

Original Article



Prediction of Temperature Using SDSM Multiple Linear Models (Case Study: Hoor al-Azim and Miangaran Wetlands)

Received: 2023.08.28

Accepted: 2023.12.03

Mansour Chatrenour,¹ Nasrin Moradimajd,² Bahare Delsouz Khaki,¹
Mir Naser Navidi,^{1*} , Naser Davatgar¹

¹ Research Institute,
Agricultural Research,
Education and Extension
Organization (AREEO),
Karaj, Iran

² Department of
Geomorphology and
Meteorology, Faculty of
Geography, Environmental
Sciences, Hakim Sabzevari
University, Sabzevar, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: One of the consequences of the climate change in Khuzestan Province is the drying up of a large part of the wetlands of this province, including Miangaran and Hoor al-Azim, which has caused dust storms in recent years. In this regard, this research aims to predict climate changes in the area of Miangaran and Hoor al-Azim wetlands by using the SDSM statistical microscale model based on HadCM₃ B₂ and A₂ climate scenarios. Considering the specific conditions of the region and the fact that few studies have been done regarding temperature change in these areas, knowing the state of temperature change can help better management of resources, especially water resources management.

Material and Methods: These parameters include the average sea level pressure, the geopotential height of the surface of 850 hectopascals and the average temperature at a height of two meters. For this purpose, by using the daily data of average temperature, minimum and maximum temperature in the synoptic stations of Izeh and Bostan as the closest stations to Hoor al-Azim and Miangaran wetlands in the periods of 2010-2039, 2040-2069 and 2070-2099, predictions were made and then a comparison was made with the base period (1961-1990). The selected predictors in climate parameters were chosen using NCEP observational large-scale parameters and SDSM software. These parameters included average sea level pressure, surface geopotential height of 850 hectopascals, and average temperature of two meters above the surface. Also, with scenarios A₂ and B₂ until the year 2099, the prediction of the return period of extreme climatic events in the HadCM₃ model was done.

Results and Discussion: The results of the simulation of the HadCM₃ model along with observational data from the Izeh station, modeled annual average temperature data was 18.47°C and for the Bostan station, modeled annual data average temperature was 19.10°C. Both stations had a higher average temperature in the base period, and the maximum temperature in the Miangaran wetland was much higher than Hoor al-Azim wetland in the base period. The results showed that in both stations in scenario A₂, the average temperature had significant cycles with return periods of 1.2 years and the lowest significant cycles for the two stations were in return periods of 2.3 and 1.3 years, respectively. In scenario B₂, the average temperature in two stations has significant cycles with return periods of 7.5 years and the lowest significant cycle with a return period of 1.2 years. The results of examining the cycles in the studied areas indicate that in the A₂ scenario, certain climatic conditions in the area have short-term return periods. One year was obtained in both scenarios, which indicates a wider range of the return period and a higher probability of extreme temperature events in the B₂ scenario. In the comparison of the two stations, it can be seen that in scenario A₂, the average temperature of the Miangaran wetland is 1.02 °C and the Hoor al-Azim wetland is 1.08 °C.

Conclusion: The results of the data analysis in the future observation and simulation periods with scenarios B₂ and A₂ showed an increase in the mean, minimum, and maximum average temperature in the future simulation periods compared to the base period in Izeh and Bostan stations. In Bostan station, the average minimum and maximum annual temperature also increased in the third period compared to the base period. In both scenarios, due to the increase in temperature, the drying process of both wetlands will continue.

Keywords: General atmospheric circulation models, Scenarios, Simulation models, Climate change

How to cite this article:

Chatrenour, M.,
Moradimajd, N., Delsouz
Khaki, B., Navidi, M.N. and
Davatgar, N., 2024.
Prediction of Temperature
Using SDSM Multiple Linear
Models (Case Study: Hoor
al-Azim and Miangaran
Wetlands). *Environ. Sci.*
22(1): 145-166

* Corresponding Author Email Address: n.navidi@areeo.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2023.1336



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

استفاده از مدل چندگانه خطی SDSM به منظور پیش بینی دما (مطالعه موردی: تالاب‌های هورالعظیم و میانگران)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

منصور چترنور^۱، نسرین مرادی مجد^۱، بهاره دلسوز خاکی^۱، میرناصر نویدی^{۱*}، ناصر دواتگر^۱

^۱ موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۲ گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

سابقه و هدف: از پیامدهای پدیده تغییر اقلیم در استان خوزستان می‌توان به خشک شدن بخش بزرگی از تالاب‌های این استان شامل میانگران و هورالعظیم اشاره کرد که با ادامه خشک شدن آن‌ها در سال‌های اخیر سبب تولید توفان‌های گرد و غبار شده است. در این راستا هدف از این پژوهش، پیش بینی تغییرات اقلیمی در محدوده تالاب‌های میانگران و هورالعظیم توسط مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM بر پایه سناریوهای اقلیمی A₂، B₂ و HadCM₃ است. با توجه به شرایط خاص منطقه و اینکه مطالعات اندکی در خصوص تغییر دمایی در این مناطق صورت گرفته، شناخت وضعیت تغییر دمایی می‌تواند به مدیریت بهتر منابع و بویژه مدیریت منابع آب کمک کند.

