نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۴۹، تابستان ۹۷

برآورد درجه- روزهای رشد در شمال‌غرب ایران بر اساس مدل‌های تغییر اقلیم

دریافت مقاله: ۹۶/۱/۲۸ پذیرش نهایی: ۹۷/۲/۸

صفحات: ۲۴۰-۲۲۱

حسن ذوالفقاری: دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه رازی[۱].
h.zolfaghari2002@yahoo.com
جعفر معصوم پور سماکوش : استادیار اقلیم شناسی دانشگاه رازی.
j_masompour27@yahoo.com
شبنم چاهواری : کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه رازی.
shabnamchahvary@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و بررسی اثر تغییر احتمالی اقلیم بر روی مقادیر درجه- روز رشد در منطقهٔ شمال‌غرب کشور است. به این منظور داده‌های اقلیمی هفت ایستگاه سینوپتیک شامل ارومیه، تبریز، زنجان، سنندج، قزوین، کرمانشاه و همدان طی یک دورهٔ ۲۵ ساله (۲۰۰۹ - ۱۹۸۵) به عنوان دورهٔ پایه گردآوری شد و برهمین اساس تغییرات دمای دوره‌های (۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶) از طریق مدل HadCM3 شبیه‌سازی شد. به دلیل قدرت تفکیک زمانی و مکانی پایین این مدل، خروجی‌های آن، با استفاده از نرم افزار LARS-WG در مقیاس روزانه و ایستگاهی، ریزگردانی و تحت سه سناریوی انتشار A1B (سناریو حد وسط)، A2 (سناریو حداکثر یا بدبینانه) و B1 (سناریو حداقل یا خوش بینانه) ارائه گردید. واسنجی، صحت‌سنجی و کارایی مدل از نظر میزان انطباق داده‌های دیده‌بانی شده با مقادیر شبیه‌سازی شده از طریق آماره‌های R^2، RMSE و MAE مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از دمای شبیه‌سازی شده، درجه- روز رشد تحت چهار آستانهٔ حرارتی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد در دو بازهٔ زمانی پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) و آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶) محاسبه و مقایسه گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد با اینکه تغییرات دمای منطقهٔ شمال‌غرب ایران، تحت هر سه سناریو A1B، A2 و B1 در آینده افزایشی خواهد بود اما تفاوت بین این سناریوها در هر دوره ناچیز است. در مجموع بیشترین افزایش دما معادل ۰/۷ درجهٔ سانتی‌گراد مربوط به سناریوی A2 برای دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و به میزان ۲/۳ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریوی A1B برای دورهٔ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ آشکار گردید. به‌طور کلی با افزایش دما، مقادیر درجه- روز رشد بدون استثنا در دوره‌های مورد بررسی و تحت چهار آستانه

---

۱. **مسئول مقاله:** کرمانشاه، باغ ابریشم، دانشگاه رازی، دانشکده علوم انسانی ،گروه جغرافیا.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

حرارتی مذکور افزایش می‌یابد. تحت سناریوهای مطالعاتی، آستانه‌های دمایی صفر درجهٔ سانتی-گراد بیشترین و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمترین تأثیر پذیری از تغییر اقلیم را نشان می‌دهند، به طوریکه بیشترین افزایش مقادیر درجه- روز محاسباتی تحت آستانه‌های صفر و ۱۵ درجهٔ سانتی-گراد، در دورهٔ اول نسبت به سناریوی مبنا (۲۰۰۹-۱۹۸۵)، به ترتیب به میزان ۲۰۷/۴ و ۱۲۰/۶ درجه-روز، تحت سناریو A2 و برای دورهٔ دوم به میزان ۷۵۲/۵ و ۴۶۳/۵ درجه- روز، تحت سناریو A1B شبیه‌سازی گردید.

کلیدواژگان: تغییر اقلیم، HadCM3، سناریوهای انتشار، درجه- روز رشد، شمال‌غرب ایران.

مقدّمه

از نقطه نظر فیزیولوژی گیاهان زراعی، هر تغییر محیطی می‌تواند بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان و در نهایت بر تولید و عملکرد گیاه زراعی مؤثر باشد (مزا[1] و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱). بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیمی، میانگین درجهٔ حرارت جهان تا پایان قرن حاضر ۱/۱ تا ۴/۶ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (ایفینای[2]، ۲۰۱۲: ۵۴). تردیدی نیست که در شرایط تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز دستخوش تغییر شده و با ارزیابی تغییر این شاخص‌ها امکان بررسی واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی میسر خواهد شد (اورت[3] و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۰۷). یکی از این شاخص‌های اقلیم کشاورزی که نقش عمده‌ای در مراحل تکامل و رشد گیاه بر عهده دارد، پارامتر درجه - روز مورد نیاز گیاه می‌باشد (کوچکی[4] و همکاران، ۲۰۰۶). درجه - روز رشد[5] (GDD) به طور معمول در مدیریت کشاورزی و منابع طبیعی برای پیش‌بینی رشد گیاهان استفاده می‌شود (میلر[6] و همکاران، ۲۰۰۱: ۲) و بر این ایده استوار است که رشد و توسعه یک گیاه تنها زمانی صورت می‌گیرد، که برای تعداد معینی روز، درجهٔ حرارت بیش از یک درجه حرارت پایه باشد (سیزرکیو[7]و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۶۱). لذا شناخت تغییرات زمانی درجه- روز، به عنوان یکی از مؤلفه‌های آب‌و-هوایی تأثیرگذار بر رشد و بازده محصولات کشاورزی امری ضروری است.

در سال‌های اخیر متخصصان علوم کشاورزی و اقلیم‌شناسی تحقیقات گسترده‌ای در زمینه اقلیم کشاورزی و ارتباط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت، مراحل رشد و نمو و شاخص درجه- روز رشد داشته‌اند از جمله: پاپاریزوز[8] و ماتزراکیس[9] (۲۰۱۶: ۱) در پژوهشی با ارزیابی حال و آیندهٔ درجه- روزهای رشد در شرایط آب-

1- Meza
2- Ifeanyi
3- Ewert
4- Koocheki
5- Growing Degree Day
6- Miller
7- Cesaraccio
8- Paparrizos
9- Matzarakis

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

وهوایی یونان به این نتیجه رسیدند که تحت دو سناریو A1B و B1، درجه- روزهای رشد در دوره‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ روندی افزایشی خواهد داشت. کریس شنزن[1] (۲۰۱۱: ۱) به مطالعهٔ تأثیر اقلیم بر تغییرات طول فصل رشد در چهارده حوضه آبریز ایالات آمریکا پرداخت. نتایج مطالعه در مقادیر سالیانهٔ طول فصل رشد، به میزان متوسط ۲۴ تا ۲۷ روز در سه سناریو انتشار گازهای گلخانه‌ای، در همه حوضه‌های مطالعاتی افزایش نشان داد. حسین و مدسر[2] (۲۰۰۷: ۴۹۴) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم را در مناطق کوهستانی سوات و چیترال[3] در کشور پاکستان مورد ارزیابی قرار دادند. آنها با پیگیری روند تغییرات دما دریافتند که افزایش دما، باعث افزایش شاخص درجه - روز رشد (GDD) و کاهش طول فصل رشد (GSL)[4] می‌شود. بال[5] و همکاران (۲۰۰۴: ۱۶۱) در استان پنجاب هندوستان نشان دادند که ۶۹ درصد تغییرات عملکرد محصول گندم به دلیل تغییرات درجه حرارت حداقل روزانه و درجه- روزهای رشد می‌باشد. محمدی و همکاران (۱۳۹۳: ۲۳۱) با کوچک‌مقیاس سازی آماری داده‌های خروجی مدل CCSM4[6] به کمک نرم افزار LARS-WG[7] تحت سناریو RCP4.5[8] رخداد تغییر اقلیم در سرارود کرمانشاه را بررسی و تأثیر آن را بر زمان کاشت و طول دورهٔ رشد گندم دیم محاسبه و دریافتند تحت شرایط تغییر اقلیم در دورهٔ ۲۰۱۳ تا ۲۰۳۹، طول دورهٔ رشد ۲۵ روز کوتاه‌تر خواهد شد و دورهٔ زمانی مناسب برای کشت گندم دیم بین ۹ تا ۲۰ روز کاهش خواهد یافت. شاهکویی و روشن (۱۳۹۲: ۵۲) در پژوهشی برای ارزیابی تاثیرگرمایش جهانی در دو بازهٔ زمانی ۲۰۴۹ – ۲۰۳۵ و ۲۰۷۹ – ۲۰۶۵ بر روی مقادیر درجه - روز مورد نیاز گیاه سویا در شهرستان گرگان از مدل گردش عمومی HadCM3 و ریزمقیاس نمایی LARS-WG تحت سه سناریو A1B، A2 و B1 استفاده و نتایج شبیه‌سازی نشان داد در اثر افزایش دما، روند کلی مقادیر درجه- روز برای اکثر سناریو و سال‌های شبیه-سازی شده افزایش خواهد یافت. روشن و همکاران (۱۳۹۰: ۹۳) کشور ایران را به ۴ خوشهٔ آب‌وهوایی تقسیم، و تغییرات دو مؤلفه دما و درجه - روز مورد نیاز گندم را بررسی کردند؛ داده‌های شبیه‌سازی شده دما نشان داد تا سال ۲۱۰۰ به مقدار ۴/۲۵ درجهٔ سلسیوس دمای کشور افزوده خواهد شد، که به تبع آن میزان درجه -روز کشور نیز افزایش خواهد یافت. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامتر درجه- روز رشد و آن هم تحت چهار آستانهٔ دمایی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد.

