac{\frac{1}{\Delta F_{i,j}}}{\sum_{i=1}^{n} (1/\Delta 1_{i,j})} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق F متغیر هواشناسی مورد بررسی، F اختلاف بین متغیر شبیه‌سازی شده تحت سناریوهای مختلف با مقدار مشاهداتی در دوره پایه و W وزن شبیه‌سازی‌های هر مدل گردش عمومی جو برای سناریوی مورد نظر است. I و J

1- Http://gisweb.ciat.cgir. Org
2- Corbeels
3- Ouma
4 Representative Concentration Pathways

به ترتیب نشان‌دهنده ماه و مدل گردش عمومی جو می‌باشد (بابائیان و کوهی، ۱۳۹۱: ۹۵۶). بعد از سنجش و تعیین مدل نهایی برای دوره آینده، وضعیت دمای کمینه، بیشینه و بارش استان کهگیلویه و بویراحمد بر اساس لایه رقومی و مدل رقومی ارتفاع از نظر زمانی– مکانی بررسی شد. برای توزیع مکانی از نرم‌افزار ArcGIS10/2 استفاده شد. برای تعیین نتایج پهنه‌بندی‌ها بر روی مدل رقومی ارتفاع منطقه، بعد از سنجش ارتباط بین عوامل مکانی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) در محیط نرم‌افزارSPSS/22 بر اساس همبستگی پیرسون، ارتباط مؤلفه‌های اقلیمی مورد مطالعه بر اساس روش رگرسیون خطی با روش اینتر[1] و عقب‌گرد[2] برای هر پارامتر در دوره پایه و آینده مشخص گردید (جدول ۲).

جدول ۲: ارتباط عوامل مکانی استان با پارامترهای اقلیمی سالانه

پارامتر اقلیمی	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	معادله خط
میانگین دمای کمینه	۰/۹۴	۰/۸۹	Y=346.054+lon (-2.626)+ lat(-3.319)+ elv (0.043)
میانگین دمای بیشینه	۰/۹۴	۰/۸۹	Y=503.625+lon (-2.594)+ lat(-3.104)+ elv (0.037)
بارش	۰/۸۶	۰/۷۴	Y=104.891+lon (-5.199)+ lat(-6.533)+ elv (0.175)

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

نتایج و بحث

اعتبار سنجی و ارزیابی عملکرد داده شبیه‌سازی شده دوره آینده تحت شرایط تغییر اقلیم

به‌منظور دستیابی به داده پیش‌نگری شده از سه مدل جفت شده CMIP5 شامل مدل‌های؛GFDL-ESM2M، MRICGCM3 و MIROC5 استفاده شد (جدول ۳). نتایج اعتبار سنجی مدل‌ها بر اساس روش وزن دهی در جدول (۲) مشخص شده است. مدل‌های انتخابی در این پژوهش متناسب با مؤلفه‌های شبیه‌سازی سازوکار مدل و تفکیک مکانی بالاتر و بهتر از بین ۱۷ مدل از سری مدل‌های CMIP5 ارائه شده در پایگاه دادهMarkSim GCM انتخاب شده است. نتایج نشان داد که مدل MIROC5 از وزن بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها برخوردار است. بنابراین از آنجایی که این مدل از تفکیک مکانی بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها برخوردار می‌باشد، لذا نتایج شبیه‌سازی آن بر اساس سناریوهای RCP از انطباق و همخوانی بالاتری با داده‌های مشاهداتی برخوردار است.

جدول ۳: نتایج اعتبار سنجی مدل‌های CMIP5 بر اساس روش وزن دهی

	GFDL-ESM2M	MRICGCM3	MIROC5
دمای کمینه	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۳۶
دمای بیشینه	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۳۵
بارش	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۳۳

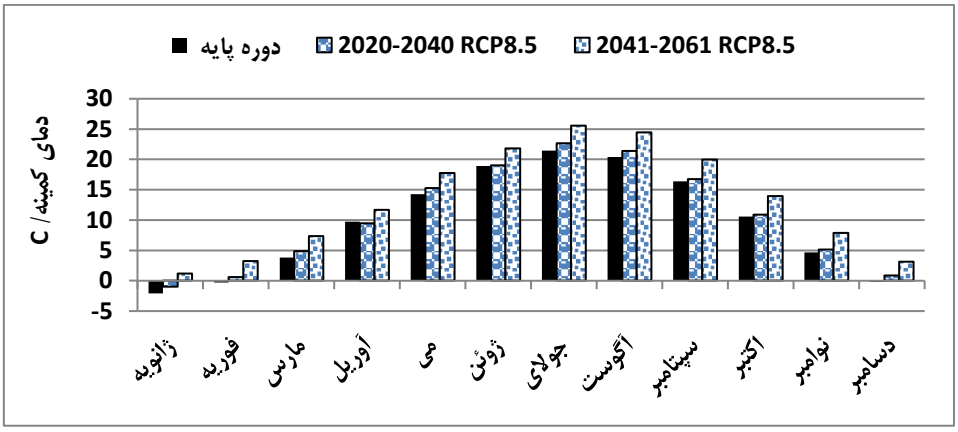
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

[1] - Enter
[2]- Backward

پیش‌نگری میانگین کمینه‌های دمای هوا

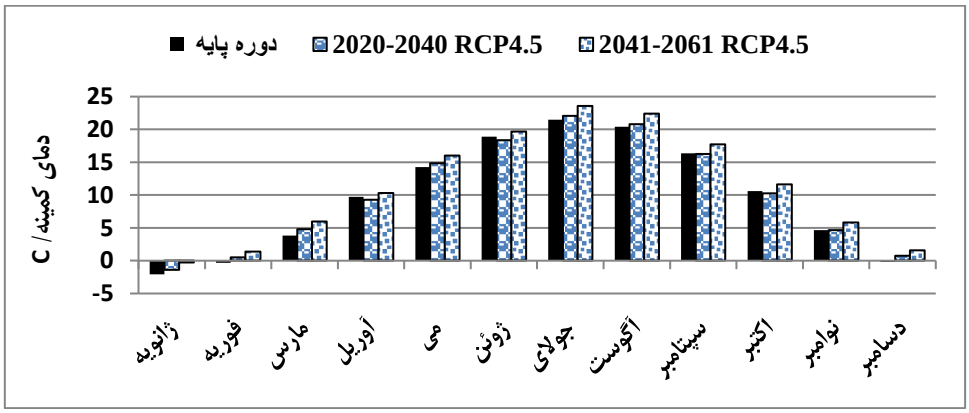
بررسی‌ها نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در سطح استان، میانگین کمینه‌های دمای هوا در دوره آتی نسبت به دوره مبنا و پایه افزایش خواهد یافت. در واقع در هر دو خط الگوی واداشتی حد بالا و حد وسط (RCP8.5 و RCP4.5)، این افزایش کمینه دمای هوا نسبت به گذشته آشکار است. به‌طور متوسط در سطح ایستگاه‌های هواشناسی استان در الگوی خط سیر واداشتی RCP8.5 برای دوره آینده تا چهار دهه آتی (۲۰۶۱)، میانگین کمینه دمای هوا تا ۳/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. در واقع در دوره آینده نزدیک یعنی دوره (۲۰۴۰-۲۰۲۰)، کمینه دمای هوا ۱/۹ درجه سانتی‌گراد و در آینده دورتر (۲۰۶۱-۲۰۴۱) به ۳/۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره مبنا و پایه افزایش خواهد یافت (شکل ۲). همان‌طور که در شکل نیز مشخص شده است؛ میانگین کمینه دمای هوا در دهه‌های آتی نسبت به دوره مبنا و پایه افزایش خواهد یافت. به‌طور نمونه در ایستگاه مناطق سردسیر استان (ایستگاه یاسوج)، میانگین کمینه دمای هوا در الگوی واداشتی حد بالا به‌تدریج افزایش خواهد یافت؛ به‌طوری که میانگین کمینه دمای هوا در دوره مبنا از ۹/۸ درجه سانتی‌گراد به میانگین ۱۰/۵ و ۱۳/۱ به ترتیب در دوره (۲۰۴۰-۲۰۲۰) و (۲۰۶۱ -۲۰۴۱) جابجا خواهد شد. در ایستگاه دهدشت به‌عنوان نماینده اقلیم گرمسیری استان؛ میانگین کمینه دما از ۱۵/۳ درجه در دوره مبنا به میانگین ۱۷/۲ و ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در دوره‌های (۲۰۴۰-۲۰۲۰) و (۲۰۶۱-۲۰۴۱) تغییر و جابجا خواهد شد (شکل ۳). بررسی‌ها در الگوی حد وسط یا سناریوی RCP4.5 نشان داد که دمای هوا به‌طور متوسط در سطح ایستگاه‌های استان، در دوره آینده نزدیک (۲۰۴۰ -۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۶۱ – ۲۰۴۱) به ترتیب ۱/۱ و ۲/۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه و مبنا افزایش خواهد یافت. به‌طوری که در ایستگاه سردسیر یاسوج میانگین کمینه دما از ۹/۸ درجه سانتی‌گراد در دوره پایه تا ۱۰ درجه در دوره آینده نزدیک و به ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد در دوره آینده دور انحراف و افزایش خواهد یافت (شکل ۴). در ایستگاه گرمسیری دهدشت میانگین کمینه دما در دوره (۲۰۴۰-۲۰۲۰) و (۲۰۶۱ – ۲۰۴۱) به ترتیب به ۱۶/۴ و ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد انحراف و افزایش خواهد یافت (شکل ۵).