مواد و روش‌ها: برای این منظور با استفاده از داده‌های روزانه دمای میانگین، دمای کمینه و بیشینه در ایستگاه‌های سینوپتیک ایذه و بستان به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به تالاب‌های هورالعظیم و میانگران در دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۶۹-۲۰۷۰ پیش‌بینی صورت گرفت و سپس با دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) مقایسه انجام شد. جهت بررسی عملکرد مدل‌ها و مقایسه آن‌ها از دو روش ترسیمی و معیارهای آماری مرسوم RMSE، MAE، NSE، PBIASE و R² استفاده گردید. با استفاده از پارامترهای بزرگ مقیاس مشاهداتی NCEP و نرم افزار SDSM به انتخاب پیش‌بینی کننده‌های منتخب در پارامترهای اقلیمی پرداخته شد. بدین منظور، از بین ۲۶ پارامتر بزرگ مقیاس NCEP و توابع مختلف آن‌ها، پارامترهای بزرگ مقیاس برای متغیرهای اقلیمی مورد نظر انتخاب گردید. این پارامترها شامل میانگین فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و میانگین دما در ارتفاع دو متری بودند. همچنین در ادامه پیش‌بینی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی در مدل HadCM₃، با سناریوهای A₂ و B₂ تا سال ۲۰۹۹ انجام گرفت.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از شبیه سازی مدل HadCM₃ همراه با داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه ایذه و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده نشان داد که میانگین دما ۱۸/۴۷ درجه سانتی‌گراد و برای ایستگاه بستان میانگین دمای ۱۹/۱۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود هر دو ایستگاه در دوره پایه میانگین دمایی بالاتری را داشته‌اند و بیشینه دما در تالاب میانگران بسیار بیشتر از تالاب هورالعظیم در دوره پایه می‌باشد. نتایج کمینه دمایی نیز که نشان می‌دهد اختلاف در دو ایستگاه کم و جزئی است. نتایج حاصل از بررسی چرخه‌ها در مناطق مورد مطالعه حاکی از آن است که در سناریوی A₂ حالت‌های خاص اقلیمی در منطقه دارای دوره‌های بازگشت کوتاه مدت است. در دو ایستگاه در سناریوی B₂ در صدک بالایی چرخه معنی‌داری، میانگین دمایی در سطح اطمینان (۹۷/۵٪) در دوره بازگشت ۳۰ ساله و در صدک پایین چرخه معنی‌داری میانگین دمایی در سطح اطمینان (۲/۵٪) در دوره بازگشت ۱ ساله در هر دو سناریو بدست آمد که نشان‌دهنده محدوده وسیع‌تر دوره بازگشت و احتمال بیشتر رویدادهای حدی دمایی در سناریوی B₂ است. در مقایسه دو ایستگاه مشاهده می‌شود که در سناریوی A₂ تالاب میانگران ۱/۰۲ درجه سانتی‌گراد و تالاب هورالعظیم ۱/۰۸ درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما دارند. همچنین در سناریوی A₂ تالاب میانگران میانگین و بیشینه دمایی بیشتری را دارد در حالی که تالاب هورالعظیم افزایش کمینه دمایی بیشتری را داشته است. این در حالی است که در سناریوی B₂ میانگین دمای تالاب میانگران ۱/۴۷ درجه سانتی‌گراد و تالاب هورالعظیم ۵/۱۲ درجه سانتی‌گراد افزایش دما را دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از بررسی داده‌ها در دوره‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با سناریوی B₂ و A₂ نشان‌دهنده افزایش دمای میانگین، کمینه و بیشینه در دوره‌های شبیه‌سازی شده آتی نسبت به دوره مبنا در ایستگاه‌های ایذه و بستان بوده، به‌طوری‌که در ایستگاه بستان دمای متوسط کمینه و بیشینه سالانه نیز در دوره سوم بیشینه، روند افزایشی را نسبت به دوره پایه داشته و در هر دو سناریو به دلیل افزایش دما، روند خشک شدن هر دو تالاب ادامه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های گردش کلی جو، سناریو، مدل‌های شبیه‌سازی، تغییر اقلیم

استناد به این مقاله: چترنور، م.، ن. مرادی مجد، ب. دلسوز خاکی، م. نویدی و ن. دواتگر. ۱۴۰۳. استفاده از مدل چندگانه خطی SDSM به منظور پیش‌بینی دما (مطالعه موردی: تالاب‌های هورالعظیم و میانگران). فصلنامه علوم محیطی. ۱(۱): ۲۲-۱۴۵

* Corresponding Author Email Address: n.navid@areeo.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2023.1336



مقدمه

آب و هوایی دارد. نتایج پژوهش Fowler *et al.* (2007) نشان داد در صورتیکه اقدامات مناسبی در جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم و سازگاری با آن صورت نگیرد، سبب بروز اثرات نامطلوب در بخش‌های کشاورزی، منابع آب و صنعت گردشگری خواهد گردید. در کل سه نوع رایج مدل‌های آب‌وهوایی ساده استفاده می‌شود که شامل مدل‌های تعادل انرژی، مدل‌های پیچیده‌ی متوسط و مدل‌های جریان عمومی می‌باشد (Safdari, 2018). امروزه مدل‌های گردش کلی جو قوی‌ترین ابزار جهت اجرای سناریوهای اقلیمی (جدول ۱) هستند (Fowler *et al.*, 2007). یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها عملکرد سریع و آسان نسبت به سایر روش‌ها است (Kim *et al.*, 2007). خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به دلیل تفکیک مکانی درشت آن‌ها، در مقیاس منطقه‌ای و محلی کاربرد ندارد و لازم است در سطح کوچکتر ریزمقیاس شوند (Ghanchepour *et al.*, 2018). از جمله مدل‌های ریزمقیاس‌سازی آماری که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل Statistical DownScaling (SDSM) Model است (Semenov, 2008).

با توجه به تأثیری که تغییر اقلیم بر کره زمین دارد و در حال حاضر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های فرا روی جامعه جهانی مطرح بوده، تلاش در جهت شناخت هر چه بیشتر رخدادهای تغییر اقلیم، امری مسلم است (Kamyabi and Abdi, 2019). سیاره زمین اثرات فزاینده تغییرات اقلیمی و افزایش در فراوانی و بزرگی رخدادهای شدید جوی را تجربه می‌کند. تبعات تغییر اقلیم مانند گرمای شدید، کم‌آبی، خشکسالی، سیل، بیابان‌زایی، فرونشست زمین و ریزگردها در ایران نیز با شتاب در حال آشکار شدن است (Rumi, 2022). بر پایه گزارش چهارم هیئت بین‌المللی تغییرات اقلیم که با عنوان گزارشات ارزیابی تغییر اقلیم انتشار یافته است (IPCC, 2007)، اندازه‌گیری دمای سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان نشان‌دهنده پدیده افزایش جهانی دما و تغییرات اقلیمی است (Saleh Pourjam *et al.*, 2014). دمای سطح زمین از اواسط قرن ۱۹ روند افزایشی را نشان داده و در سه دهه اخیر گرم‌ترین سال‌ها را مشاهده کرده‌ایم (Stocker *et al.*, 2018). این روند افزایشی در دمای کره زمین و همچنین تغییر در خصوصیات اتمسفر اشاره به تغییرات

جدول ۱- خلاصه‌ای از مشخصات چهار سناریوی شاخص SRES در سال ۲۱۰۰
Table 1. A summary of the characteristics of the four SRES index scenarios in 2100

B ₂	B ₁	A ₂	A ₁	1990	خصوصیت سناریو Characteristic of the scenario
10.4	7.0	15.1	7.1	5.252	جمعیت (میلیون نفر) Population (million people)
601	547	834	680	354	غلظت CO ₂ (ppm) CO ₂ concentration (ppm)
2.1	2.0	3.1	2.5	-	تغییر متوسط میانگین دمای کره زمین Average change in average global temperature
52	50	62	58	-	افزایش جهانی سطح آب دریا (cm) Global sea level rise (cm)
325	328	243	550	21	GDP جهانی Global GDP