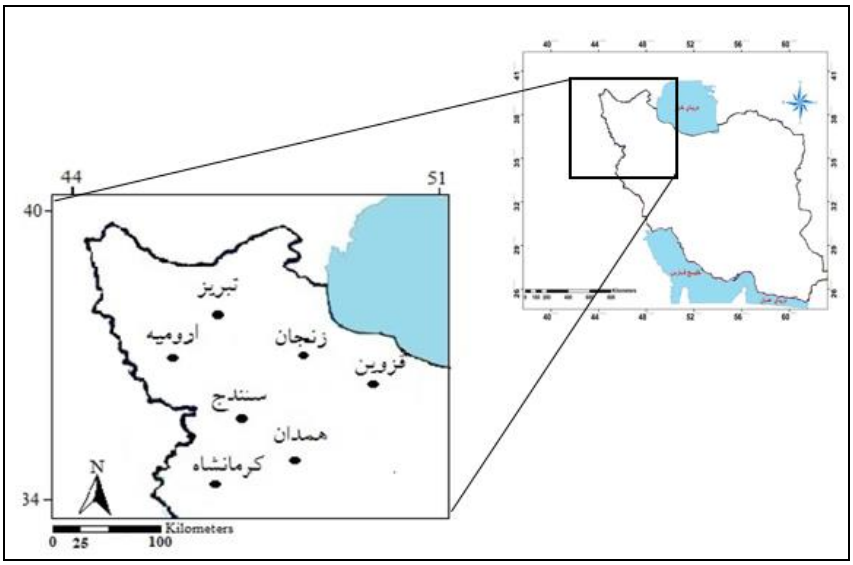
1- Christiansen
2- Hussain & Mudasser
3- Swat & Chitral
4- Growing Season Length
5- Bal
6- Community Climate System Model
7- Long Ashton Research Station Weather Generator
8- Representative Concentration Pathways

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

روش تحقیق

معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

محدوده مورد مطالعه در شمال‌غرب ایران واقع شده است و شامل استان‌های آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، زنجان، کردستان، همدان، قزوین و کرمانشاه است که با وسعت ۱۹۹،۹۰۴ کیلومترمربع، در حدود ۱۲/۱ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد و تقریباً بین نصف‌النهارهای ۴۵ و ۵۰ درجهٔ طول شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۴ تا ۳۸ درجهٔ شمالی واقع شده است شکل(۱).



شکل (۱). نقشهٔ موقعیت مورد مطالعه

این پژوهش در قالب مراحل زیر انجام گرفته است:

الف) گام اول، شبیه‌سازی مؤلفهٔ دما: در تحقیق حاضر به‌منظور تولید داده‌های مصنوعی دما در دهه‌های آینده از مدل گردش عمومی جو HadCM3 با به‌کارگیری مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG طبق سه سناریو A1B، A2 و B1 تأیید شده IPCC[1] استفاده گردید. در جدول (۱) خصوصیات سه سناریوی تغییر اقلیم مورد استفاده نشان داده شده است. به‌طور کلی تولید داده‌ها توسط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارتند از: کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دورهٔ آتی (اشرف و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۴۶). بر این اساس ابتدا با در نظر گرفتن دورهٔ ۲۰۰۹–۱۹۸۵ به عنوان دورهٔ پایه، داده‌های مورد نیاز شامل دماهای حداقل و حداکثر، بارش و ساعت آفتابی هفت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نام برده در مقیاس روزانه در این دوره آماری از سایت سازمان هواشناسی کشور به آدرس www.irimet.net اخذ شد. پس از تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دورهٔ پایه اجرا شد. در مرحلهٔ بعد ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسهٔ داده-

1-Intergovernmental Panel of Climate Change

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

های تولیدشده توسط مدل و داده‌های واقعی با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین[1] (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا[2] (RMSE) و میانگین خطای مطلق[3] (MAE) انجام شد. بعد از مشاهدهٔ مقادیر بالای ضریب تعیین و مقادیر پایین شاخص خطاسنجی، از قابلیت مدل LARS-WG برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی اطمینان حاصل کردیم. در مرحله آخر این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده‌های مصنوعی برای دو دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ با استفاده از سه سناریو A1B، A2 و B1 به ترتیب متوسط، بدبینانه و خوشبینانه اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای دمای حداقل و دمای حداکثر تولید شد.

ب) گام دوم، برآورد مقادیر درجه_ روز رشد: در این مرحله به منظور برآورد درجه- روز رشد از معادله GDD تحت چهار آستانهٔ دمایی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد استفاده شد. اما جهت مقایسهٔ تغییرات اقلیم بر روی مقادیر درجه- روز رشد لازم است که یک دوره به عنوان دورهٔ پایه انتخاب گردد و تغییرات درجه- روز دهه‌های آینده نسبت به آن مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین دورهٔ ۲۰۰۹-۱۹۸۵ به عنوان دورهٔ پایه انتخاب گردید و GDD برای دورهٔ پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) و دو دورهٔ آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶) با چهار آستانهٔ حرارتی (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد) محاسبه گردید.

ج) و گام آخر مقایسه تغییرات زمانی و مکانی GDD برای دورهٔ گذشته (پایه) و دو دورهٔ شبیه‌سازی‌شده، به منظور ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر درجه- روز رشد است.

داده‌های مورد استفاده: داده‌های هواشناسی مورد نیاز در این پژوهش به دو دسته تقسیم می‌شوند: دستهٔ اول، آمار روزانهٔ پارامترهای بارش، دماهای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی هفت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در شمال‌غرب ایران در یک دورهٔ ۲۵ ساله از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹، به عنوان دورهٔ پایه جهت اجرای مدل LARS-WG. و به منظور محاسبهٔ درجه- روز رشد در دورهٔ پایه. دستهٔ دوم، تولید داده‌های مصنوعی حداقل و حداکثر دمای روزانه از مدل گردش عمومی جو HadCM3 طبق سه سناریو A1B، A2 و B1 برای دو دورهٔ آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶) به منظور برآورد درجه- روز رشد در آینده.

جدول(۱) :خصوصیات سناریوهای تغییر اقلیم

خصوصیات	A1B	رشد سریع اقتصادی و جمعیتی، بیشینه رشد جمعیت در نیمهٔ قرن و پس از آن روند کاهشی، رشد سریع فناوری‌های نوین و مؤثر (IPCC-TGCIA، ۱۹۹۹: ۶۲)
سناریوهای تغییر اقلیم	A2	اقتصاد ناهمگون، رشد جمعیت، تأکید بر ارزش خانواده و رسوم آن، توسعهٔ اقتصادی بر محور منطقه‌ای برای تقویت مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست (IPCC، ۲۰۰۷: ۴۲۳)
	B1	همگرایی جمعیت در سطح جهان، دگرگونی‌های سریع ساختار اقتصادی، کاهش شدید مواد و معرفی فناوری‌های پاک و منابع مناسب، تأکید بر پایداری محیطی و اجتماعی(IPCC، ۲۰۰۷: ۴۲۳)

1- Coefficient of determination
2- Root Mean square error
3- Mean absolute error

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

معرفی مدل HadCM3: این مدل از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت‌شدهٔ جوی- اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. و از دو مؤلفهٔ جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ- دریا می‌باشد، تشکیل شده است. نیازی به تنظیمات شار سطحی[1] (شار مصنوعی اضافی برای سطح اقیانوس) برای بهبود شبیه‌سازی ندارد (گوردن و همکاران، ۲۰۰۰: ۱۴۷). مؤلفه‌های جوی این مدل عبارتند از: دما، سرعت باد مداری و نصف-النهاری، فشار سطح، ظرفیت آب مایع[2] و آب مایع موجود، و مؤلفه‌های مدل اقیانوسی آن دما، شوری، مؤلفه های افقی سرعت باد در جو باروکلینیک و عمق لایهٔ اختلاط می‌باشد (اشرف و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۴۹).

