

پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر دما و بارش با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو، راهکاری برای کشاورزی پایدار (مطالعه‌ی موردی: شهرستان کرمانشاه)

سمیره صی محمدی^۱

محسن توکلی^{۲*}

mohtavakoli2003@yahoo.com

کیومرث زرافشانی^۳

حسین مهدی زاده^۴

فرزاد امیری^۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: نگرانی در مورد تغییرات آب و هوا و اثرات آن بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان در تولید به طور کلی و کشاورزی به-طور خاص در حال رشد است، لذا هدف اصلی این مطالعه بررسی و پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر دما و بارش در شهرستان کرمانشاه است.

روش بررسی: واسنجی و اعتبارسنجی داده‌ها با استفاده از مدل HadCM3 برای داده‌های روزانه دما و بارش از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ انجام شد، بدین صورت که از داده‌های سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ برای دوره واسنجی و از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ برای اعتبارسنجی استفاده شد. به منظور ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی هوا از نرم‌افزار SDSM4.2 استفاده شد.

یافته‌ها: اختلاف کم بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی و اعتبارسنجی نشان داد که انطباق قابل قبولی بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل وجود دارد. لذا با توجه به این مورد، قابلیت و توانایی مدل در داده‌سازی مورد تأیید قرار گرفت. در این مطالعه از سناریوی انتشار A2 برای مدل‌سازی تغییرات اقلیمی در سه دوره سی ساله (۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) استفاده شد.

-
- ۱- دکتری توسعه کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
 - ۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. * (مسئول مکاتبات)
 - ۳- دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
 - ۴- استادیار گروه کارآفرینی و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
 - ۵- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق مدل شبیه‌سازی شده، بارش روند کاهشی و دما روند افزایشی خواهد داشت، لذا نتایج این مطالعه می‌تواند برای مدل‌های بهینه تخصیص کاربری اراضی کشاورزی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی، مدل‌های گردش عمومی هوا (GCM)، HadCM3، SDSM.

Prediction Impact of Climate Change on the Temperature & Precipitation by General Circulation Model, a Strategy for Sustainable Agriculture: (Case of Kermanshah Township)

Samireh Seymohammadi¹

Mohsen Tavakoli^{2*}

mohtavakoli2003@yahoo.com

Kiumars Zarafshani³

Hossien Mahdizadeh⁴

Farzad Amiri⁵

Admission Date: February 15, 2017

Date Received: November 15, 2016

Abstract

Background and Objectives: Concern about climate change and its effects on various aspects of human life in general and agricultural production in particular is growing. Therefore, the main purpose of this study is to assess and predict of climate change induced temperature and precipitation of Kermanshah township.

Method: The calibration and validation of the HadCM3 model was performed 1961-2001 of daily temperature and precipitation. The data on temperature and precipitation from 1961 to 1990 were used for calibration whereas data from 1991 to 2001 were used for model validation. SDSM version 4.2 as a downscaling model used to downscale general circulation models to station scales.

Findings: The least difference between observed data and simulation data during calibration and validation showed that the parameter was precisely modeled for most of the year. This study under A2 scenario, three time periods (2020, 2050, 2080) were simulated.

Discussion and Conclusion: According to our simulated model, precipitation showed a decreasing trend whereas temperature showed an increasing trend. The result of this study can also be used as an optimal model for land allocation in agriculture.

Keywords: Climate Change; Prediction; Global circulation model; HadCM3; SDSM.

1- PHD of Agricultural development, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

2- Associate Professor, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. **(Corresponding Author)*

3- Associate Professor, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

4- Assistant Professor, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

5- Assistant Professor, Department of Engineering Management, Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran

مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین نگرانی‌های قرن حاضر و آینده است (۱). آثار خطرناک تغییرات اقلیمی بر حیات بشر، تقریباً تمامی جوانب زندگی را در بر خواهد گرفت. خشک‌سالی، بالا آمدن سطح آب دریاها، طوفان‌های سهمگین، کاهش منابع آب شیرین، گرم‌شدن هوا، آتش‌سوزی جنگل‌ها و بیابان‌زایی از جمله این آثار هستند. از دیگر اثرات بارز تغییرات اقلیمی بر محیط، می‌توان به اثر آن بر بخش کشاورزی اشاره کرد، اگر چه این پدیده تهدیدی برای فعالیت‌های انسانی به شمار می‌رود، اما به طور کلی بخش کشاورزی به علت وابستگی فراوان به شرایط آب و هوایی، بیش از سایر بخش‌ها در معرض خطرات تغییرات آب و هوایی قرار دارد (۲). طی سال‌های اخیر رژیم بارشی و دمایی کشور ایران تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است و این تغییرات باعث مشکلات عدیده‌ای در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی، صنعتی، اقتصادی، بهداشتی، فرهنگی و .. شده است که این مسأله مهم و ضروری بودن بررسی و پیش‌بینی تغییر اقلیم را آشکار می‌سازد. در واقع با وجود تمام پیشرفت‌های علمی در زمینه‌ی افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی، این کشاورزی است که به شدت به آب و هوا و اقلیم وابسته است و از این رو تنوع اقلیمی و تغییرات آن، چه در کوتاه‌مدت (در طول فصل رشد) و چه در دراز مدت، سهم تعیین‌کننده‌ای در موفقیت تولید دارد (۳). این در حالی است که بر اساس گزارشات، استان کرمانشاه ششمین استان کشور به لحاظ مشکلات خشکسالی است، به طوری که بر اثر خشک‌سالی سال‌های اخیر حدود ۵۵۰ روستای استان دچار بحران کم‌آبی شده‌اند و میزان خسارت وارده به استان را بالغ بر ۸۰۰ میلیارد تومان اعلام کرده‌اند (۴). بنابراین با توجه به تغییرات آب و هوایی و چشم انداز نامناسبی که پیش‌روست، ضرورت امر را دو چندان می‌کند که پیش‌بینی تغییرات اقلیمی انجام شود و تخصیص کاربری اراضی کشاورزی با توجه به تغییرات اقلیمی به طور کلی و پدیده خشک‌سالی به صورت ویژه صورت گیرد. این مطالعه می‌تواند اطلاعات مناسبی را در اختیار مسئولان، برنامه‌ریزان، مدیران و مجریان قرار دهد تا بتوانند بر اساس شرایط اقلیمی هر منطقه برای تخصیص

کاربری اراضی آن برنامه‌ریزی نمایند. به عبارت دیگر تخصیص کاربری اراضی کشاورزی در جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی به صورت کلی و خشک‌سالی به صورت ویژه صورت خواهد گرفت و این حرکت می‌تواند یک حرکت سازگارانه‌ی درازمدت باشد.