در چین در دو دوره مشاهداتی ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و ۱۹۹۱-۲۰۰۰ مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که اختلاف معنیداری در نتایج آنها مشاهده نمی‌شود. Tatsumi

در تحقیقات بر روی مدل سازی اقلیمی، Zhaofa *et al.* (۲۰۱۱) دو مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM و NHMM را برای شبیه‌سازی بارش در یک حوزه آبخیز منطقه خشک

(۲۰۱۷) تحلیل زمانی و مکانی تغییر اقلیم در سالهای آینده و مقایسه روشهای ریزمقیاس نمایی SDSM و LARS و شبکه عصبی مصنوعی در استان خوزستان را انجام دادند. در این تحقیق برای پیشبینی خشک سالی از دادههای GCM و مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 استفاده شد. نتایج نشان داد توانایی مدل ریزمقیاس شبکه عصبی مصنوعی قابل قبولتر از سایر مدلهاست. در پژوهشی Mirdashtvan et al. (2017) شبیهسازی جریان سطحی را از طریق کوچک مقیاس نمایی آماری دادههای اقلیمی حوضه دریاچه ارومیه انجام دادند. در این پژوهش خروجی مدلهای گردش کلی جو بر پایه سناریوهای A2 و B2 با مدل HadCM3 با استفاده از روش SDSM کوچک مقیاس شد. کاربرد مدل HadCM3 در حوضه نشان داد در دوره ۲۰۴۱-۲۰۷۰ به میزان ۱/۲ و ۱/۱ درجه سانتیگراد به ترتیب تحت سناریوهای A2 و B2 افزایش خواهد یافت. Ghanchepour et al. (۲۰۱۸) به کارگیری روش غربالگری کمی در مدل ریزمقیاس نمایی آماری برای اجرای سناریوهای تغییر اقلیم در حوضه رودخانه گرگانرود را برای سه دوره ۲۰۰۶-۲۰۴۰، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ انجام دادند. نتایج نشان دهنده افزایش میزان میانگین دما در این حوضه میباشد.

با توجه به شرایط خاص منطقه و اینکه مطالعات اندکی در خصوص تغییر دمایی در این مناطق صورت گرفته، شناخت وضعیت تغییر دمایی میتواند به مدیریت بهتر منابع و بویژه مدیریت منابع آب کمک کند که از دو بعد بهداشتی و اقتصادی حائز اهمیت است. از بعد اقتصادی به حرکت درآورنده چرخ صنعت و رونق بخش فعالیت کشاورزی و از بعد بهداشتی آب با کیفیت، تضمین کننده سلامت انسان میباشد. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد مدل SDSM برای ریزمقیاس نمایی متغیرهای میانگین، بیشینه و کمینه دما و رویدادهای حدی در محدوده تالابهای میانگرن و هورالعظیم و مقایسه دو تالاب با هم تا سال ۲۰۹۹ است.

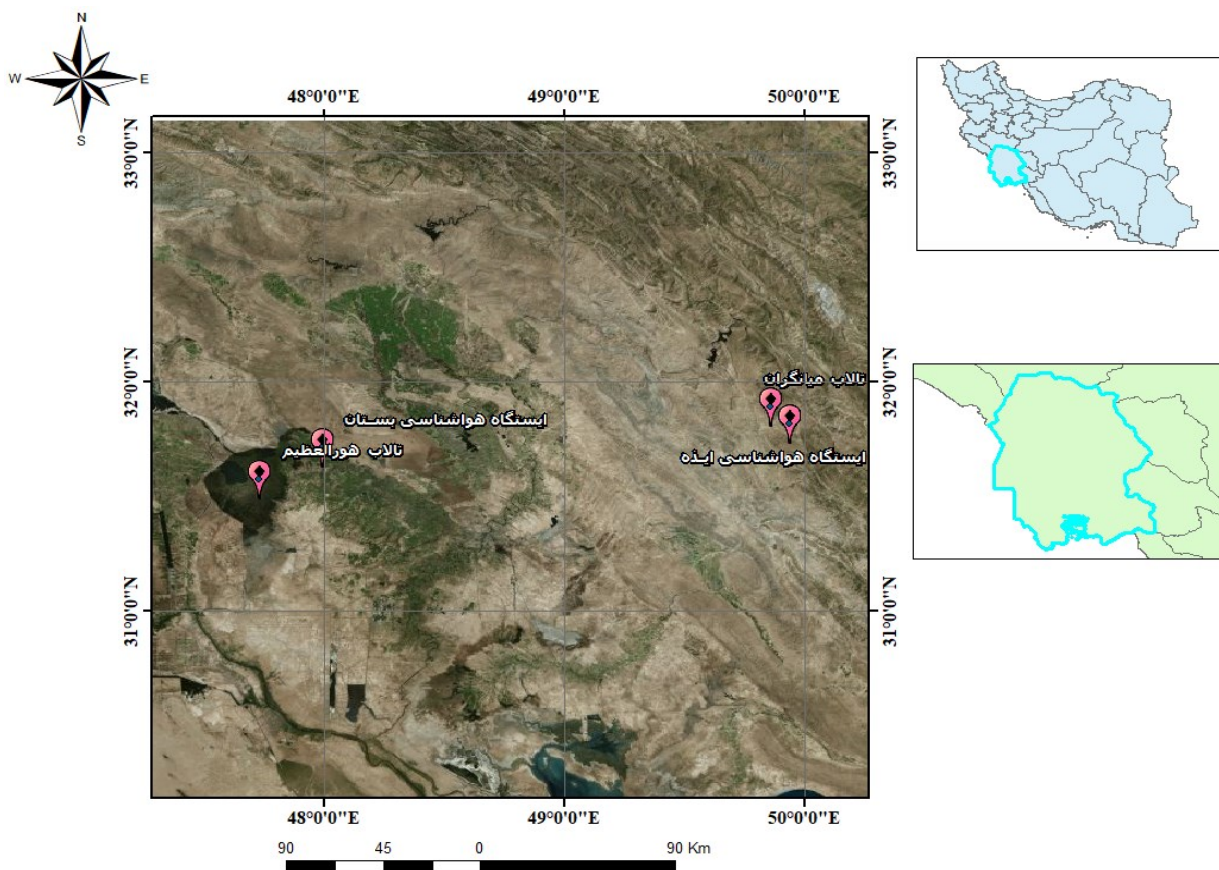
et al. (۲۰۱۱) با استفاده از مدل SDSM به ریزمقیاسسازی دما در منطقه Shikoku در جنوب غربی ژاپن پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره ۲۰۷۱-۲۰۹۹ دما در بیشتر سناریوها نسبت به دوره پایه افزایش میباشد. Dehghan et al. (۲۰۱۴) ارزیابی مدلهای SDSM، IDW و LARS-WG برای شبیهسازی و ریزمقیاس کردن دما و بارش انجام دادند. در این تحقیق صحت سنجی هر دو مدل SDSM و LARS-WG نشان داد که توانایی بیشتری در شبیه سازی دما نسبت به بارش داشتند. Tai Semiromi et al. (۲۰۱۳) شبیهسازی و پیشبینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدلهای گردش عمومی اتمسفر را در ایستگاه نیشابور انجام دادند. در این پژوهش دادههای روزانه دمای بیشینه، کمینه و بارش برای دوره پایه (۱۹۷۰-۲۰۰۰) تحت سه سناریو A1، A2 و B1 شبیهسازی گردید. نتایج هر سه سناریو عموماً حاکی از افزایش دما و کاهش بارش در منطقه مورد مطالعه می باشد. در پژوهشی دیگر Selajageh et al. (۲۰۱۶) پیشبینی متغیرهای اقلیمی را توسط مدل چندگانه خطی SDSM در دوره آینده برپایه سناریوی A2 انجام دادند. در این تحقیق دادههای روزانه بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه برای سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۵، ۲۰۶۵-۲۰۴۰، ۲۰۷۰-۲۰۹۹ پیشبینی و با دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بر پایه سناریو A2 در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، مقدار بارش میانگین سالانه در دوره های ۲۰۱۵-۲۰۴۰ و ۲۰۴۰-۲۰۶۵، نسبت به دوره پایه کاهش، دمای متوسط کمینه و دمای متوسط بیشینه نسبت به دوره پایه افزایش می یابد. Dastranj and Rostami (۲۰۱۹) Khalaj به مدل سازی و مقایسه تغییرات پارامترهای اقلیمی در قسمت شمالی و جنوبی البرز با استفاده از مدل SDSM تحت دو سناریوی A2 و B2 پرداختند. نتایج حاصل از پیش بینی پارامترهای اقلیمی نشان داد شبیه سازی پارامترهای اقلیمی توسط مدل با دقت بالایی انجام گرفته است. Rahimi and Rahimi

