

تأثیر تغییر اقلیم بر کشت گندم در دامنه کوه سبلان با استفاده از مدل LARS-WG (مطالعه موردی: دشتهای مشکین شهر و سراب)

بهروز سبحانی^{*۱}

۱- دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی
* ایمیل نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۷

چکیده

مطالعه تغییر اقلیم زمینه‌ساز اتخاذ روش‌های سازگاری و کاهش اثرات سوء تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی است. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر کشت گندم در دشتهای مشکین شهر و سراب با استفاده از مدل LARS-WG شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره پایه بررسی و تأیید گردید. سپس داده‌های مدل HADCM3 در دوره‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ تحت سناریوی A1B، شبیه‌سازی شدند. محاسبه مقدار بارش مؤثر، تبخیر و تبخیر و نیاز آبی محصول گندم برای دوره پایه و دوره‌های آینده با روش CROPWAT برآورد و تغییرات آن‌ها ارزیابی شدند. نتایج پیش‌بینی مدل LARS-WG برای دوره‌های آینده ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ نسبت به دوره پایه طبق سناریوی A1B نشان داد که دما به ترتیب در مشکین شهر ۱/۷ و ۱/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش و میانگین بارش به ترتیب ۳/۹ و ۶/۶ درصد کاهش می‌یابد و در سراب نیز دما به ترتیب ۰/۶۹ کاهش و ۰/۳۷ درجه سانتی‌گراد افزایش و بارش ۶/۱۷ درصد افزایش و ۱۲/۹۱ درصد کاهش می‌یابد. نتایج بررسی داده‌ها با روش کراپ وات نشان داد که در مشکین شهر بارش مؤثر نسبت به دوره پایه در دوره‌های آتی به ترتیب ۳ و ۶ درصد کاهش، تبخیر و تعرق ۱۲ درصد افزایش و ۲ درصد کاهش و نیاز آبی ۱۹/۵ درصد و ۵ درصد افزایش می‌یابد و در سراب نیز بارش مؤثر نسبت به دوره پایه در دوره‌های آتی به ترتیب ۰/۵ و ۱۷ درصد کاهش، تبخیر و تعرق ۵۴ درصد و ۶۷ درصد افزایش و نیاز آبی ۷۰ درصد و ۹۲ درصد افزایش می‌یابد؛ بنابراین که تأثیر تغییر اقلیم بر کشت محصول گندم در دوره‌های آینده در دامنه جنوبی کوه سبلان (سراب) بیشتر از دامنه شمالی آن در (مشکین شهر) خواهد بود.

کلمات کلیدی

"تغییر اقلیم"، "محصول گندم"، "LARS-WG"، "CROPWAT"،

۱- مقدمه

پیش‌بینی تغییرات اقلیم حوضه آبریز تجن را با استفاده از دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش تحت دو سناریو RCP۲,۵ و RCP۸,۵ در دو بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۰ به‌عنوان دوره آینده و بازه ۱۹۹۳ تا ۲۱۰۳ دوره پایه را مطالعه و نتایج نشان داد که در ایستگاه‌های ساری و دشت ناز، بیشینه و کمینه دما افزایش می‌یابد و الگوی بارش از فصل پاییز به تابستان تغییر می‌یابد. میرشکار نژاد و نبی ایکایی (۱۳۹۹) مقایسه میانگین‌های ماهانه مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده بارش، دمای حداقل و حداکثر و تابش با استفاده از شاخص‌های آماری بررسی و نتایج نشان داد که مدل HadCM3 کار آبی لازم را جهت پیش‌بینی داده‌های آب‌وهوایی و تعیین الگوی کشت منطقه دارد. دارابی و همکاران (۱۳۹۵) تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن را با استفاده از میانگین حداقل دما، متوسط دما و بارش با روش من کندال در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ مطالعه و نتایج نشان داد که میانگین حداقل و متوسط دما دچار جهش اقلیمی شده و روند تغییرات معنی‌دار افزایشی در سطح ۹۹ درصد دارند، میزان بارندگی فاقد روند معنی‌دار است. پرون و همکاران (۱۳۹۹) پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر محصول گندم استان هرمزگان را در سال‌های (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶) با استفاده از مؤلفه‌های اقلیمی و سناریوهای پیش‌بینی آب‌وهوا برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ مطالعه کردند. نتایج نشان داد که دما و بارندگی تأثیر مستقیم بر عملکرد محصول گندم دارد. آقا میر و همکاران (۱۴۰۰) شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی و عملکرد گندم دیم در استان کردستان را با استفاده از داده‌های اقلیمی در طی سال‌های (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۳) با سناریو تغییر اقلیم بررسی کردند و نتایج

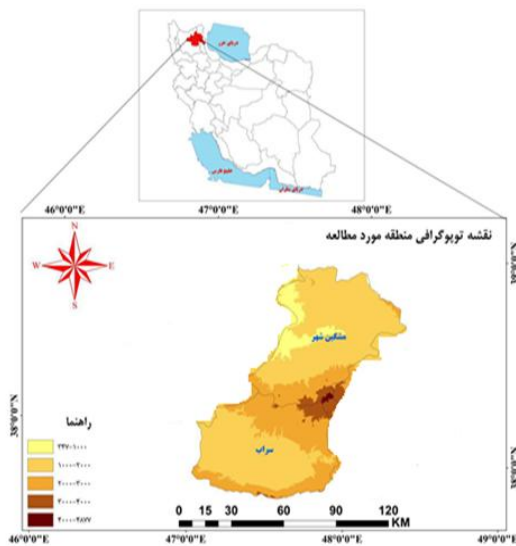
امروزه مسائل اقلیمی، امنیت جهان را تهدید می‌کند امنیتی که در همه زمینه‌ها و برای همه انسان‌ها، امری لازم و حیاتی محسوب می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۱ و ۲۰۱۵). Saadi et al, (۲۰۱۵). پدیده تغییر اقلیم می‌تواند با تغییر در میزان تبخیر و تعرق گیاهان و مدت، شدت و زمان بارش‌ها، همچنین نیاز آبی محصولات را تحت تأثیر قرار دهد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰ و ۲۰۱۷). Flohr et al, (۲۰۱۷). مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است بیشتر بر شاخص‌های اقلیمی تمرکز داشته و اثرات این تغییرات بر تولیدات کشاورزی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹). پژوهش‌های متعددی در مورد موضوع تحقیق انجام یافته از جمله: اصغر مروت و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و اثر آن بر تقویم زراعی کشت گندم در مشهد با استفاده از داده‌های اقلیمی سال‌های (۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵) با مدل LARS-WG مطالعه کردند و نتایج نشان داد که در سال‌های (۲۰۱۰-۲۰۳۹) نسبت به دوره آماری پایه، دما تغییر نمی‌کند ولی بارندگی به میزان ۶/۱ درصد افزایش می‌یابد. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) بررسی رخدادهای تغییر اقلیم و تأثیر آن بر طول دوره رشد گندم دوروم در منطقه سرا رود کرمانشاه را با استفاده از بیشینه دما، کمینه دما و بارندگی تحت سناریوی RCP۴,۵ به کمک نرم‌افزار LARS WG در طول سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۹ شبیه‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که در دوره آتی متوسط دما در تمامی ماه‌های سال بین ۱/۷ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته و طول دوره رشد گندم ۲۵ روز کوتاه‌تر خواهد بود. رجائی (۱۴۰۲)