نتایج مطالعات رضا پور و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی تغییرات زمانی دما و بارش جهت ارزیابی تغییر اقلیم در استان کهگیلویه و بویر احمد نشان داده که دمای هوا از روند افزایشی برخوردار می‌باشد. مطالعات بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) برای پیش‌نگری تغییرات اقلیم ایران زمین تا ۲۱۰۰ نشان داده که یکی از بیشترین تغییرات افزایش دمای هوا در منطقه زاگرس جنوبی و مرتفع و جنوب غرب ایران رخ خواهد داد.



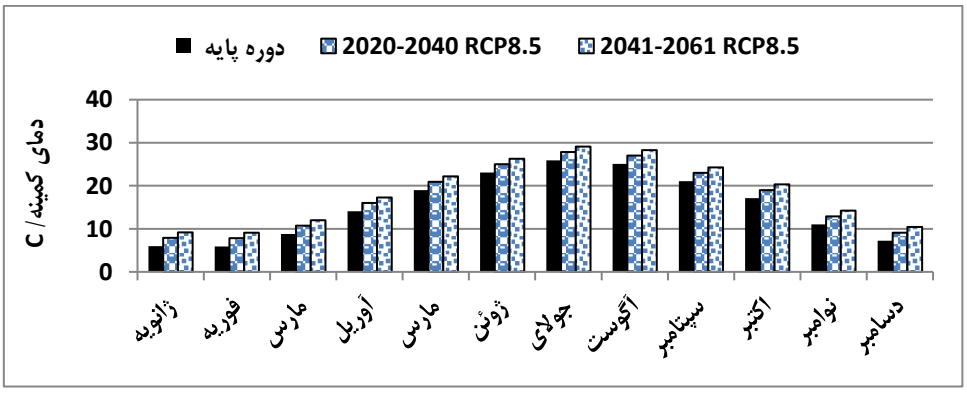
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۲: پیش‌نگری تغییرات دمای کمینه دوره آینده (۲۰۶۱-۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه یاسوج



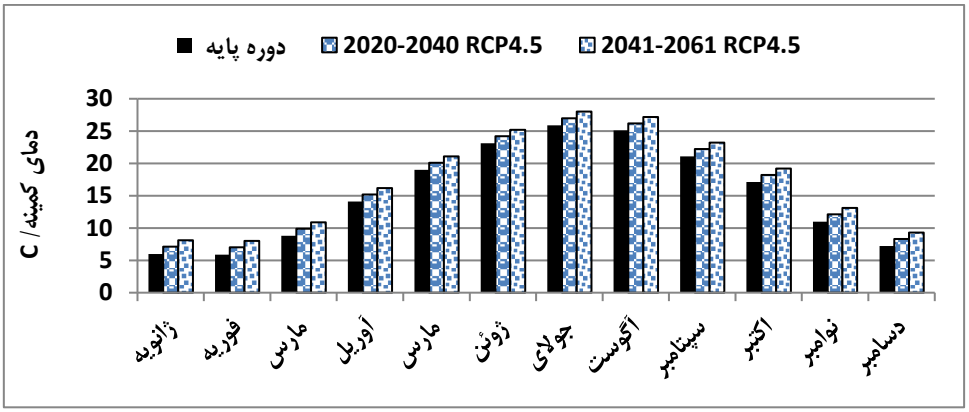
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۳: پیش‌نگری تغییرات دمای کمینه دوره آینده (۲۰۶۱-۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه یاسوج



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

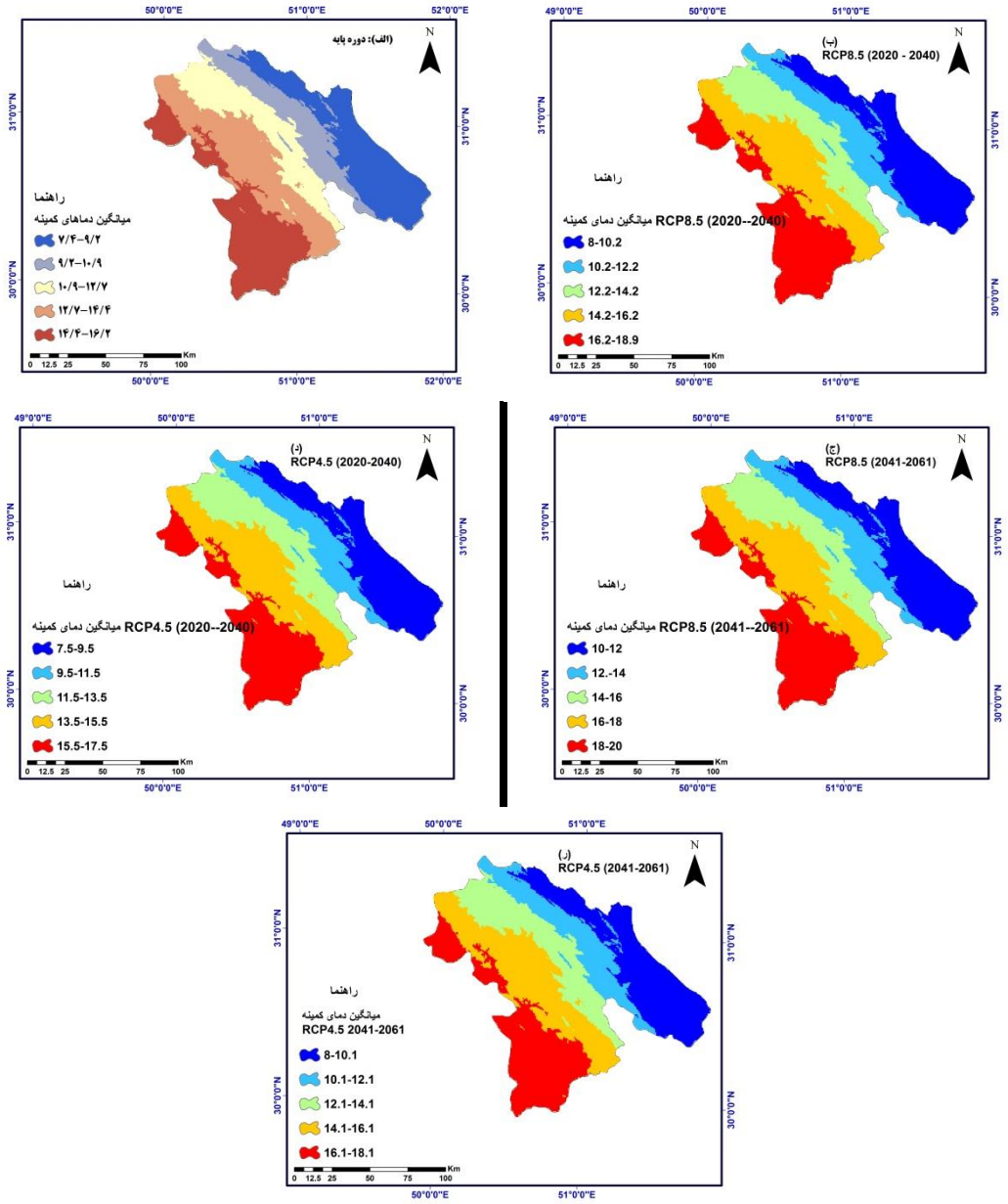
شکل ۴: پیش‌نگری تغییرات دمای کمینه دوره آینده (۲۰۶۱-۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه دهدشت