معرفی مدل LARS-WG: تکنیک‌های مختلفی برای تبدیل شبکه بندی‌های بزرگ‌مقیاس مدل‌های آب‌وهوای جهانی به سطوح محلی و ناحیه‌ی توسعه یافته است که به این عمل ریزمقیاس نمایی می‌گویند (Xu Z و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۰). تکنیک‌های ریزگردانی به دو دستهٔ ریزمقیاس نمایی دینامیک و آماری تقسیم‌بندی میشوند. هرچند که مدل‌های دینامیکی منطقه‌ای دقت فضایی مناسب برای ارزیابی اقلیمی دارند ولی جزء روش‌های پرهزینه و وقت‌گیر بوده و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی فوق‌سریع دارند که اغلب کشورها فاقد آن هستند، لذا توجه عمومی به روش ریزمقیاس‌نمایی آماری معطوف شده است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۳). به همین منظور در این تحقیق جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 از مدل آماری LARS-WG نسخه 5/11 استفاده شده است. برای کسب توضیحات بیشتر در مورد مدل لارس به منابع زیر مراجعه شود (سیمینوف[3] و همکاران، ۱۹۹۸؛ بابائیان و کوان[4]، ۲۰۰۵؛ بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ یویی پینگ[5] و همکاران، ۲۰۱۲).

روش و معیار ارزیابی: جهت صحت سنجی مدل LARS-WG با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE)، اقدام به ارزیابی داده‌های تولیدشده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده‌شده) موجود در دورهٔ پایه گردید. این آماره‌ها از روابط (۱ و۲و۳) محاسبه می-گردد:

$$= \frac{\left[\sum_{i=0}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 \ \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2} R^2$$ رابطه(۱)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y_i)^2}{n}}$$ رابطه (۲)

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i-Y_i|}{n}$$ رابطه (۳)

1- Surface Flux adjustment
2- Liquid water content
3- Semenov
4- Kwon
5- Yue-Ping

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

در روابط(۱و۲و۳) X_i و Y_i به ترتیب iامین داده واقعی (مشاهده‌شده) و شبیه‌سازی‌شده توسط مدل، $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ میانگین کل داده‌های X_i و Y_i در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. RMSE ریشهٔ دوم میانگین مربعات خطا به‌عنوان یک روش مناسب مقایسه‌ای و اعتبارسنجی در بسیاری از مطالعات به کار برده شده است (لی[1] و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۳۹۷). و نیز در این میان محققان داخلی بسیاری (نجفی‌نیا، ۱۳۹۴؛ نادری، ۱۳۹۳؛ زاینده‌رودی و همکاران، ۱۳۹۲؛ قانقرمه و روشن، ۱۳۹۱؛ اشرف و همکاران، ۱۳۹۰ و مساح بوانی و مرید، ۱۳۸۴) از هر سه آماره نام برده به عنوان روش و معیار مناسب ارزیابی در پژوهه‌های مطالعاتی خود استفاده کرده‌اند.

درجه- روز رشد: به‌منظور برآورد درجه- روز، از شاخص حرارتی GDD با میانگین دمای هوای روزانه که رایج‌ترین محاسبه در پژوهش‌های کشاورزی و رشد است استفاده شد که به صورت رابطه(۴) محاسبه می شود:

$$\mathrm{GDD} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Tmax + Tmin}{2}\right) - Tbase \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در این معادله GDD معرف درجه- روز رشد است که طی n روز جمع‌آوری شده است.

Tmax حداکثر درجه حرارت روز ، Tmin حداقل درجه حرارت روز، Tbase درجه حرارت پایه یا آستانه، که همگی بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشند. و n نیزتعداد روزها در یک زمان مشخص. بطور معمول در ارزیابی کلی از تأثیر آب‌وهوا و درجه حرارت بر محصولات کشاورزی، دماهای ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به عنوان دمای پایه یا آستانه در نظر گرفته می‌شود (گوردن و بوتسما،۱۹۹۳، کارینگ[2] و همکاران، ۱۹۹۹، گوردیو[3] و همکاران، ۲۰۰۶، فیلی[4] و فیلی، ۲۰۰۸، گریگوریوا، ۲۰۰۸، گریگوریوا و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج

اعتبارسنجی داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG:

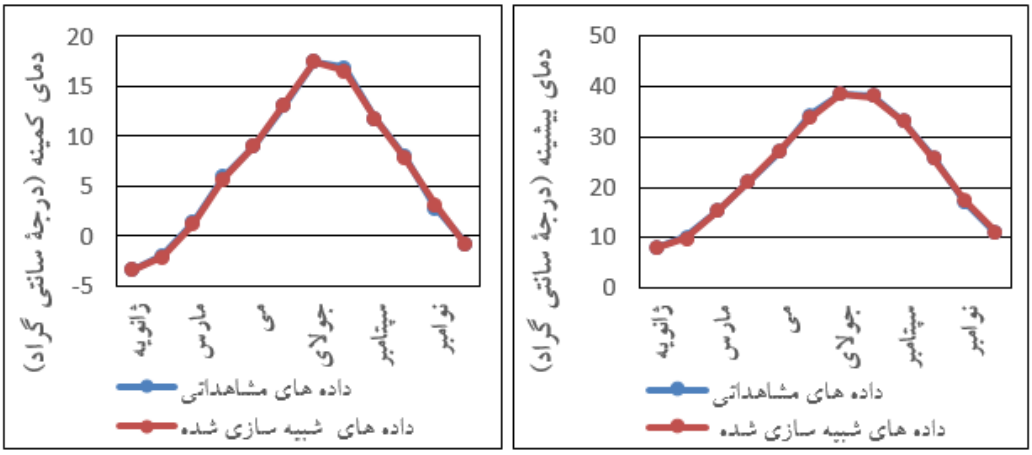
ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسهٔ داده‌های دورهٔ آماری و داده‌های تولیدشده توسط مدل با استفاده از آزمون‌های آماری و نمودارهای مقایسه‌ای انجام شد. به دلیل رعایت اختصار، تنها خروجی حداقل و حداکثر مطلق دمای روزانهٔ ایستگاه کرمانشاه، برای داده‌های تجربی و شبیه‌سازی شده توسط مدل در دورهٔ پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) آورده شده است جدول(۲). نتایج نشان می‌دهد دماهای بیشینه و کمینهٔ مشاهداتی و برآوردشده بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و در اکثر ماه‌ها تطابق خیلی خوبی مشاهده شد شکل (۲).

1- Ly
2- Karing
3- Gordeev
4- Fealy

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

جدول (۲): میانگین مشاهداتی و برآوردشدهٔ دما در دورهٔ (۲۰۰۹-۱۹۸۵) برای ایستگاه کرمانشاه

متغیر / ماه	دمای کمینه (°C)		دمای بیشینه (°C)	
	مشاهداتی	برآوردشده	مشاهداتی	برآوردشده
ژانویه	-۳/۳۵	-۳/۳۴	۷/۸۲	۷/۸۹
فوریه	-۱/۹۱	-۲/۰۸	۱۰/۲۸	۹/۹۰
مارس	۱/۴۰	۱/۲۴	۱۵/۲۳	۱۵/۳۲
آوریل	۵/۹۳	۵/۶۸	۲۰/۹۲	۲۰/۹۳
می	۹/۰۳	۹/۰۱	۲۷/۱۸	۲۷/۴۲
ژوئن	۱۳/۰۹	۱۳/۲۰	۳۴/۳۱	۳۳/۷۹
جولای	۱۷/۴۶	۱۷/۵۲	۳۸/۳۷	۳۸/۵۳
آگوست	۱۶/۹۱	۱۶/۵۶	۳۸/۱۳	۳۷/۹۷
سپتامبر	۱۱/۸۴	۱۱/۸۰	۳۳/۲۶	۳۳/۲۸
اکتبر	۷/۹۹	۷/۸۰	۲۵/۹۹	۲۵/۷۰
نوامبر	۲/۸۷	۳/۱۶	۱۷/۱۲	۱۷/۴۵
دسامبر	-۰/۷۴	-۰/۷۸	۱۱/۰۲	۱۱/۱۹



شکل (۲): مقایسهٔ میانگین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شدهٔ دما توسط مدل LARS-WG در ایستگاه کرمانشاه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

جدول(۳): مقادیر آماره‌های واسنجی دما جهت ارزیابی مدل در LARS-WG بازهٔ زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۵

ایستگاه	آماره	دمای کمینه	دمای بیشینه
	R^2	۰/۹۸۵۳	۰/۹۹۹۱
ارومیه	RMSE	۰/۱۳۷۶	۰/۱۳۲۲
	MAE	۰/۱۱۳۳	۰/۲۶۲۵
	R^2	۰/۹۹۹۶	۰/۹۹۹۵
تبریز	RMSE	۰/۱۶۱۵	۰/۲۳۹۲
	MAE	۰/۱۴۸۳	۰/۱۸۲۵
	R^2	۰/۹۹۹۲	۰/۹۹۹۴
زنجان	RMSE	۰/۲۸۵۳	۰/۲۵۵۵
	MAE	۰/۲۳۳۳	۰/۲۰۶۶
	R^2	۰/۹۹۹۰	۰/۹۹۹۶
سنندج	RMSE	۰/۱۷۱۸	۰/۲۳۴۸
	MAE	۰/۱۱۴۱	۰/۲۰۸۳
	R^2	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۸۸
قزوین	RMSE	۰/۲۱۳۹	۰/۳۶۸۷
	MAE	۰/۱۴۴۱	۰/۲۹۴۱
	R^2	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۹۴
کرمانشاه	RMSE	۰/۱۷۷۷	۰/۲۵۱۴
	MAE	۰/۱۴۰۸	۰/۲۰۳۳
	R^2	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۹۳
همدان (نوژه)	RMSE	۰/۲۴۸۷	۰/۲۹۳۰
	MAE	۰/۲۱۶۵	۰/۲۲۵۸

