تحلیل اثر تغییر اقلیم بر نظام بهره‌برداری کشاورزی با استفاده از مدل LARS-WG در پهنه جنوب شرق ایران

مهسا فرزانه[۱]، آزاده اربابی‌سبزواری[۲]*، سیدجمال‌الدین دریاباری[۳]، فریده اسدیان[۲]

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران

۲. دانشیار، گروه جغرافیا. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد اسلامشهر. تهران. ایران

۳. استاد، گروه جغرافیا. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات. تهران. ایران

۴. استادیار، گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰

چکیده

این پژوهش به بررسی متغیرهای اقلیمی در شش ایستگاه سینوپتیک پهنه جنوب شرق ایران (۱۹۸۷-۲۰۲۰) پرداخت و در دو دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و ۲۰۴۱-۲۰۶۰ با استفاده از مدل گردش کلی تحلیل گردید. دقت مدل LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی مطابق شاخص‌های MAE، RMSE، R^2، NSE مرحله صحت‌سنجی مورد بررسی قرار گرفت. نیاز آبی گیاه با تعیین بازه‌های مناسب برای کاشت و طول دوره‌های رشد با دما و ضریب درجه روز رشد بدست آمد. تغییر اقلیم به دلیل افزایش دمای حداکثر، طول دوره رشد در مراحل مختلف را بین ۱ تا ۲۰ روز کاهش می‌دهد که زمان کاشت در شرایط تغییر اقلیم را به تعویق انداخته و طول فصل کشت را ۱۵ تا ۲۸ روز کاهش می‌دهد. مدیریت درست عواملی چون رقم محصول و بهینه‌سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم منطقه و آگاهی از شرایط اقلیمی حال-آینده از اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی می‌تواند بکاهد.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، نظام بهره‌برداری کشاورزی، پهنه جنوب شرق ایران، مدل LARS-WG.

* نویسنده عهده دار مکاتبات aarbaby@yahoo.com

مقدمه

به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که آب و هوا در حال تغییر است (امین، ۱۳۹۹). دانشمندان به وسیله مدل‌های مختلف تغییر اقلیم توانسته‌اند ثابت کنند اقلیم زمین ثابت نیست و انسان نقش بسیار مهمی در آن دارد (هاسلمن، ۱۹۹۵). اهمیتی که تغییر اقلیم در ساختار محیطی کره زمین و ساکنان آن داشته و خواهد داشت، تلاش جهت شناخت هرچه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است. یافتن دوره اقلیمی هر ناحیه آب و هوایی می‌تواند راهکاری برای برنامه‌ریزی‌های محلی و ملی باشد (نظری‌پور و سعیدآبادی، ۱۳۹۱). افزایش جمعیت کره زمین باعث تخریب جنگل، افزایش فعالیت کشاورزی و دامداری و تبعات مختلفی شده که پدیده تغییر اقلیم یکی از آن‌هاست (آنجل، ۲۰۰۸، ص ۱۸؛ برایسون، ۱۹۹۷). تأثیر تغییر اقلیم بر تولید محصولات که در تأمین امنیت غذایی جامعه ایرانی است، از اهمیت دوچندانی برخوردار است (حاجی‌آبادی، ۱۳۹۹). همچنین در پی افزایش و یا کاهش متغیرهای اقلیمی موجب افزایش یا کاهش تبخیر و تعرق، کاهش دوره رشد و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (حاجی‌شعبانی، ۱۳۹۹). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در طی سال‌ها باعث بالا رفتن درجه حرارت و تغییر الگوی بارندگی در مناطق مختلف جهان شده و در نتیجه در آینده بر کارکرد اکوسیستم‌های زراعی و تولید محصولات مختلف تأثیر خواهد گذاشت (گودرینام و همکاران، ۱۹۹۵). افزایش گرمایش جهانی می‌تواند به واسطه افزایش دما اثرات منفی بر رشد اساسی در زندگی گیاه باشد (لو، ۲۰۱۱). دما بر طول دوره رشد، میزان عملکرد محصول و کیفیت آن مؤثر است (دلیراسفیوخی، ۱۳۹۸). نیاز آبی گیاه نیز می‌تواند از یک سو، به دلیل تغییر مولفه‌های اقلیمی و از سوی دیگر نتیجه تغییر اقلیم افزایش و یا کاهش داشته باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ تائو و همکاران، ۲۰۰۳). نیاز آبی گیاه نقشی مهم و اساسی در برنامه‌ریزی مصرف آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده دارد (یوسفی، ۱۳۹۸). سهم بالای نیاز آبی گیاه در چرخه هیدرولوژیکی آب باعث می‌شود تا تغییر اقلیم تهدیدی برای تشدید بحران جهانیِ آب محسوب شود (جهان‌تیغ و همکاران، ۱۳۹۵). در بحث نظام بهره‌برداری اغلب دو واژه شیوه تولید و نظام بهره‌برداری توسط برخی از دانش‌پژوهان و صاحب‌نظران در مسائل کشاورزی به صورت مترادف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بررسی که طی آن آراء صاحب‌نظران مختلف پیرامون نظام بهره‌برداری مورد توجه است. در ادبیات توسعه کشاورزی شیوه تولید برای بیان ویژگی‌های ساختاری و نظام بهره‌برداری برای نشان دادن اشکال بهره‌برداری از منابع تولید بکار می‌رود (فرحت و همکاران، ۱۳۸٤). نظام بهره‌برداری عبارت از نحوه برداشت محصول از زمین با استفاده از شیوه‌های معین و فنی مشخص که دارای سطح معینی از توسعه است و در چهارچوب یک رشته روابط حقوقی میان افراد، در قالب یک نظام تقسیم کار برای دریافت سهمی از محصول در مقابل کار یا سرمایه است. همچنین نظام بهره‌برداری نظامی است که منعکس‌کننده عواملی مانند الگوی بهره‌برداری، طرز و سیستم مراحل تولید کشاورزی، عملکرد محصول، نیاز آبی گیاه، تلفیق و ترکیب بهینه عوامل تولید، مالکیت و روابط انسان با کار و ابزار تولید، سطح فناوری و رابطه انسان با طبیعت است (ازکیا و فیروزآبادی، ۱۳۸۷). مطالعه و یافتن راهکار و رویکردهای جدید برای تحول در هر یک از اجزای نظام‌های بهره‌برداری یا بهبود نحوه تعامل آن‌ها با محیط می‌تواند در تحول ساختار نظام‌های بهره‌برداری و نهایتاً توسعه پایدار کشاورزی نقش ایفاء کند. لذا شناخت و ایجاد تحول در نظام بهره‌برداری مهم‌ترین راه