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۵: پیش‌نگری تغییرات دمای کمینه دوره آینده (۲۰۶۱-۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه دهدشت

توزیع مکانی تغییرات میانگین کمینه دمای هوا استان کهگیلویه و بویراحمد در شکل (۶) مشخص شده است. همان‌طور که مشخص شده است میانگین کمینه‌های دمای هوا در دوره مبنا یا گذشته از ۷/۴ درجه سانتی‌گراد در نیمه شمالی و مرتفع استان تا ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد در نیمه جنوبی و گرمسیری استان با تبعیت از عامل ارتفاع، متغیر می‌باشد (شکل ۶ الف). در دوره آینده نزدیک (دهه ۲۰۴۰) تحت الگوی واداشتی حد بالا، کمینه دمای هوا افزایش یافته و بین ۸ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد متناسب با شرایط ارتفاعی استان متغیر است (شکل ۶ ب). در دوره آینده دور (۲۰۶۱)، به‌تدریج بر مقدار کمینه‌های دمای هوا افزوده شده به‌طوری که این شرایط به وضعیت ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد از مناطق مرتفع و سردسیر استان به سمت مناطق کم ارتفاع و گرمسیری جابجا خواهد شد. در الگوی حد وسط یا سناریوی RCP4.5، این تغییرات افزایشی در کمینه‌های دمای هوای با شدت پایین‌تری نسبت به الگوی حد بالا رخ خواهد داد. به‌طوری که در دهه (۲۰۴۰) به‌عنوان دوره نزدیک به دوره مبنا و حال حاضر، وضعیت کمینه‌های دمای هوا در استان از ۷/۵ تا ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد، تغییر و جابجا خواهد شد (شکل ۶ د). در دهه (۲۰۶۱) به‌عنوان دوره دورتر از دوره مبنا و حال حاضر، وضعیت کمینه‌های دمای هوا در استان از ۸ تا ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد، تغییر و جابجا خواهد شد (شکل ۶ ر)؛ بنابراین در هر دو الگوی واشتی در شرایط تغییر اقلیم میانگین کمینه‌های دمای هوا در سطح استان نسبت به دوره مبنا و حال حاضر افزایش خواهد یافت. از نظر توزیع مکانی در دوره آینده بر محدوده پهنه‌های با دمای بالاتر افزوده خواهد شد. از تنوع دمایی در نسبت به دوره پایه کاسته خواهد شد. نتایج افزایش دماهای کمینه در استان کهگیلویه و بویراحمد در تأیید مطالعات بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) بر روی منطقه زاگرس است.



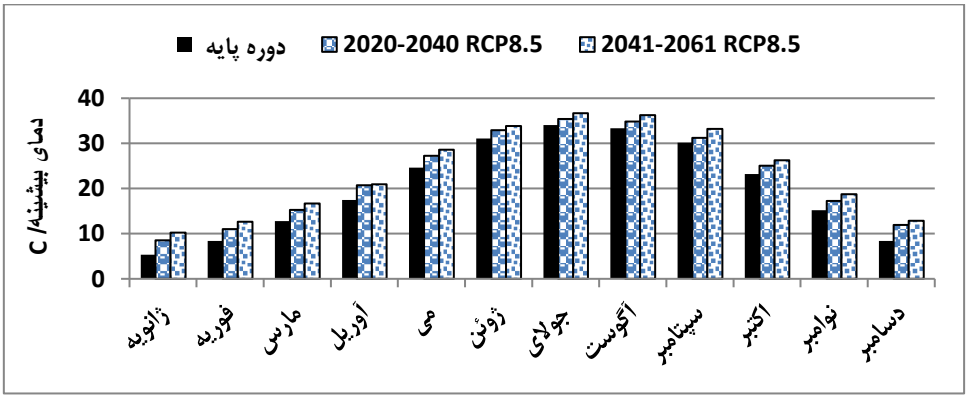
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۶: توزیع مکانی میانگین کمینه دمای پیش‌نگری شده دوره آینده تحت شرایط سناریوهای RCP نسبت به دوره پایه

میانگین بیشینه‌های دمای هوا

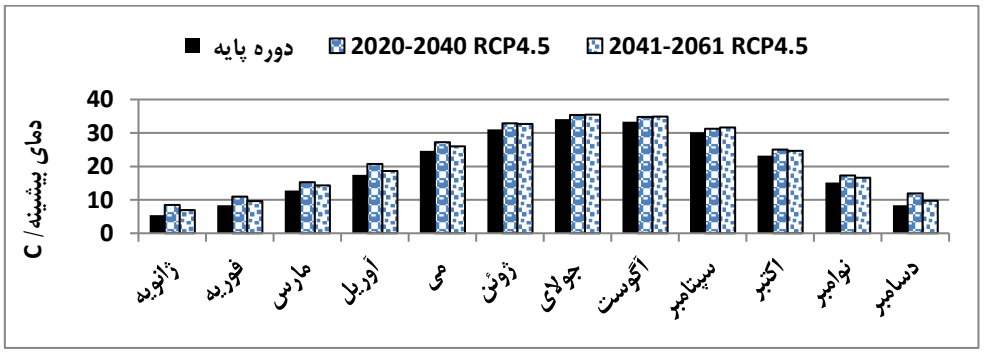
به‌منظور شناخت بیشتر و همچنین سازوکار پیچیده پدیده تغییر اقلیم، در ادامه وضعیت و رفتار پارامتر میانگین بیشینه دمای هوا برای منطقه مورد مطالعه مشخص شده است. نتایج مقایسه دوره آینده تحت شرایط تغییر اقلیم با دوره مبنا و پایه برای ایستگاه‌های منتخب یاسوج و دهدشت به‌عنوان نماینده مناطق سردسیر و گرمسیری استان در شکل‌های (۷) تا (۱۰) مشخص شده است. همان‌طور که مشخص شده میانگین بیشینه‌های دمای هوا در دوره آینده نسبت به دوره مبنا با افزایش همراه خواهد بود. این شرایط در مقایسه نموداری ایستگاه‌های منتخب استان (یاسوج و دهدشت) به‌وضوح قابل

مشاهده است. در واقع بیشینه دمای هوا نیز در آینده با انحراف افزایشی همراه خواهد بود. در الگوی RCP8.5 در سطح ایستگاه‌های استان به‌طور متوسط، برای آینده نزدیک یعنی دوره (۲۰۴۰–۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۶۱–۲۰۴۱) به ترتیب میانگین بیشینه دمای هوا تا ۱/۲ و ۳/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (شکل‌های ۷ و ۹). در الگوی واداشتی حد وسط RCP4.5، به‌طور متوسط برای آینده نزدیک (۲۰۴۰–۲۰۲۰) و آینده دور (۲۰۶۱–۲۰۴۱) به ترتیب میانگین بیشینه دمای هوا تا ۱ و ۱/۳ درجه سانتی‌گراد در سطح ایستگاه‌های استان افزایش خواهد یافت شکل‌های (۸ و ۱۰). الگوی این تغییرات ماهانه در میانگین بیشینه‌های دمای هوا در ایستگاه‌های منتخب یاسوج و دهدشت به ترتیب برای مناطق سردسیری و گرمسیری قابل مشاهده می‌باشد. همان‌طور که در مقایسه نموداری مشخص شده است، در هر دو ایستگاه منتخب در هر دو الگوی واداشتی مورد مطالعه، میانگین بیشینه‌های دمای هوا سیر افزایشی داشته و نسبت به دوره مبنا با انحراف افزایشی همراه می‌باشد.