نتایج کلی اعتبارسنجی داده‌های حاصل از LARS-WG در همهٔ ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول (۳) آورده شده است. مقادیر ضریب تعیین که برای نشان دادن دقت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد در همه موارد از میزان قابل توجهی برخوردار بود (R^2 =۰/۹۹). بعلاوه برای اطمینان از درستی واسنجی مدل از شاخص‌های خطاسنجی از جمله میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق استفاده گردید و مقادیر آن نسبتاً پایین مشاهده شد. که مقادیر کوچک‌تر آن بیانگر وجود اختلاف‌های کمتر بین مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده توسط مدل بود که نشان‌دهندهٔ شبیه‌سازی بسیار عالی این متغیرها توسط مدل LARS-WG بود.

شبیه‌سازی وضعیت دمای آینده توسط مدل HadCM3:

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد با اینکه دوره‌های آینده تغییرات دمای منطقهٔ شمال‌غرب، تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 به صورت افزایشی خواهد بود اما تفاوت بین این سه سناریو در هر دوره ناچیز است جدول (۴).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

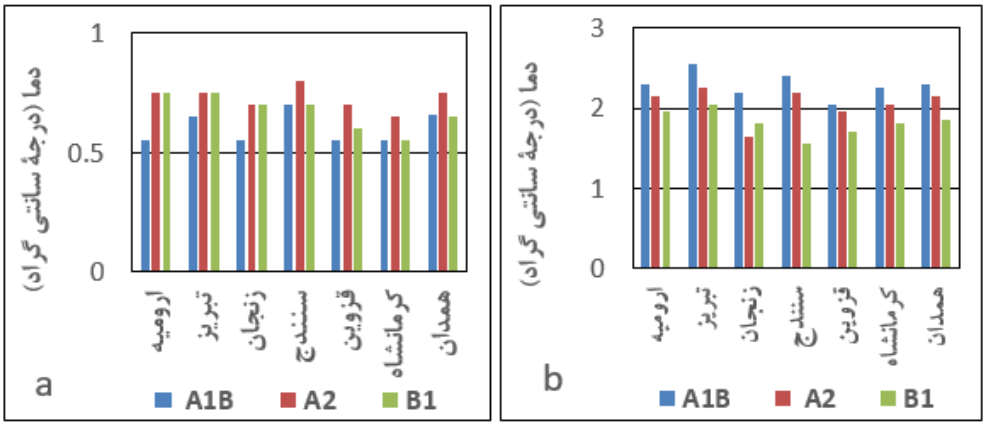
جدول (۴): میانگین سالانهٔ دمای محاسباتی در دورهٔ پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) و دوره‌های آینده و اختلاف مقادیر آنها بر اساس سناریوهای مدل HadCM3

دوره	سناریو	ارومیه	تبریز	زنجان	سنندج	قزوین	کرمانشاه	همدان
پایه		۱۱/۵	۱۳/۲	۱۰/۹	۱۳/۹	۱۴/۲	۱۵/۱	۱۱/۳
	A1B	۱۲	۱۳/۸	۱۱/۵	۱۴/۶	۱۴/۷	۱۵/۷	۱۱/۹
۲۰۳۰-۲۰۱۱	A2	۱۲/۲	۱۳/۹	۱۱/۶	۱۴/۷	۱۴/۹	۱۵/۸	۱۲
	B1	۱۲/۲	۱۳/۹	۱۱/۶	۱۴/۶	۱۴/۸	۱۵/۷	۱۱/۹
	A1B	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۷	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۶
تغییرات	A2	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۶۵	۰/۷۵
	B1	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۰/۵۵	۰/۶۵
	A1B	۱۳/۸	۱۵/۷	۱۳/۱	۱۶/۳	۱۶/۲	۱۷/۴	۱۳/۶
۲۰۶۵-۲۰۴۶	A2	۱۳/۶	۱۵/۴	۱۲/۶	۱۶/۱	۱۶/۱	۱۷/۲	۱۳/۴
	B1	۱۳/۴	۱۵/۲	۱۲/۷	۱۵/۵	۱۵/۹	۱۶/۹	۱۳/۱
	A1B	۲/۳	۲/۵۵	۲/۲	۲/۴	۲/۰۵	۲/۲۵	۲/۳
تغییرات	A2	۲/۱۵	۲/۲۵	۱/۶۵	۲/۲	۱/۹۵	۲/۰۵	۲/۱۵
	B1	۱/۹۵	۲/۰۵	۱/۸	۱/۵۵	۱/۷	۱/۸	۱/۸۵

در بین این سه سناریو بیشترین تغییرات دورهٔ اول مربوط به سناریو A2 و سپس B1 و در نهایت سناریو A1B و بیشترین تغییرات دورهٔ دوم به ترتیب تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 خواهد بود. در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱، اختلاف چندانی بین دما تحت سناریوهای مختلف انتشار وجود ندارد، بگونه‌ای که تغییرات دمای شبیه‌سازی شده از ۰/۶ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو A1B تا ۰/۷ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو A2 تغییر خواهد کرد. به‌طور متوسط در این دوره تحت همهٔ سناریوها، میانگین دمای شمال‌غرب در مقایسه با دورهٔ پایه (۱۲/۹)، ۰/۷ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و به ۱۳/۶ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد.

از طرفی دورهٔ ۲۰۶۵-۲۰۴۶، میزان افزایش دما تحت سناریوهای مختلف انتشار بیشتر است و اختلاف عملکرد بین این سناریوها بارزتر است، بطوریکه تغییرات دمای شبیه‌سازی شده از ۱/۸ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو B1 تا ۲/۳ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو A1B تغییر خواهد کرد. به طور متوسط در این دوره تحت همه سناریوها، میانگین دمای شمال‌غرب در مقایسه با دورهٔ پایه (۱۲/۹)، ۲ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و به ۱۴/۹ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]



شکل (۳): تغییرات مقادیر میانگین دما در دو دورهٔ مطالعاتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (a) و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (b) نسبت به دورهٔ آماری تحت سه سناریوی مورد مطالعه

همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود در دوره‌های مطالعاتی آینده تمام ایستگاه‌های شمال‌غرب با افزایش دما مواجه خواهند بود که بیشترین افزایش دما در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱، در بین ایستگاه‌های مذکور مربوط به ایستگاه سنندج تحت سناریوی A1B و A2، و ایستگاه‌های ارومیه و تبریز تحت سناریوی B1 رخ خواهد داد. همچنین حداکثر افزایش دما در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و تحت سه سناریوی مطالعاتی در ایستگاه تبریز مشاهده می‌شود. افزایش میانگین دمای ایستگاه‌های کرمانشاه، قزوین و زنجان در دورهٔ اول شبیه‌سازی وایستگاه‌های زنجان و قزوین در دورهٔ دوم شبیه‌سازی نسبت به سایر ایستگاه‌های مطالعاتی در منطقه شمال‌غرب کمتر است.