تغییر اقلیم به پدیده‌ای اطلاق می‌شود که سبب تغییر دما، بارش و یا فراسنج‌های دیگر جوی می‌شود، به طوری که اقلیم و سیستم‌های آب و هوایی تغییر کند (۵). پیدایش مدل‌های گردش عمومی هوا (GCM) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر وضع هوا و اقلیم را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت بر محصولات مختلف کشاورزی بررسی نمایند. مدل‌های گردش عمومی ابزاری جهت شبیه‌سازی رفتار سیستم اقلیمی در زمان و مکان هستند که هدف نهایی آن‌ها شناخت فرآیندهای اصلی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موجود در اقلیم است. با شناخت سیستم اقلیمی امکان دست‌یابی به تصویر واضحی از اقلیم گذشته از طریق مقایسه با مشاهدات تجربی و پیش‌بینی اقلیم آینده فراهم خواهد شد. همچنین می‌توان از این مدل‌ها جهت شبیه‌سازی اقلیم در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی نیز استفاده کرد (۶). HadCM3^۱ از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی- اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلستان طراحی و توسعه یافته است. توصیف این مدل توسط گوردون^۲ و همکاران (۲۰۰۰) و پاپ^۳ و همکاران (۲۰۰۰) انجام شده است (۷، ۸). HadCM3 از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ- دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم از داده‌های مدل گردش عمومی HadCM3 برای تهیه گزارش سوم استفاده کرده است. از آنجا که این مدل با شرایط اقلیمی ایران هم-خوانی بیش‌تری دارد و بسیاری از محققان دیگر از این مدل در

1- Hadley Coupled Atmosphere- Ocean General Circulation Model

2- Gordon et al

3- Pope et al

همچنین عبدو^۲ و همکاران (۲۰۰۹) برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم بر هیدرولوژی (حداقل و حداکثر دما و بارش) حوزه Gilgel Abay در کشور اتیوپی، از مدل گردش عمومی HadCM3 و یک مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری برای دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱، ۲۰۹۹-۲۰۷۱، تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 استفاده کردند. حجم رواناب برای فصل بارندگی با سناریوهای A2 و B2 به ترتیب ۱۱/۶ و ۱۰/۱ درصد کاهش خواهد یافت (۱۵). از آنجا که هدف از این مطالعه پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر دما و بارش با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو در شهرستان کرمانشاه می‌باشد. لذا مطابق مطالعات بررسی شده به منظور پیش‌بینی این تغییرات از مدل HadCM3 بهره‌گرفته شده است.

روش تحقیق

در این مطالعه به منظور بررسی روند تغییرات سالانه فراسنج-های هواشناسی ایستگاه کرمانشاه، میانگین سالانه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش برای دوره ۱۹۶۱-۲۰۱۵ و همچنین میانگین سالانه پیش‌بینی شده این فراسنج‌ها در سه دوره‌ی سی ساله آینده ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ توسط مدل SDSM تحت سناریوهای مربوطه به دست آمد. سپس نتایج آن‌ها در قالب نمودارهایی به طور جداگانه برای هر کدام از فراسنج‌های مورد بررسی، ترسیم شده و مورد تفسیر قرار گرفت. یکی از محدودیت‌های اصلی در استفاده از خروجی‌های اقلیمی مدل‌های چرخه عمومی این است که دقت تجزیه مکانی و زمانی آن‌ها با دقت مورد نیاز مدل‌های منطقه‌ای و هیدرولوژیکی مطابقت ندارد. دقت مکانی این مدل‌ها در حدود ۲۰۰ کیلومتر است، که این دقت خصوصاً برای بررسی مناطق کوهستانی و فراسنج‌های اقلیمی نظیر بارش و دما مناسب نمی‌باشد (۱۶). لذا با استفاده از روش کوچک مقیاس کردن، می‌توان خروجی‌های این مدل‌ها را به متغیرهای سطحی در مقیاس حوزه‌ی مورد مطالعه تبدیل نمود. کوچک مقیاس کردن در حقیقت به فرآیند حرکت از پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ مقیاس به پیش‌بینی شونده‌ها در مقیاس محلی اطلاق

مناطق مختلف کشور استفاده نمودند و نتایج خوبی به دست آوردند (۹، ۱۰)، لذا در این مطالعه به منظور پیش‌بینی تغییرات دما و بارش از مدل HadCM3 استفاده شده است. از آنجا که خصوصیات بارندگی و درجه حرارت دو شاخص اقلیمی حساس نسبت به بروز تغییر اقلیم هستند، لذا برخی از محققان تأثیر این پدیده را بر هر دو شاخص به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار دادند. کوچکی و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های گردش عمومی، تغییرات قابل توجه طول فصل رشد و الگوهای بارش توأم با افزایش درجه حرارت را برای اغلب مناطق کشور پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج این مطالعه مؤید این مطلب است که در سال ۲۰۵۰ میلادی میانگین دمای کشور ۲/۷ درجه سانتی-گراد افزایش می‌یابد و مقدار بارش به ۱۲ درصد کم‌تر از زمان فعلی کاهش خواهد یافت (۱۱). نتایج بررسی ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۹۰) روی تغییرات دما در شهرستان کرمان طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ میلادی حاکی از افزایش درجه حرارت کمینه و بیشینه در تمامی ماه‌ها بود (۱۲). از طرفی طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) با پیش‌بینی تغییر اقلیم حوزه آبخیز بار نیشابور با استفاده از مدل گردش عمومی هوا HadCM3 تحت سناریوی A2 اظهار داشتند که تغییرات درجه حرارت و بارندگی قابل ملاحظه خواهد بود، به طوری که در دوره ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ به ترتیب دمای میانگین ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۶ افزایش یافته و میزان بارش متوسط در این سه دوره ۶، ۱۰ و ۱۷ میلی‌متر نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت (۱۳). در مطالعه‌ی دیگری روی^۱ و همکاران (۲۰۰۹) تأثیرات تغییر اقلیم و تنش رطوبتی را بر محصولات کشاورزی در جنوب غربی بنگلادش مورد بررسی قرار داده و تغییر اقلیم را تا سال ۲۰۷۵ مدل‌سازی نمودند. بر اساس نتایج حاصله متوسط دما برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ به ترتیب ۰/۸۸ و ۲/۴۲ درجه سانتی‌گراد افزوده می‌شوند. افزایش در ماه‌های زمستان بیش از سایر ماه‌های سال خواهد بود و افزایش در میانگین بارندگی سالانه برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ به ترتیب برابر ۲ و ۱/۱۰ درصد پیش‌بینی شده است (۱۴).

پارامترهای به دست آمده از این رابطه و سناریوی انتشار A2 داده‌های روزانه بارش و دما برای سه دوره سی‌ساله شبیه‌سازی شدند. در این بخش از خروجی مدل که شامل فراسنج‌های دمای کمینه، دمای پیشینه، دمای متوسط و بارندگی در سه دوره سی ساله آینده ۲۰۳۹/۱۲/۳۱-۲۰۱۰/۱/۱ (2020s)، ۲۰۴۹/۱۲/۳۱-۲۰۲۰/۱/۱ (2050s) و ۲۰۶۹/۱۲/۳۱-۲۰۰۹/۱۲/۳۱ (2080s) و دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) می‌باشد، میانگین‌گیری شد. نرمال ماهانه این فراسنج‌ها برای سه دوره زمانی آینده تحت مطالعه، بر اساس سناریوی انتشار A2 به دست آمد. سپس از تفاضل مقادیر نرمال ماهانه دوره آتی از دوره پایه، تغییرات ماهانه فراسنج‌های مورد بررسی محاسبه و از خروجی‌های بدست آمده از مدل که به صورت ماهانه است، نمودارهای ماهانه مربوط به فراسنج‌ها ترسیم گردید.