تحلیل گردید و نتایج نشان داد که شاخص‌های AO و PNA رابطه قوی با دما و مقدار بارش دارد. همچنین شاخص‌های AAO و ENSO همبستگی مثبت با مقدار بارش و ضعیف با دما دارند؛ بنابراین شاخص ENSO همبستگی بیشتری در تولید گندم و ذرت دارد. (Alizadeh Dehkordi et al (۲۰۲۲)) تأثیر تغییر آب‌وهوا بر بارندگی زراعت گندم در دوره‌های آینده در ایران بررسی کردند و نتایج نشان داد که کشت گندم در ایران وابستگی بیشتری به مقدار بارش دریافتی از جو خواهد داشت. کشور ایران در ردیف کشورهای با خطرپذیری بالای تغییر اقلیم قرار دارد؛ بنابراین ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم در کشاورزی یک نیاز ضروری است. این پژوهش باهدف مطالعه تأثیر تغییر اقلیم برکشت گندم در نواحی گندم‌زار استان اردبیل و آذربایجان شرقی با استفاده مدل LARS-WG و CROPWAT صورت گرفته است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در دامنه کوه سبلان مابین استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی واقع است. موقعیت جغرافیایی آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۸ درجه ۲۵ دقیقه و در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۸ درجه ۴۱ دقیقه واقع است شکل ۱، حداقل ارتفاع منطقه ۳۷۱ متر و حداکثر آن ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است (سبحانی، ۱۴۰۰).



شکل ۱- نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

این پژوهش به‌منظور تأثیر تغییر اقلیم درکشت گندم در دامنه‌های کوه سبلان انجام می‌شود. بخش مهم این تحقیق برگرفته از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک مشکین‌شهر و سراب و انجام عملیات میدانی است. داده‌های برداشت‌شده شامل: بیشینه درجه حرارت، کمینه درجه حرارت، بارندگی و تابش آفتاب است. برای مطالعه تغییر اقلیم باید یک دوره آماری پایه و یک دوره به‌عنوان تغییر اقلیم تعیین گردد. دوره آماری پایه در این

نشان داد که تأثیر دما و بارندگی در نواحی مختلف استان کردستان متفاوت است. شکیبا و همکاران (۱۳۹۴) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در استان تهران را با استفاده از داده‌های هواشناسی در طی سال‌های (۱۹۵۱ تا ۲۰۰۹) با سناریوهای A₂ و B₂ بررسی کردند و نتایج نشان داد که با افزایش دما به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد میزان تولید ۱۰ درصد کاهش یافته است. (Kourat et al (۲۰۲۲)) تأثیر آینده تغییر اقلیم بر میزان بارش و اثر آن بر تولید گندم در کشور الجزایر با استفاده از آمار دوره پایه (۱۹۸۱-۲۰۱۰) بر اساس سناریوهای RCP۴.۵ و RCP۸.۵ برای دوره‌های آینده (۲۰۳۵-۲۰۶۴) مطالعه کردند و نتایج نشان داد که با افزایش دما، بارش کاهش می‌یابد و طول دوره رشد گندم کوتاه می‌شود و همچنین افزایش بارش باعث پوشش گیاهی مناسب گندم در مراحل رشد می‌شود. (Dhakal et al (۲۰۱۸)) تأثیر تغییر آب‌وهوا در تولید گندم زمستانی در دشت‌های بزرگ جنوبی آمریکا با استفاده از روش‌های ریزمقیاس؛ بیشینه دما، کمینه دما، متوسط دما، بارش و تابش آفتاب در دوره پایه (۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴) برای دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۰) بررسی کردند و نتایج نشان داد که در اوکلاهاما افزایش دما باعث کاهش بارندگی است و تأثیر در عملکرد گندم منطقه دارد. (Xu et al (۲۰۲۱)) تأثیر تغییر اقلیم بر آبیاری آب موردنیاز در طول دوره رشد گندم در چین را در طول دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۹ بررسی کردند و نتایج نشان داد که آبیاری گندم همبستگی بیشتری با میزان تبخیر دارد و همچنین تغییرات سالانه آب موردنیاز آبیاری گندم بستگی به فاکتورهای سرعت باد و رطوبت نسبی و تابش خورشید دارد. (Haseeb Raza et al (۲۰۱۹)) مدیریت تغییر اقلیم برای تولید گندم در جنوب پنجاب پاکستان بر اساس آمار پایه (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴) انجام نتایج نشان داد که افزایش دما در ماه‌های دسامبر و ژانویه مفید و کاهش آن در ماه آوریل برای محصول گندم نامناسب است. (Hasan and Abed (۲۰۲۲)) تأثیر آب‌وهوا بر آب و تولید گندم زمستانی در نواحی شمال و جنوب عراق را بر اساس داده‌های اقلیمی در طول دوره پایه (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴) مطالعه کردند و نتایج نشان داد که برای دوره آینده (۲۰۴۰ تا ۲۰۶۰) در نواحی خشک و نیمه‌خشک تغییر اقلیم بر کاربری آینده منطقه مؤثر است. (Kadhem (۲۰۱۲)) تأثیر تغییرات آب‌وهوا برکشت و تولید گندم در استان المانی عراق در ایستگاه سماوه برای دوره (۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های درجه حرارت (متوسط، حداقل و حداکثر)، تابش، تبخیر و تعرق بررسی و نتایج نشان داد که در طول دوره مطالعاتی دمای منطقه افزایش یافته و مقدار تبخیر و تعرق بیشتر شده و در نتیجه نیاز آبی گندم در طول رشد افزایش یافته است. (Kumar and Kumar (۲۰۱۶)) ارزیابی تأثیر تغییر آب‌وهوا بر عملکرد گندم و برنج در آب‌وهوای جنب مرطوب بهار برای طول دوره‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ با استفاده از مدل HADCM3 مطالعه و نتایج نشان داد که در تمام دوره‌های مورد مطالعه در منطقه بهار عملکرد گندم و برنج کاهش می‌یابد. (Pol and Binyamin (۲۰۱۴)) تأثیر تغییر درجه حرارت و تغییرپذیری تولید گندم و ذرت در بوئنوس آیرس آرژانتین بر اساس میانگین دمای تابستان در طول دوره (۱۸۵۶ تا ۲۰۱۲) و بارش سالانه در طول دوره (۱۸۶۱ تا ۲۰۱۲) با شاخص‌های AO, PNA, AAO and Elnino, ENSO