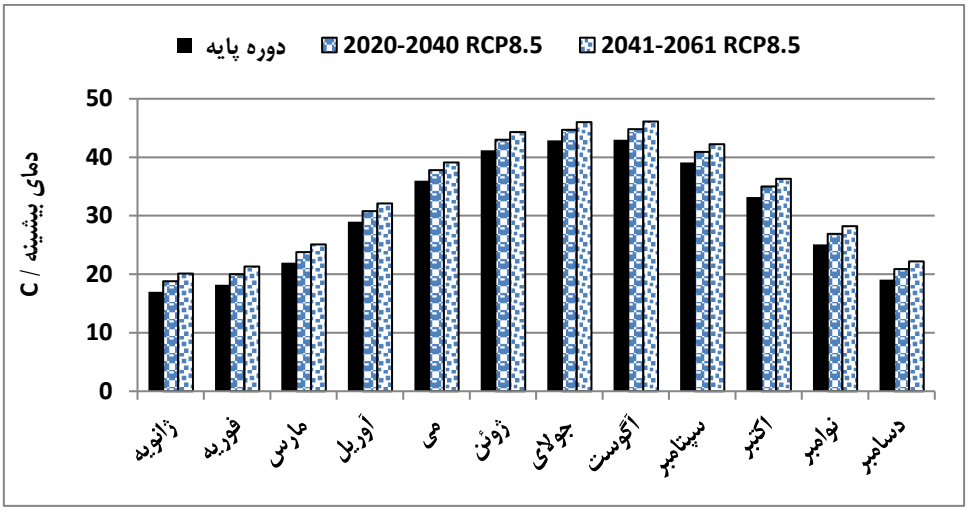
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۷: پیش‌نگری تغییرات دمای بیشینه دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه یاسوج



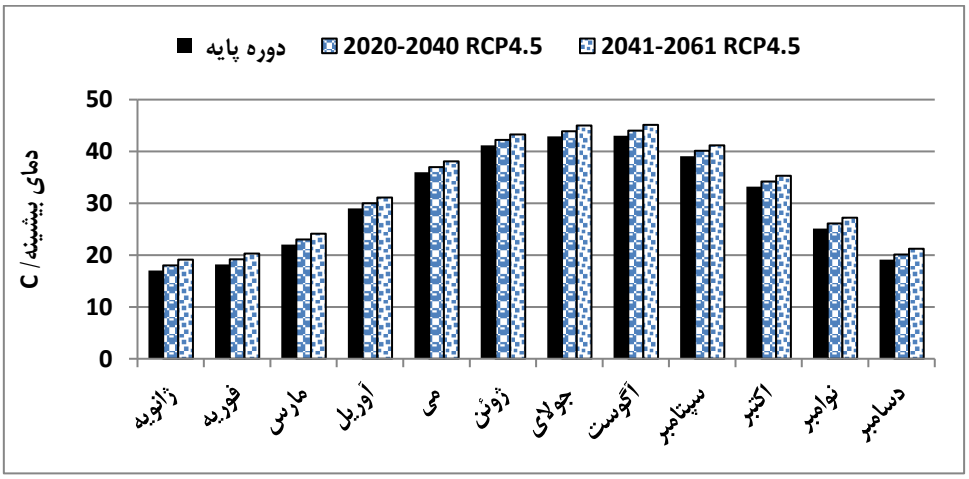
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۸: پیش‌نگری تغییرات دمای بیشینه دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه یاسوج



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۹: پیش‌نگری تغییرات دمای بیشینه دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه دهدشت

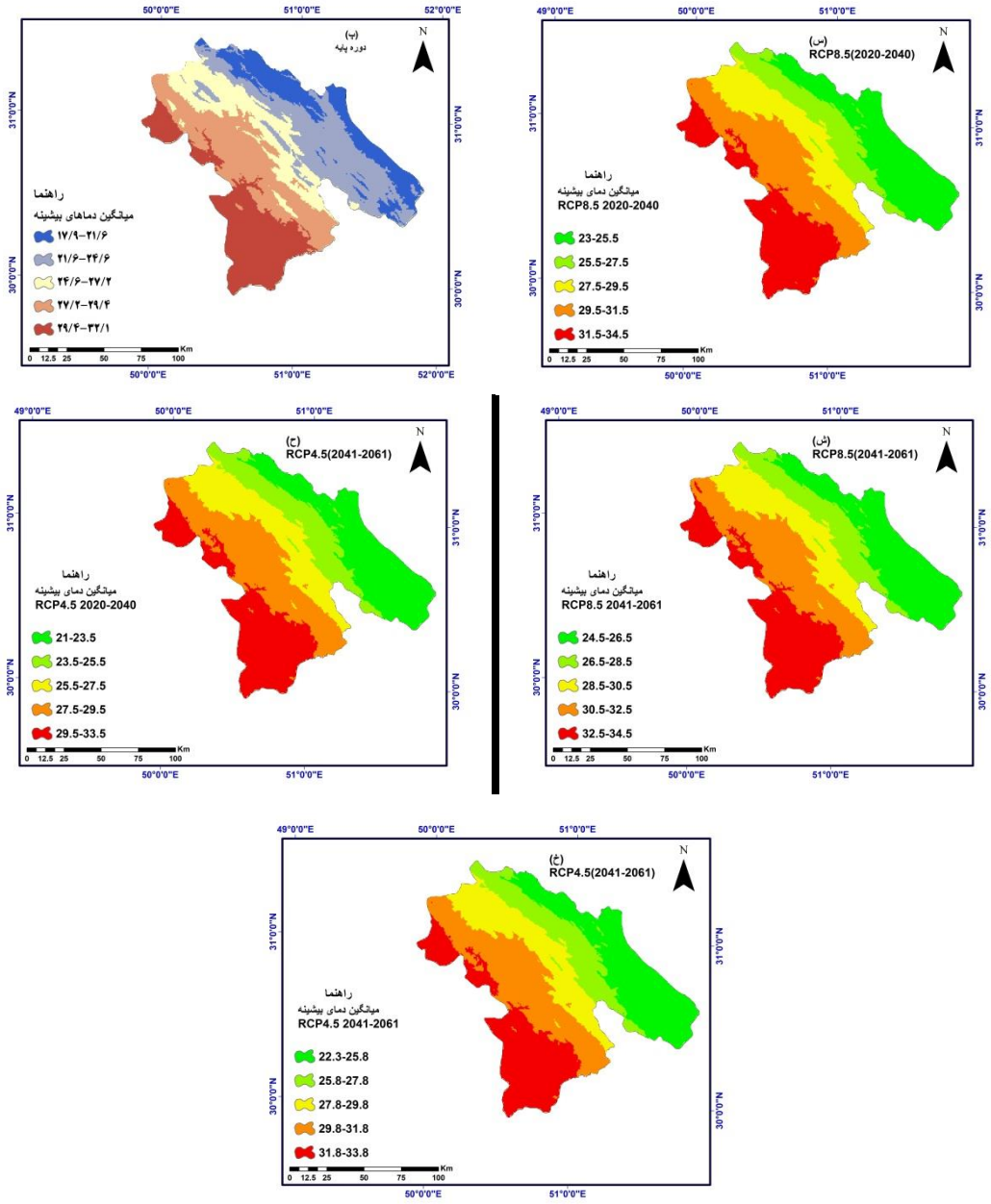


مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۰: پیش‌نگری تغییرات دمای بیشینه دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه دهدشت

توزیع مکانی میانگین بیشینه‌های دمای هوا در سطح استان کهگیلویه و بویراحمد در شکل (۱۱) مشخص شده است. نتایج نشان داد که عوامل مکانی بخصوص عامل ارتفاع از سطح دریا نقش بارزی در توزیع مکانی دماهای استان ایفا می‌نمایند. این شرایط در تعیین پهنه‌های دمایی استان با تبعیت از پیکره‌بندی ناهمواری‌ها، آشکار است. بررسی میانگین بیشینه‌های دمای هوا در دوره مبنا نشان داد که در استان از مناطق مرتفع و سردسیر شمال و شمال شرق به سمت نواحی نیمه جنوبی و غربی، بر مقدار دماهای بیشینه افزوده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۱ پ) نیز مشخص شده، خنک‌ترین دماها در مناطق مرتفع با میانگین ۲۱/۶ – ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. گرم‌ترین بیشینه‌های دمای هوا در نیمه کم ارتفاع و جنوبی استان با طبقه دمایی ۳۲/۱ – ۲۹/۴ درجه سانتی‌گراد ظاهر می‌شود؛ بنابراین نقش عامل ارتفاع در تعیین وضعیت دمایی و توزیع مکانی آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این شرایط در دوره آینده تحت شرایط تغییر اقلیم به‌صورت انحراف افزایشی در مقدار بیشینه‌های دمای هوا و پهنه‌ها و محدوده‌های دمایی رخ خواهد داد. هر