نتایج

همان‌طور که در فصل مواد و روش‌ها ذکر شد، در این مدل در بخش غربال‌سازی متغیرها روابط بین متغیرهای پیش‌بینی کننده^۱ و پیش‌بینی شونده^۲ با استفاده از همبستگی ماهانه شناخته و متغیرهای غالب مناسب برای عملیات واسنجی مدل انتخاب گردید. نتایج حاصل از این تحلیل برای تمام فراسنج-های مورد بررسی به همراه مقادیر واریانس تعریف شده توسط هر یک، در جدول (۱) خلاصه شده است.

می‌شود (۱۷). در این مطالعه جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های GCM از مدل SDSM که یکی از مدل‌های آماری است استفاده گردید. SDSM بر پایه‌ی روابط آماری روش‌های رگرسیون چندگانه خطی بین متغیرهای بزرگ مقیاس و متغیرهای مشاهداتی محلی استوار است. نرم‌افزار SDSM کوچک مقیاس کردن آماری متغیرهای اقلیمی روزانه را تحت مراحل زیر انجام می‌دهد: ۱. کنترل کیفیت داده‌ها و تغییر شکل داده‌ها. ۲. انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بینی کننده ۳. کالیبره کردن مدل ۴. تولید مدل هواشناسی (با استفاده از پیش‌بینی کننده مشاهده‌ای) ۵. آنالیز آماری ۶. خروجی گرافیکی مدل ۷. تولید سناریو اقلیمی (با استفاده از پیش‌بینی کننده‌های اقلیمی مدل). در این مطالعه از نرم‌افزار SDSM 4.2 جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل HadCM3 استفاده شد. برای اجرای مدل‌های ریزمقیاس نمایی، دو سری داده‌های مشاهده شده در ایستگاه کرمانشاه و داده‌های بزرگ مقیاس مدل‌های گردش عمومی هوا استفاده شد. سری اول داده‌های مشاهده شده برای اجرای مدل SDSM شامل؛ داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه، از اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه تهیه شد. سری دوم داده‌ها شامل؛ متغیرهای بزرگ مقیاس مدل‌های گردش عمومی هوا بودند که برای مدل HadCM3 از شبکه جهانی اینترنت و از سایت‌های مرتبط به شرح ذیل تهیه شد: ۱. NCEP (1961-2001): این پوشه حاوی ۴۱ سال داده‌های پیش‌بینی کننده روزانه است که از واکاوی و نرمال سازی کامل NCEP در طول دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به دست آمده‌اند. داده‌ها قبل از نرمال سازی برای شبکه (با طول و عرض جغرافیایی ۲/۵ در ۳/۷۵) درون‌یابی شده‌اند. ۲. H3A2a(1961-2099): در این پوشه ۱۳۹ سال داده پیش‌بینی کننده مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوی A2 به صورت روزانه در دوره ۱۹۶۱-۲۰۹۹ وجود دارد. در این تحقیق روابط تجربی بین متغیرهای بزرگ مقیاس شبکه‌بندی شده (NCEP) و متغیرهای محلی ایستگاه کرمانشاه (بارندگی، دمای کمینه، دمای بیشینه) با استفاده از همبستگی ماهانه شناخته شد و متغیرهای غالب مناسب برای مرحله واسنجی مدل انتخاب گردید. سپس با استفاده از

جدول ۱- متغیرهای غالب برای واسنجی فراسنج‌های مورد بررسی به همراه میزان واریانس تعریف شده

Table 1. The dominant variables to calibration the parameters investigated with the variance defined

فراسنج	متغیرهای غالب	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بارش	قدرت جریان هوا در 850hPa	۰/۰۶۵	۰/۰۹۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۶	۰/۰۸۷	۰/۱۲۴	۰/۱۲۱	۰/۰۴۴	۰/۰۹۸	۰/۱۸۷
	ارتفاع ژئوپتانسیل در 500hPa	۰/۰۶۲	۰/۰۹۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۰	۰/۰۶۳	۰/۱۰۹	۰/۱۹۵	۰/۱۹۱	۰/۱۶۷	۰/۰۴۴	۰/۱۱۷	۰/۱۶۳
	رطوبت نسبی در 850hPa	۰/۱۱۸	۰/۰۹۹	۰/۰۷۳	۰/۰۵۱	۰/۰۹۷	۰/۱۴۳	۰/۲۵۷	۰/۲۲۰	۰/۲۲۶	۰/۰۸۸	۰/۱۶۹	۰/۲۲۸
	رطوبت نسبی در مجاورت سطح زمین	۰/۱۱۶	۰/۱۱۰	۰/۰۷۵	۰/۰۵۸	۰/۱۲۱	۰/۱۴۶	۰/۲۵۳	۰/۲۱۹	۰/۲۲۳	۰/۰۸۲	۰/۱۷۱	۰/۲۳۱
دمای کمینه	فشار هوا در سطح متوسط دریا	۰/۶۵۲	۰/۴۵۷	۰/۱۷۰	۰/۲۸۹	۰/۵۴۳	۰/۶۴۲	۰/۶۸۵	۰/۶۴۵	۰/۴۴۶	۰/۴۳۷	۰/۶۲۲	۰/۷۵۶
	ارتفاع ژئوپتانسیل در 500hPa	۰/۶۳۰	۰/۴۹۷	۰/۳۱۰	۰/۱۵۴	۰/۱۷۷	۰/۴۲۹	۰/۵۶۶	۰/۵۵۴	۰/۳۷۰	۰/۲۸۳	۰/۵۲۰	۰/۶۰۵
	رطوبت نسبی در 850hPa	۰/۹۳	۰/۶	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۱۲	۰/۱۶۸	۰/۳۵۰	۰/۴۱۳	۰/۲۸۲	۰/۳۰۳	۰/۴۳۸	۰/۴۱۶
	رطوبت ویژه سطحی	۰/۴۳	۰/۱۱۵	۰/۳۱۱	۰/۴۷۰	۰/۵۶۷	۰/۳۸۸	۰/۱۱۶	۰/۵۳	۰/۷	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۲۲
دمای بیشینه	دمای میانگین در ارتفاع ۲ متری	۰/۸	۰/۷۱۰	۰/۵۶۲	۰/۵۳۰	۰/۵۹۵	۰/۶۶۲	۰/۷۲۲	۰/۷۰۵	۰/۵۳۴	۰/۵۰۳	۰/۷۰۲	۰/۸۱۷
	فشار هوا در سطح متوسط دریا	۰/۶۲۶	۰/۳۶۲	۰/۰۸۶	۰/۱۸۱	۰/۳۴۳	۰/۵۹۵	۰/۶۸۰	۰/۷۳۹	۰/۶۵۸	۰/۵۳۰	۰/۷۵۱	۰/۷۱۸
	ارتفاع ژئوپتانسیل در 500hPa	۰/۸۲۷	۰/۷۴۶	۰/۵۲۸	۰/۱۴۹	۰/۲۴۹	۰/۵۷۶	۰/۶۵۵	۰/۶۷۱	۰/۴۹۰	۰/۴۸۰	۰/۷۴۵	۰/۸۳۰
	رطوبت نسبی در 850hPa	۰/۶۹۵	۰/۵۷۹	۰/۳۷۰	۰/۱۲۰	۰/۲۳۰	۰/۴۵۶	۰/۶۰۹	۰/۵۷۱	۰/۳۹۱	۰/۳۵۶	۰/۶۹۰	۰/۷۰۲
	رطوبت نسبی در مجاورت سطح زمین	۰/۷۴۳	۰/۶۵۷	۰/۴۶۳	۰/۱۷۷	۰/۳۴۰	۰/۵۴۵	۰/۶۸۰	۰/۶۱۴	۰/۴۲۵	۰/۳۸۴	۰/۶۸۸	۰/۷۳۷
دمای میانگین در ارتفاع ۲ متری	۰/۸۸۲	۰/۸۱۲	۰/۶۵۴	۰/۳۶۸	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۸۰۹	۰/۸۲۴	۰/۶۸۳	۰/۶۱۵	۰/۸۴۹	۰/۹۱۲	