مواد و روشها

تالاب هورالعظیم: این تالاب در جنوب شرق عراق و جنوب غرب ایران، در محدوده استانهای میسان (شهر العماره) و بصره در عراق و در محدوده استان خوزستان در غرب شهرهای هویزه، رفیع و بستان در ایران واقع شده است. طول جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۷ دقیقه الی ۵۰ درجه ۴۷ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۱ الی ۳۳ درجه میباشد. هورالعظیم در شرایط عادی دارای مساحتی در حدود ۳۰۰۰ کیلومتر-مربع و در مواقع سیلابی بالغ بر ۵۰۰۰ کیلومتر-مربع را شامل میشود (Abyat et al., 2020). این تالاب از آبهای اضافه رود کرخه، دوبرج و بخشی از آبهای اضافه اروندرود تشکیل شده است (Papahn et al., 2013). خشک شدن هورالعظیم در ایران و عراق میزان وقوع توفانهای شن و ریزگرد را افزایش داده است و باعث شده استان خوزستان با گرد و غبارهایی حدود ۲۱ برابر استاندارد مواجه شود (Mehrabi et al., 2014; Chatrenour et al., 2023). ایستگاه بستان نزدیکترین ایستگاه به تالاب هورالعظیم است که در فاصله ۲۰ کیلومتری آن قرار دارد (شکل ۱). کمینه دما ۳/۸- درجه سلسیوس، بیشینه دما ۵۲/۶ درجه سلسیوس، میانگین دمای سالانه ۲۳/۹ درجه سلسیوس و همچنین میانگین بارش سالیانه ۲۱۷/۶ میلیمتر، میانگین رطوبت سالانه ۴۷ درصد، باد غالب در جهت غربی و متوسط آن ۴/۹ متر بر ثانیه، طول دوره خشکی ۲۳۵ روز و شروع آن از فروردین و پایان آن آبان ماه میباشد. نوع اقلیم بیابانی گرم و نیمه خشک و وضعیت طبیعی منطقه جلگهای است (Papahn et al., 2013, Chatrenour et al., 2023). تالاب میانگران: یکی از تالابهای مطرح کشور که بهطور میانگین ۲۵۰۰ هکتار وسعت دارد و در شرایط پرآبی وسعت آن به بیش از ۳۰۰۰ هکتار میرسد. این تالاب در دو کیلومتری شهر ایذه، استان خوزستان قرار دارد و موقعیت جغرافیایی آن ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی میباشد (Salarpur et al., 2021).

(Navidi et al., 2023). منبع تغذیه تالاب از هیچ رودخانه‌ای نیست و با نزولات جوی، آبهای ناشی از آب شدن برفهای ارتفاعات پر می‌شود. ایستگاه هواشناسی ایذه نزدیکترین ایستگاه به این تالاب است. میانگین دمای هوا در شهرستان ایذه در ماههای دی و بهمن به ترتیب ۹/۴ و ۹/۵ درجه سانتیگراد کمترین میزان درجه دما و ماههای تیر و مرداد به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۳/۶ درجه سانتیگراد بیشترین درجه دما را به خود اختصاص میدهند. میزان بارندگی سالانه شهرستان حدوداً ۷۶۰ میلیمتر میباشد که بیشترین میزان بارندگی مربوط به فصل زمستان بالاتر از ۴۱۰ میلیمتر و کمترین میزان بارندگی مربوط به فصل تابستان با ۲/۷ درصد است. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه هواشناسی ایذه و فاصله آن را تا تالاب میانگران نشان داده شده است (Moradi majd et al., 2022).