چند در دوره آینده نیز عامل ارتفاع همچنان تعیین وضعیت دمایی استان است، اما بر وسعت پهنه‌های با دمای بالاتر افزوده شده و از طرفی دیگر، محدوده دماهای خنک کوچک‌تر شده و محدود به ارتفاعات بالاتر خواهد شد. به‌طوری که در الگوی RCP8.5 در آینده نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۲۰)، میانگین بیشینه‌های دمایی بین محدوده دمایی ۲۲ تا ۳۴/۳ درجه سانتی‌گراد و در آینده دور (۲۰۶۱- ۲۰۴۱)، بین محدوده دمایی ۳۴/۹ -۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد قرار خواهد گرفت شکل‌های (۱۱ س و ۱۱ ش). در الگوی RCP4.5 در آینده نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۲۰)، میانگین بیشینه‌های دمایی بین محدوده دمایی ۲۱ تا ۳۳/۵ درجه سانتی‌گراد و در آینده دور (۲۰۶۱- ۲۰۴۱)، بین محدوده دمایی ۲۲/۳ تا ۳۴/۵ درجه سانتی‌گراد قرار خواهد گرفت شکل‌های (۱۱ ح و ۱۱ خ). با توجه به نتایج به دست آمده، در چهار دهه آینده تا افق ۲۰۶۱ میلادی در استان کهگیلویه و بویراحمد پهنه دماهای گرم‌تر گسترده‌تر از پهنه دماهای خنک خواهد شد. در واقع یکی از اثرات و پیامدهای تغییر اقلیم به‌صورت تغییر طبقات و پهنه‌های دمایی خواهد بود. این شرایط در مناطق مرتفع و سردسیر از نظر کاهش سهم برف برای رودخانه‌های دائمی مانند کارون که عمدتاً از مناطق مرتفع دنا سرچشمه می‌گیرند حائز اهمیت خواهد بود. از آنجایی که این استان یکی از مناطق عمده جنگل‌های بلوط زاگرس است؛ تغییر پهنه‌های دمایی و ظهور دماهای گرم‌تر تا ۳ درجه در افق ۲۰۶۱ در وضعیت بدبینانه می‌تواند پیامدهای جدی بر روی این رویشگاه‌های طبیعی داشته باشد. نتایج این در مطالعات بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) برای منطقه زاگرس و منطقه جنوب غرب ایران تأیید شده است.



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

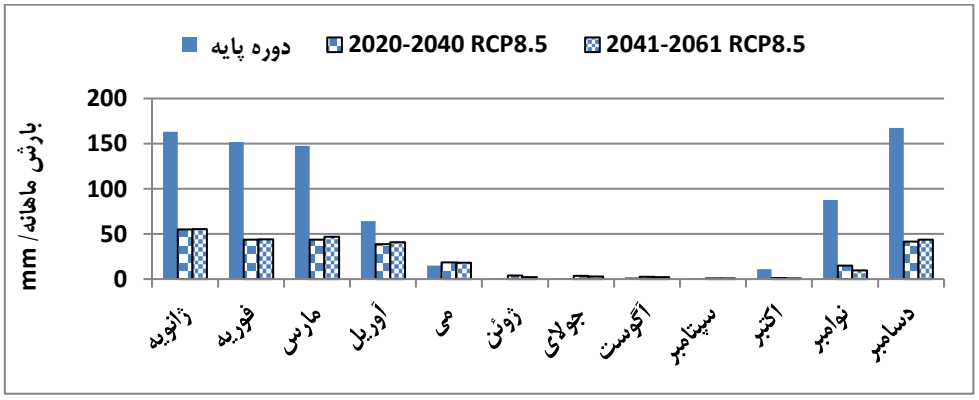
شکل ۱۱: توزیع مکانی میانگین دماهای بیشینه پیش‌نگری شده دوره آینده تحت شرایط سناریوهای RCP نسبت به دوره پایه

پیش‌نگری بارش ماهانه و سالانه

بارش یکی از فراسنج‌های عمده اقلیمی برای هر منطقه محسوب می‌شود. بررسی این سنجه اقلیمی برای درک آب و هوای آینده و سنجش چشم‌انداز تغییر اقلیم آینده حائز اهمیت می‌باشد. نتایج پیش‌نگری مقدار بارش در دوره آینده نسبت به دوره مبنا در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ مشخص شده است. بررسی برونداد مدل از شبیه‌سازی بارش دوره آینده برای ایستگاه‌های استان، به‌صورت کاهش بارش نسبت به دوره مبنا می‌باشد. به‌طوری که در مناطق مرطوب و پر بارش استان به نمایندگی ایستگاه یاسوج، مقدار بارش در هر دو الگوی واداشتی حد بالا و حد وسط نسبت به دوره مبنا با کاهش

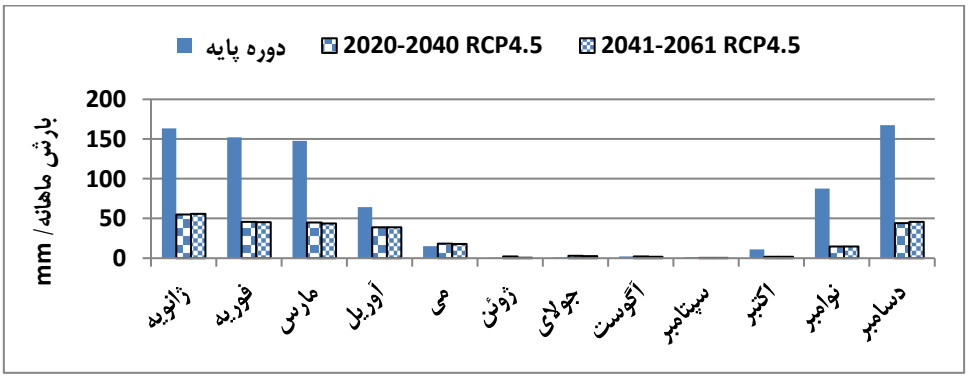
زیادی همراه خواهد بود. همان‌طور که در شکل‌های (۱۲ و ۱۳) مشخص شده است؛ مقدار بارش دوره آینده نزدیک و دور در یاسوج تا ۱۰۰ میلی‌متر در الگوی ماه‌های مرطوب در طول سال کاهش خواهد داشت. این نتایج در مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۸) و بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) نیز تأیید شده است. عمده مطالعات در داخل کشور کاهش زیاد بـارش در مناطق زاگرس مرتفع و منطقه کوهستان دنا و نواحی بادگیر زاگرس را مشخص کرده‌اند.

بررسی ایستگاه‌های گرمسیری و کم ارتفاع استان نیز وضعیت کاهش بارش در هر دو الگوی واداشـتی آشـکار اسـت. به‌طوری که در ایستگاه دهدشت شکل‌های (۱۴ و ۱۵) در الگوی کلی مقدار بارش نیز نسبت به دوره آینده با کاهش قابل توجه‌ای نسبت به دوره مبنا همراه خواهد بود؛ اما با این تفاوت که در ماه‌های مرطوب و پر بارش دسامبر و ژانویه در دوره آینده نزدیک (۲۰۴۰ – ۲۰۲۰)، مقدار کاهش بارش نسبت به مناطق مرطوب و پربارش و مرتفع کمتر اسـت. در واقـع در این مناطق مقدار بارش به‌تدریج سیر کاهشی نسبت به دوره مبنا و حال حاضر پیدا خواهد کرد.