- واسنجی و اعتبارسنجی میانگین ماهانه دمای کمینه،

دمای بیشینه و بارش

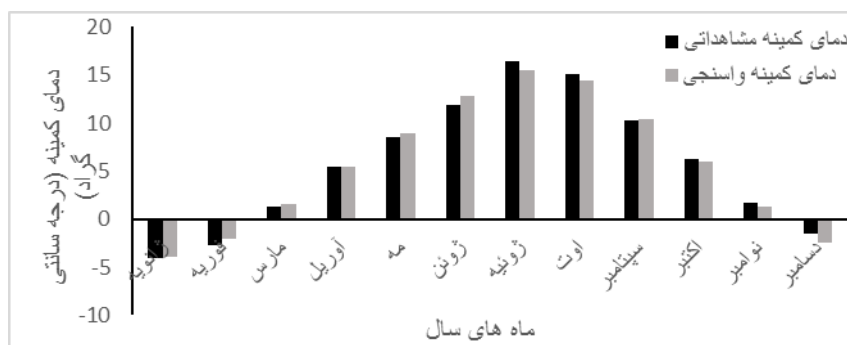
پس از تعیین روابط همبستگی خطی چند متغیره بین متغیرهای بزرگ مقیاس و فراسنج‌های مورد بررسی، واسنجی مدل برای دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) اجرا گردید، بعد از واسنجی، اعتبارسنجی مدل نیز با استفاده از همان متغیرهای منتخب برای دوره (۱۹۹۱-۲۰۰۱) اجرا شد و مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی ماهانه‌ی همی فراسنج‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این محاسبات در شکل‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است. چنان‌چه در این نمودارها مشاهده می‌شود، انطباق قابل قبولی بین داده-

های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل وجود دارد. لذا با توجه به این مورد، قابلیت و توانایی مدل در داده‌سازی مورد تأیید قرار می‌گیرد. نتایج جدول (۲) حاکی از این است که بیش‌ترین اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دمای کمینه در دوره‌ی واسنجی در ماه ژوئن می‌باشد، بدین صورت که دمای کمینه در دوره‌ی واسنجی، ۰/۹۶ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارد. همچنین در دوره‌ی اعتبارسنجی بیش‌ترین اختلاف مربوط به ماه ژوئیه می‌باشد که داده‌های شبیه‌سازی شده ۰/۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارند.

جدول ۲- میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

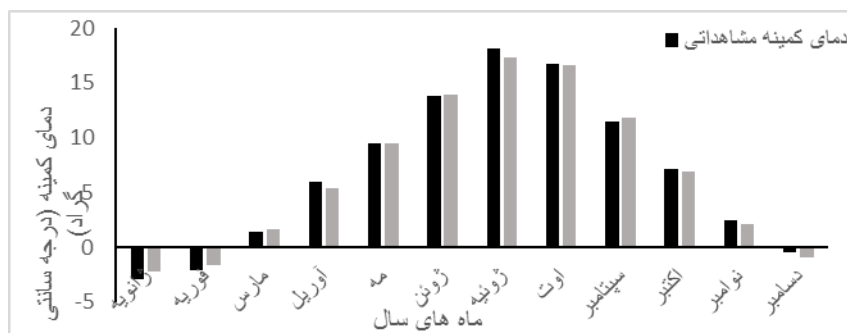
Table 2. Calibration and validation of monthly average minimum temperature

دمای کمینه		دمای کمینه		فراسنج
مشاهداتی	اعتبارسنجی	مشاهداتی	واسنجی	دوره
-۲/۹۲	-۲/۱۷	-۴/۰۶	-۳/۸۷	ژانویه
-۲/۰۳	-۱/۵۶	-۲/۷۶	-۲/۰۴	فوریه
۱/۴۰	۱/۶۲	۱/۳۴	۱/۵۶	مارس
۵/۹۵	۵/۴۴	۵/۴۰	۵/۴۳	آوریل
۹/۵۰	۹/۵۱	۸/۵۵	۹/۰۰	مه
۱۳/۸۴	۱۳/۸۸	۱۱/۹۰۶	۱۲/۸۷	ژوئن
۱۸/۱۹	۱۷/۳۴	۱۶/۴۰۶	۱۵/۵۳	ژوئیه
۱۶/۶۸	۱۶/۶۰	۱۵/۱۰	۱۴/۴۴	اوت
۱۱/۵۱	۱۱/۸۲	۱۰/۲۶	۱۰/۴۷	سپتامبر
۷/۱۷	۶/۹۰	۶/۲۲	۵/۹۸	اکتبر
۲/۴۱	۲/۱۳	۱/۶۷	۱/۲۷	نوامبر
-۰/۴۲۴	-۰/۹۰۹	-۱/۵۷	-۲/۴۰	دسامبر



شکل ۱- میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره‌ی واسنجی

Figure 1. Calibration of monthly average minimum temperature



شکل ۲- میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره‌ی اعتبارسنجی

Figure 2. Validation of monthly average minimum temperature

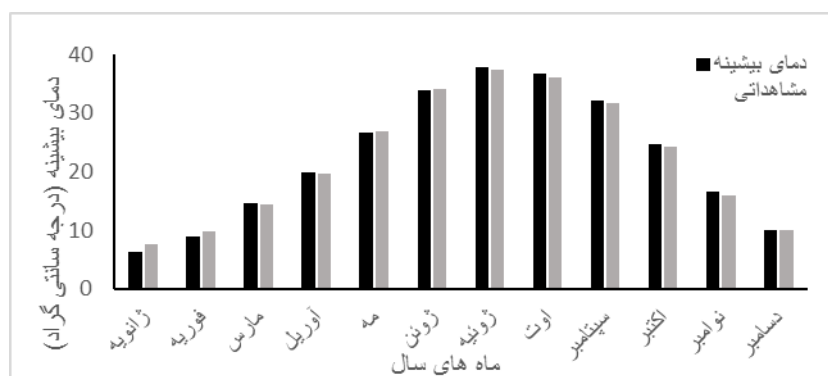
می‌باشد و داده‌های شبیه‌سازی شده ۱/۳۳ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارند. جدول (۳) میانگین ماهانه دمای بیشینه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی مدل را نشان می‌دهد.