آماده‌سازی داده‌های پیش‌بینی شونده و پیش‌بینی کننده‌های بزرگ مقیاس: در این مرحله داده‌های سری زمانی روزانه به طور جداگانه برای هر متغیر دمایی کمینه، بیشینه و میانگین برای ایستگاه‌های ایذه و بستان برای دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ به صورت تک ستونه در فایل Notepad مرتب شد و به جای داده‌های مفقود کد ۹۹- قرار داده شد. برای آماده سازی پیش‌بینی کننده‌های بزرگ مقیاس NCEP و HadCM3، در آغاز به انتخاب شبکه‌های پوشش دهنده منطقه مورد بررسی در شبکه جهانی موجود در سایت CCSN اقدام شد. در ادامه با استفاده از پارامترهای بزرگ مقیاس مشاهداتی NCEP و نرم افزار SDSM به انتخاب پیش‌بینی کننده های منتخب پارامترهای اقلیمی مورد نیاز پرداخته شد. بدین منظور، از بین ۲۶ پارامتر بزرگ مقیاس NCEP و توابع مختلف آنها، پارامترهای بزرگ مقیاس برای متغیرهای اقلیمی موردنظر انتخاب گردید. این پارامترها شامل میانگین فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و میانگین دما در ارتفاع دو متری می باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig. 1 - Location of the studied area

شبیه‌سازی نمایند؛ لذا مقایسه این دو باهم قبل از نرمالیزه کردن می‌تواند موجب همبستگی‌های غیرمعقول گردد. متغیرهای پیش‌بینی کننده اطلاعات مربوط به حالت بزرگ مقیاس جو را فراهم می‌کنند؛ در حالیکه متغیرهای پیش‌بینی شونده حالت جو را در مقیاس نقطه‌ای/ محلی مشخص می‌کنند (Ghanchepour *et al.*, 2018). در این پژوهش مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM 5.1 برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی دما در ایستگاه‌های سینوپتیک ایذه و بستان در دوره پایه و دوره آینده تحت تاثیر اقلیم مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

مدل HadCM₃ از نوع مدل‌های گردش کلی جو جفت شده جوی-اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)، برای

مدل SDSM: این مدل ارتباطات آماری بین رفتارهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی کننده‌ها) و محلی (پیش‌بینی شونده‌ها) را بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند. این ارتباطات با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه و برون‌داده‌های (خروجی) مدل‌های گردش کلی جو در دوره مشابه دیدبانی ایجاد می‌شوند. فرض بر این است که این روابط در آینده نیز صادق باشند، به عبارت دیگر فرض اساسی در ریزمقیاس نمایی آماری مستقل از زمان بودن این ارتباطات است. قبل از انجام فرآیند ریزمقیاس نمایی توسط این مدل داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدل‌های گردش کلی جو با توجه به مقادیر میانگین و انحراف معیار آن‌ها در دوره مورد نظر به صورت هنجار تبدیل می‌شوند. این کار به این دلیل انجام می‌شود که مدل‌های گردش کلی جو نمی‌توانند به خوبی اقلیم محلی را مانند دیدبانی

فیزیکی جوامع انسانی با شرایط اقلیمی بهنجار تنظیم شده‌اند، در زمان رخداد این پدیده‌ها، به‌ندرت می‌توانند خود را تجهیز و آماده کنند، در نتیجه تغییر در زمان وقوع رویدادهای حدی اغلب می‌تواند آثار چشم‌گیری بر اکوسیستم‌ها و جامعه نسبت به تغییر در شرایط متوسط جوی داشته باشد (Ranjbar and Oji, 2020). در سال‌های اخیر توجه به رویدادهای حدی (خشکسالی‌ها، سیل‌ها و امواج شدید گرمایی)، نه تنها به علت پیامدهای اقتصادی، اجتماعی بلکه به منزله نشانه‌های تغییر اقلیم، اهمیت زیادی پیدا کرده است. در این تحقیق برای یافتن ارتباط بین تغییر اقلیم و رویدادهای حدی، رفتار و فراوانی رویدادهای حدی با استفاده از مدل HadCM3 در نرم‌افزار SDSM بررسی شده است. جهت بررسی عملکرد مدل‌ها و مقایسه آن‌ها از دو روش ترسیمی و معیارهای آماری مرسوم 1 PBISE، 2 NSE، 3 MAE، 4 RMSE و 5 R² استفاده گردید و ۲۰ درصد آمار برای اعتبارسنجی استفاده شد. این معیارها براساس روابط یک تا پنج محاسبه می‌شوند.

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i) * 100}{\sum_{i=1}^n (O_i)} \right] \quad (1)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

$$MAE = 1/n \sum_{i=1}^n (S_i - O_i) \quad (3)$$

$$RMSE = \sum_{i=1}^n \sqrt{(P_i - O_i)^2 / n} \quad (4)$$

$$R^2 = \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (S_i - \bar{S})(O_i - \bar{O})}{\sigma_S \times \sigma_O} \right]^2 \quad (5)$$

که در آن O_i : داده‌های مشاهداتی، S_i داده‌های برآورد شده، \bar{O} و S میانگین داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده و σ واریانس می‌باشد. مقادیر RMSE و MAE معرف دقت در بسیاری از روش‌های آماری می‌باشد. هر چه این مقادیر به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل و مقدار صفر، نشان‌دهنده عدم وجود خطا در برآورد مدل است. R^2

تعیین دامنه‌ی عدم قطعیت‌های موجود در تغییرات پیش بینی شده، نتایج حاصل از ترکیب بسیاری از مدل‌ها را جمع‌آوری کرده است. در اکثر مطالعات با دو، سه یا چهار برابر شدن دی اکسیدکربن، یک افزایش یک درصدی در سال برای گازهای گلخانه‌ای فرض شده است. در گزارش‌های سوم و چهارم IPCC بر روی شش خانواده از سناریوهای انتشار بحث شده است که عبارتند از: A_1F_1 ، A_1B ، A_1T ، A_2 ، B_1 و B_2 . خانواده‌ی سناریوهای انتشار به سناریوهای اطلاق می‌شود که دارای موضوع و زمینه مشترکی هستند (Eslahi, 2015). هر یک از سناریوهای فوق شرایطی از اقلیم آینده را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در سناریوی A_2 ناهمگونی در دنیا زیاد، رشد جمعیت زیاد، رشد اقتصادی منطقه‌ای، توسعه و تغییرات فن‌آوری منطقه‌ای (و نه جهانی) است ولی در سناریوی B_2 رشد جمعیت و رشد اقتصادی متوسط، رشد فناوری از سناریوی A_1 و B_1 کمتر است. تأکید به دستیابی به راه‌حل‌های محلی در مورد مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (Dastranj and Rostami Khalaj, 2019). این پژوهش ابتدا به کمک پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب متغیرهای مورد بررسی برای دوره پایه شبیه‌سازی شدند. سپس این متغیرها تحت دو سناریوی A_2 و B_2 برای دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ پیش‌بینی گردید و تغییرات هر متغیر در سناریوهای مختلف نسبت به دوره پایه مورد بررسی قرار گرفت. دقت مدل HadCM₃، در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی منبع آب در بسیاری از مطالعات به اثبات رسیده است (ضرغامی و همکاران، ۲۰۱۱).