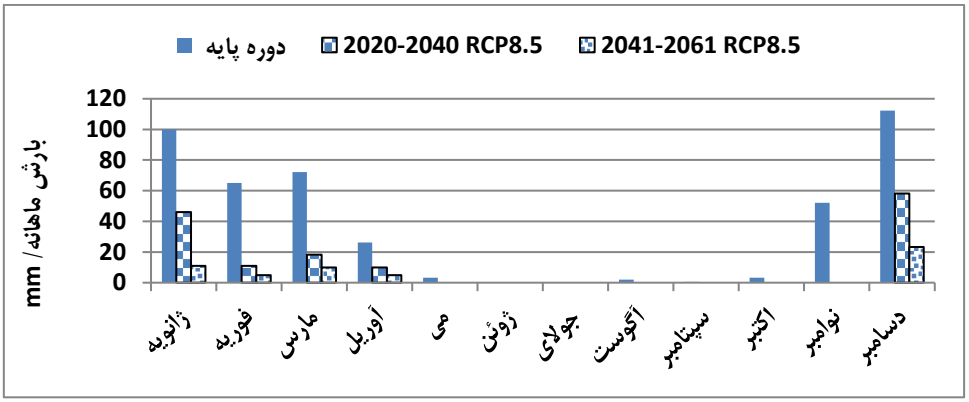
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۲: پیش‌نگری تغییرات بارش دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه یاسوج



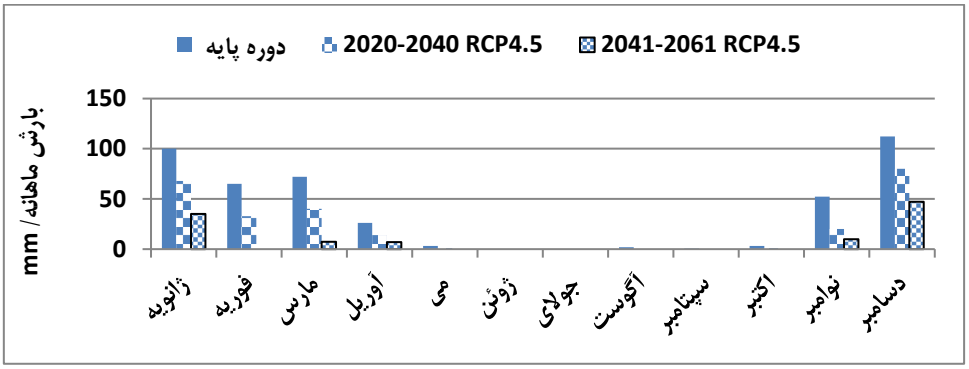
مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۳: پیش‌نگری تغییرات بارش دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه یاسوج



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۴: پیش‌نگری تغییرات بارش دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP4.5 برای ایستگاه دهدشت

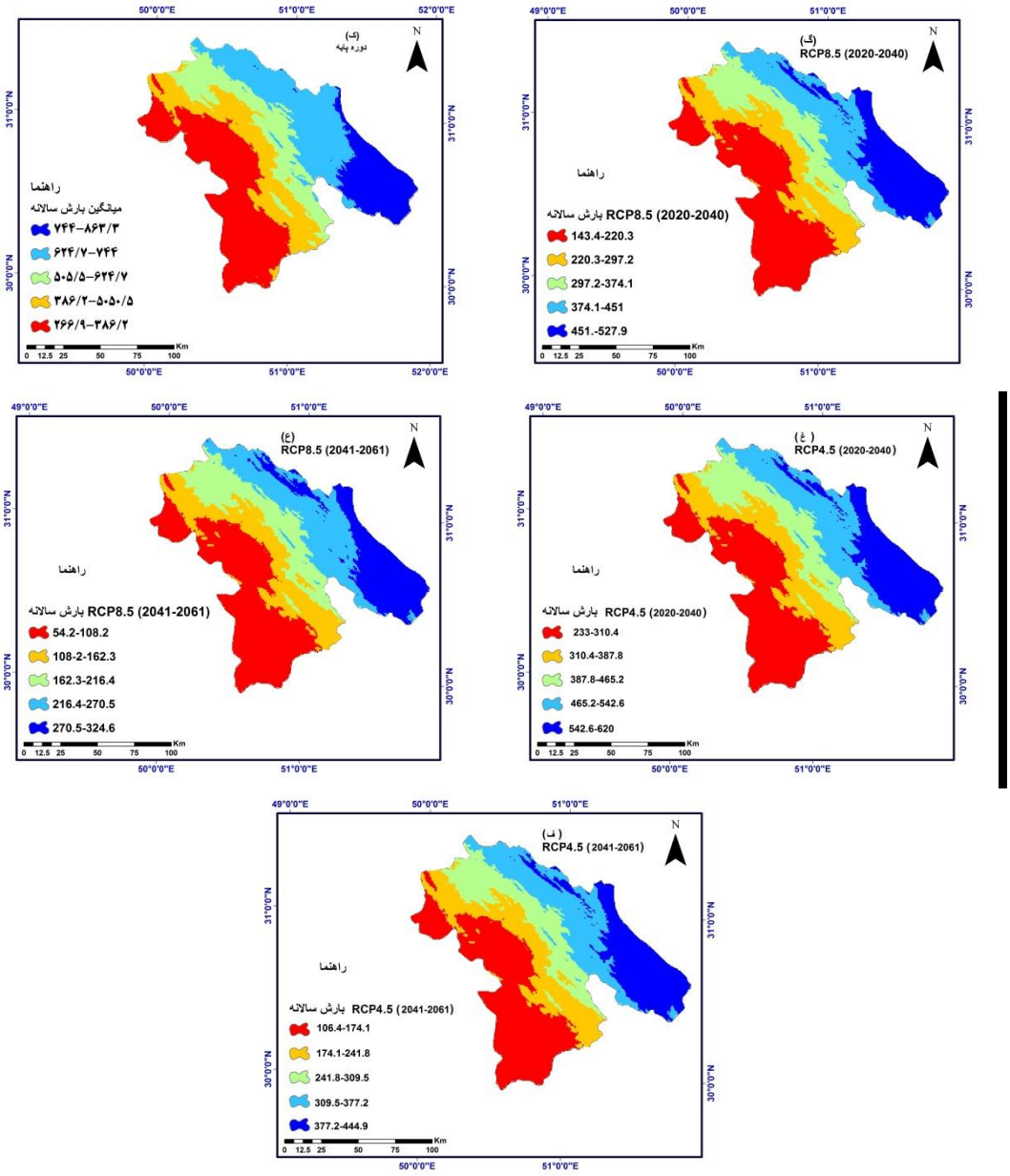


مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۵: پیش‌نگری تغییرات بارش دوره آینده (۲۰۶۱–۲۰۲۰) نسبت به دوره پایه در الگوی RCP8.5 برای ایستگاه دهدشت

توزیع مکانی بارش دوره آینده نسبت به دوره مبنا در منطقه مورد مطالعه در شکل (۱۶) مشخص شده است. بررسی ارتباط عوامل مکانی با بارش سالانه منطقه نشان داد که توزیع بارش‌های استان از پیکره‌بندی ناهمواری‌ها تبعیت می‌نماید؛ به‌طوری که از نیمه شمالی به سمت نیمه جنوبی و غربی با کاهش ارتفاع به‌تدریج مقدار بارش‌ها کمتر می‌شود. در دوره مبنا بارش سالانه استان از ۷۴۴ میلی‌متر در منطقه کوهستان دنا در شمال شرقی استان تا ۳۸۶/۲ میلی‌متر در نیمه جنوبی و نوار غربی استان در نوسان می‌باشد شکل (۱۶ ک). حد بالا و تراکم زیاد ارتفاعات در نیمه شمالی و شرقی و قرار گیری در بخش عمده زاگرس مرتفع، موجب تفاوت مکانی در مقدار بارش‌های استان شده است. در دوره آینده نیز توزیع مکانی بارش‌ها از پیکره‌بندی و توپوگرافی منطقه تبعیت می‌نماید. در الگوی واداشتی RCP8.5 در دوره آینده نزدیک بارش سالانه استان در محدوده بارشی ۱۴۳/۳ – ۵۲۸ میلی‌متری قرار می‌گیرد و در آینده دور وضعیت بارشی با کاهش بیشتر در محدوده بارشی ۵۴/۲ – ۳۲۴/۹ میلی‌متر قرار خواهد گرفت شکل‌های (۱۶ ک و ع). در الگوی واداشتی RCP4.5 در دوره آینده نزدیک بارش سالانه استان در محدوده بارشی ۲۳۳ – ۶۲۰ میلی‌متری قرار می‌گیرد و در آینده دور وضعیت بارشی با کاهش بیشتر در محدوده بارشی ۱۰۶/۴ – ۴۴۴/۹ میلی‌متری قرار خواهد گرفت شکل‌های (۱۶).