شبیه‌سازی مقادیر درجه- روز رشد بر مبنای سناریوهای مختلف تغییر اقلیم

الف) دورهٔ اول (۲۰۳۰-۲۰۱۱): میانگین سالانهٔ مقادیر درجه- روز محاسباتی در دورهٔ پایه و دورهٔ اول شبیه‌سازی با اختلاف مقادیر آنها به‌طور کامل در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): میانگین سالانهٔ مقادیر درجه- روز محاسباتی در دورهٔ پایه و دورهٔ اول (۲۰۳۰-۲۰۱۱) و اختلاف مقادیر آنها بر مبنای چهار آستانهٔ حرارتی و طبق سناریوهای مدل HadCM3

T base	سناریو	ارومیه	تبریز	زنجان	سنند ج	قزوین	کرمانشاه	همدان
	پایه	۴۳۴۵	۴۹۵۹	۴۲۲۱	۵۱۷۳	۵۲۵۵	۵۵۴۷	۴۳۶۹
	A1	۴۴۹۷	۵۱۲۴	۴۳۵۳	۵۳۶۹	۵۳۹۷	۵۷۴۱	۴۵۵۷
صفر	A2	۴۵۴۵	۵۱۶۶	۴۳۹۲	۵۴۰۴	۵۴۵۱	۵۷۷۸	۴۵۸۵
	B1	۴۵۴۳	۵۱۷۹	۴۳۹۰	۵۳۷۸	۵۴۱۸	۵۷۴۵	۴۵۵۸
	A1B	۱۵۱/۸	۱۶۵/۵	۱۳۲/۶	۱۹۶/۵	۱۴۲/۷	۱۹۳/۹	۱۸۷/۷
تغییرات	A2	۱۹۹/۹	۲۰۶/۶	۱۷۱/۲	۲۳۱/۸	۱۹۶/۱	۲۳۰/۷	۲۱۵/۹
	B1	۱۹۷/۵	۲۱۹/۶	۱۶۹/۵	۲۰۴/۹	۱۶۳/۶	۱۹۷/۹	۱۸۹/۴
	پایه	۲۸۹۷	۳۴۷۱	۲۷۹۳	۳۵۷۸	۳۶۶۶	۳۸۸۳	۲۹۴۲
	A1B	۳۰۳۴	۳۶۲۳	۲۹۱۹	۳۷۵۳	۳۷۸۷	۴۰۵۵	۳۱۲۸
۵	A2	۳۰۶۵	۳۶۴۹	۲۹۴۱	۳۷۸۰	۳۸۲۷	۴۰۸۶	۳۱۴۷

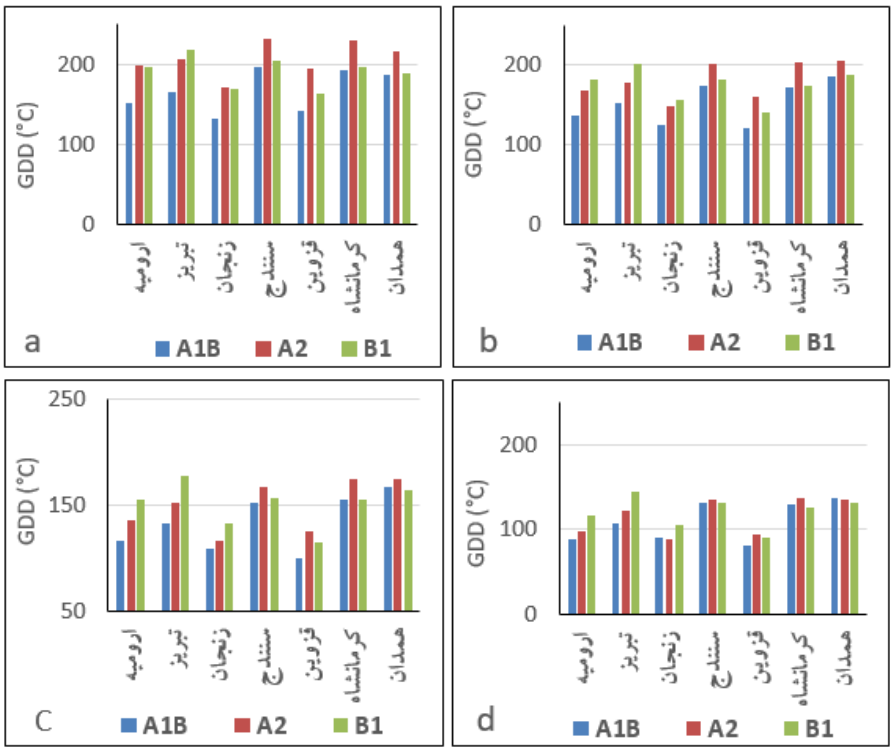
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

	B1	۳۰۷۸	۳۶۷۳	۲۹۴۹	۳۷۶۰	۳۸۰۵	۴۰۵۸	۳۱۲۹
	A1B	۱۳۷/۵	۱۵۲/۱	۱۲۵/۱	۱۷۴/۶	۱۲۱/۶	۱۷۱/۸	۱۸۶/۵
تغییرات	A2	۱۶۸/۱	۱۷۸/۴	۱۴۷/۶	۲۰۱/۸	۱۶۱	۲۰۲/۷	۲۰۵
	B1	۱۸۱/۱	۲۰۲	۱۵۶	۱۸۱/۴	۱۳۹/۷	۱۷۴/۹	۱۸۷/۱
	پایه	۱۷۴۴	۲۲۶۶	۱۶۵۹	۲۳۰۴	۲۳۷۳	۲۵۲۹	۱۸۰۱
	A1B	۱۸۶۰	۲۳۹۹	۱۷۶۸	۲۴۵۶	۲۴۷۴	۲۶۸۴	۱۹۶۸
۱۰	A2	۱۸۷۹	۲۴۱۹	۱۷۷۶	۲۴۷۱	۲۴۹۸	۲۷۰۴	۱۹۷۵
	B1	۱۸۹۹	۲۴۴۴	۱۷۹۲	۲۴۶۰	۲۴۸۸	۲۶۸۵	۱۹۶۵
	A1B	۱۱۵/۹	۱۳۲/۴	۱۰۹/۲	۱۵۲/۴	۱۰۱	۱۵۵	۱۶۷/۴
تغییرات	A2	۱۳۵/۶	۱۵۲/۳	۱۱۷	۱۶۷	۱۲۵/۶	۱۷۴/۲	۱۷۴
	B1	۱۵۵/۱	۱۷۷/۷	۱۳۲/۷	۱۵۶	۱۱۵/۱	۱۵۵/۹	۱۶۴/۸
	پایه	۸۵۸	۱۳۰۴	۷۹۱	۱۳۰۹	۱۳۴۴	۱۴۷۹	۹۲۳
	A1B	۹۴۷	۱۴۱۲	۸۸۱	۱۴۴۱	۱۴۲۵	۱۶۰۸	۱۰۶۱
۱۵	A2	۹۵۶	۱۴۲۷	۸۸۰	۱۴۴۵	۱۴۳۸	۱۶۱۵	۱۰۵۸
	B1	۹۷۴	۱۴۴۸	۸۹۶	۱۴۴۰	۱۴۳۴	۱۶۰۵	۱۰۵۵
	A1B	۸۹/۲	۱۰۷/۴	۹۰	۱۳۱/۹	۸۱/۱	۱۲۹/۸	۱۳۷/۸
تغییرات	A2	۹۷/۶	۱۲۲/۵	۸۹/۱	۱۳۵/۵	۹۴/۲	۱۳۶/۷	۱۳۴/۹
	B1	۱۱۶/۲	۱۴۳/۷	۱۰۴/۹	۱۳۱	۹۰/۲	۱۲۶/۵	۱۳۱/۸

بر مبنای چهار آستانهٔ دمایی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد میانگین محاسباتی GDD، به ترتیب مقدار ۴۸۳۸، ۳۳۱۹، ۲۰۹۶ و ۱۱۴۴ درجه- روز برای دورهٔ پایه ۲۰۰۹-۱۹۸۵ نشان می‌دهد.

مقایسهٔ مقادیر GDD محاسبه‌شده در دهه‌های گذشته و آینده نشان داد میانگین شبیه‌سازی شده درجه- روز رشد برای دورهٔ مطالعاتی۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر مبنای هر چهار آستانهٔ دمایی و تحت سه سناریوی مورد مطالعه به صورت افزایشی است شکل (۴). مقایسهٔ چهار آستانهٔ دمایی نشان می‌دهد حداکثر مقدار درجه- روز سالانه بر مبنای آستانهٔ حرارتی صفر درجهٔ سانتی‌گراد با میانگین ۵۰۴۶ درجه- روز سپس آستانه‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب با میانگین ۳۴۹۹، ۲۲۴۸ و ۱۲۶۵ درجه- روز محاسبه گردید که بر مبنای سه سناریو مورد مطالعه بیشترین میانگین درجه- روز برای آستانه‌های صفر و ۵ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو A2 و بر مبنای آستانه‌های ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو B1 شبیه‌سازی گردید. در این دوره تمرکز بر روی میانگین هفت ایستگاه مطالعاتی، نشان از تأثیرپذیری بیشتر آستانهٔ صفر درجهٔ سانتی‌گراد در مقایسه با سایر آستانه‌ها بود بطوریکه بیشترین مقدار افزایش درجه- روز به ترتیب بر مبنای آستانه‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد استخراج گردید که تحت سه سناریو مطالعاتی، حداکثر تغییرات در آستانه‌های صفر و ۵ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو A2 به ترتیب به میزان ۲۰۷/۴ و ۱۸۰/۷ درجه- روز و آستانه‌های ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد تحت سناریو B1 به میزان ۱۵۱ و ۱۲۰/۶ درجه-روز مشاهده شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]



شکل (۴):تغییرات درجه- روز رشد در دورهٔ مطالعاتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دورهٔ پایه بر مبنای آستانه‌های صفر (a)، ۵ (b)، ۱۰ (c) و ۱۵ (d) درجهٔ سانتی‌گراد تحت سه سناریوی مورد مطالعه

در ادامهٔ بررسی تغییرات درجه- روز با توجه به ایستگاه‌های مورد مطالعه، میانگین سناریوهای مطالعاتی نشان داد حداکثر تغییرات بر مبنای آستانه‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد همدان و حداقل تغییرات را قزوین برخوردار بود. بر مبنای آستانهٔ صفر درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب سنندج و زنجان بودند که از بیشترین و کمترین مقدار درجه- روز برخوردار بوده‌اند.