در جهت تحقق اهداف توسعه کشاورزی است (دهانی، ۱۳۹۰). ظهور و بروز، استحکام و اضمحلال نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی در راستای روند توسعه هر جامعه‌ای که تابعی از روند توسعه اقتصادی، سیاسی و فرهنگی داخلی و خارجی آن جامعه است، رخ داده و می‌دهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲ ۲) و در نهایت زنجیره‌ای تشکیل می‌شود که شناسایی تغییر اقلیم و کمک به کشاورز باعث ارتقاء سطح کشاورزی و در نهایت بهبود نظام بهره‌برداری می‌شود. به دنبال طرح جدی از مسئله تغییر اقلیم که ناشی از فعالیت‌های بشر در چند دهه اخیر و تأثیرگذار بر کشاورزی است، ضرورت انجام مطالعاتی در این زمینه بیش از پیش احساس می‌شود. در این پژوهش، هدف از تحقیق نگاهی به تغییرات دمای حداکثر در دوره پایه و آینده و بررسی ارتباط تغییر اقلیم با نظام بهره‌برداری کشاورزی می‌باشد. بررسی ارزیابی مدل و بازتولید متغیرهای اقلیمی و پیش‌نگری شرایط اقلیمی آینده می‌باشد و این سوال مطرح است آیا رفتار متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آینده طی سناریوهای موجود با کشاورزی ارتباط دارد؟ تاکنون پژوهش‌هایی در ارتباط با بررسی نظام بهره‌برداری کشاورزی تحت شرایط تغییر اقلیم انجام شده است. تغییرات آب و هوایی به طور عمده، به صورت منفی و معنی‌داری بر تولیدات کشاورزی اثر گذاشته و تا حد زیادی از تولیدات کشورهای در حال توسعه جهان کاسته می‌شود. نتایج بررسی تاناسی‌جویک و همکاران (۲۰۱۶) افزایش ۸ درصدی تبخیر و تعرق را تا سال ۲۰۶۵ نشان داد. جیناهور و جونگ بائوآن[۲] (۲۰۱۷) زمان گلدهی گیاهان باغی تا پایان قرن حاضر زودتر و به واسطه تغییرات آب و هوایی میزان آن افزایش خواهد یافت. همچنین به تحقیقات چاتوپادهای و هالمر (۱۹۹۸)، زمودزکا (۲۰۰۴)، لو[۴] و همکاران (۲۰۰۹)، اکبری و همکاران (۱۳۹۸) و جهانتیغ و همکاران (۱۳۹۸) می‌توان اشاره کرد. به طور کلی بررسی مطالعات و گزارش‌های علمی نشان می‌دهند اقلیم و الگوی بارشی در حال تغییر است و این موضوع نیازمند بررسی و توجه بیشتر به اهمیت منابع آب و کشاورزی منطقه مورد مطالعه دارد. مزایای مقاله پیش روی که از نسخه جدید LARS-WG با خروجی گردش عمومی کلی (HadCM2) بهره گرفته، توانمندی مدل‌سازی بالا و قدرت تفکیک بالا و با استفاده از دو سناریو RCP2.6 وRCP8.5 می‌باشد و از سال پایه ۱۹۸۷–۲۰۲۰ و برای دوره آینده از سال ۲۰۲۱–۲۰۴۰ و ۲۰۴۱–۲۰۶۰ استفاده شده است و برای انتخاب ایستگاه‌ها به دلیل در نظر گرفتن پراکنش ایستگاه‌ها و تعداد دوره آماری بالا از شش ایستگاه سینوپتیک زابل، زاهدان، خاش، ایرانشهر، سراوان و چابهار استفاده شده است. در این پژوهش سعی شده تغییرات دما در زمان حال و آینده با تعیین بازه‌های مناسب برای کاشت و طول دوره‌های رشد در هر ایستگاه پهنه جنوب شرق ایران مطالعه گردد.

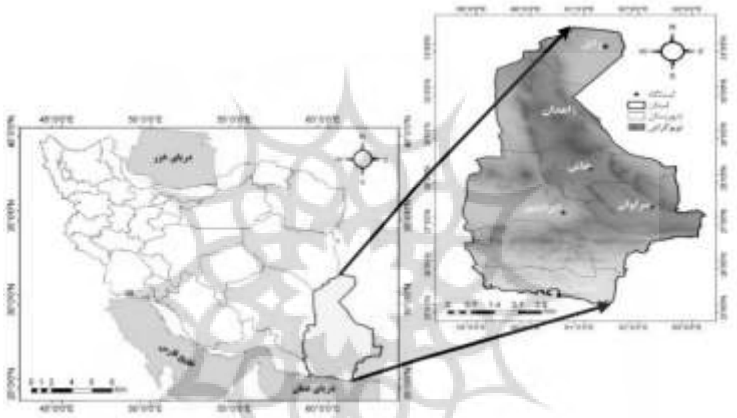
روش پژوهش

در پژوهش حاضر منطقه مورد مطالعه پهنه جنوب شرق ایران، استان سیستان و بلوچستان می‌باشد. این استان با وسعتی حدود ۱۸۷۵۰۲ کیلومترمربع حدود ٤/۱۱ درصد از کل مساحت کشور را تشکیل داده و از پهناورترین استان‌های کشور است و از نظر عرض جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و به لحاظ طول جغرافیایی بین ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ٦۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرارگرفته است (ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۹، ص ۱۵). در این مطالعه داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک شامل مقادیر روزانه بارش، دمای

حداقل، دمای حداکثر و ساعت آفتابی برای دوره ۲۰۲۰-۱۹۸۷ استفاده شده است. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه ذکر شده است.

جدول ۱ - ایستگاه های مورد مطالعه (مأخذ: اداره کل هواشناسی کشور)

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	سال تأسیس (شمسی)
۱	زاهدان	سینوپتیک اصلی	۲۹ ۲۸	٦۰٥۳	۱۳۷۰	۱۳۲۷
۲	زابل	سینوپتیک اصلی	۳۱ ۰۲	٦۱ ۲۹	٤۸۹	۱۳٤۲
۳	خاش	سینوپتیک اصلی	۲۸ ۱۳	٦۱ ۱۲	۱۳۹٤	۱۳٦٤
٤	سراوان	سینوپتیک اصلی	۲۷ ۲۰	٦۲ ۲۰	۱۱۹٥	۱۳٦٤
٥	ایرانشهر	سینوپتیک اصلی	۲۷ ۱۲	٦۰ ٤۲	٥۹۱	۱۳٤۳
٦	چابهار	سینوپتیک اصلی	۲٥ ۱۷	٦۰ ۳۷	۸	۱۳٤٤



نقشه ۱ - موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان مأخذ (نگارنده، ۱٤۰۰)

روش انجام پژوهش

مدل LARS-WG مولد داده‌های هواشناسی است (راسکو، سیدل و سمنوف، ۱۹۹۱). نسخه اولیه این مدل در بوداپست کشور مجارستان (۱۹۹۰) به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی ابداع شد. هسته اصلی این مدل استفاده از زنجیره مارکوف است که به کرات از آن استفاده شده است (اشرف و همکاران، ۱۳۹۰). مدل LARS-WG توسط یکی از دانشمندان مرکز مطالعات کشاورزی روتامشتد انگلستان طراحی شده است که با استفاده از داده‌های دیدبانی شده و بررسی رفتار اقلیم ایستگاه‌ها در دوره آماری و همچنین داده‌های روزانه شبکه‌ای مدل‌های گردش کلی در آینده، داده‌های روزانه دوره‌های آتی را می‌توان مدل‌سازی کرد. سری‌های زمانی ساخته شده در مدل LARS-WG عمدتاً دارای خصوصیات آماری مشابه با داده‌های مشاهداتی در یک ایستگاه می‌باشد و جهت استفاده در ارزیابی خطر هیدرولوژیکی یا کاربردهای کشاورزی باید دارای آمار طولانی‌مدت باشد. در مدلLARS-W توصیف تشعشعات خورشیدی، روزهای خشک و تَر با استفاده از توزیع‌های نیمه‌تجربی جداگانه و مدل‌سازی تشعشعات خورشیدی به طور مستقل از دما صورت می‌پذیرد (سمنوف و بارو، ۲۰۰۲). در مواقعی که تشعشعات آفتابی در دسترس نباشد، از ساعت آفتابی نیز می‌توان استفاده نمود و مدل به‌طور خودکار میزان ساعت آفتابی را با استفاده از رابطه ۱ به تشعشعات خورشیدی تبدیل می‌نماید.