برای این کار از فایل tSt که حاوی نتایج مقایسه خصوصیات آماری داده‌های مشاهده‌شده با داده‌های شبیه‌سازی‌شده است به صورت نمودار رسم گردید (اشکال، ۲ و ۳). نتایج نشان داد که در ایستگاه مشکین شهر مدل از کار آیی بهتری برای شبیه‌سازی دمای حداکثر و دمای حداقل برخوردار است. به طوری که دمای دیده‌بانی شده و دمای شبیه‌سازی‌شده برای سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ شبیه هم بوده و نمودارها روی هم قرار گرفته‌اند. همچنین انحراف معیارهای تولیدی در محدوده عدد یک است. این مدل در شبیه‌سازی ساعت آفتابی کار آیی مناسبی ندارد زیرا میزان ساعت آفتابی نیمه اول سال را کمتر از اندازه واقعی شبیه‌سازی نموده است. در مورد بارش نیز مدل به‌غیر از ماه‌های فروردین و اردیبهشت در سایر ماه‌ها کار آیی بهتری دارد. در ایستگاه سراب نیز داده‌های مورد مطالعه بر اساس مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده‌های دوره آماری و داده‌های تولیدشده انجام شد. برای اطمینان از توانایی مدل داده‌های محاسباتی توسط مدل و داده‌های مشاهداتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه باهم مقایسه شدند. نتایج مقایسه‌ای داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش آفتاب در ایستگاه‌های سینوپتیک سراب را برای دوره پایه در شکل ۳ نشان می‌دهد. توانمندی مدل LARS-WG در مدل‌سازی دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش در این ایستگاه‌ها کاملاً با داده‌های دیده‌بانی شده مطابقت دارد. میزان انحراف معیار بین عدد ۰/۵ و ۱ است. در مورد بارش این اختلاف با $a = 0/005$ معنی‌دار نیست. در تحقیقی کار آیی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده‌های دوره آماری و داده‌های تولیدشده مورد تأیید است (دلقندی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ که مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره آماری ایستگاه‌های طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد؛ که میزان مقادیر تولیدشده و مشاهده‌شده نزدیک به هم می‌باشند و نمودارهای مشاهداتی و تولیدی این مقادیر در بیشتر مواقع روی هم قرار دارند و میزان انحراف معیار به‌جز در بارش در بقیه متغیرها اکثراً در حدود عدد یک است. از این رو مدل LARS-WG توان شبیه‌سازی در دمای حداقل و حداکثر ساعات آفتاب را به‌خوبی دارد. در مورد بارش نیز در نتایج نشان می‌دهد که این مدل توانایی شبیه‌سازی بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعاتی را دارد و هرچقدر KS به عدد صفر و P.VALUE به عدد یک نزدیک‌تر باشد بیانگر این است که مدل کار آیی لازم برای این منظور را دارد.

پژوهش از سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ میلادی و دوره تغییر اقلیم از سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۶ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ انتخاب گردید.

مراحل کار با مدل LARS-WG

- ابتدا داده‌های مورد مطالعه به صورت روزهای ژئوسی مرتب گردید.

- داده‌ها را باید در محیط اکسل جمع‌بندی نمود و توجه داشت که داده‌ها گم‌شده وجود نداشته باشد. در صورتی که داده گم‌شده باشد باید با عدد ۹۹- کدگذاری کرد.

- جمع‌بندی داده‌ها در پوشه‌ای nodpad با پسوند ST ذخیره گردد (شمسی‌پور، ۱۳۹۲).

- باید از سربرگ option آدرس پوشه‌های ذخیره‌شده در محیط N را به مدل ارائه کرد و آدرس داده‌های خروجی نیز به مدل داد.

- نحوه انتخاب سناریو

در محیط اکسل داده‌های آماری در یک ستون قرار داده می‌شود. در مرحله بعدی داده‌های تولیدشده برای هر سناریو در ستون‌های روبروی هر ستون آمار مشاهداتی قرار می‌گیرد؛ بعد از آماده‌سازی این مرحله داده‌ها را به محیط spss انتقال و بین داده‌های مشاهداتی و تولیدی همبستگی گرفته می‌گردد (رحمانی و همکاران، ۱۴۰۲). سناریوهای تولیدی که با آمار مشاهداتی همبستگی زیادی داشته باشند به‌عنوان سناریوی مورد مطالعه تحقیق پذیرفته می‌گردد (Zheng et al, ۲۰۲۰). (جدول، ۱).

جدول ۱- سناریوهای به‌کاررفته برای تولید داده‌های ایستگاه‌های مطالعاتی

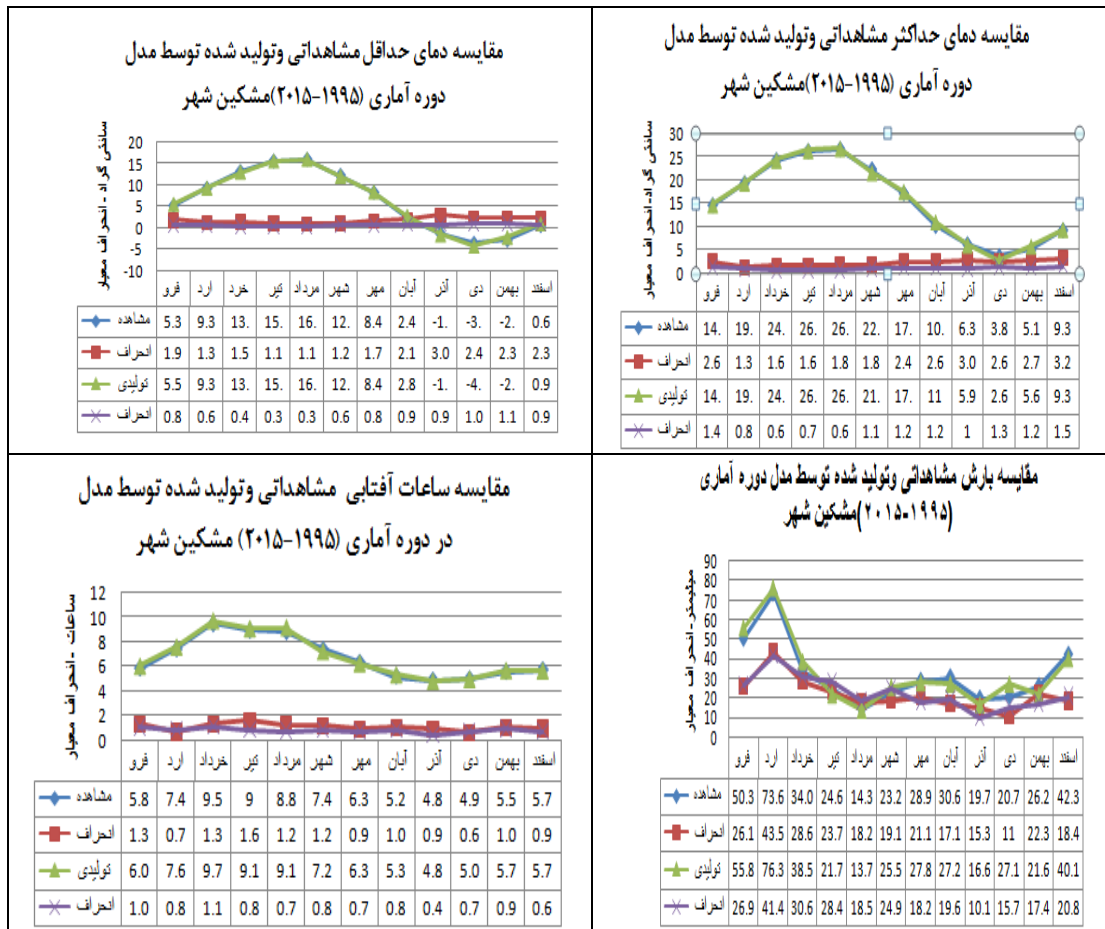
نام ایستگاه	مدل	سناریو
سراب	BCM2	A1B
مشکین شهر	HADGEM	A1B