همچنین در ادامه پیش‌بینی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی در مدل HadCM₃، با سناریوهای A_2 و B_2 تا سال ۲۰۹۹ انجام گرفت. رویدادهای اقلیمی حدی، پدیده‌های نادری هستند که از نظر شدت و فراوانی کمیاب بوده و از آنجایی که اکوسیستم‌ها و ساختارهای

بستان مقدار $0/01$ بدست آمد. در مجموع در ایستگاه ایزده در فصل زمستان بیشترین انحراف معیار و فصل بهار کمترین انحراف معیار را مشاهده گردید. در هر دو ایستگاه، بیشینه‌های دمایی بیشترین انحراف معیار را داشتند که ایستگاه بستان نیز در فصل زمستان بیشترین انحراف معیار و فصل بهار و پاییز کمترین انحراف معیار را نشان داد. در واقع در این ایستگاه نیز بیشینه‌های دمایی بیشترین انحراف معیار را دارا بودند. نتیجه‌گیری می‌شود که انحراف معیار بالای مدل‌سازی در فصل زمستان ناشی از آشفتگی‌های اتمسفری بوده که به همین دلیل این مدل توانایی لازم جهت شبیه‌سازی دما در این فصل را ندارد. با این حال کاهش انحراف معیار در فصل بهار را می‌توان ناشی از تغییرات دمایی دانست، که مدل هم توانایی شبیه‌سازی آن را به خوبی داشته است. در پژوهشی مشابه، *Abkar et al.* (2013) نیز به خطای مدل‌سازی در اثر آشفتگی‌های آب و هوایی که از نظم خاصی پیروی نمی‌کند، اشاره کرده است.

پیش‌بینی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی در مدل HadCM3، با سناریوهای A2 و B2 تا سال 2099: در این بخش پیش‌بینی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی و تجزیه و تحلیل شاخص‌های حدی که در شرایط دمایی حدی رخ می‌دهند، مورد توجه قرار گرفته است. نوسانات دمایی می‌توانند به صورت روند و چرخه‌های آشکار و نهان خود را نشان دهند. آگاهی از این الگوها می‌تواند در پیش‌بینی‌های اقلیمی مؤثر باشد. نتایج نشان داد که در هر دو ایستگاه در سناریوی A2 میانگین دما دارای چرخه‌های معنی دار با دوره‌های بازگشت $1/2$ ساله و کمترین چرخه معنی‌داری برای دو ایستگاه به ترتیب در دوره بازگشت $2/3$ و $1/3$ ساله بودند. در سناریوی B2 میانگین دما در دو ایستگاه دارای چرخه‌های معنی‌دار با دوره‌های بازگشت $7/5$ ساله و کمترین چرخه معنی‌داری در دوره بازگشت $1/2$ ساله است. نتایج حاصل از بررسی چرخه‌ها در مناطق مورد مطالعه حاکی از آن است که در سناریوی A2 حالت‌های خاص اقلیمی در منطقه دارای دوره‌های بازگشت کوتاه مدت است.

بیانگر ارتباط داده‌های مشاهداتی و برآورد شده می‌باشد. دامنه این پارامتر بین 0 تا 1 است هر چه این مقدار به 1 نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده ارتباط قوی بین دو گروه می‌باشد. دامنه ضریب NSE بین $-\infty$ تا 1 می‌باشد. دامنه بین صفر تا یک قابل قبول و بهترین حالت زمانی است که ضریب NSE برابر یک باشد. PBISE هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل در برآورد متغیر موردنظر می‌باشد. در صورتی که مقدار این پارامتر به سمت مثبت میل کند نشان‌دهنده این است که متغیر مورد بررسی بسیار کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است. اگر این پارامتر به سمت منفی میل کند نشان می‌دهد که پارامتر مورد نظر مقدار متغیر را بسیار بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. قابل ذکر است که برای این پارامتر آستانه خاصی در نظر گرفته نشده است (*Moriasi et al.*, 2007).

نتایج و بحث

شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در دوره پایه (1990-1961) با استفاده از مدل جهانی: نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل HadCM3 همراه با داده‌های مشاهده‌ای در جدول (2) ارائه شده است. چنانچه از این جدول مشخص است، نوع داده‌های NCEP مدل‌های جهانی و همچنین نوع متغیر وابسته، در میزان دقت شبیه‌سازی مدل موثر بوده است. همچنین برای ایستگاه ایزده داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما $18/47$ درجه سانتی‌گراد و برای ایستگاه بستان داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما $19/10$ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود هر دو ایستگاه در دوره پایه میانگین دمایی بالاتری را داشته‌اند و بیشینه دما در تالاب میانگین بسیار بیشتر از تالاب هورالعظیم در دوره پایه می‌باشد. نتایج کمینه دمایی نیز نشان می‌دهد اختلاف در دو ایستگاه کم و جزئی است.

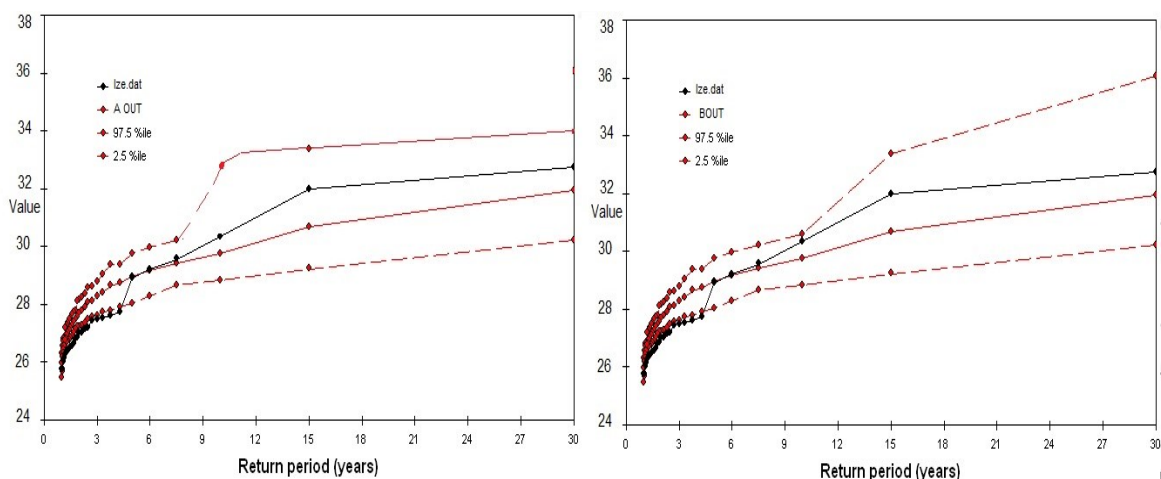
همچنین نتایج انحراف معیار نشان داد که در ایستگاه ایزده انحراف معیار سالانه میانگین دمایی $0/04$ و در ایستگاه