رابطه ۱: $a + (b\,(\frac{n}{N}))$

که در آن a و b ضرایب ثابت معادله و مقدار n/N نرخ واقعی مدت زمان پتانسیل ساعت آفتابی است (ریتولد، ۱۹۷۸). مدل LARS-WG برای این که بتواند اقلیم درست‌تر و دقیق‌تری را پیش‌بینی کند، بهتر است از ۳۰–۲۰ سال داده روزانه استفاده نمود (سمنوف و بارو، ۲۰۰۲). مدل مذکور برای شبیه‌سازی طول دوره خشک و تر، بارش و تابش خورشیدی در مقیاس روزانه از توزیع نیمه‌تجربی به شکل کلی رابطه ۲ زیر استفاده می‌کند:

رابطه ۲: $EMP = a_0, a_i, h_i, \quad (i = 1, \dots, 10)$

رابطه مذکور هیستوگرامی ۱۰ طبقه است که هر یک از طبقات آن درون فاصله‌ای تعریف می‌شود. جهت اجرای اولیه مدل LARS-WG ابتدا دو فایل ورودی شامل نام، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع مربوط به ایستگاه اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی آماده می‌شود که در آن فرمت و ترتیب داده‌های ورودی مدل نیز مشخص می‌شود و فایل دیگر شامل داده‌های هواشناسی ورودی به مدل که به‌ترتیب از سال کم به زیاد مرتب شده و محتوی سال، شماره روز ژولیوسی، حداقل دما، حداکثر دما، بارش و ساعت آفتابی روزانه می‌باشد. از آنجا که توانمندی مدل مولد هواشناسی تأثیر مستقیمی بر برآورد و ارزیابی صحیح تغییر اقلیم منطقه در دوره آینده دارد، بنابراین ابتدا توانمندی مدل مورد بررسی قرار گرفت. از طریق مقایسه داده‌های دوره آماری مشاهده شده و داده‌های تولید شده توسط مدل با استفاده از نمودارهای مقایسه‌ای، ارزیابی مدل مورد بررسی قرار گرفت. خروجی مدل‌ها با تکنیک‌های مختلف کوچک‌مقیاس می‌شوند. به همین منظور دانشمندان روش‌های متعددی ابداع کرده‌اند که به مجموع این روش‌ها ریزمقیاس‌نمایی می‌گویند (فانگ، لوپز و نیو، ۲۰۱۱). LARS-WGیک روش ریزمقیاس کردن آماری است که جهت شبیه‌سازی حداقل و حداکثر دما، بارش و تشعشعات خورشیدی در یک مکان تحت شرایط اقلیم حال و آینده می‌تواند استفاده شود (گودرزی و نوری، ۱۳۹۳). مولدهای مصنوعی داده‌های آب و هوایی ابزاری برای پیش‌بینی نیستند که بتوان در پیش‌بینی‌های آب و هوایی استفاده کرد؛ اما توانایی تولید سری‌های زمانی داده‌های آب و هوایی یکسان با دوره دیده‌بانی را دارند. در این روش با شبیه‌سازی و تولید داده‌های آب و هوایی مصنوعی در مقیاس محلی می‌توان مطالعات تغییر اقلیم را در یک ایستگاه انجام داد. تاکنون مدل‌های مختلفی در مراکز گوناگون تحقیقاتی طراحی شده‌اند که دارای مؤلفه‌هایی مانند مدل‌های HadCM2، ECHAM4، CSIRO، CGCM2، ECHO-G هستند. در نهایت داده‌های ماهانه متغیرهای اقلیمی مدل گردش کلی HadCM2 دریافت شد و این مقادیر با میانگین ماهانه دوره آماری متغیرهای اقلیمی مورد مقایسه قرار گرفت. از جمله مزیت‌های HadCM2 دارای وضوح مکانی ۳/۷۵×۲/۵، پیشرفت نسبت به نسل‌های قبلی GCM و توانمندی بالاتر می‌باشد و در مقالات متعددی چون عباسی و همکاران (۱۳۹۰) استفاده شده است. از آنجا که مهم‌ترین ورودی این مدل‌ها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌باشد، از این رو سناریوهای مختلف انتشار که دربرگیرنده چگونگی تغییرات این گازها در آینده می‌باشد، انتخاب می‌شود (سمنوف و استارتویچ، ۲۰۱۰). برای انتخاب سناریو از خانواده RCP (بر اساس میزان واداشت تابشی نام‌گذاری شده‌اند) شامل چهارسناریوی مختلف عبارتند از RCP8.5، RCP6، RCP4.5 و RCP2.6 استفاده می‌گردد. برای انجام پژوهش، دو سناریوی خوش‌بینانه (دربرگیرنده کمترین میزان افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی؛ زو و همکاران،

۲۰۱۲) و بدبینانه (روند به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر مترمربع در سال و عدم پایبندی به کاهش گازهای گلخانه‌ای؛ فلاح قالهری و همکاران، ۱۳۹۸) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. هر سناریو بر اساس مشخصات متفاوت سطح فناوری، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، خط‌مشی‌ها در آینده است که در هر شرایط می‌تواند به سطح انتشار متفاوت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی منجر شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸). به منظور صحت‌سنجی و اطمینان از توانمندی مدل، مدل را برای دوره آماری پایه اجرا نموده تا یک سری داده‌های مصنوعی در دوره پایه ایجاد شوند. در آزمون مَن–کندال برای حذف خودهمبستگی استفاده شد و دو فرض صفر: هیچ روندی در سری داده‌ها دیده نمی‌شود و فرض مقابل (یک): در سری داده‌ها روند دیده می‌شود، مورد آزمون قرار گرفتند. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. آزمون مَن–کندال در بررسی روند سری‌های اقلیمی به کرات و در موارد مختلف استفاده شده است (باهک، ۱۳۹۳؛ فیضی و همکاران، ۱۳۸۹). در این مطالعه نیز، آزمون مَن–کندال برای کشف روند موجود و معنی‌داری آن در سری‌های زمانی مختلف متغیرهای اقلیمی استفاده شده است. در زمان استفاده از داده‌های روزانه دما و بارش یک ایستگاه یا یک حوضه باید مطمئن بود علاوه بر اینکه داده‌های ایستگاه از کیفیت بالایی برخوردارند، به طور غیرطبیعی ناهمگن نباشند (ونگ، ۲۰۱۰). ونگ در راستای تکمیل روش خود اقدام به ارایه یک رهیافت تجربی عملی نمود که در این روش خودهمبستگی پس‌فاز با کاربرد آزمون‌هایی در تشخیص تغییرات میانگین در سری‌های زمانی لحاظ می‌شود. چنین آزمون‌هایی قادر به تشخیص نقاط تغییر چندگانه در سری داده‌ها نیز می‌باشند. بررسی همگنی داده‌های یک ایستگاه را با استفاده از یک سری داده که همگن می‌باشد، می‌توان انجام داد یا بدون داشتن یک سری مرجع، همگنی داده‌ها را می‌توان بررسی نمود. با فرض همگن بودن داده‌ها مدل اجرا شده است. به منظور دقت بهتر مدل در شبیه‌سازی رفتار اقلیمی منطقه مورد مطالعه، دوره آماری طولانی برای داده‌ها انتخاب شده است عملکرد مدل LARS-WG با استفاده از شاخص‌های خطاسنجی و اطمینان از مناسب بودن مدل، داده‌های دوره آینده با استفاده از داده‌های مدل گردش کلی تحت دو سناریوی RCP2.6 (خوش‌بینانه) و RCP8.5 (بدبینانه)تولید شد. در این پژوهش از آزمون‌های آماری، جهت بررسی ارزیابی دقت عملکرد مدل LARS-WG از معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین مربعات خطا (MSE)، ضریب ناش–ساتکلیف (NSE) و R^2 استفاده شده است که روابط مربوط آن‌ها در ادامه آورده شده است:

رابطه ۳:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M} e(n)^2}$$

رابطه ٤:

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} (S_I - O_I)^2$$

رابطه ۵:

$$R^2 = \frac{\frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N} (S_I - S)(O_I - O)}{\sigma_S \times \sigma_O}$$

پیش‌بینی آینده: امروزه پیش‌بینی بلندمدت متغیرهای اقلیمی برای اطلاع از میزان تغییرات و در نتیجه در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای سازگاری و تعدیل اثرات سوء ناشی از تغییر اقلیم مورد توجه هیدرولوژیست‌ها و پژوهشگران قرار گرفته است. در حال حاضر، مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) قوی‌ترین ابزار به منظور تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند. به دلیل دقت مکانی پایین مدل‌های گردش عمومی کلی، این مدل‌ها تقریب درستی از شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه نمی‌توانند ارائه دهند. پیش‌بینی و ارزیابی میزان تغییرات پارامترهای هواشناسی در اثر تغییر اقلیم به ویژه از منظر مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است (پیرمرادیان و همکاران، ۱۳۹۵). پیش‌بینی و مقایسه تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی کلی تحت سناریوهای مختلف در استان سیستان و بلوچستان بوده است. با توجه به بررسی آمار ایستگاه‌های موجود، جهت بررسی پدیده تغییر اقلیم در حوزه مطالعاتی از مدل LARS-WG6 و دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 و هر کدام در دو سری انتشار ۲۰۲۱–۲۰۴۰ و ۲۰۴۱–۲۰۶۰ با تعیین سال پایه ۱۹۸۷–۲۰۲۰ از آمار ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه استفاده شد. نظر به این که مدلLARS-WG یکی از معتبرترین روش‌های ریزمقیاس‌نمائی آماری می‌باشد که تولید داده‌ها توسط این مدل در سه مرحله کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی صورت می‌گیرد، لذا مبنایی برای پژوهش صورت گرفته در حوضه مورد مطالعه بوده است.

تعیین تقویم کشت: بر اساس محدوده دمایی مناسب برای کشت گندم، بازه زمانی مشترک برای کاشت در دوره پایه و دو دوره زمانی در آینده درسناریوهای منتخب تعیین شد. سپس در هر ایستگاه، تاریخ‌های کاشت هر ۱۵ روز یک بار از ابتدای بازه مشترک در نظر گرفته شد. در نهایت طول دوره رشد گیاه بر اساس مجموع درجه–روز لازم برای رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی محاسبه شد (ساندهو و همکاران، ۲۰۱۳). بدین منظور دمای آستانه و دمای حداکثر برای گیاه گندم به‌ترتیب ٤ و ٢٦ درجه سانتی‌گراد درنظر گرفته شد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸). طول مراحل مختلف رشد بر اساس نسبت‌های بدست آمده از مقادیر پیشنهادی تعیین ضرایب گیاهی برای مرحله رشد اولیه و میانی و در انتهای فصل رشد به ترتیب برابر با ۰/٤، ۱/۱٦ و ۰/۵ در نظر گرفته شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته‌ها

جدول ۲ نتایج حاصل از آزمون مَن–کندال در پهنه جنوب شرق ایران را در دوره آماری ۱۹۸۷–۲۰۲۰ میلادی برای داده‌های مشاهداتی متغیرهای اقلیمی نشان می‌دهد. در مورد دما در پهنه جنوب شرق ایران با توجه به این که مقدارP-VALUE کمتر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ می‌باشد، فرض صفر رد شده و فرض مقابل پذیرفته می‌شود. روند مثبت و افزایشی است و روند در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. پس دمای حداقل، دمای حداکثر و متوسط دما دارای روند می‌باشد؛ ولی بارش دارای روند نیست. نتایج حاصل از ارزیابی مدل مبتنی بر شاخص آماره‌های خطا جدول ۳ نشان می‌دهد بالا بودن مقدار NSE و R^2 و پایین بودن مقادیر مربوط به شاخص‌های RMSE و MSE متغیرهای حداقل دما، حداکثر دما بارش و ساعت آفتابی، نشان‌دهنده کارایی بالای خوب در شبیه‌سازی است. در نهایت بیانگر این است مدل در برآورد میزان متغیرهای اقلیمی دارای دقت نسبتاً خوبی می‌باشند. نتایج نشان داد انطباق زیادی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و

مشاهداتی وجود داشته که مقادیر در پهنه جنوب شرق ایران نشان‌دهنده همین انطباق بوده است. در مجموع خروجی نشان می‌دهد مدل LARS-WG توانمندی مدل‌سازی اقلیم دوره گذشته ایستگاه‌های مورد مطالعه را دارا است. بر این اساس، مشخص شد عنصرهای پیش‌بینی‌کننده منتخب از کارایی مناسب و قابل قبولی جهت شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی مورد نظر برای دوره‌های آتی برخوردارند. لذا از مدل برای بازتولید داده‌های اقلیمی طی دوره آتی می‌توان استفاده نمود.

جدول ۲ - نتایج آزمون مَن-کندال داده‌های مشاهداتی پهنه جنوب شرق ایران (۱۹۸۷-۲۰۲۰)

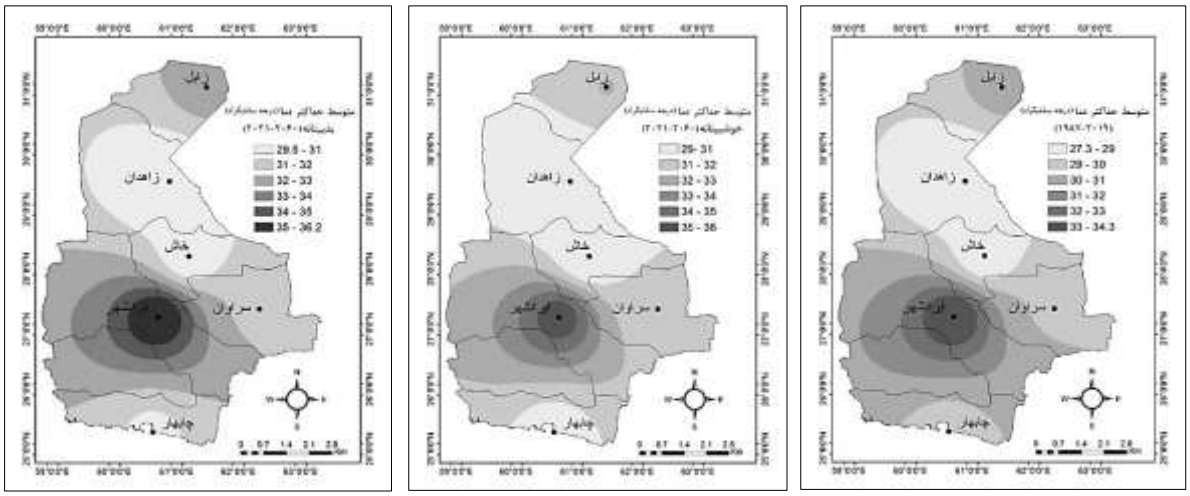
متغیر	حداکثر دما	حداقل دما	متوسط دما	بارندگی
Kendall Tau	٤١/٠	٦٢/٠	٣٦/٠	٠٩/٠-
P-Value	٠٠٠٨/٠	٠١٣٥/٠	٠٠٣/٠	٤٤/٠
Alpha	٠٥/٠	٠٥/٠	٠٥/٠	٠٥/٠

جدول ۳ - ارزیابی داده‌های مدل مورد استفاده در این تحقیق با داده‌های پهنه جنوب شرق ایران (۱۹۸۷-۲۰۲۰)