مدل CROPWAT

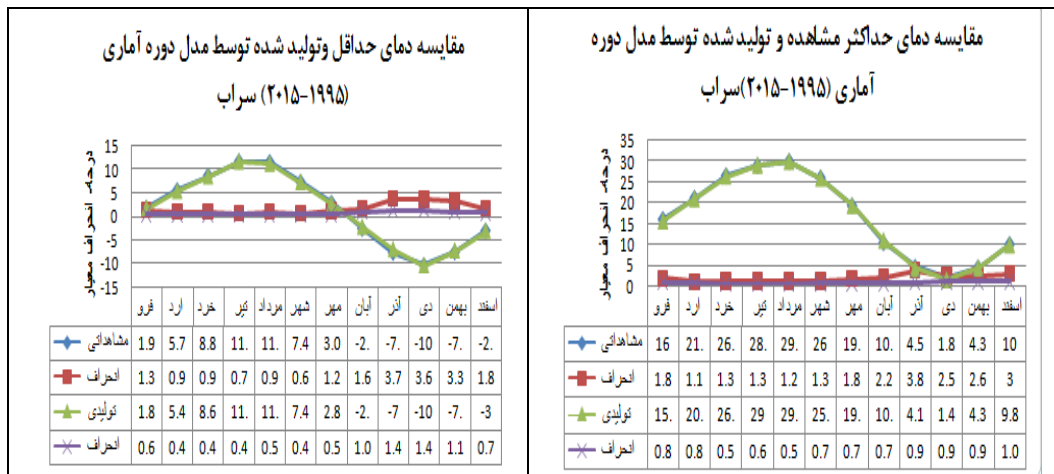
برای برآورد نیاز آبی و بارش مؤثر از نرم‌افزار CROPWAT استفاده گردید. با وارد کردن داده‌های حداقل دما، حداکثر دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و تعداد ساعات آفتابی مربوط به گیاه مورد نظر و همچنین محیط و منطقه و زمان کشت آن می‌توان نیاز آبی گیاه را در مراحل مختلف رشد محاسبه نمود (Dettor, ۲۰۱۷).

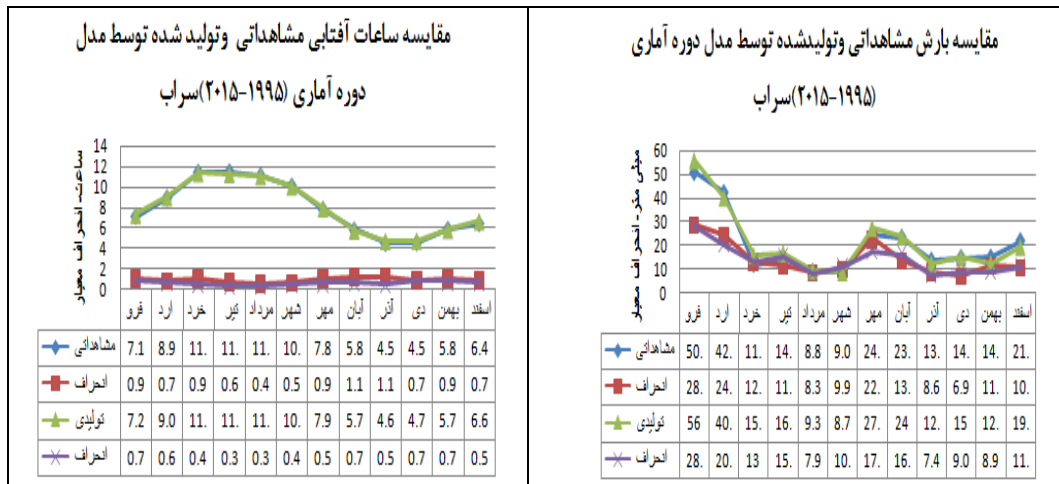
۳- نتایج

در این پژوهش توان مدل LARS-WG برای دوره آماری پایه سال‌های (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵) سنجیده شد. هدف از این ارزیابی این است که آیا مدل توانایی شبیه‌سازی برای دوره‌های آینده را دارد؟



شکل ۲- ارزیابی مدل لارس برای پارامترهای دمای حداکثر، بارش و ساعات آفتابی ایستگاه مشکین شهر



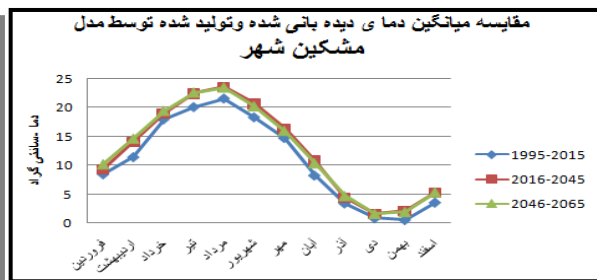
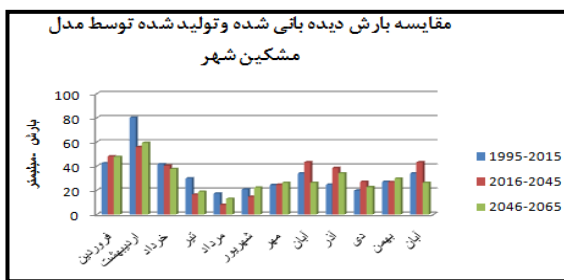


شکل ۳- ارزیابی مدل لارس برای پارامترهای دمای حداقل و حداکثر، بارش و ساعات آفتابی ایستگاه سراب