مطابق شکل‌های (۳) و (۴) بیش‌ترین اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دمای بیشینه در دوره‌ی واسنجی در ماه ژانویه بوده است و داده‌های شبیه‌سازی شده ۱/۱۹ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارند. همچنین در دوره اعتبارسنجی بیش‌ترین اختلاف در ماه ژانویه

جدول ۳- میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

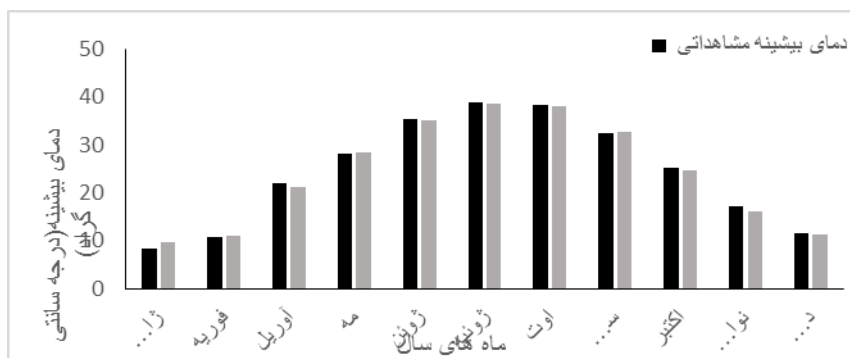
Table 3. Calibration and validation of monthly average maximum temperature

دمای بیشینه		دمای بیشینه		فراسنج
مشاهداتی	اعتبارسنجی	مشاهداتی	واسنجی	دوره
۸/۴۱	۹/۷۴	۶/۳۸	۷/۵۷	ژانویه
۱۰/۸۳	۱۰/۹۹	۸/۹۰	۹/۸۴	فوریه
۱۵/۲۲	۱۵/۸۵	۱۴/۵۴	۱۴/۳۳	مارس
۲۱/۸۶	۲۱/۲۲	۱۹/۸۹	۱۹/۷۵	آوریل
۲۸/۲۴	۲۸/۳۲	۲۶/۷۲	۲۶/۹۳	مه
۳۵/۲۲	۳۵/۰۵	۳۳/۹۹	۳۴/۰۵	ژوئن
۳۸/۸۹	۳۸/۴۸	۳۷/۸۷	۳۷/۳۵	ژوئیه
۳۸/۲۶	۳۷/۹۰	۳۶/۸۵	۳۶/۱۴	اوت
۳۲/۴۹	۳۲/۶۴	۳۲/۱۶	۳۱/۷۵	سپتامبر
۲۵/۱۵	۲۴/۷۲	۲۴/۷۲	۲۴/۲۴	اکتبر
۱۷/۰۶	۱۵/۹۹	۱۶/۵۱	۱۶/۰۶	نوامبر
۱۱/۴۸	۱۱/۱۹	۱۰/۰۷	۱۰/۱۲	دسامبر



شکل ۳- میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره‌ی واسنجی

Figure 3. Calibration of monthly average maximum temperature



شکل ۴- میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره اعتبارسنجی

Figure 4. Validation of monthly average maximum temperature

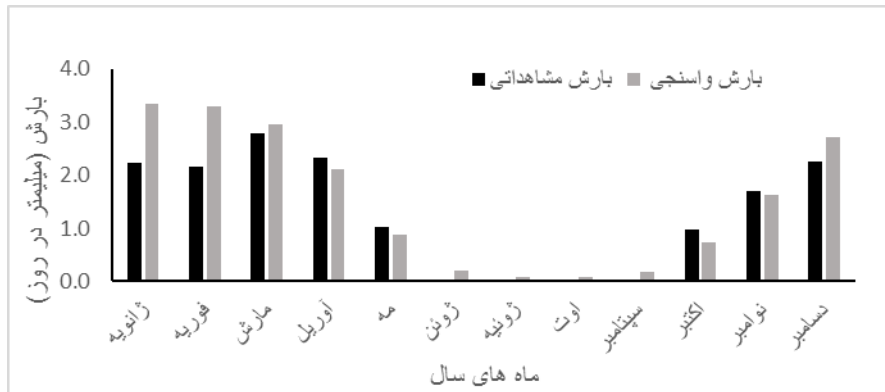
مطابق جدول (۴) بیشترین اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی در ماه‌های ژانویه و فوریه بوده و داده‌های شبیه‌سازی شده ۱/۱ میلی‌متر در روز افزایش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارند. همچنین بیشترین این اختلاف در دوره اعتبارسنجی مربوط به ماه اکتبر بوده و داده‌های شبیه‌سازی شده ۰/۶۲ میلی‌متر در روز افزایش نسبت به داده‌های مشاهداتی دارند.

مقایسه داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده میانگین ماهانه بارندگی در دوره واسنجی و اعتبارسنجی، در شکل (۵) و (۶) نشان می‌دهد که مقادیر مشاهداتی و محاسباتی دارای اختلافاتی با هم بوده ولی روند کلی پیش‌بینی‌ها شبیه مقادیر مشاهداتی است. به دلیل این‌که بارش متغیری وابسته به سایر پارامترها مانند دما است، لذا اختلاف موجود قابل پذیرش بوده و در اکثر تحقیقات مشابه بدین‌صورت است.

جدول ۴- میانگین ماهانه بارش در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

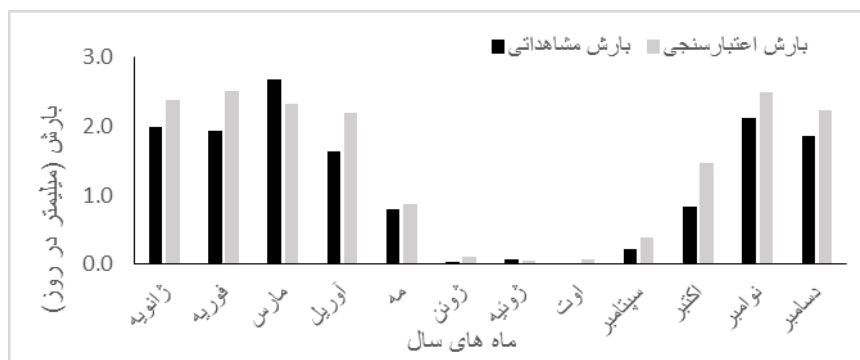
Table 4. Calibration and validation of monthly average precipitation

دمای بیشینه		دمای بیشینه		فراسنج دوره
مشاهداتی	اعتبارسنجی	مشاهداتی	واسنجی	
۱/۹۹	۱/۳۸	۲/۲	۳/۳	ژانویه
۱/۹۳	۲/۵۱	۲/۲	۳/۳	فوریه
۲/۶۷	۲/۳۳	۲/۸	۳/۰	مارس
۱/۶۳	۲/۱۸۹	۲/۳	۲/۱	آوریل
۰/۸۰۲	۰/۸۷۱	۱/۰	۰/۹	مه
۰/۰۳۳	۰/۱۱۳	۰/۰	۰/۲	ژوئن
۰/۰۷۰	۰/۰۵۴	۰/۰	۰/۱	ژوئیه
۰/۰۰۰۲	۰/۰۷۴	۰/۰	۰/۱	اوت
۰/۲۲	۰/۳۸۷	۰/۰	۰/۲	سپتامبر
۰/۸۳۸	۱/۴۵۸	۱/۰	۰/۷	اکتبر
۲/۱۱	۲/۴۸۸	۱/۷	۱/۶	نوامبر
۱/۸۵۴	۲/۲۳۲	۲/۳	۲/۷	دسامبر