جدول ۲- داده‌های مشاهده‌ای، شبیه‌سازی شده و انحراف معیار در دوره ارزیابی مدل
Table 2. Observational and simulated data and standard deviation in the model during the evaluation period

فصل Season	میانگین Mean			بیشینه Max			کمینه Min		
	مشاهده شده Observed	مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار شده Standard deviation	مشاهده شده Observed	مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار شده Standard deviation	مشاهده شده Observed	مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار شده Standard deviation
Izeh	زمستان Winter	11.07	19.92	0.10	31.00	38.85	1.79	-3.00	-1.10
	بهار Spring	20.67	22.43	0.05	33.00	39.70	1.00	0.00	1.35
	تابستان Summer	20.83	26.32	0.09	35.00	37.95	1.28	3.00	3.60
	پاییز Autumn	11.60	16.22	0.07	31.00	33.90	1.41	-4.00	-2.50
	سالانه Yearly	16.04	18.47	0.04	35.00	38.00	1.22	-4.00	-2.40
Bostan	زمستان winter	9.5	10.01	0.06	10.23	10.50	0.03	-3.19	-2.72
	بهار Spring	23.45	23.95	0.01	33.12	33.69	0.01	-1.96	-0.5
	تابستان Summer	33.6	34.11	0.02	34.8	35.32	0.01	2.35	1.85
	پاییز Autumn	19.57	20.08	0.01	22.43	22.98	0.01	-2.46	-1.93
	سالانه Yearly	18.45	19.10	0.01	26.76	27.23	0.01	-3.35	-2.45

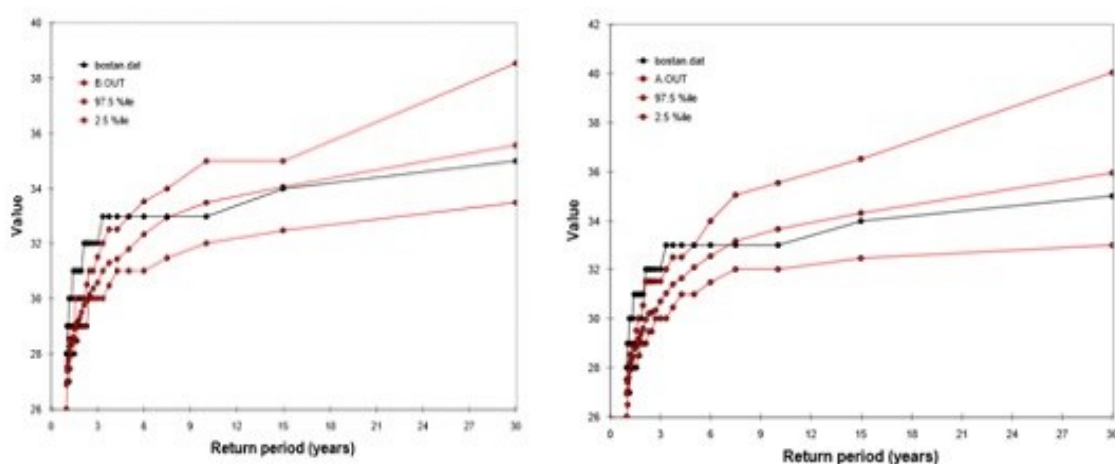
و (Abbaspour et al. 2009) که مبین افزایش دما در بیشتر نقاط ایران در دوره‌های آتی بوده، همخوانی دارد، ضمن اینکه نتایج هر دو تحقیق به طور ضمنی به شرایط بحرانی‌تر تحت سناریوی B₂ نسبت به سناریوی A₂ اشاره دارد. همچنین در شکل (۲) و (۳) دوره برگشت چرخه‌های معنی دار میانگین دمای A₂ و B₂ مقایسه شده است. این اشکال نشان می‌دهد که برگشت چرخه‌های معنی دار میانگین دما در سناریوی B₂ بیشتر است.

در دو ایستگاه در سناریوی B₂ در صدک بالایی چرخه معنی‌داری، میانگین دمایی در سطح اطمینان (۰.۹۷/۵) در دوره بازگشت ۳۰ ساله و در صدک پایین چرخه معنی‌داری میانگین دمایی در سطح اطمینان (۰.۲/۵) در دوره بازگشت یک ساله در هر دو سناریو بدست آمد که نشان‌دهنده محدوده وسیع‌تر دوره بازگشت و احتمال بیشتر رویدادهای حدی دمایی در سناریوی B₂ است. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط (Mirdashtvan et al. 2017)



شکل ۲- نمودار دوره برگشت چرخه‌های معنی دار میانگین دمای سالانه با مدل HadCM₃ در سناریوی A₂ (چپ) و B₂ (راست) در ایستگاه ایزه

Fig. 2- Chart of return period of significant cycles of mean annual temperature with HadCM₃ model in scenario A₂ (left) and B₂ (right) in Izeh station



شکل ۳- نمودار دوره برگشت چرخه‌های معنی دار میانگین دمای سالانه با مدل HadCM₃ در سناریوی A₂ (چپ) و B₂ (راست) در ایستگاه بستان

Fig. 3- Chart of the return period of significant cycles of mean annual temperature with HadCM₃ model in scenario A₂ (left) and B₂ (right) in Bostan station

همچنین داده‌های سالانه میانگین دما در ایستگاه بستان در بازه زمانی سال‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب ۲۰/۰۵، ۲۰/۹۶ و ۲۱/۱۳ درجه سانتی‌گراد بدست آمد که بیشترین میانگین دما بین سال‌های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ با انحراف معیار ۰/۱ و کمترین میانگین دما بین سال‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با انحراف معیار ۰/۰۹ پیش‌بینی شده است. در پژوهشی مشابه ولی (2019) Dastranj و Rostami Khalaj بیشترین میانگین دمایی را در فواصل سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تحت سناریوی A₂ تعیین کردند. (Tai Semiroimi et al. (2013) نیز در سناریوی A₂

پیش‌بینی شاخص دمایی (میانگین، بیشینه و کمینه) با مدل HadCM₃ در سناریوی A₂ در فواصل سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰: همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده شده است داده‌های سالانه میانگین دما در ایستگاه ایزه در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب ۱۰/۹۹، ۱۱/۴۵ و ۱۲/۰۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همان‌طور که مشخص است بیشترین میانگین دما بین سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با انحراف معیار ۰/۰۳ و کمترین میانگین دما بین سال‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با انحراف معیار ۰/۰۲ پیش‌بینی شده است.