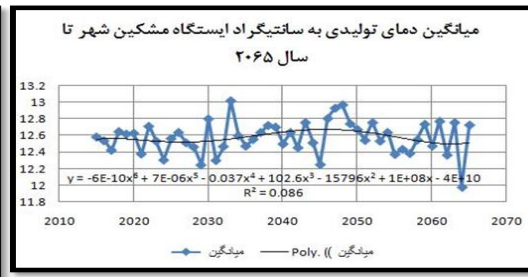
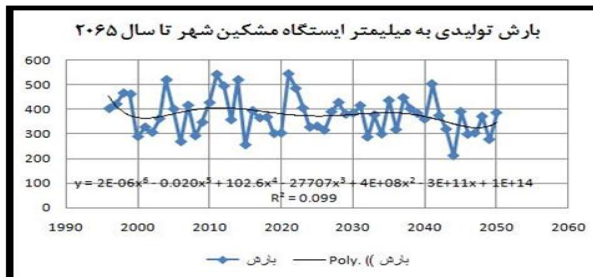
تحلیل دما و بارش مشکین شهر

مهر، آبان، آذر، دی و بهمن افزایش بارش ولی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد کاهش بارش مشاهده می‌گردد. لذا در این دوره آماری نیز مرحله گل‌دهی و دانه‌دهی از مراحل حساس دوره رشد گندم است به شدت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد. به‌طور کلی در این ایستگاه با کاهش بارش در دو دوره آماری آینده نسبت به دوره‌ی پایه به ترتیب ۳/۹ و ۶/۶ درصد، درحالی‌که با افزایش دما در حدود ۱/۷ و ۱/۸ نسبت به دوره‌ی آماری مشاهده می‌گردد (شکل‌های ۴ و ۵).

در ایستگاه مشکین شهر در دوره آماری ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵، در ماه‌های فروردین، مهر، آبان، آذر و اسفند افزایش بارش مشاهده می‌گردد ولی در بقیه ماه‌ها میزان بارش کاهش می‌یابد. در اردیبهشت ماه مرحله گل‌دهی و خرداد و دهه اول تیر مرحله دانه‌دهی و رسیدگی گندم است، کاهش بارندگی در این ماه‌ها بر رشد و عملکرد گندم اثر منفی دارد. درحالی‌که در همین ماه‌ها افزایش ۲ درجه سانتی‌گراد دمای هوای پایه نسبت به دوره آماری مشاهده می‌شود و نیاز آبی گندم را علی‌رغم کاهش بارش بیشتر می‌کند. در دوره‌ی آماری ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ در ماه‌های فروردین، شهریور،



شکل ۴- مقایسه دمای میانگین و بارش در دوره آماری و دوره‌های آبی در ایستگاه مشکین شهر



شکل ۵- روند دمای میانگین و بارش تا سال ۲۰۶۵ در ایستگاه مشکین شهر

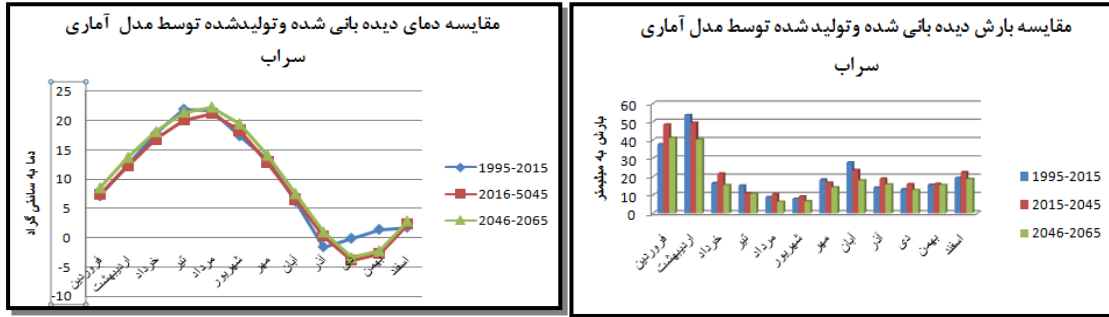
تحلیل دما و بارش در سراب

در فصل بهار به علت افزایش دما و تشدید نیاز آبی با تنش کم‌آبی مواجه خواهد بود. در این دوره افزایش ۶/۱۷ درصدی بارش وجود دارد. در دوره آماری ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ به‌غیر از ماه‌های فروردین و آذر در اکثر ماه‌ها کاهش بارش پیش‌بینی می‌شود، به‌طوری‌که کاهش بارش در

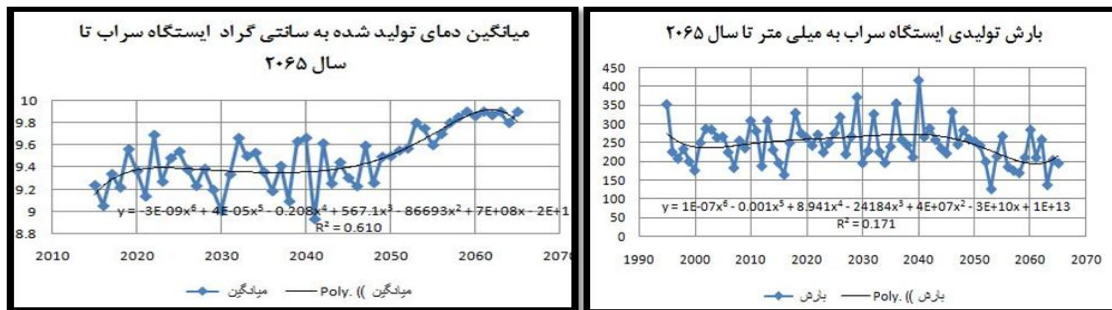
در سراب در دوره آماری ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ نسبت به دوره‌ی پایه در ماه‌های فروردین، خرداد، مرداد، شهریور، آذر، دی، بهمن و اسفند افزایش بارندگی ولی در ماه‌های اردیبهشت، تیر، مهر و آبان کاهش بارندگی پیش‌بینی می‌شود. لذا کشت گندم در آذرماه با تنش سرمایی و

دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ و در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ با افزایش ۰/۳۷ درجه سانتی گراد پیش بینی می شود (اشکال، ۶ و ۷).