شکل ۵- میانگین ماهانه بارش در دوره‌ی واسنجی

Figure 5. Calibration of monthly average precipitation



شکل ۶- میانگین ماهانه بارش در دوره‌ی اعتبارسنجی

Figure 6. Validation of monthly average precipitation

- پیش‌بینی تغییرات اقلیمی دما و بارش

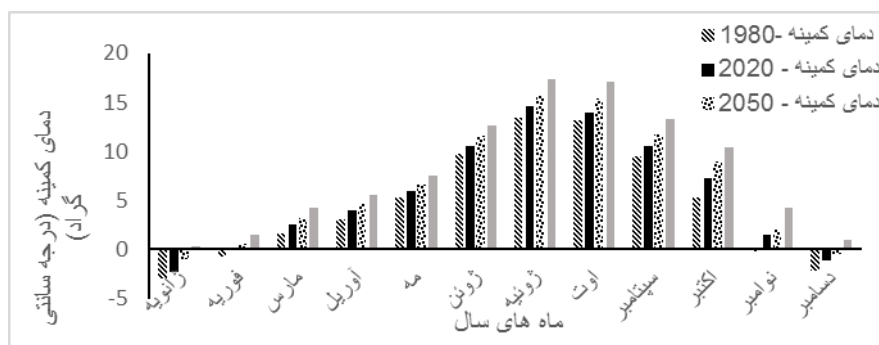
دوره‌ی 2050s بیشترین افزایش میانگین ماهانه دمای کمینه شبیه‌سازی شده، مربوط به ماه اکتبر با مقدار $3/64$ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه خواهد بود. در این دوره میانگین ماهانه دمای کمینه در مجموع $1/99$ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج جدول (۵) حاکی از این است که برای دوره‌ی 2080s نیز بیش‌ترین افزایش دمای کمینه ابتدا مربوط به ماه اکتبر با مقدار $4/97$ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد که در مجموع در این دوره میانگین دمای کمینه $3/3$ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد داشت.

طبق پیش‌بینی انجام شده برای دوره‌های آینده تحت سناریوی A2، میانگین ماهانه دمای کمینه برای تمام ماه‌ها نسبت به دوره‌ی آماری پایه افزایش نشان می‌دهد. شکل (۷) تغییرات میانگین ماهانه دمای کمینه قرن جاری نسبت به دوره‌ی پایه، تحت سناریوی انتشار A2 را در ایستگاه کرمانشاه نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که برای دوره 2020s، بیشترین افزایش دمای کمینه شبیه‌سازی شده نسبت به دوره پایه، مربوط به ماه اکتبر با مقدار $1/87$ می‌باشد و در مجموع میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره‌ی 2020s، $0/98$ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه خواهد داشت. همچنین در

جدول ۵- تغییرات دمای کمینه پیش‌بینی شده برای دوره‌های سی ساله نسبت به دوره‌ی آماری پایه تحت سناریوی A2

Table 5. Differences of monthly predicted and observed minimum temperature under A2 scenario

دمای کمینه				فراسنج
۲۰۸۰	۲۰۵۰	۲۰۲۰	پایه	دوره
۰/۳۱	-۰/۹۲	-۲/۲۵	-۲/۹۳	ژانویه
۱/۵۶	۰/۰۵۹	-۰/۰۸	-۰/۷۴	فوریه
۴/۲۶	۳/۲۵	۲/۵۱	۱/۶۱	مارس
۵/۵۷	۴/۷۳	۴/۰۰	۳/۱۵	آوریل
۷/۵	۶/۵۹	۵/۹۷	۵/۳۹	مه
۱۲/۶۱	۱۱/۵۸	۱۰/۵	۹/۷۹	ژوئن
۱۷/۳	۱۵/۸	۱۴/۵۸	۱۳/۵۰	ژوئیه
۱۷/۰۷	۱۵/۴۷	۱۳/۹۵	۱۳/۲۰	اوت
۱۳/۳۴	۱۱/۷۱	۱۰/۵۶	۹/۵۱	سپتامبر
۱۰/۳۶	۹/۰۳	۷/۲۶	۵/۳۹	اکتبر
۴/۲۲	۲/۰۸	۱/۴۵	-۰/۲۰	نوامبر
۱/۰۲	-۰/۴۳	-۱/۱۶	-۲/۱۳	دسامبر
۷/۹۳	۶/۶۲	۵/۶۱	۴/۶۳	کل



شکل ۷- پیش‌بینی دمای کمینه قرن جاری، تحت سناریوی A2 در ایستگاه کرمانشاه

Figure 7. Prediction of monthly minimum temperature under A2 scenario during this century at Kermanshah synoptic station

می‌باشد که در مجموع میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره‌ی 2020s، ۱/۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه خواهد داشت. همچنین در دوره‌ی 2050s بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه ابتدا مربوط به ماه ژوئن با مقدار ۳/۴۴ و سپس ماه اوت با مقدار ۳/۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه خواهد بود. در این دوره میانگین

طبق پیش‌بینی انجام شده (شکل ۸) برای دوره‌های پیش‌بینی آینده تحت سناریوی A2، میانگین ماهانه دمای بیشینه برای تمام ماه‌ها نسبت به دوره‌ی آماری پایه افزایش نشان می‌دهد. بیش‌ترین افزایش دمای بیشینه در دوره 2020s، ابتدا مربوط به ماه ژوئن با مقدار ۱/۶۷ و سپس مربوط به ماه ژوئیه با مقدار ۱/۳۹ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه

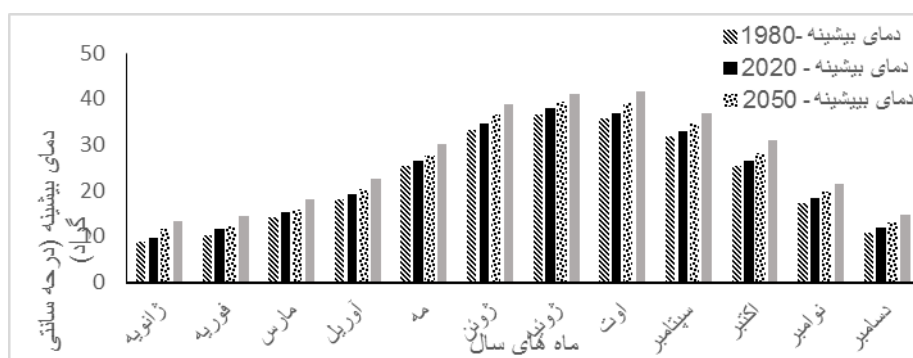
میانگین دمای بیشینه ۴/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد داشت. جدول (۶) تغییرات ماهانه دمای بیشینه پیش‌بینی شده برای سه دوره سی‌ساله نسبت به دوره‌ی آماری پایه تحت سناریوی A2 را نشان می‌دهد.