ب) دورهٔ دوم (۲۰۶۵-۲۰۴۶): میانگین سالانهٔ مقادیر درجه- روز محاسباتی در دورهٔ پایه و دورهٔ دوم شبیه‌سازی با اختلاف مقادیر آنها به‌طور کامل در جدول ۶ ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

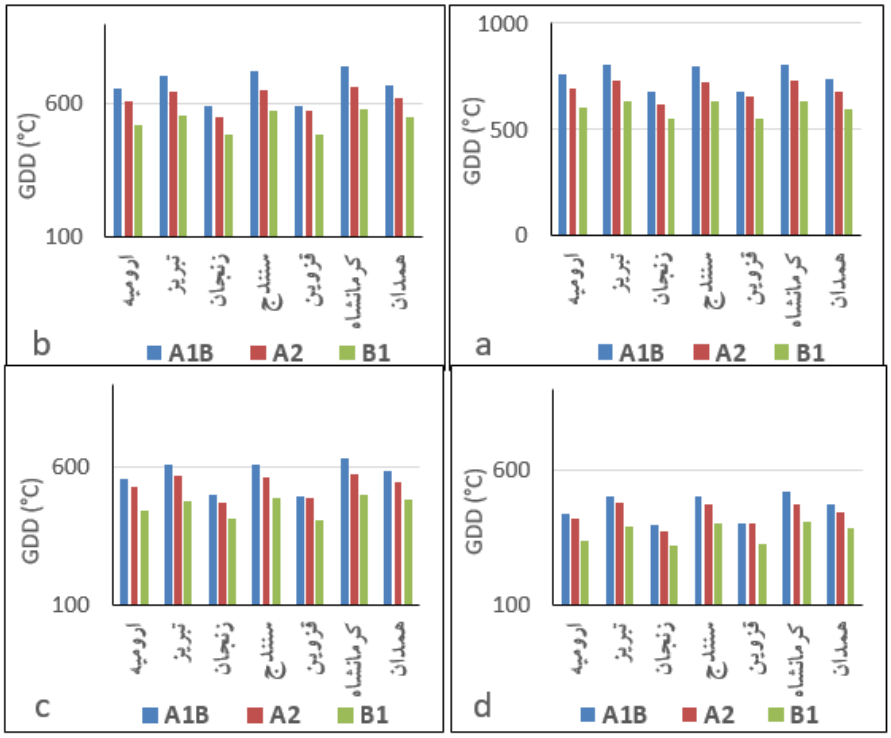
جدول (۶): میانگین سالانهٔ مقادیر درجه- روز محاسباتی در دورهٔ پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) و دورهٔ دوم (۲۰۶۵-۲۰۴۶) و اختلاف مقادیر آنها بر مبنای چهار آستانهٔ حرارتی و طبق سناریوهای مدل HadCM3

T base	سناریو	ارومیه	تبریز	زنجان	سنندج	قزوین	کرمانشاه	همدان
	پایه	۴۳۴۵	۴۹۵۹	۴۲۲۱	۵۱۷۳	۵۲۵۵	۵۵۴۷	۴۳۶۹
	A1B	۵۱۰۹	۵۷۶۵	۴۸۹۶	۵۹۷۲	۵۹۳۱	۶۳۵۴	۵۱۰۸
صفر	A2	۵۰۳۸	۵۶۸۷	۴۸۴۲	۵۸۹۷	۵۹۰۸	۶۲۷۶	۵۰۵۰
	B1	۴۹۵۱	۵۵۹۵	۴۷۷۲	۵۸۰۸	۵۸۰۵	۶۱۸۰	۴۹۶۸
	A1B	۷۶۴/۲	۸۰۶/۴	۶۷۵	۷۹۹/۸	۶۷۶/۴	۸۰۷/۱	۷۳۸/۹
تغییرات	A2	۶۹۲/۳	۷۲۸/۳	۶۲۱/۱	۷۲۴/۷	۶۲۵/۸	۷۲۸/۳	۶۸۰/۷
	B1	۶۰۵/۸	۶۳۶/۲	۵۵۱	۶۳۵/۲	۵۵۰/۲	۶۳۲/۴	۵۹۹
	پایه	۲۸۹۷	۳۴۷۱	۲۷۹۳	۳۵۷۸	۳۶۶۶	۳۸۸۳	۲۹۴۲
	A1B	۳۵۵۲	۴۱۷۶	۳۳۸۴	۴۲۹۸	۴۲۵۸	۴۶۲۲	۳۶۱۳
۵	A2	۳۵۰۴	۴۱۱۶	۳۳۴۳	۴۲۳۲	۴۲۴۱	۴۵۴۹	۳۵۶۴
	B1	۳۴۱۸	۴۰۲۶	۳۲۸۱	۴۱۵۲	۴۱۵۰	۴۴۶۲	۳۴۹۳
	A1B	۶۵۵/۶	۷۰۵/۴	۵۹۰/۹	۷۱۹/۸	۵۹۲/۴	۷۳۸/۴	۶۷۱/۴
تغییرات	A2	۶۰۷/۳	۶۴۵/۱	۵۵۰	۶۵۳/۵	۵۷۵/۴	۶۶۵/۶	۶۲۲/۴
	B1	۵۲۱/۵	۵۵۴/۹	۴۸۷/۱	۵۷۳/۵	۴۸۴/۳	۵۷۸/۶	۵۵۱/۷
	پایه	۱۷۴۴	۲۲۶۶	۱۶۵۹	۲۳۰۴	۲۳۷۳	۲۵۲۹	۱۸۰۱
	A1B	۲۲۹۸	۲۸۷۴	۲۱۵۷	۲۹۱۲	۲۸۶۸	۳۱۶۱	۲۳۸۳
۱۰	A2	۲۲۶۹	۲۸۳۳	۲۱۲۸	۲۸۶۳	۲۸۶۱	۳۱۰۰	۲۳۴۶
	B1	۲۱۸۲	۲۷۴۳	۲۰۶۹	۲۷۹۲	۲۷۸۰	۳۰۳۰	۲۲۸۲
	A1B	۵۵۳/۸	۶۰۸/۲	۴۹۷/۹	۶۰۸/۳	۴۹۵	۶۳۱/۸	۵۸۲/۸
تغییرات	A2	۵۲۵/۱	۵۶۶/۳	۴۶۸/۹	۵۵۹/۵	۴۸۸/۲	۵۷۰/۳	۵۴۵/۱
	B1	۴۳۸/۵	۴۷۶/۳	۴۱۰	۴۸۸/۴	۴۰۷/۲	۵۰۱/۱	۴۸۱/۲
	پایه	۸۵۸	۱۳۰۴	۷۹۱	۱۳۰۹	۱۳۴۴	۱۴۷۹	۹۲۳
	A1B	۱۲۹۵	۱۸۱۰	۱۱۸۸	۱۸۱۵	۱۷۵۱	۱۹۹۸	۱۳۹۷
۱۵	A2	۱۲۸۳	۱۷۸۴	۱۱۶۷	۱۷۸۲	۱۷۵۱	۱۹۵۵	۱۳۶۹
	B1	۱۲۰۱	۱۶۹۷	۱۱۱۲	۱۷۱۵	۱۶۷۵	۱۸۹۰	۱۳۱۱
	A1B	۴۳۷/۲	۵۰۵/۷	۳۹۶/۳	۵۰۵/۷	۴۰۶/۵	۵۱۹/۶	۴۷۳/۵
تغییرات	A2	۴۲۴/۴	۴۷۹/۶	۳۷۵/۷	۴۷۲/۳	۴۰۶/۴	۴۷۶/۵	۴۴۵/۵
	B1	۳۴۲/۵	۳۹۲/۴	۳۲۰/۹	۴۰۶	۳۳۰/۶	۴۱۱/۸	۳۸۷/۸

بر مبنای چهار آستانهٔ دمایی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد میانگین محاسباتی GDD، به ترتیب مقدار ۴۸۳۸، ۳۳۱۹، ۲۰۹۶ و ۱۱۴۴ درجه- روز برای دورهٔ پایه ۲۰۰۹-۱۹۸۵ نشان می‌دهد. مقایسهٔ مقادیر سالانهٔ درجه- روز رشد دهه‌های گذشته و آینده نشان داد، دورهٔ مطالعاتی ۲۰۶۵-۲۰۴۶، تحت هر چهار آستانهٔ دمایی و تمام سناریوها با افزایش مقدار درجه- روز همراه می‌باشد که این افزایش در دورهٔ آتی دوم نسبت به دورهٔ آتی اول بیشتر است شکل (۵). مقایسهٔ چهار آستانهٔ دمایی نشان می‌دهد حداکثر مقدار درجه- روز سالانه بر مبنای آستانهٔ حرارتی صفر درجهٔ سانتی‌گراد با میانگین ۵۵۹۱ درجه- روز سپس آستانه‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب با میانگین ۳۹۸۶، ۲۶۶۵ و ۱۶۰۸ درجه- روز محاسبه گردید که بر مبنای سه سناریو مورد مطالعه بیشترین میانگین درجه- روز برای هر چهار آستانهٔ حرارتی به ترتیب تحت سناریوهای A1B، A2

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

و B1 شبیه‌سازی گردید. در این دوره تمرکز بر روی میانگین هفت ایستگاه مطالعاتی، نشان از تأثیرپذیری بیشتر GDD از تغییر اقلیم در آستانهٔ صفر درجهٔ سانتی‌گراد در مقایسه با سایر آستانه‌ها است بطوریکه بیشترین مقدار افزایش درجه- روز به ترتیب بر مبنای آستانه‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب به میزان ۷۵۲/۵، ۶۶۷/۷، ۵۶۸/۳ و ۴۶۳/۵ درجه- روز که تحت سه سناریو مطالعاتی، حداکثر تغییرات در همهٔ آستانه‌ها تحت سناریو A1B مشاهده شد.