ماه های اردیبهشت، تیر و مهر چشمگیر است که با تحقیقات (Bouras et al, ۲۰۱۹) در حوضه دریای مدیترانه که مقدار بارش در مرحله گل دهی تا رسیدن گندم روبه کاهش است مطابقت دارد. از لحاظ دما نیز در این دوره با کاهش ۰/۶۹ درجه سانتی گراد در



شکل ۶-مقایسه بارش و میانگین دما در دوره های آماری و دوره های آتی -ایستگاه سراب



شکل ۷- روند بارش و دمای میانگین تا سال ۲۰۶۵ در ایستگاه سراب

اثر تغییر اقلیم بر محصول گندم

نرم افزار CROPWAT مقدار بارش مؤثر، تبخیر و تعرق و نیاز آبی بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی کشت محصول گندم تحلیل شدند و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است

نتایج تحلیل داده ها نشان داد که تغییر اقلیم در دوره رشد گندم مؤثر است به خصوص تأثیر آن در کشت بیشتر در نوسانات دما و بارش در دوره های مختلف مشاهده می شود که با نتایج تحقیق (Tao and Zhang, ۲۰۱۳) همخوانی دارد. با استفاده از

جدول ۲- میزان خروجی بارش، بارش مؤثر، ضریب عملکرد گیاه گندم، تبخیر و تعرق و نیاز آبی

نام ایستگاه	دوره	بارش	بارش مؤثر	KC	ETC	آبیاری موردنیاز
سراب	۲۰۱۵-۱۹۹۵	۲۴۷/۸	۲۰۹/۱	۰/۸۸	۵۳۰	۴۲۲
	۲۰۴۵-۲۰۱۶	۲۶۳/۴	۲۱۰/۷	۰/۸۸	۸۱۴	۷۲۰
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۱۴/۷	۱۷۱/۸	۰/۸۷	۸۸۷	۸۱۰
مشکین شهر	۲۰۱۵-۱۹۹۵	۳۹۶	۳۱۷	۰/۸۷	۵۶۲	۴۰۸
	۲۰۴۶-۲۰۱۶	۳۸۳/۷	۳۰۷	۰/۸۶	۶۳۰	۴۸۷
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۳۷۳	۲۹۸	۰/۸۵	۵۷۵	۴۳۱

منجر به تبخیر و تعرق می شود که با مطالعه (Tirfi et al, ۲۰۱۳) همخوانی دارد؛ اما در ایستگاه سراب نسبت به مشکین شهر تبخیر و تعرق و نیاز آبی آن در دوره های آتی تا ۹۰

همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می شود در ایستگاه مشکین شهر مصرف واقعی آب موردنیاز گندم در دوره های آتی رو به افزایش است و دلیل آن نیز کاهش بارندگی و افزایش دما که

دوره‌ی آماری پایه به ترتیب $3/9-$ و $1/73+$ و همچنین این دو متغیر در دوره ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ به ترتیب $6/67-$ و $1/80+$ تفاضل دارد. در سراب نیز بارش و دما در دوره‌ی آماری ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ نسبت به دوره آماری پایه به ترتیب $6/17+$ و $0/69-$ و همچنین در دوره آماری ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ به ترتیب $12/91-$ و $0/37+$ تفاضل دارد. در نتیجه بارش در دوره‌های آتی به ترتیب در ایستگاه‌های سراب و مشکین شهر با کاهش همراه است. دما نیز در حدود ۲ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه مشکین شهر رو به افزایش بوده و افزایش دما در ایستگاه سراب کم است. در حالت مقایسه‌ای؛ در دشت سراب، در سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ میزان بارندگی در حدود ۱۳ درصد نسبت به دوره‌ی پایه کاهش می‌یابد در همین بازه زمانی مقدار تبخیر و تعرق کشتزارهای گندم از ۵۳۰ میلی‌متر در دوره پایه به ۸۸۷ میلی‌متر افزایش می‌یابد؛ بنابراین، نیاز آبی گندم نیز در همین زمان از ۴۲۲ میلی‌متر در دوره پایه به ۸۱۰ میلی‌متر یعنی حدود ۹۲ درصد افزایش نشان می‌دهد. همچنین مدل‌سازی نشان داده میانگین دمای حداقل در دی‌ماه از ۳- در دوره پایه به $9/67-$ سانتی‌گراد و در بهمن از $4/3-$ به $8/23-$ تنزل می‌یابد. با توجه به مدل‌سازی انجام شده و با کاهشی که بارش در این منطقه دارد، کشت گندم در این دشت در آینده با محدودیت‌های مواجه خواهد بود. نتایج مدل‌ها بیانگر این است در هر دو منطقه مورد مطالعه رخداد پدیده تغییر اقلیم در دوره پایه اتفاق افتاده و برای دوره‌های آینده نیز پیش‌بینی شده است؛ اما در دشت سراب شدت آن بیشتر از دشت مشکین شهر خواهد بود. بدین وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی این دانشگاه به شماره قرارداد ۱۳۹۹/د/۹/۱۶۹۰۲ صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

درصد افزایش نشان می‌دهد؛ افزایش دما که منجر به بالا رفتن تبخیر و تعرق گیاه و کاهش بارندگی، باعث ایجاد تنش آبی گندم می‌شود که بر بازدهی محصول گندم اثر منفی دارد. نتایج نشان داد که در هر دوره نسبت به دوره‌های قبلی مقدار بارش و بارش مؤثر کاهش می‌یابد که (Yanjie et al, ۲۰۲۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیده‌اند. این کاهش می‌تواند در آینده برای رویش این محصول خصوصاً در دیمزارها در فصل بهار نیاز شدید به آب باران دارند ایجاد کند و همچنین به تبع کاهش بارندگی، دما نیز در این دوره‌ها افزایش یافته و تأثیر منفی در رشد گیاه گندم دارد که با تحقیقات (Zhang et al, ۲۰۱۶ and Qian et al, ۲۰۱۶) در مورد تأثیر تغییر اقلیم در گل‌دهی گندم همخوانی دارد. مقدار تبخیر و تعرق دوره رشد گندم به وسیله مدل CROPWAT محاسبه گردیده که نسبت به دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ روبه افزایش است که این افزایش می‌تواند در آینده برای مزارعی که دیم هستند و نمی‌توانند نیاز آبی خود را از طریق آبیاری تأمین نمایند، تنش آبی به وجود آورد. مقدار تبخیر و تعرق در دوره‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ برای هر دو ایستگاه مورد مطالعه افزایش یافته، این افزایش در ایستگاه سراب بیشتر از ایستگاه مشکین شهر است. لذا نیاز آبی طول دوره رشد گندم در ایستگاه سراب بیشتر از ایستگاه مشکین شهر برآورد شده است. در استان فارس نیز به علت افزایش تبخیر و تعرق، نیاز آبی گندم در طول دوره رشد بیشتر شده است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۹).