متغیر	حداکثر دما	حداقل دما	ساعت آفتابی	بارندگی
R^2	٩٤/٠	٩/٠	٠/٩١	٨٨/٠
NSE	٩/٠	٩١/٠	٠/٨٢	٨٥/٠
MSE	٤٢٧/٠	٢٨/٠	٢٩٥/٠	٦٨/٨
RMSE	٠/٦٥٣	٥٢٩/٠	٥٤٣/٠	٤٩/٥

بررسی دمای حداکثر دوره پایه و دوره‌های آینده در پهنه جنوب شرق ایران

نتیجه این بررسی همچنین نشان می‌دهد جنوب شرق کشور در سال‌های اخیر با افزایش دما مواجه بوده است. با توجه به پهنه‌بندی دمای حداکثر در دوره پایه و دوره‌های آینده نشان می‌دهد ایستگاه ایرانشهر و در پی آن ایستگاه زابل گرم‌تر می‌شود. کمترین تغییرات مربوط به ایستگاه ساحلی به دلیل رطوبت بالا و بیشترین تغییرات در ایستگاه‌های خشکی می‌باشد. تغییرات تفاوت دمای متوسط سالانه پهنه جنوب شرق ایران در طول دوره آماری با میانگین دراز مدت ۳۰ ساله بررسی گردید؛ در این حالت نیز داده‌های درجه حرارت نشان‌دهنده روند مثبت در منطقه است و به طور کلی تغییرات دما در پهنه جنوب شرق ایران مشهود بوده و می‌توان از این تغییرات به عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم نام برد. تغییرات متوسط حداکثر دما مشاهداتی نسبت به آینده بدبینانه و خوش‌بینانه بیشترین تغییرات نیمه‌شمالی و کمترین تغییرات نیمه‌جنوبی است و مرکزیت با ایستگاه ایرانشهر می‌باشد.



نقشه ۲ – حدکثر دما بدبینانه، متوسط حداکثر دما خوش‌بینانه و متوسط دمای حداکثر دوره پایه

نتایج داده‌های متغیرهای اقلیمی ریزمقیاس‌نمایی شده در جدول ٤ آورده شده است. بازه تغییرات افزایش دما حداقل در دوره ٤٠ ساله مورد مطالعه در ایستگاه ایرانشهر (١/٤–٢/٧)، زاهدان (١/٧–٣/٠٢)، سراوان (١/٣–٢/٦)، چابهار (٠/٨–١/٥)، خاش (١/٥–٢/٨)، زابل (١/٤–٢/٦) درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به نتایج، بیشترین تغییرات دمای حداقل طبق داده‌های برآورد شده مربوط به ایستگاه زاهدان می‌باشد. بازه تغییرات افزایش دما حداکثر در دوره ٤٠ ساله مورد مطالعه در ایستگاه ایرانشهر (١/٣–٢/٦)، زاهدان (١/٤–٢/٩)، سراوان (١/٤–٢/٥))، خاش (١/٢–٢/٦)، چابهار (٠/٨–١/٥)، زابل (١/٤–٢/٨) درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیشترین تغییرات در دمای حداکثر در برآورد داده‌ها مربوط به ایستگاه زاهدان می‌باشد که این ایستگاه در دوره‌های آینده گرم‌تر می‌شود. همان طور که در بالا ذکر گردید، دما در هر دو دوره دارای روندی افزایشی و یکنواخت است. تغییرات در دمای حداقل بیشتر از دمای حداکثر است. میزان این افزایش از آینده نزدیک به سمت آینده دور بیشتر می‌شود. در نهایت می‌توان گفت میزان درصد تغییرات دما حداقل در استان ١٦/٠٢ درصد افزایشی، میزان درصد تغییرات دمای حداکثر ٨/٤٩ درصد افزایشی است.

جدول ٤ – تغییرات دمای حداقل (سانتی‌گراد) برای دو دوره زمانی مطابق سناریوی RCP2.6 و RCP8.5

نام ایستگاه	دمای حداقل مشاهداتی	سناریوی RCP2.6		سناریوی RCP8.5	
		٢٠٤٠-٢٠٢١	٢٠٦٠-٢٠٤١	٢٠٤٠-٢٠٢١	٢٠٦٠-٢٠٤١
ایرانشهر	١/٢٠	٥٤/٢١	٩١/٢١	٧٨/٢١	٨٥/٢٢
زاهدان	٥٧/١٠	٢٧/١٢	٦٩/١٢	٥٣/١٢	٥٩/١٣
سراوان	٧٥/١٤	٠٨/١٦	٤٦/١٦	٣٤/١٦	٣٨/١٧
چابهار	٣١/٢٣	١٤/٢٤	٣٤/٢٤	٢٥/٢٤	٨٨/٢٤
خاش	٥٨/١٢	١٣/١٤	٣٤/١٤	٣٩/١٤	٤٥/١٥
زابل	٣٢/١٥	٨/١٦	٠٨/١٧	٨٧/١٦	٩٨/١٧

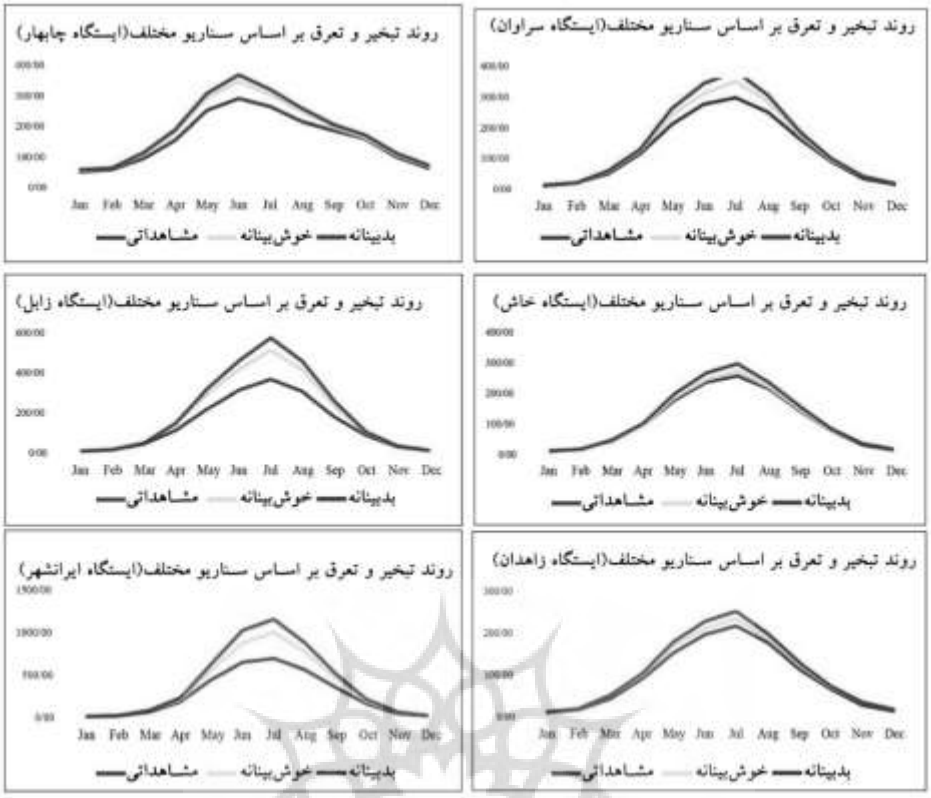
جدول ۵ - تغییرات دمای حداکثر (سانتی‌گراد) برای دو دوره زمانی بر اساس سناریو RCP2.6 و RCP8.5