بنابراین در شرایط تغییر اقلیم دوره آینده مقدار بارش استان به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت بـه دوره مبنـا کـاهش خواهـد داشت. این شرایط در ماه‌های مرطوب استان بیشتر مشـاهده می‌شـود. بررسـی‌ها نشـان داد کـه پهنـه منـاطق پربـارش محدودتر شده و بر پهنه مناطق کم بارش استان افزوده خواهد شد. در واقع یکی از آثار و پیامدهای تغییر اقلـیم از طریـق کاهش بارش مناطق پربارش زاگرس مرتفـع ظهـور خواهـد یافـت. مطالعـات احمـدی و همکـاران (۱۳۹۸) و بابائیـان و همکاران (۱۳۹۸) نیز کاهش شدید بارش مناطق زاگرس مرتفع و منطقه جنوب غـرب ایـران و تغییـر محـدوده پربارشـی زاگرس مرتفع به مناطق عرض‌های بالاتر را تأیید نموده‌اند.



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۹

شکل ۱۶: توزیع مکانی میانگین بارش سالانه پیش‌نگری شده دوره آینده تحت شرایط سناریوهای RCP نسبت به دوره پایه

بررسی و پایش داده شبیه‌سازی شده تحت شرایط تغییر اقلیم نشان داد که مدل MIROC5 به‌مانند دیگر مدل‌های گردش کلی جو، توانایی کمتری در شبیه‌سازی پارامتر بارش نسبت به پارامتر دمای هوا دارا می‌باشد که در مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۷) و احمدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز تأیید شده است. این نتایج با نتایج مطالعات ادنیی[1] (۲۰۱۶) نیز همخوانی دارد. وی مشخص نموده که مدل‌های مختلف CMIP5 در شبیه‌سازی بارش نسبت به دما ضعیف‌تر عمل می‌کنند. در واقع تغییرات بارش در دوره آینده با توجه به ماهیت تغییر پذیری شدید آن، از تغییرات بیشتری نسبت به دمای هوا برخوردار می‌باشد. مقدار بارش در بیشتر مدل‌ها با توجه به سناریوهای RCP برای آینده با کاهش همراه خواهد بود. در واقع بارش در دهه‌های آتی نسبت به دوره مبنا در الگوی ماهانه در بیشتر منطقه پژوهش کاهش خواهد یافت. این کاهش بارش در مناطق پربارش و مرطوب بیشتر از مناطق گرمسیری مشاهده می‌شود. این نتایج در مطالعات بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) برای بیشتر مناطق کشور تأیید شده که در پژوهش حاضر نیز برونداد مدل مذکور نیز این شرایط را تأیید می‌نماید. برای پارامتر دمای هوا از نظر افزایش کمینه و بیشینه دمای هوا، نتایج پژوهش حاضر به‌صورت افزایش این شاخص‌های مهم اقلیمی در دوره آینده نسبت به دوره گذشته و نزدیک به زمان حاضر؛ با مطالعات عمده تغییر اقلیم در سال‌های اخیر همخوانی دارد. به‌طور نمونه نتایج مطالعات گیبرکیکوس[2] و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که بر اساس RCP8.5 و RCP4.5، بیشینه دما تا ۳/۷ درجه و کمینه دما تا ۲/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و در دهه‌های آینده نزدیک و به سمت دهه‌های آینده دور، به‌تدریج بر مقدار افزایش دمای هوا افزوده می‌شود. این شرایط در مطالعات حافظ پرست و خیراله (۱۳۹۵)، آقاخانی و همکاران (۱۳۹۵) و بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) نیز تأیید شده است. نتایج پژوهش حاضر از نظر کاهش شدید بارش در منطقه پژوهش به‌عنوان بخشی از منطقه زاگرس مرتفع و جنوبی با مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۸) و بابائیان و همکاران (۱۳۹۸) همخوانی و مطابقت دارد. از جنبه تغییرات افزایشی ناچیز در مقدار بارش در بعضی از ماه‌های سال در دوره آینده بر اساس مدل‌های گردش کلی جو با مطالعات حافظ پرست و پورخیراله (۱۳۹۶) و دلقندی و مؤذن‌زاده (۱۳۹۵) همسو است. در واقع به‌طور کلی برونداد مدل‌های گردش کلی جو برای مناطق مرطوب از جمله مناطق زاگرس عمدتاً به‌صورت کاهش بارش خواهد بود که پژوهش حاضر این نتایج را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

ارزیابی تغییرات دما و بارش تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل MIROC5 در قالب سناریوهای RCP در استان کهگیلویه و بویراحمد بررسی شد. نتایج نشان داد که مدل‌های CMIP5 و پایگاه داده شبکه‌ای ریزمقیاس شده در سنجش رفتار آب و هوای دوره آینده نقش بارزی ایفا می‌نمایند. بررسی نتایج پیش‌نگری و شبیه‌ساز دوره آینده در قالب سناریوهای واداشتی حد بالا و حد وسط نشان از افزایش کمینه و بیشینه دمای هوا در دوره آینده نسبت به دوره مبنا در

1-Adeniyi
2-Gebrechorkos

منطقه پژوهش می‌باشد. این انحراف افزایشی در دهه‌های دورتر از زمان حاضر و مبنا بیشتر است. به‌طوری که به‌طور متوسط در سطح ایستگاه‌های هواشناسی استان در الگوی خط سیر واداشتیRCP8.5 برای دوره آینده تا چهار دهه آتی (۲۰۶۱ میلادی)، میانگین کمینه دمای هوا تا ۳/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. از نظر مکانی تا افق زمانی ۲۰۶۱؛ بر پهنه‌های با دمای خنک و گرم‌تر در سطح استان افزوده خواهد شد. از نیمه کم ارتفاع و جنوبی استان به‌تدریج با گذر به دهه‌های آینده دورتر، بر گستره پهنه و محدوده دماهای ملایم و گرم‌تر نسبت به دوره مبنا افزوده خواهد شد. فرا سنج بارش نیز در دوره آینده در مقایسه با دوره مبنا با کاهش شدید و قابل ملاحظه‌ای در ماه‌های مرطوب سال مواجه خواهد شد. در واقع این منطقه پربارش از زاگرس مرتفع در دوره آینده با کاهش چشم‌گیری در مقدار بارش مواجه می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد که پهنه مناطق پربارش محدودتر شده و بر پهنه مناطق کم بارش استان افزوده خواهد شد. مناطق سردسیر و مرتفع استان با تنش بالاتری در وضعیت تغییرات دمای هوا و بارش مواجه خواهد شد. این شرایط زنگ خطری برای وضعیت منابع آبی در بالادست حوضه‌های آبخیز سدهای کارون به‌عنوان محور انرژی برق آبی می‌تواند باشد. به‌طور کلی بنابراین تغییرات فرا سنج‌های اقلیمی دمای هوا و بارش در ردیابی اثرات تغییر اقلیم حائز اهمیت است. این شرایط در منطقه پژوهش از جنبه هیدرولوژیکی به‌عنوان سرچشمه رودخانه‌های بزرگی مانند کارون و همچنین از نظر اکولوژیکی برای زیست‌بوم غنی جنگل‌های زاگرسی منطقه؛ در جهت کاهش آثار سوء تغییر اقلیم حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

۱- آقاخانی افشار، امیرحسین.، حسن‌زاده، یوسف، بسالت پور، علی‌اصغر، پور رضا بیلندی، محسن. (۱۳۹۵): ارزیابی سالیانه مؤلفه‌های اقلیمی حوضه آبخیز کشف رود در دوره‌های آتی با استفاده از گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، ۲۳(۶): صص ۲۳۳-۲۱۷.