۴- نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی به صورت افزایش دما و تغییر الگوی بارندگی مشاهده می‌شود. این تغییرات بخش کشاورزی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج حاصل در این تحقیق نشان داد که در مشکین شهر بارش و دما در دوره آماری ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ نسبت به

منابع

- اصغر مروت، س.ع.، ابراهیمی، ح و بخش کلارستاقی، ک.، ۱۳۹۲. ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و اثر آن بر روی تقویم زراعی کشت گندم در مشهد، یافته‌های نوین در کشاورزی، سال ۷، شماره ۴، ص ۳۳۹-۳۵۴.
- آقا میر، ف.، صوفی زاده، س و سهیلی، ا.، ۱۴۰۰. شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی و عملکرد گندم دیم در استان کردستان، فصلنامه علوم محیطی، سال ۱۹، شماره ۱، ص ۱۴۳-۱۶۰.
- پرون، ص.، یآوری، غ و رضازاده، م.، ۱۳۹۹. پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر محصول گندم استان هرمزگان، محیط‌زیست و توسعه، سال ۱۱، شماره ۲۱، ص ۱۱۱-۱۲۶.
- دارابی، ح.، جعفری، ع و اخوان فرشچی، ک.، ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۱، شماره ۲، ص ۲۵-۴۰.
- دلقدنی، مهدی.، برومند نسب، سعید.، اندرزیان، بهرام و مساح بوانی، علیرضا.، ۱۳۹۵. راهکارهای سازگاری گندم با شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهرستان اهواز)، نشریه آب‌وخاک، سال ۳۰، شماره ۱، ص ۳۰۰-۳۱۱.
- رجائی، ف.، ۱۴۰۲. پیش‌بینی وضعیت تغییر اقلیم آینده در حوضه آبریز تجن، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۱، ص ۴۰۱۳-۴۰۲۲.
- رحمانی، جامی الا حمدی.، شهیدی، علی و هادی زاده ازغندی، مصطفی.، ۱۳۹۴. تأثیر تغییر اقلیم بر طول دوره رشد و نیاز آبی گندم و جو (مطالعه موردی: دشت بیرجند)، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، سال ۷، شماره ۴، ص ۴۴۳-۴۶۰.

- سلطانی، ف.، فلاح نژاد، م و راشدی، ی.، ۱۴۰۱. شناسایی مهم‌ترین تغییرات اقلیمی مؤثر بر امنیت ملی ایران، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱، ص ۴۶۹۷-۴۷۰۵.
- سلیمانی ننادگانی، م.، پارس نژاد، م.، عراقی نژاد، ش و مساح بوانی، ع.، ۱۳۹۰. تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد گندم دیم (مطالعه موردی: بهشهر)، نشریه آب‌وخاک، سال ۳۵، شماره ۲، ص ۳۸۹-۳۹۷.
- سبحانی، ب.، ۱۴۰۰. کاربرد روش‌های AHP,FAHP and ANP در هواشناسی کشاورزی، انتشارات گونش نگار.
- شریفی، لیللا، بازگیر، سعید، محمدی، حسین، دربان، آستانه و کریمی احمدآباد، مصطفی.، ۱۳۹۹. بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تولید گندم در اقلیم‌های مختلف استان فارس، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۰، شماره ۵۷، ۳۳۵-۳۵۴.
- شکیباء، ع.، شب‌خیز، س و حشمدار، ف.، ۱۳۹۴. اثر احتمالی تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در استان تهران، پژوهش‌های دانش زمین، سال ۶، شماره ۲۳، ص ۵۳-۶۵.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر، ۱۳۹۲. مدل‌سازی آب‌وهوایی نظریه و روش‌ها، انتشارات دانشگاه تهران.
- کوچکی، ع و کمالی، غ.، ۱۳۸۹. تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، سال ۸، شماره ۳، ص ۵۰۸-۵۲۰.
- فلاح قالهری، غ و سروستان، ر.، ۱۳۹۶. بررسی و شناسایی مهم‌ترین پارامترهای هواشناسی تأثیرگذار بر تغییر اقلیم (مطالعات موردی شهر اهواز)، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال دوم، شماره ۲، ص ۳۹۷-۴۱۴.
- محمدی، ا.، یزدان پناه، ح و محمدی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی رخدادهای تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره رشد گندم دوروم مطالعه موردی: ایستگاه سرارود کرمانشاه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۶، شماره ۲، ص ۲۳۱-۲۴۶.
- میرشکار نژاد، ب و نبی ایلکایی، م.، ۱۳۹۹. پیش‌بینی تغییرات فصلی عامل‌های جوی در بوم نظام اقلیم-زراعی کرج با استفاده از مدل گردش عمومی GCM-HadCM3، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۵، شماره ۱، ص ۲۳۷۰-۲۳۷۷.
- نصیری، مهدی و کوچکی، علیرضا.، ۱۳۸۵. آنالیز شاخص‌های آگروکلیماتیک ایران در شرایط تغییر اقلیم، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، سال ۴، شماره ۱، ص ۱۶۹-۱۷۵.
- وزارت جهاد کشاورزی.، ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی زراعت و غلات جلد ۱.
- Alizadeh-Dehkordi, P., Kamkar, B., Nehbandani, A.2022. The effect of climate change on the future of rainfed wheat cultivation in Iran, Environment, Development and Sustainability, <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02728-2>
- Bouras, E., Jarlan, L., Khabba, S., Er-Raki, S., Dezetter, A., Sghir, F., Trambalay, Y.2019. Assessing the impact of global climate changes on irrigated wheat yields and water requirements in a semi-arid environment of Morocco. Sci. Rep, 2019, 9, 19142.
- Dettorr, M., Cesaraccio, C., Duce, P. 2017. Simulation of climate change impacts on production and phenology of durum wheat in Mediterranean environments using CERES-Wheat model, Field Crops Research. Vol. 20, P. 43-53.
- Dhakal, K., Kakani, V.G., Linde, E.2018. Climate Change Impact on Wheat Production in the Southern Great Plains of the US Using Downscaled Climate Data, Atmospheric and Climate Sciences, Vol. 8, P. 143-162.
- Flohr, B. M., Hunt, J. R., Kirkegaard, J. A., Evans, J. R. 2017. Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in south-eastern Australia, Field Crops Res, Vol. 20, P.108-119.
- Haseeb Raza, M., Allah Bakhsh, A and Kamran, M. 2019. Managing Climate Change for White Production Southern Punjab, Pakistan, Journal of Economic Impact, Vol.1, P. 48-58.
- Kadhem, M.H. 2021. The effect of climate change on the cultivation and production of white in al Muthanna Governorate, Rimak International Journal of Humanities and Social Sciences, Vol. 3, P. 15-34.