نام ایستگاه	دمای حداکثر مشاهداتی	سناریوی RCP2.6		سناریوی RCP8.5	
		۲۰۴۰-۲۰۲۱	۲۰۶۰-۲۰۴۱	۲۰۴۰-۲۰۲۱	۲۰۶۰-۲۰۴۱
ایرانشهر	۲/۳٤	۵۵/۳۵	۰۸/۳٦	۷۳/۳۵	۸۵/۳٦
زاهدان	۱۳/۲۷	۵۷/۲۸	۳۹/۲۹	۹/۲۸	۰۳/۳۰
سراوان	۷۹/۲۹	۵/۳۱	۵۹/۳۱	۲٤/۳۱	۳٤/۳۲
چابهار	۵۳/۲۹	۳۸/۳۰	۵۳/۳۰	٤/۳۰	۰۷/۳۱
خاش	۸۸/۲۷	۱۵/۲۹	۸۳/۲۹	۳٦/۲۹	۵٦/۳۰
زابل	۱۹/۳۰	۵۹/۳۱	٤٤/۳۲	۹۳/۳۱	۰۲/۳۳

تبخیر و تعرق پتانسیل

با بررسی‌های انجام شده تغییر اقلیم سبب افزایش تبخیر-تعرق می‌شود. این افزایش باعث بالا رفتن تقاضا برای آب در بخش کشاورزی خواهد شد که ممکن است منجر به درگیری‌ها در استفاده از آب شود و حتی منجربه خشک شدن سفره‌های آب زیرزمینی خواهد شد. با توجه به نمودار ۲ مشاهده می‌شود تبخیر-تعرق روندی افزایشی داشته و مدل RCP2.6 کمترین روند افزایشی را داراست. در نهایت می‌توان گفت در صورت عدم پایبندی به کاهش گازهای گلخانه‌ای، میزان تبخیر و تعرق افزایش یافته که بیشترین تبخیر و تعرق در در ایستگاه زابل و کمترین تبخیر و تعرق در ایستگاه زاهدان می‌باشد. به طور کلی منطقه بلوچستان در تمام ماه‌ها دارای تبخیر و تعرق پتانسیل بالاتر از بارش است. می‌توان بیان داشت تبخیر و تعرق واقعی به عنوان شاخص عملکرد اقلیمی یکی از فاکتورهای اساسی در بهبود کارایی مصرف آب است.

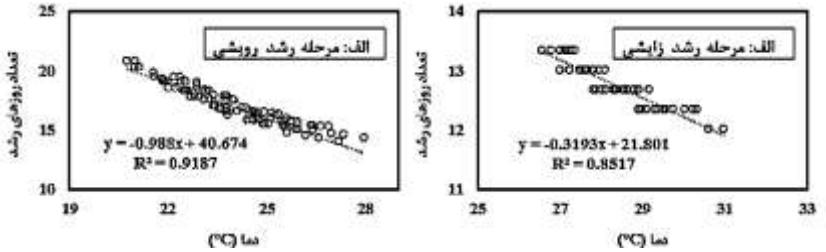
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۱ – روند تبخیر و تعرق بر اساس سناریو مختلف در پهنه جنوب شرق ایران

تحلیل تغییر اقلیم بر کشت محصول

تغییرات اقلیمی در پهنه جنوب شرق کشور طول دوره رشد رویشی را بیشتر از طول دوره زایشی تغییر می‌دهد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار با ضریب همبستگی بالا بین دمای اتمسفر و روزهای لازم برای تکمیل دوره اولیه و سریع رشد (دوره رشد رویشی) و کاهش مقدار این ضریب در دوره‌های رشد میانی و انتهایی (دوره رشد زایشی) در نمودار ۲ نیز مؤید این نتیجه است. کاهش طول دوره رشد در مرحله رشد رویشی به دلیل افزایش درجه حرارت محیط و متعاقب آن، دمای خاک می‌تواند باشد. زیرا در این مرحله، رشد و توسعه هر دو اندام هوایی و ریشه به شدت متأثر از دمای خاک است. با این وجود، تأثیر دما در کاهش روزهای لازم برای تکمیل طول دوره رشد زایشی کم‌تر از اثر ویژگی‌های گیاهی است، زیرا بخش هوایی گیاه به رشد کامل خود رسیده است. اگرچه کاهش طول دوره رشد گیاه منافعی را همچون آماده‌سازی زودهنگام زمین برای کشت دوم می‌تواند فرآهم آورد، لکن توجه به بالاتر بودن دما در تاریخ‌های دیرتر و تأثیر معنی‌دار آن بر میزان عملکرد محصول تصمیم‌گیری در این زمینه را با دشواری‌هایی همراه می‌سازد.



نمودار ۲ - همبستگی بین دمای اتمسفر و روزهای لازم برای تکمیل دوره‌های مختلف رشد

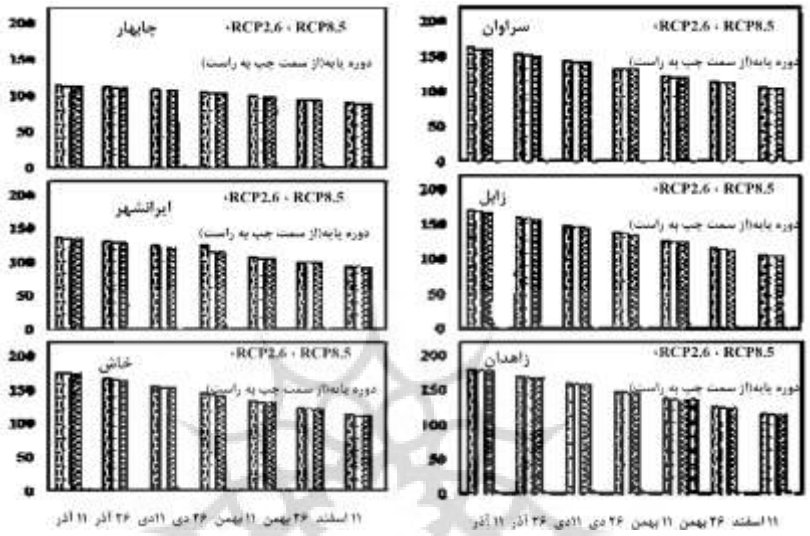
تغییر تقویم کشت تحت شرایط تغییر اقلیم

در منطقه مورد مطالعه بازه مناسب برای کشت را بین ۱۶-۲۱ روز به سمت فصل‌های سرد سال جابجا نموده که این جابجایی در ایستگاه‌های زابل کمترین و در ایستگاه زاهدان بیشترین مقدار را دارد. علاوه بر آن بجز ایستگاه‌های ایرانشهر و چابهار، افزایش گرمایش جهانی برای کاشت گندم در دیگر ایستگاه‌های واقع در پهنه جنوب شرق کشور نیز افزایش خواهد یافت. اما این بازه برای دو ایستگاه ایرانشهر و چابهار بین ۵-۴۰ روز کاهش می‌یابد که دلیل آن را می‌توان در خرداقلیم‌های حاکم جستجو کرد. زمان کشت برای محصول مهم است؛ چرا که فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. کشت زودهنگام یا دیرهنگام به همراه اثراتی همچون خطر سرمازدگی، شیوع آفات و خساراتی بسیار به همراه خواهد بود.