شکل (۵): تغییرات درجه- روز رشد در دورهٔ مطالعاتی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نسبت به دورهٔ پایه بر مبنای آستانه‌های صفر (a)، ۵ (b)، ۱۰ (c) و ۱۵ (d) درجهٔ سانتی‌گراد تحت سه سناریوی مورد مطالعه

در ادامهٔ بررسی تغییرات درجه- روز با توجه به ایستگاه‌های مورد مطالعه، میانگین سناریوهای مطالعاتی نشان داد حداکثر تغییرات بر مبنای آستانهٔ صفر درجهٔ سانتی‌گراد تبریز و کرمانشاه و بر مبنای آستانه‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد کرمانشاه و حداقل تغییرات را زنجان در هر چهار آستانهٔ دمایی برخوردار بود.

نتیجه‌گیری

کشاورزی به علت ارتباط بسیار نزدیک با شرایط آب‌وهوایی نسبت به تغییر اقلیم آینده آسیب‌پذیر می‌باشد. اگرچه عوامل اقلیمی متعددی بر رشد گیاه مؤثرند اما درجهٔ حرارت و میزان درجه- روز یکی از مهم‌ترین عوامل محسوب می‌شود، که این شاخص نیز در دوره‌های آتی تحت تـأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد. در تحقیق حاضر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

به منظور برآورد درجه- روزهای رشد تحت شرایط تغییر اقلیم در افق آینده، در ابتدا داده‌های روزانهٔ هفت ایستگاه سینوپتیک منطقه شمال‌غرب کشور در دورهٔ ۲۰۰۹-۱۹۸۵ به عنوان داده‌های ورودی به مدل LARS-WG وارد شد و داده‌های روزانه متغیرهای هواشناسی در همین دوره تولید گردید. ارزیابی مدل LARS-WG نشان داد که مدل کارایی لازم را جهت تولید داده‌های روزانهٔ پارامترهای دمای حداقل و حداکثر در منطقهٔ شمال‌غرب کشور دارا بوده و در مرحلهٔ بعد این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده‌های مصنوعی برای دو دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ با استفاده از سه سناریو A1B، A2 و B1 اجرا شده و در مرحلهٔ آخر با استفاده از معادله GDD رابطه (۴) مقادیر درجه- روز رشد تحت چهار آستانهٔ دمایی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد برای دو بازهٔ زمانی پایه (۲۰۰۹-۱۹۸۵) و آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶) محاسبه و مقایسه گردید. مهمترین نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

مدل LARS-WG برای شبیه‌سازی دمای منطقه با ضریب همبستگی بالا و خطای کم دارای عملکرد مطلوبی بوده است. به طور کلی میانگین دما در ایستگاه‌های مورد بررسی منطقه شمال‌غرب تحت سناریوهای مختلف روند افزایشی خواهد داشت. در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ به طور متوسط تحت همهٔ سناریوها، میانگین دمای شمال-غرب در مقایسه با دورهٔ پایه (۱۲/۹)، ۰/۷ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و به ۱۳/۶ درجهٔ سانتی‌گراد میرسد. از طرفی دورهٔ ۲۰۶۵-۲۰۴۶، میزان افزایش دما تحت سناریوهای مختلف انتشار بیشتر است بطوریکه در این دوره تحت همه سناریوها، میانگین دمای شمال‌غرب در مقایسه با دورهٔ پایه (۱۲/۹)، ۲ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و به ۱۴/۹ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. این بخش پژوهش با کار تحقیقی کوچکی و همکاران (۱۳۹۴: ۶۵۱)، قانقرمه و روشن (۱۳۹۱: ۶۱)، فرجزاده و فیضی (۱۳۹۱: ۶۳)، عباسی و همکاران (۱۳۸۹: ۹۱)، بابائیان و همکاران (۱۳۸۸: ۱۳۵)، مطابقت نسبی دارد.

در بررسی انجام شده بین تغییرات مقادیر درجه- روز رشد از دهه‌های گذشته تا آینده مشخص گردید، در شرایط تغییر اقلیم آینده بدون استثنا دو دورهٔ مورد مطالعه تحت تمام سناریو و آستانه‌های حرارتی با افزایش مقدار درجه- روز همراه می‌باشند. وضعیت درجه- روز محاسبه‌شده در دورهٔ دوم نسبت به دورهٔ اول تا حدودی متفاوت می‌باشد: ۱- در پی مقایسهٔ تغییرات دما و درجه- روز تحت سناریوهای مطالعاتی مشخص گردید، دورهٔ دوم شبیه‌سازی از نظم بهتری نسبت به دورهٔ اول برخوردار است. به طور مثال همانطور که در دورهٔ دوم شبیه-سازی بیشترین افزایش میانگین دمای سالانهٔ منطقهٔ شمال‌غرب به ترتیب تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 گزارش شد، بیشترین مقدار افزایش درجه- روز برمبنای هر چهار آستانه دمایی نیز به همان ترتیب محاسبه شد. ۲- تفاوت میزان درجه-روز برای داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دورهٔ دوم آتی نسبت به دورهٔ اول آتی مشهودتر است. ۳- اختلاف بین حداکثر درجه- روز محاسبه‌شده در آستانه‌های صفر و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد در دورهٔ اول به ۸۷ درجه- روز و در دورهٔ دوم به ۲۸۹ درجه- روز می‌رسد.

در ادامه مشخص شد، دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت سناریو A1B در مقایسه با دیگر دوره و سناریوها کمترین تغییرات دما مشاهده می‌شود و در نتیجه کمترین تغییر مقادیر درجه- روز رشد در هر چهار آستانهٔ دمایی تحت سناریو A1B و دورهٔ اول خواهد بود. از طرفی دورهٔ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ بیشترین تغییرات دما تحت سناریو

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

A1B مشاهده شد و در نتیجه بیشترین تغییر مقادیر درجه- روز رشد تحت هر چهار آستانهٔ دمایی نیز در این دوره و سناریو گزارش شد.

به طور کلی افزایش دما موجب افزایش شاخص درجه- روز رشد و به تبع آن تغییر طول دورهٔ رشد محصول و در اکثر موارد کاهش دورهٔ رشد و رسیدگی می‌شود، که مطالعات قبلی این موضوع را تأیید کرده‌اند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ شاهکویی و روشن، ۱۳۹۲؛ روشن و همکاران، ۱۳۹۰؛ کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹). کوتاه شدن طول دورهٔ رشد گیاه، مانع از خوب رسیدن محصول شده و عملکرد آن را پایین می‌آورد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۴۴)، به‌همین منظور جلو انداختن تاریخ کشت می‌تواند از تطبیق زمانی گلدهی محصول با دماهای بالا جلوگیری و از استرس دماهای بالا بر کاهش محصول بکاهد (روشن و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۶). بنابراین مدیریت تاریخ کاشت با توجه به نوع محصول واحد می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم در نظر گرفته شود. در تأیید یافته‌های بخش دوم پژوهش می‌توان به مطالعات پاپاریزوز و ماتزراکیس (۲۰۱۶، ۱)، شاهکویی و روشن (۱۳۹۲: ۵۲)، روشن و همکاران (۱۳۹۰: ۹۳)، حسین و مدسر (۲۰۰۷: ۴۹۴) اشاره کرد.

منابع

اشرف، بتول، محمد موسوی بایگی، غلامعلی کمالی وکامران داوری (۱۳۹۰)،«**پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل HadCM3 (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)**» نشریهٔ آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، (۴)۲۵:۹۴۵-۹۵۷.