- Kourt, T., Smadhi, D and Madani, A. 2022. Modeling the Impact of Future Climate Change Impacts on Rainfed Durum Wheat Production in Algeria, *Climate*, Vol.10, P. 1-18.
- Kumar, S and Kumar, S. 2016. Assessment of impact of climate change on rice and wheat yield in sub humid climate of Bihar, *Journal of grometeorology*, Vol. 18, P. 249-251.
- Pol, M., Binyamin, J. 2014. Impact of Climate Change and Variability on Wheat and Corn Production in Buenos Aires, Argentina, *American Journal of Climate Change*, Vol.3, P. 145-152. of Water
- Qian, B.D., De Jong, R., Huffman, T., Wang, H. and Yang, J.Y.2016. Projecting Yield Changes of Spring Wheat under Future Climate Scenarios on the Canadian Prairies. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 123,P. 651-669.
- Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L.,Pereira, L.S.,Pizzigalli, C.,Lionello, P. 2015. Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agric. Water Manag*, Vol.147, P. 103–115.
- Tao, F., Zhang, Z.2013.Climate change, wheat productivity and water use in the North China Plain: A new super-ensemble-basedprobabilistic projection. *Agric. For. Meteorol*, Vol. 170, P.146–165.
- Tirfi, A. G.and Oyekale, A.S. 2022. Impact of Climate Change on Yields of Wheat in Ethiopia, *Research Square*, DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1296215/v1>.
- Xu, C.,Lu, C and Sun, Q. 2021. Impact of climate change on irrigation water requirement of wheat growth – A case study of the Beijing-Tianjin-Hebei region in China, *Urban Climate*, Vol.39,
- Yanjie, Bi., Jing, Zhao., Yong, Zhao., Weihua, Xiao., Fanjin, Meng.2020. Spatial-temporal variation characteristics and attribution analysis of potential evapotranspiration in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng*, Vol.36 P. 130–140. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2020.05.015>.
- Zhang, B., Chenu, K., Chapman, S.C. 2016. Velocity of temperature and flowering time in wheat –assisting breeders to keep pace with climate change, *Global Change Biology*, Vol. 2, P. 921–933.
- Zheng, Z., Cai, H.,Wang, Z.,Wang, X. 2020. Simulation of Climate Change Impacts on Phenology and Production of Winter Wheat inNorthwestern China Using CERES-Wheat Model, *Atmosphere*, Vol.11, P. 681-692.

The impact of climate change on growing wheat on the slopes of Mount Sablan using the Lars model (a case study of Meshkin Shahr and Sarab plains)

Behrouz sobhani¹

¹ Professor, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Email Address: sobhani@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Today, climate issues threaten the security of the world, security which is considered necessary and vital in all fields and for all people. The phenomenon of climate change can affect the water requirement of crops by changing the amount of evaporation and transpiration of plants and the duration, intensity and time of rainfall. The studies related to climate change that have been conducted in Iran in recent years have focused more on climatic indicators and the effects of these changes on agricultural production have been given less attention. Therefore, assessing the effects of climate change on agriculture is an essential need. Due to the fact that Ardabil province is one of the poles of agriculture and animal husbandry and any change in the climate will endanger the lives of most of the residents of this region and will cause a change in the use of farms, pastures and the loss of agricultural production. Therefore, assessing the effects of climate

Methodology

The study area is located on the slopes of Sabalan Mountain in Ardabil and East Azerbaijan provinces. Its geographical location is located at latitudes of 37 degrees and 44 minutes to 38 degrees 25 minutes and longitude 46 degrees and 22 minutes to 48 degrees 41 minutes. The minimum height of the area is 371 meters and its maximum is 4811 meters above sea level (Fig. 1). This study was conducted to influence climate change in wheat cultivation on slopes of Sabalan mountain. The important part of this research is based on statistics and information about meshkinshahr and sarab synoptic stations. In order to investigate the climate change conditions, a basic statistical period and a period as climate change should be determined. Therefore, statistical periods in this study from 1995 to 2015 and climate change period from 2016 to 2045 and 2046 were selected. Statistics about the studied stations were obtained from the Statistics and Information Bank of the National Meteorological Organization. The data taken from these statistics include: maximum and minimum temperature, daily rainfall and sunshine. to work with the LARS-WG model; First, the studied data should be sorted as Julius days. After collecting data in the Excel environment, it should be noted that there is no missing data, in case of missing, it must be encoded with -99. Aggregated data must be stored in a folder in nodpad with st extension. The address of folders stored in the N environment should be provided to the model from the option series, and the output data address should be given to the model. How to choose a scenario. First, in Excel environment, statistical data is placed in a column and in the next step, the generated data for each scenario is placed in the columns in front of each column of observational statistics, after preparing this step, the data is taken to the spss environment and correlation is taken between observational and production data. Production scenarios that are highly correlated with observational statistics are accepted as the studied scenario. CROPWAT software was used to estimate water requirement and effective precipitation. By entering minimum temperature, maximum temperature, relative humidity, wind speed and number of sunshine

hours related to the plant, as well as the environment and region and its cultivation time, you can calculate the water requirement of the plant at different growth stages. Figure 2 shows the steps of data analysis in CROPWAT software.

Conclusion

In this study, first, the power of LARS-WG model for the basic statistical period of the years (1995-2015) was measured. The purpose of this assessment is whether the model has the ability to simulate for future periods. To do this, the tst file containing the results of comparing the statistical characteristics of the observed data with the simulated data was plotted as a diagram (Shapes, 2 and 3). The results showed that in Meshkinshahr station, the model has better efficiency for simulating maximum temperature and minimum temperature. The observed temperature and simulated temperature for 1995-2015 are similar and the diagrams are overlapping. Also, the deviation of production criteria is in the range of number one. This model is not effective in simulating the sunshine hour because it simulates the amount of sunshine hours in the first half of the year less than the actual size. In the case of rainfall, the model is better than April and May in other months. In Sarab station, the data were performed based on LARS-WG model by comparing the statistical period data and the produced data. To ensure the ability of computational data model, they were compared by model and observational data in the studied stations. Comparative results show the data of minimum temperature, maximum temperature, precipitation and sunshine in mirage synoptic stations for the base period. The capability of LARS-WG model in modeling minimum temperature, maximum temperature and radiation in these stations is completely in accordance with the observed data. The standard deviation rate is between 0.5 and 1. The results of this study show that in Meshkinshahr station, precipitation and temperature in the period 2016 to 2045 are -3.9 and +1.73, respectively, and these two variables in the period 2046 to 2065 are -6.67 and +1.80, respectively. In Sarab station, precipitation and temperature in the period 2016 to 2045 were +6.17 and -0.69, respectively, and in the statistical period of 2046 to 2065 were -12.91 and +0.37, respectively. As a result, rainfall in the coming periods is associated with a decrease in Sarab and Meshkinshahr stations, respectively. Temperatures are also rising at about 2 °C in Meshkinshahr station and the temperature increase is low in Sarab station. In comparison, Sarab plain has a wonderful state because by the period 2046 to 2065 the rainfall in this plain will decrease about 13% compared to the base period, in the same time period, wheat evapotranspiration will reach from 530 mm in the base period to 887 mm in the period 2046 to 2065. Wheat water requirement also increases from 422 mm in the base period to 810 mm, i.e. about 92%. Also, modeling shows that the average minimum temperature of this region decreases from -3 in the base period to -9.67 °C in January and from -4.3 to -8.23 in February. According to the modeling and with the decrease in rainfall in this region, wheat cultivation in this plain will face limitations in the future. However, the results of the models indicate that meshkinshahr plain is better in future periods than Sarab plain.

Keywords: Climate change; Wheat; LARS-WG; CROPWAT