نمودار ۳ - بازه زمانی مناسب برای کاشت گندم در پهنه جنوب شرق ایران در دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ و سناریو آینده

بر اساس تاریخ‌های مشترک بین سناریو RCP2.6 و RCP8.5 در حد فاصل سال‌های دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ و دوره آینده ۲۰۲۱-۲۰۶۰، روزهای ۱۱ و ۲۶ آذر، ۱۱ و ۲۶ دی، ۱۱ و ۲۶ بهمن و ۱۱ و ۲۶ اسفند ماه به عنوان تاریخ کشت در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در پهنه جنوب شرق ایران در نظر گرفته شده است. نمودار ٤ مدت زمان لازم برای تکمیل شدن چهار دوره رشد ابتدایی، سریع، میانی و انتهایی را نشان می‌دهد. افزایش دما تعداد روزهای لازم برای رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه را بین یک تا بیست روز کاهش داد. به تعویق انداختن زمان کاشت اثر تغییر اقلیم را شدت داده و طول فصل کشت را بین ۱۲ تا ۲۵ روز کاهش می‌دهد. بیشترین کاهش تعداد روزهای لازم برای رسیدگی گیاه در بازه ۲۰۲۱-۲۰۶۰ در

سناریو RCP8.5 به دلیل افزایش دما مشاهده شد. مدیریت تاریخ کاشت گندم در شرایط تغییر اقلیم تأثیر قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. تغییر تاریخ کشت به فصل‌های گرم‌تر باعث افزایش ۵٤/۳– ۰/۰۹ درصد نیاز آبی گندم در بازه زمانی ۲۰۲۱–۲۰٦۰ خواهد بود. تأثیر اعمال مدیریت در تاریخ نیاز آبی گندم در کشت بر افزایش ایستگاه‌های ایرانشهر (٦/٦ – ٥٤/٤ درصد)، زابل (۳–٤۷/٥ درصد) و سراوان (٤/٥–٤۸/٦ درصد) بیش‌تر از ایستگاه‌های دیگر بود. این مدیریت کم‌ترین تأثیر را بر نیاز آبی در ایستگاه چابهار (۰/۲–۱۸/۷) اقلیم‌های متفاوت در این شهرستان‌ها باشد.



نمودار ٤ – تعداد روزهای لازم برای تکمیل دوره رشد در دوره پایه ۱۹۸۷–۲۰۲۰ و سناریو آینده

بحث و نتیجه‌گیری

پدیده تغییر اقلیم به خصوص افزایش دمای حداقل و حداکثر منطقه مورد مطالعه را ، تحت الشعاع قرار دهد. دما و بارش به دلیل تغییرات قابل ملاحظه زمانی و مکانی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی در بررسی تغییرات اقلیمی هستند. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG با استفاده از آزمون های آماری و شاخص های خطاسنجی مختلف، نشان داد که این مدل در بیشتر ماه ها در پهنه جنوب شرق ایران مورد بررسی و از دقت مناسبی جهت شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در سطح منطقه مورد مطالعه برخوردار است. نتایج حاصل از خروجی مدل میزان بارش در دوره آتی در سطح منطقه مورد مطالعه نزدیک به آن مقدار دوره پایه برآورد کردند. توانایی این مدل ریزمقیاس نمایی در پیش‌بینی دما بهتر از بارش است. در دو سناریوRCP2.6 (تعهد کشورها به کاهش گازهای گلخانه‌ای) و RCP8.5 (در صورت عدم پایبندی به کاهش گازهای گلخانه‌ای) در دوره‌های مورد مطالعه ریزمقیاس گردیدکه افزایش دما در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره آتی رخ داده است این در حالی است که در دوره مطالعاتی سالانه، نواحی هم‌جوار با سواحل جنوبی ایران، کمترین افزایش دما را خواهند داشت، به طوری که میزان این افزایش دما در ایستگاه‌های واقع در خشکی از ایستگاه‌های مناطق ساحلی بیشتر است. در دروه‌های آینده روند دمای حداقل افزایشی می‌باشد و در نتیجه باعث کاهش برودت هوا و تعدیل آن می‌گردد و از یخبندان‌های شدید کاسته می‌شود. در زمان وقوع پدیده یخبندان گیاه کوتاه می‌ماند و ریشه گیاه به خواب

می‌رود تا به دمای مناسب برسد. تغییر اقلیم به دلیل افزایش معنی‌دار دما، طول دوره رشد در مراحل مختلف را بین یک تا **20** روز کاهش می‌دهد کـه این مساله باعث روز کاهش می‌دهد. افزایش دما در دو سناریوی مورد بررسی در حد فاصل سال‌های ۲۰۲۱-۲۰٦۰ طول دوره رشد گیاه را به دلیل وابستگی با دما کاهش می‌دهد. بررسی تقویم‌های کشت مختلف نشان می‌دهد زمان کاشت می‌تواند آثار منفی تغییر اقلیم را تا حدی کاهش دهد، به نحوی که کشت زودهنگام باعث ۲۸/۱ تا ۷۸۰ متر مکعب در هکتار صرفه‌جویی در مصرف آب در کشت گندم خواهد شد. بیشترین کاهش تعداد روزهای لازم برای رسیدگی گیاه در بازه ۲۰۲۱–۲۰٦۰ در سناریو RCP8.5 به دلیل افزایش دما مشاهده شد. در منطقه مورد مطالعه بازه مناسب برای کشت را بین ۱٦–۲۱ روز به سمت فصل‌های سرد سال جابجا نموده که این جابجایی در ایستگاه‌های زابل کمترین و در ایستگاه زاهدان بیشترین مقدار را دارد. درنهایت نتایج نشان‌دهنده این است با کاهش بارندگی، سطح زیرکشت و راندمان محصولات کشاورزی به طور محسوسی کاهش یافته است. گرم شدن زمین، افزایش دما و کاهش بارندگی از جمله تغییرات اقلیمی خطرزایی هستند که حیات بشر و موجودات زنده را تحت تأثیر قرارداده است. مدیریت زمان کشت گندم می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای تطابق با تغییر اقلیم و افزایش بهره‌وری بارندگی در اقلیم آینده پهنه جنوب شرق ایران محسوب شود. بنابراین لازم است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان امر کشاورزی به این موضوع توجه داشته باشند تا بتوانند با اتخاذ سیاست‌های مناسب مدیریت ریسک، از یک سو ریسک تولید کشاورزان را کاهش دهند و از سوی دیگر با اجرای راهکارهای مناسب مانند پیش‌بینی‌های دقیق تغییرات اقلیمی مانع از نوسانات تولید این دو محصول راهبردی گردند.

منابع

ابراهیم‌زاده، عیسی، (۱۳۸۹). آمایش سرزمینی و برنامه‌ریزی محیطی در جنوب شرق ایران، موسسه اطلاعات، تهران.

ازکیا، مصطفی، فیروزآبادی، سیداحمد، (۱۳۸۷). بررسی سرمایه اجتماعی در انواع نظام‌های بهره‌برداری از زمین و عوامل مؤثر بر تبدیل بهره‌برداری‌های دهقانی به تعاونی، فصلنامه نامه علوم اجتماعی، دوره ۱٦، شماره ۱، ص ۹۸–۷۷.

اشرف، بتول، موسوی بایگی، محمد، کمالی، غلامعلی داوری، کامران، (۱۳۹۰). پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از HADCM ریزمقیاس نمایی آماری داده های مدل ۳ (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ٤، ص ۹٤۰–۹۵۲.

اکبری، مهدی، نجفی علمدارلو، حامد، موسوی، سید حبیب اله، (۱۳۹۸). اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی روی ریسک درآمدی و الگوی کشت زراعی در شبکه آبیاری دشت قزوین، پژوهش آب در کشاورزی ۳۳،۲ (۲)، ص ۲٦۵–۲۸۱.

امین، مریم، (۱۳۹۹). شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد گندم و جو در استان تهران و ارائه راهکارهای سازگاری زراعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی

باهک، بتول، (۱۳۹۷). تحلیل فضایی روند وقوع پدیده گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان با روش‌های آماری، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۸ (۳)، ص ۹۷–۱۰۹.

پیرمرادیان، نادر، هادی‌نیا، حسین، اشرف‌زاده، افشین، (۱۳۹۵). پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۰ (۵۵)، ص ۲۹-٤٤.

جهانتیغ، محمد کاراندیش، فاطمه، دلبری، معصومه، (۱۳۹۵). تحلیل اثرات تقویم کشت بر نیاز آبی گندم در استان سیستان و بلوچستان در شرایط تغییر اقلیم، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ٤، جلد ۱۰، ص ٤٨٩-٤٩٨.