بابائیان، ایمان و زهرا نجفی نیک (۱۳۸۵)،«**معرفی و ارزیابی مدل LARS_WG برای مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان در دوره ۲۰۰۳– ۱۹۶**»، مجلهٔ نیوار، ۶۲ و ۶۳: ۴۹-۶۹.

بابائیان، ایمان، زهرا نجفی نیک، فاطمه زابل عباسی، مجید حبیبی نوخندان، حامد ادب و شراره ملبوسی (۱۳۸۸)،«**ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دورهٔ ۲۰۱۰ – ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G**»، جغرافیا و توسعه، ۱۶: ۱۳۵-۱۵۲.

رحمانی، میترا، مجید جامی الاحمدی، علی شهیدی و مصطفی هادی‌زاده ازغندی (۱۳۹۴)،«**تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم (Triticum aestivum L) و جو (Hordeum vulgare L.) (مطالعهٔ موردی: دشت بیرجند)**»، نشریهٔ بوم‌شناسی کشاورزی، (۴)۷: ۴۴۳-۴۶۰.

روشن، غلامرضا، روح الله اوجی، محمدسعید نجفی و اسماعیل شاهکوئی (۱۳۹۰)،«**دورنمای تأثیر گرمایش جهانی بر تغییرات درجه_ روز مورد نیاز گندم برای خوشه‌های آب‌وهوایی مختلف ایران**»، فصلنامهٔ برنامه ریزی منطقه‌ای، (۱) ۴:۹۳ -۱۰۸.

زاینده‌رودی، فروغ، نجمه یزدان پناه و نسرین یساری (۱۳۹۲)،«**پیش‌بینی تغییرات بارش سه دورهٔ ۳۰ ساله آینده با استفاده از مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG و مدل گردش عمومی HadCM3**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

(مطالعه موردی: کرمان)»، اولین همایش ملی چالشهای منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران- دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

شاهکویی، اسماعیل و غلامرضا روشن، (۱۳۹۲)،**«تغییرات زمانی درجه_ روز مورد نیاز گیاه سویا بر مبنای دگرگونی‌های اقلیمی دهه‌های آینده مطالعه موردی شهرستان گرگان»**، مجلهٔ آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامهٔ علمی پژوهشی دانشگاه گلستان، (۷)۳: ۵۲-۶۲.

عباسی، فاطمه، ایمان بابائیان، مجید حبیبی نوخندان، لیلا گلی مختاری، شراره ملبوسی و شمس‌اله عسگری (۱۳۸۹)،**«ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده، با کمک مدل M-SCENGEN»**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۳: ۹۱-۱۰۹.

فرج‌زاده، منوچهر و وحید فیضی (۱۳۹۱)،**«ارزیابی تغییرات اقلیم ایستگاه تبریز در دورهٔ آماری ۲۰۱۰-۲۱۰۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل LARS-WG»**، فصلنامهٔ جغرافیایی سرزمین، (۳۳)۹.

قانقرمه، عبدالعظیم و غلامرضا روشن (۱۳۹۱)،**«دورنمای اثر گرمایش جهانی بر دگرگونی‌های مؤلفهٔ دما در نواحی شمال‌غرب ایران»**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۴۴)۴: ۶۱-۸۰.

کوچکی، علیرضا و غلامعلی کمالی (۱۳۸۹)،**«تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران»**، نشریهٔ پژوهش‌های زراعی ایران، (۳)۸: ۵۰۸-۵۲۰.

محمدی، الهام، حجت الله یزدان پناه و فریبا محمدی (۱۳۹۳)،**«بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دورهٔ رشد گندم دوروم (دیم) مطالعه موردی ایستگاه سرارود کرمانشاه»**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۲)۴۶: ۲۳۱-۲۴۶.

مساح بوانی، علیرضا وسعید مرید (۱۳۸۴)،**«اثرات تغییر آب‌وهوا بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان»**، مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۱۷-۲۷.

نادری، لیلا (۱۳۹۳)،**«بررسی تغییرات عملکرد ذرت تحت تأثیراقلیم در استان کرمانشاه»**، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی.

نجفی‌نیا، حدیث (۱۳۹۴)،**«شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر سنجش قابلیت کشت آفتابگردان، مطالعهٔ موردی: استان آذربایجان غربی»**، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی.

Babaeian, I., Kwon, W.T., (2005), **Climate Change Assessment Over Korea Using Stochastic Daily Data, Proceeding of the First Iran–Korea Joint Workshop on Climate Modelling**, Climate Research Institute, Mashhad, Iran.

Bal, S.K., Mukherjee, J., Mallick, K., and Hundal, S.S., (2004), **Wheat yield forecasting models for Ludhiana district of Punjab state**. J. Agromet. 6, pp.161-165.

Cesaraccio, C., Spano, D., Duce, P., Snyder, R.L., (2001), **An improved model for determining degree-day values from daily temperature data**. Int. J. Biometeorol. 45 :161-169.

Cesaraccio, C., Spano, D., Duce, P., Snyder, R.L., (2001), **An improved model for determining degree-day values from daily temperature data**. Int. J. Biometeorol. 45:161-169.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

Christiansen, D.E., Steven, L., and Markstrom, Lauren, E., (2011), **Impacts of climate change on the growing season in the United States**. Earth Interact. 15, pp.1-17.

Ewert, F., Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Metzger, M.J., and Leemans, R., (2005), **Future scenarios of European agricultural land use I. Estimating changes in crop productivity**. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 101-116.

Fealy, R., Fealy, R.M., (2008), **The spatial variation in degree days derived from locational attributes for the 1961 to 1990 period**. Irish. J. Agric. Food. Res. 47, pp.1-11.

Gordeev, A.V., Kleschenko, A.D., Chernyakov, B.A., Sirotenko, O.D., (2006), **Bioclimatical potential of Russia: theory and practice (in Russian)**. Moscow: 512.

Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregory, J.M., Johns, T.C., Mitchell , J.F.B., Wood, R.A., (2000), **The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments**. Clim, Dyn. 16, pp.147–168.

Gordon, R., Bootsma, A., (1993), **Analyses of growing degree-days for agriculture in Atlantic Canada**. Clim. Res. 3 :.169-176.

Grigorieva, E., (2008), **Spatial-Temporal Dynamics of Climate Thermal Resources for the Southern Part of the Russian Far East**. 18th International Congress of Biometeorology, 22-26 September 2008. Tokyo: International Society of Biometeorology, 121.

Grigorieva, E.A., Matzarakis, A., de Freitas, C.R., (2010), **Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude**. CLIMATE RESEARCH Clim Res. Vol. 42,:.143–154.

Hussain, S.S., and Mudasser, M., (2007), **Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan - An econometric analysis**. Agricultural Systems 94:.494–501.

Ifeanyi-obi C.C., Etuk U.R. and Jike-wai O., (2012), **Climate Change, Effects and AdaptationStrategies; Implication for Agricultural Extension System in Nigeria,** Greener Journal of Agricultural Sciences, ISSN: 2276-7770, 2 (2:.053-060.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), **Impact, adaptation and vulnerability of climate change, Contribution of working group II to the Fourth assessment report**. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, (2007), **Summary for policy makers climate change: The physical science basis**.Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press:.

IPCC-TGCIA., (1999), **Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment**. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, UK.

Karing, P., Kallis, A. Tooming, H., (1999), **Adaptation principles of agriculture to climate change**. Clim. Res. 12:.175-183.

Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., Shahandeh, H., (2006): **Potential impacts of climate change on agro-meteorological indicators in Iran**. Arid Land Research and Management. 20,:245-259.

Ly S., Charles, C., and Degre. A., (2010)**, Spatial interpolation of daily rainfull at catchment scale: a case study of the ourthe and catchment, Belgium**, Hydrology and earth System Science Disences. 7:7383-7416.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]

Meza, F.J., Silva, D., and Vigil, H., (2008): **Climate Change Impacts on Irrigated Maize in Mediterranean Climates: on of Double Cropping as an Emerging Adaptation Alternative. Agricultural Systems**. Volume 98(1):21-30.

Miller, P., Lanier, W., and Brandt, S., (2001), **Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages,** endorsement by the Montana State University Extension Service, 7p.

Paparrizos, S., and Matzarakis, A., (2016), **Present and future assessment of growing degree days over selected Greek areas with different climate conditions.** Meteorol Atmos Phys**,** 15.

Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., Richardson, C.W., (1998), **Comparison of the WGEN and LARS-WG Stochastic Weather Generators in Diverse Climates**, Climate Research, 10 : 95-107.

Xu Z, X., Zhao, F.F., Li, J.Y., (2008), **Response of Stremflow to Climate Change in the Head Water Cathment of the Yellow River Baisin**, 10.1-12

Yue-Ping, X., Zhang, X., Tian, Y., (2012), **Impact of Climate Change on 24-h Design Rainfall Depth Estimation in Qiantang River Basin, East China**, Hydrological Process, 26(26): 4067-4077.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.3.6]

[DOI: 10.29252/jgs.18.49.221]