ماهانه دمای بیشینه در مجموع ۲/۵۸ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. برای دوره‌ی 2080s نیز بیش‌ترین افزایش دمای بیشینه ابتدا مربوط به ماه ژوئن با مقدار ۶/۱۵ و سپس مربوط به ماه اکتبر با مقدار ۵/۷۶ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد که در مجموع در این دوره

جدول ۶- تغییرات دمای بیشینه پیش‌بینی شده برای دوره‌های سی‌ساله نسبت به دوره‌ی آماری پایه تحت سناریوی A2

Table 6. Differences of monthly predicted and observed maximum temperature under A2 scenario

دمای بیشینه				فراسنج
۲۰۸۰	۲۰۵۰	۲۰۲۰	پایه	دوره
۱۳/۳۷	۱۱/۴۶	۹/۶۳	۸/۷۹	ژانویه
۱۴/۴۳	۱۲/۲۱	۱۱/۵۴	۱۰/۳۱	فوریه
۱۸/۲۳	۱۵/۸۹	۱۵/۴	۱۴/۰۸	مارس
۲۲/۶۴	۲۰/۱۸	۱۹/۲۶	۱۸/۰۷	آوریل
۳۰/۱۱	۲۷/۶۴	۲۶/۵۷	۲۵/۳	مه
۳۹/۲۶	۳۶/۵۵	۳۴/۷۸	۳۳/۱۱	ژوئن
۴۱/۲۳	۳۹/۲۶	۳۸/۰۳	۳۶/۶۴	ژوئیه
۴۱/۵۲	۳۹/۰۲	۳۶/۹	۳۵/۷۹	اوت
۳۷/۰۱	۳۴/۵۴	۳۳/۰۷	۳۱/۸۶	سپتامبر
۳۰/۹۷	۲۸/۲۷	۲۶/۵	۲۵/۲۱	اکتبر
۲۱/۴۸	۱۹/۸۵	۱۸/۳۶	۱۷/۰۹	نوامبر
۱۴/۷۶	۱۳/۰۵	۱۱/۹۱	۱۰/۷	دسامبر
۲۷/۰۵	۲۴/۸۳	۲۳/۵۰	۲۲/۲۵	کل



شکل ۸- پیش‌بینی دمای بیشینه قرن جاری، تحت سناریوی A2 در مقایسه با دوره پایه در ایستگاه کرمانشاه

Figure 8. Prediction of monthly maximum temperature under A2 scenario during this century at Kermanshah synoptic station

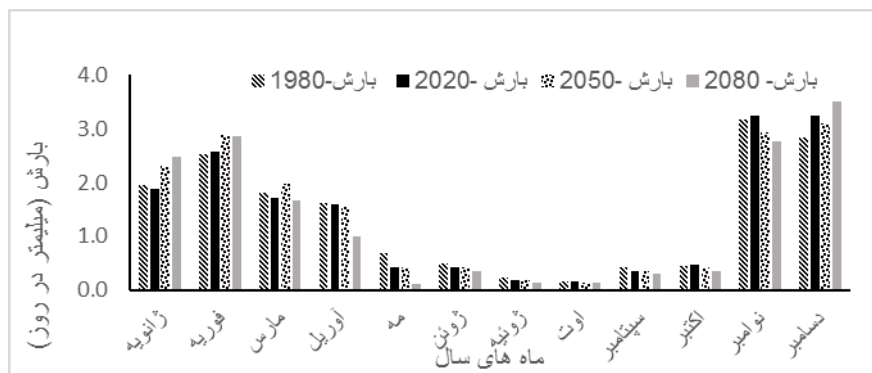
مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر به ترتیب با مقدار ۰/۳۸، ۰/۳۶، ۰/۱۷ و ۰/۲۵ میلی‌متر در روز خواهد بود و در سایر ماه‌های سال کاهش میزان بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه وجود دارد. برای دوره‌ی 2080s نیز بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه‌ی بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر به ترتیب با مقدار ۰/۵۵، ۰/۳۴ و ۰/۶۷ میلی‌متر در روز می‌باشد و در سایر ماه‌های سال میزان بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه کاهش خواهد یافت.

شکل (۹) میانگین ماهانه بارندگی قرن جاری نسبت به دوره‌ی پایه، تحت سناریوی انتشار A2 را در ایستگاه کرمانشاه نشان می‌دهد. همچنین مطابق نتایج جدول (۷) بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه تحت سناریوی A2 برای دوره 2020s مربوط به ماه‌های فوریه، اکتبر، نوامبر و دسامبر به ترتیب با مقدار ۰/۰۵، ۰/۰۲، ۰/۰۹ و ۰/۴ میلی‌متر در روز می‌باشد و در سایر ماه‌ها کاهش بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه وجود خواهد داشت. همچنین در دوره‌ی 2050s بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه

جدول ۷- تغییرات ماهانه بارش پیش‌بینی شده نسبت به دوره‌ی آماری پایه تحت سناریوی A2

Table 7. Differences of monthly predicted and observed Precipitation under A2 scenario

دمای بیشینه				فراسنج
۲۰۸۰	۲۰۵۰	۲۰۲۰	پایه	دوره
۲/۴۸	۲/۳۱	۱/۸۸	۱/۹۳	ژانویه
۲/۸۷	۲/۸۹	۲/۵۸	۲/۵۳	فوریه
۱/۶۷	۱/۹۶	۱/۷۲	۱/۷۹	مارس
۱/۰۱	۱/۵۵	۱/۵۹	۱/۶۱	آوریل
۰/۱۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۶۷	مه
۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۵۰	ژوئن
۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۲	ژوئیه
۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۵	اوت
۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۴۱	سپتامبر
۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۴۴	اکتبر
۲/۷۷	۲/۹۲	۳/۲۵	۳/۱۶	نوامبر
۳/۵۱	۳/۰۹	۳/۲۴	۲/۸۴	دسامبر
۱/۳۱	۱/۳۸	۱/۳۵	۱/۳۵	کل



شکل ۹- پیش‌بینی میزان بارش ماهانه در طول قرن اخیر در ایستگاه کرمانشاه، تحت سناریوی A2

Figure 10. Prediction of monthly precipitation under A2 scenario during this century at Kermanshah synoptic station

بحث و نتیجه‌گیری

نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد داشت. این در حالی است که نتایج نشان داد بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه بارش نسبت به دوره‌ی پایه تحت سناریوی A2 برای دوره 2020s مربوط به ماه‌های فوریه، اکتبر، نوامبر و دسامبر می‌باشد و در سایر ماه‌ها کاهش بارش نسبت به دوره‌ی پایه وجود خواهد داشت. همچنین در دوره‌ی 2050s بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه بارش نسبت به دوره‌ی پایه مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر خواهد بود و در سایر ماه‌های سال کاهش میزان بارش نسبت به دوره‌ی پایه وجود دارد. برای دوره‌ی 2080s نیز بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه‌ی بارش نسبت به دوره‌ی پایه مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر می‌باشد و در سایر ماه‌های سال میزان بارندگی نسبت به دوره‌ی پایه کاهش خواهد یافت. این نتایج هم‌سو با مطالعه‌ی طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳)، بیاتی آبی و همکاران (۱۳۹۳) و ابراهیم پور و همکاران (۱۳۹۰) می‌باشد (۱۳، ۶، ۱۲). این محققان نیز در مطالعه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که در دوره‌های اقلیمی آینده میانگین بارش سالانه روند کاهشی خواهد داشت. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد نتایج به دست آمده حاکی از افزایش دما در تمام ماه‌های سال و کاهش بارش در اکثر آن‌ها است که این مسأله مؤید این مطلب است که در منطقه مورد مطالعه اقلیم در حال تغییر است و گرمایش جهانی در حال وقوع می‌باشد. لذا این تغییرات عواقبی را در منطقه در بر خواهد داشت از جمله؛ افزایش دما و بالا رفتن میانگین