حاجی‌شعبانی، هانیه، (۱۳۹۹). مطالعه اثرات تغییر اقلیم و راهکارهای سازگاری به آن در تولید نخود دیم تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی.

حاجی‌آبادی، فاطمه، (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در دوره‌های خشکسالی بر عملکرد گندم دیم و آبی در بیرجند، رساله دکتری، فرزاد مندنی استاد راهنما، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک.

حسینی، سیدصفدر، نظری، محمدرضا، عراقی نژاد، شهاب، (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به‌کارگیری راهبردهای تطبیق در این بخش، تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران.

دلیراسفیوخی، محمد، (۱۳۹۸). بررسی اثر تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب و الگوی کشت در حوضه آبریز قره قوم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما فاطمه رستگاریپور و علیرضا کرباسی، دانشگاه تربت‌حیدریه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

دهانی، قدسی، (۱۳۹۰). بررسی نظام‌های بهره‌برداری و نقش آنها در توسعه کشاورزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.

رضائی، مریم، قاسمیه، هدی، (۱۳۹۸). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرپذیری بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه‌های کاشان و خوروبیابانک)، خشک بوم، ۹ (۱)، ص ۸۱-۹۹.

عباسی، فاطمه، ملبوسی، شراره، حبیبی نوخندان، مجید، اثمری، مرتضی، (۱۳۸۹). ارزیابی تغییر اقلیم زاگرس در دوره ۲۰۳۹- ۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جوECHO، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱(۱)، ص ۳-۲۰.

فرحت، محمد، (۱۳۸٤). نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی از نگاه صاحب نظران، ترویج و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی.

فلاح قالهری، غلامعباس، یوسفی، حسین، حسین‌زاده، احمد، علیمرادی، محمدرضا، ریحانی، الیاس، (۱۳۹۸). ارزیابی تغییر اقلیم ایستگاه بجنورد طی دوره ۲۰۱٦ تا ۲۰۵۰ با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی LARS WG و SDSM، اکوهیدرولوژی، دوره ٦، شماره ۱، ص ۹۹-۱۰۹.

فیضی، وحید، فرج‌زاده، منوچهر، نوروزی، رباب، (۱۳۸۹). مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من-کندال، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.

گودرزی، محمدرضا، نوری، علی، (۱۳۹۳). ارزیابی مدل LARS-WG و روش تغییر عامل در ریزمقیاس‌نمایی بارش و درجه حرارت، فصلنامه علوم و فناوری محیط زیست.

نظری‌پور، حمید، سعیدآبادی، رشید، (۱۳۹۱). تعیین فصول اقلیمی زاهدان با روش تحلیل خوشه ای، جغرافیا و توسعه (۲۶)، ص ۸۷-۹۷.

یوسفی، عبدالحسین، (۱۳۹۸). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پتانسیل خطر بیابان‌زایی اراضی با تکیه بر معیارهای اقلیم و آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت صحرای‌باغ فارس)، رساله دکتری، دانشگاه لرستان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

Allen, R.G, Pereira, L.S, Raes, D, Smith, M, Crop evapotranspiration guideline for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, 1998; 56: 300.

Angel, J. Potential impacts of climate change on water availability, Illinois State Water Survey, Institute of Natural Resources Sustainability, 2008; 12: 397-409.

Ashraf, B, Moosavi Beigi, M, Kamali, G.H, Davari, K .Predicting Fossil Changes of Climatic Parameters in the Next Twenty Years Using the Statistical Exponential Scale of HadCM3 Model Data Case Study, PP. Khorasan Razavi Province, Journal of Soil and Water, Agricultural Science and Industry, 2011; 25(4): 945-957.

Bryson, K.A. The paradigm PF climatology, An essay. Bul. Amer. Meteor. Soc; 1997.

Chattopadhyay, N, Hulme, M. Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change. Agricultural and Forest Meteorology, 1997; 871: 55–73.

Fung, F, Lopez, A, New, M. Modeling the Impact of Climate Change on Water Resources, Wiley-Blackwell; 2011: 43-62.

Goudrianm, J. Global carbon and carbon sequestration. In: carbon sequestration in the biosphere. Springer; 1995: 3-8.

Hasselmann, K, Bengtsson, L, Cubasch, U, Hegerl, G.C, Rodhe, H, Roeckner, E, von Storch, H, Voss, R., Waskewitz, J. Detection of an anthropogenic fingerprint.In Proceedings of Modern Meteorology Symposium in honour of Aksle Wiin-Nielsen, ECMWF; 1995.

Luo, Q, Bellotti, W, Williams, M., and Wang, E. Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia, PP. Analysis of management and breeding strategies, Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment, 2009; 129: 261–267.

Racsko, P, Szeidl, L, Semenov, M. A serial approach to local stochastic weather models, Ecological Modelling, 1991; 571(2): 27–41.

Rietveld, M.R. A new method for estimating the regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine. Agricultural Meteorology, 1978; 192(3): 243–252.

Sandhu, S.S, Prabhjyot-Kaur, Gill, K.K. Weather Based Agro Indices and Grain Yield of Rice Cultivars Transplanted on Different Dates in Punjab. International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 2013; 4(10): 1019-1026.

Semenov, M.A, Barrow, E.M. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, 2002; 3: 27.

Semenov, M.A, Stratonovitch, P. Use of Multi-Model Ensembles from Global Climate Models for Assessment of Climate Change Impacts, Climate Research, 2010; 4: 1–14.

Tanasijevic, L, Todorovic, M, Pereira, L.S, Pizzigalli, C., Lionello, P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region, Agricultural Water Management, 2014; 144: 54–68.
Tao, F, Yokozawa, M., Hayashi, Y, Lin, E. Changes in soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production, Agriculture and Forest Meteorology, 2003; 118: 251–261.
Wang, Z.L, Sheng, H.H. Rainfall prediction using generalized regression neural network, International Conference on Computational and Information Sciences; 2010: 17-19.
Xu, C.H, Xu, Y. The projection of temperature and precipitation over china under RCP scenarios using a CMIP5 multi-model ensemble, Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2012; 5(6): 527-533.
Zhang, D, Liu, X.,Hong, H. Assessing the effect of climate change on reference evapotranspiration in China, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2013; 278: 1871–1881.
Zmudzka, E. The climatic background of agricultural production in Poland 1951-2000, Miscellanea Geographic, 2004; 11: 127-137.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Analyzing the Impact of Climate Change on Agricultural Utilization Systems Using Lars-WG Model in Zone of Southeast Iran

Mahsa Farzaneh [1], Azadeh Arbabi Sabzevari [2*], Jamaluddin Daryabari [3], Farideh Asadian [4]

1. Department of Natural Geography, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran
2. Associate Professor, Department of Geography, Islamshahr Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

This paper studied the climatological parameters in six synoptic stations in zone of southeast Iran (1987-2020) and during two periods of 2021-2040 and 2041-2060 using General circulation model (GCM). Accuracy of LARS-WG model for simulating climatological parameters was evaluated through MAE ،RMSE ،R^2 ،NSE. Crop Water Requirement was defined through determining appropriate planting date and Length of growing season with temperature and growing degree days (GDD). Due to increase in max temperature, Climate change decrease the length of growth period in various phases as 1-10 days which it causes delay in cultivation date under climate change condition and shorten the length of planting season as 15-28 days. Correct management of some factors such as crop variety and optimized cropping pattern according to the regional climate and knowing the climate condition of current -future could mitigate the adverse effects of climate change on the growth and yield of agriculture crops.

Keywords: Climate change, Agricultural utilization system, Zone of southeast Iran.