۲- احمدی، حمزه، فلاح قالهری، غلام عباس، باعقیده، محمد، امیری، محمد اسماعیل. (۱۳۹۷): بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران در دوره آینده. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵ (۲): صص ۵۴-۳۵.

۳- احمدی، محمد، عزیزی، قاسم، کردوانی، پرویز. (۱۳۹۸): پیش‌نگری اثرات تغییر اقلیم بر درجه روزهای نیاز گرمایشی و سرمایشی در ایستگاه‌های منتخب استان ایلام. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۱ (۲): صص ۳۰۰- ۲۸۳.

۴- احمدی، محمود، احمدی، حمزه، داداشی رودباری، عباسعلی. (۱۳۹۷): واکاوی روند تغییرات و الگوی فضایی ابرناکی سالانه و فصلی در ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی ۷(۱۵): صص ۲۵۴-۲۳۷.

۵- ایمانی پور، حسین، کاشکی، عبدالرضا، کرمی، مختار. (۱۳۹۷): واکاوی تغییرات نیازهای درجه روز گرمایشی تحت شرایط تغییر اقلیم در استان خراسان جنوبی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۵۱): صص ۲۱۶-۱۹۹.

۶- بابائیان، ایمان. (۱۳۹۸): تغییر اقلیم در ایران: از آثار و تهدیدها تا فرصت‌ها. ششمین کنفرانس بین‌المللی – منطقه‌ای تغییر اقلیم. ۲۷ و ۲۸ آبان ماه ۱۳۹۸، تهران، سازمان هواشناسی کشور. کتابخانه ملی ایران.
۷- بابائیان، ایمان، کریمیان، مریم، مدیریان، راحله، میرزایی، ابراهیم. (۱۳۹۸): پیش‌نگری فرا سنج‌های اقلیمی کشور با به‌کارگیری مدل‌های گردش کلی سری CMIP5: دوره ۲۱۰۰- ۲۰۲۰. مجله علمی – ترویجی نیوار، شماره (۱۰۵-۱۰۴): صص ۷۰-۶۱.
۸- بابائیان، ایمان، کوهی، منصوره (۱۳۹۱): ارزیابی شاخص‌های اقلیم کشاورزی تحت سناریوهای تغییر اقلیم در ایستگاه‌های منتخب خراسان رضوی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۴): صص ۹۶۷-۹۵۳.
۹- باعقیده، محمد، احمدی، حمزه، صفرزادیی، نعمت اله. (۱۳۹۵): ارزیابی مخاطرات دمایی منطقه جنوب شرق ایران. فصلنامه علمی – پژوهشی امداد و نجات، ۵: صص ۱۶-۱.
۱۰- پارسایی، اسماعیل. (۱۳۸۴): امکان‌سنجی نواحی مستعد توسعه اکو توریسم در استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از GIS. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۱- حافظ پرست، مریم، پورخیراله، زهره. (۱۳۹۶): پایش خشک‌سالی هواشناسی به‌منظور حفظ پایداری در سناریوهای واداشت تابشی منطقه مطالعاتی (حوضه آبریز سد دویرج)، اکو هیدرولوژی، ۴ (۴)، صص ۱۲۳۹-۱۲۲۷.
۱۲- دسترنج، علی، شهبازی، علی، محسنی ساروی، محسن، صالح نسب، ابوطالب، جعفری، شیر کو. (۱۳۹۵): مدل‌سازی اقلیم و مقایسه تغییرات پارامترهای اقلیمی در جبهه شمالی و جنوبی البرز با استفاده از مدل SDSM. نشریه علمی – پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۱۰ (۳۲): صص ۲۶-۱۱.
۱۳- دلقندی، مهدی، مؤذن‌زاده، روزبه. (۱۳۹۵): بررسی تغییرات مکانی – زمانی بارش و دمای ایران تحت شرایط تغییر اقلیم با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار، اکو هیدرولوژی، ۳ (۳)، صص ۳۳۱-۳۲۱.
۱۴- دولابیان، شهاب. (۱۳۹۶): بررسی اثر تغییر اقلیم بر بارش و دمای مناطق مختلف کشور ایران بر اساس سناریوهای RCP. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود.
۱۵- ذوالفقاری، حسن، رحیمی، حمید، اوجی، روح اله. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر درجه روزهای گرمایشی و سرمایشی ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۲۲: ۲۰-۱.
۱۶- رضا پور، ذوالفقار، صالحی، حسن، کاکاوند، رضا. (۱۳۹۸): بررسی تغییرات سری زمانی دما و بارش جهت ارزیابی تغییر اقلیم در استان کهگیلویه و بویراحمد طی سه دهه منتهی به ۲۰۱۸. ششمین کنفرانس بین‌المللی – منطقه‌ای تغییر اقلیم. ۲۷ و ۲۸ آبان ماه ۱۳۹۸، تهران، سازمان هواشناسی کشور. کتابخانه ملی ایران.
۱۷- روشن، غلامرضا، قانقرمه، عظیم. (۱۳۹۵): رویکردی متفاوت در ریزمقیاس نمایی و پیش‌یابی اقلیمی مؤلفه دما (مطالعه موردی استان گلستان). فیزیک زمین و فضا، ۱۱: ۲۱۲-۱۹۷.
۱۸- علیجانی، بهلول، روشنی، احمد، پرک، فاطمه، حیدری، روح اله. (۱۳۹۱): روند تغییر پذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲: ۲۸ -۱۷.
۱۹- محمدی، الهام، یزدان پناه، حجت اله، محمدی، فریبا. (۱۳۹۳): بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره رشد گندم دوروم (دیم) مطالعه موردی: ایستگاه سرا رود کرمانشاه. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶ (۲): صص ۲۴۶-۲۳۱.
۲۰- مسعودیان، سید ابوالفضل، دارند، محمد، ناظمی فرد، گلاله. (۱۳۹۸): واکاوی فصول دمایی ایران زمین و وردایی آن طی دهه‌های اخیر. جغرافیا و توسعه، ۵۵: صص ۶۲ – ۴۵.
۲۱- طباطبایی، سید علی، حسینی، مهرداد. (۱۳۸۲): بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم اصفهان. صص ۸.

22- Ahmadi, H. Azizzadeh, J. (2020): The Impacts Of Climate Change Based On Regional And Global Climate Models (Rcms And Gcms) Projections (Case Study: Ilam Province). Modeling Earth Systems And Environment, 6:Pp. 685–696.
23- Adeniyi, Mo. (2016): The Consequences Of The Ipcc Ar5 Rcps 4.5 And 8.5 Climate Change Scenarios On Precipitation In West Africa. Climatic Change: 139: Pp. 245–263.

24- Corbeels, M. Berre, D. Rusin Amhodzi, L. Lopez- Ridaura, S. (2019): Can We Use Crop Modelling For Identifying Climate Change Adaptation Options? Agricultural And Forest Meteorology 256–257: Pp. 46–52.
25- Gebrechorkos Sh, Bernhofer C, Hulsmann S (2019): Impact Of Projected Change In Climate On Water Balance In Basins Of East Africa. Science Of The Total Environment, 682: Pp. 160-170. Doi.Org/10.1016/J.Scitotenv.2019.05.053
26- Karmalkar Av, Bradley, Rs. (2017): Consequences Of Global Warming Of 1.5 Êc And 2 Êc For Regional Temperature And Precipitationchanges In The Contiguous United States. Plos One 12(1): E0168697. Doi:10.1371/Journal.
27- Masaki, Y. (2020): Future Risk Of Frost On Apple Trees In Japan. Climatic Change 159: Pp. 407–422.
28- Mathu Kumalli, S. R. Dammu, M. Sengottaiyan, V. Ongolu, S. Biradar, A. K. Kondru, V. R. Cheru Kumalli, S. R. (2016): Prediction Of Heli Cover Paarmigera Hubner On Pigeon Pea During Future Climate Change Periods Using Marksim Multi Model Data. Agricultural And Forest Meteorology, 228, Pp. 130-138.
29- Ouma, P. Odera, P.A. Mukundi, J.B. (2016): Spatial Modelling Of Feather Variables For Plant Disease Applications In Mwea Region Journal Of Geoscience And Environment Protection, 2016, 4, 127-136.