نتایج آماری واسنجی و اعتبارسنجی ماهانه فراسنج‌های مورد بررسی در مدل SDSM حاکی از اختلاف کم بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی بوده که دقت بالای مدل‌سازی در اکثر ماه‌های سال را نشان می‌دهد. این نتایج مبنی بر توانمندی بالای مدل برای تولید داده‌های روزانه این فراسنج‌ها مؤید تحقیقات صورت گرفته توسط بیاتی آبی و همکاران (۱۳۹۳) و عطاری (۱۳۹۰) در سایر مناطق مورد مطالعه می‌باشد (۶ و ۱۷). پیش‌بینی فراسنج‌های دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش به صورت ماهانه، تحت سناریوی انتشار A2 برای سه دوره‌ی 2020s، 2050s، 2080s نشان داد که، میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره‌ی 2020s، ۰/۹۸ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره‌ی پایه خواهد داشت. همچنین در دوره‌ی 2050s میانگین ماهانه دمای کمینه در مجموع ۱/۹۹ و برای دوره‌ی 2080s ۳/۳ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد داشت. این نتایج با مطالعه‌ی طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر افزایش میزان میانگین دمای کمینه در دوره‌های شبیه‌سازی شده نسبت به دوره‌ی پایه مطابقت دارد (۱۳). از دیگر سو نتایج پیش‌بینی آینده تحت سناریوی A2، نشان داد که میانگین ماهانه دمای بیشینه برای تمام ماه‌ها نسبت به دوره‌ی آماری پایه افزایش خواهد داشت. بدین صورت که میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره‌ی 2020s، ۱/۲۵ درجه سانتی‌گراد، در دوره‌ی 2050s ۲/۵۸ درجه سانتی‌گراد و برای دوره‌ی 2080s نیز ۴/۸ درجه سانتی‌گراد

- climatic indicators of Iranian farmers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(7), 71-82. (In Persian)
4. Sharafi, L., Zarafshani, K. 2011. Vulnerability assessment, starting point of risk management in drought Case study: Sarpol-e Zahab, Islamabad Gharb, Javanrood. *Journal of Regional Planning*, 1(1), 41-54. (In Persian)
 5. Babaiian, I. 2013. Introducing the HadCM3 public air circulation model. *Climate Dialogue Blog*(<http://climate.mihanblog.com/post/101>). (In Persian)
 6. Bayati abi, A., Tavakoli, M., Babaiian, I., Dargahiian, F. 2014. Evaluation and application of two models of general air circulation (HadCM3 and MPEH5) to predict climate change in Khorramabad station. Master Thesis, Faculty of Agriculture, Ilam University. (In Persian)
 7. Grodon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Greogory, 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. *Climate Dynamic*. 16, 147-168.
 8. Pope, V.D., Gallani, M.L., Rowntree, P.R., Stratton, R. A.2000. The impact of new physical parameterization in Hadley Centre Climate Model, HadAM3. *Climate Dynamics*, 16,123-146.
 9. Shakarami, N., Mashah Bavani, e., Morid, Fahmi, H. 2007. Uncertainty Analysis of Paired Ocean-Atmospheric-General Atmospheric Circulation Models on Temperature and Rainfall Climate Change Scenarios in Zayandehrud Basin, دمای فصل زمستان ضمن کاهش طول دوره‌ی سرما و عدم برآورد نیاز سرمایی گیاهان، سبب کاهش تفاوت دمایی بین زمستان و تابستان شده که از جمله پیامدهای این امر کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی و منابع آب خواهد بود. همچنین افزایش دما موجب کاهش بارش برف می‌گردد که این موضوع موجب عدم تغذیه مناسب منابع آب‌های زیرزمینی در منطقه کوهستانی کرمانشاه می‌گردد که عمدتاً ناشی از ذوب تدریجی برف‌ها می‌باشد. از طرف دیگر افزایش دما و کاهش بارش باعث افزایش پدیده‌ی بیابان‌زایی و شوری خاک می‌گردد. از آنجا که با توجه به این تغییرات و با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، با نزدیک شدن به انتهای قرن جاری بارش به شدت کاهش می‌یابد، لذا در برنامه‌ریزی‌های آینده توجه خاص به این چنین مسایل ضروری می‌باشد. بنابراین نتیجه این مطالعه می‌تواند به منظور تعیین مدل بهینه برای تخصیص زمین در بخش کشاورزی استفاده شود. از آنجا که کمبود بارندگی و افزایش دما در تخصیص زمین در بخش کشاورزی اهمیت دارد، لذا در این زمینه کشت محصولات مقاوم در برابر خشک‌سالی با حداقل آب مورد نیاز، پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این، اولویت دادن به پیش‌بینی تغییرات آب و هوا و نقش آن در تخصیص زمین‌های کشاورزی و غیر کشاورزی می‌تواند تا حد زیادی به تحقیقات تغییر آب و هوا کمک کند.

Reference

1. Mc Carthy, J.J., Canziani, O, F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. 2001. Impacts adaptation and vulnerability. Intergovernmental Panel on climate change. Working Group II. Cambridge University Press, P.45.
2. Kurkulasuriya, P., Mendelsohn, R., Benhin, J., Deressa, T., Diop, M., Dinar, A.2006. Will African agriculture survive Climate change? *The world Bank Economic Review*, (293), 367-388.
3. Nasiri Mahalati, M., Kocheiki, E., Kamali, GH., maashi, H. 2006. Investigation of climatic effects on

- watershed). Human and Environment Quarterly. 28, 1-16. (In Persian)
14. Roy, K., Rahman, M., Kuman, U. 2009. Future climate change and moisture stress: Impact on crop agriculture in south-western Bangladesh. Climate change and development perspective. 1(1), 1-8.
 15. Abdo, K.S., Fiseha, B.M., Rientjes, T.H.M., Gieske, A.S.M., Haile, A.T. 2009. Assessment of climate change impacts on the hydrology of Gilgel Abay catchment in Lake Tana Basin. Ethiopia. Hydrological Process. Published online in Wiley InterScience.
 16. Wilby, R.L., Dettinger, M.D. 2000. Streamflow changes in Sierra Nevada, Clifornia, simulated using a statistically downscaled general circulation model scenario of climate change, linking climate change and land surface change. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. P, 120.
 17. Atari, J. 2011. Evaluation of SDSM model capability in exponential microscale of precipitation, temperature and evaporation (Case study: Tabriz Synoptic Station). Eleventh National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. (In Persian)
 - Technical workshop on the effects of climate change on water resources management. National Committee for Irrigation and Drainage of Iran. (In Persian)
 10. Farzaneh, M. R., Samadi, R., Akbarpour, A., Eslamiyan, S.S. 2010. Selection of suitable GCM for North Karun Basin to study the effects of climate change. Sixth National Conference on Watershed Management Science and Engineering and Fourth National Conference on Erosion and Sediment, Tarbiat Modares University. (In Persian)
 11. Koocheki, A., Nassiri, M., Soltani, A., Sharifi, H., Ghorbani, R. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in iran. Climate Research. 30, 247-253.
 12. Ebrahimpour, M., Rostaii, M., Ghahraman, N. 2011. Evaluation of the effect of climate change on effective evapotranspiration (Case study: Kerman). Eleventh National Seminar on Irrigation. (In Persian)
 13. Taii smiromi, S., Moradi, H.R., Khodaghli, M. 2014. Simulation and forecasting of some climatic variables by SDSM multiple linear model and general atmospheric circulation models (Case study: Neishabour Bar