کردند. با توجه به تفاوت در نتایج میانگین، بیشینه و کمینه دمایی با تحقیق حاضر می توان نتیجه گیری کرد که به دلیل تفاوت شرایط اقلیمی و دمایی متفاوت با ایستگاه بستان در استان خوزستان، نتایج یکسان نیست.

در سناریوی A₂ مقایسه نتایج در فصل ها نشان داد که در مجموع فصل زمستان بیش ترین انحراف معیار و فصل بهار کم ترین انحراف معیار را در ایستگاه ایذه دارد. ولی در ایستگاه بستان در مجموع فصل زمستان و بهار بیشترین انحراف معیار و فصل پاییز کم ترین انحراف معیار را داشته است. همچنین بیشترین اختلاف بیشینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه دسامبر و بیشترین اختلاف میانگین و کمینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر در ایستگاه ایذه بدست آمد (شکل ۴). همانند ایستگاه ایذه در ایستگاه بستان نیز بیشترین اختلاف بیشینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه دسامبر و بیشترین اختلاف میانگین و کمینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر بدست آمد (شکل ۵). ولی Javadizadeh et al. (2017) بیشترین تفاوت میانگین دما را در ماه های ژانویه، فوریه و مارس و فصل زمستان، کمترین تفاوت میانگین دمایی را در فصل بهار برای ماه آوریل را در حوزه آبریز میناب در دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۰ تعیین کردند.

در مقایسه دو ایستگاه مشاهده می شود که در این سناریو در میانگین دما تالاب میانگران ۱/۰۲ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۱/۰۸ درجه سانتی گراد افزایش دما را دارند. در بیشینه دما تالاب میانگران ۵/۵۵ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۱/۸۸ درجه سانتی گراد افزایش دما را خواهند داشت. در کمینه دما تالاب میانگران ۱/۱ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۲/۶۳ درجه سانتی گراد افزایش دما را دارند. همان طور که در جدول ۳ آورده شده در سناریوی A₂ تالاب میانگران میانگین و بیشینه دمایی بیشتری را دارد در حالی که تالاب هورالعظیم افزایش کمینه دمایی بیشتری را داشته است.

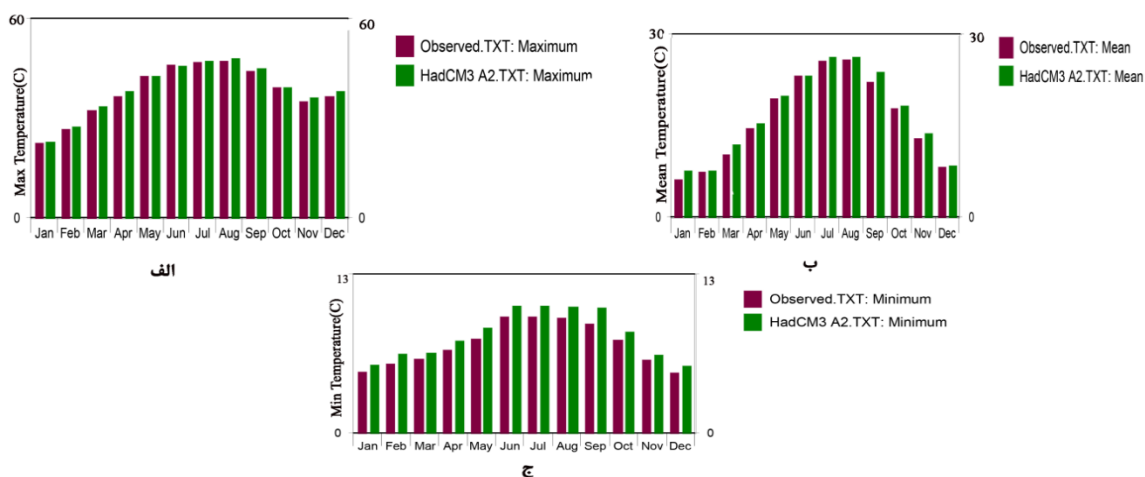
برای حوزه آبخیز بار نیشابور افزایش میانگین دما را در دوره های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ بدست آوردند.

در ایستگاه ایذه داده های سالانه بیشینه دما در ۲۰۹۹-۲۰۷۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰ به ترتیب ۳۶/۶۵ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۱۵، ۳۴/۴۵ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۵۳ و ۳۱/۱۰ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۳۷ می باشد. همان طور که مشخص است بیشترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و کمترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ در ایستگاه ایذه پیش بینی شده است. همچنین در ایستگاه بستان داده های سالانه بیشینه دما در ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب ۲۹/۲۱ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۰/۰۷، ۳۰/۱۵ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۰/۰۷ و ۳۱/۹ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۰/۰۷ بدست آمد. بیشترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و کمترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ پیش بینی شده است. Rostami Khalaj and Dastranj (2019) نیز در پژوهش، بیشترین دمای بیشینه را بین سال های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تعیین کردند. (Tai Semiro mi et al. (2013) نیز در سناریوی A₂ افزایش دمای متوسط بیشینه را در حوزه آبخیز بار نیشابور بدست آوردند.

مشاهده می شود که بیشترین کمینه دما بین سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با انحراف معیار ۱/۰۶ و کمترین کمینه دما بین سال های ۲۰۶۹-۲۰۴۰ با انحراف معیار ۱/۸۷ پیش بینی شده است. همان طور که مشخص است بیشترین کمینه دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و کمترین کمینه دما بین سال های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ بدست آمده است. Tai Semiro mi et al. (2013) در سناریوی A₂ افزایش دمای متوسط کمینه را در حوزه آبخیز بار نیشابور بدست آوردند. ولی Dastranj و Rostami Khalaj (2019) در ایستگاه های بابلسر، گرگان، رشت، تهران، قزوین و زنجان بیشترین کمینه دمایی را در فواصل سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ تعیین

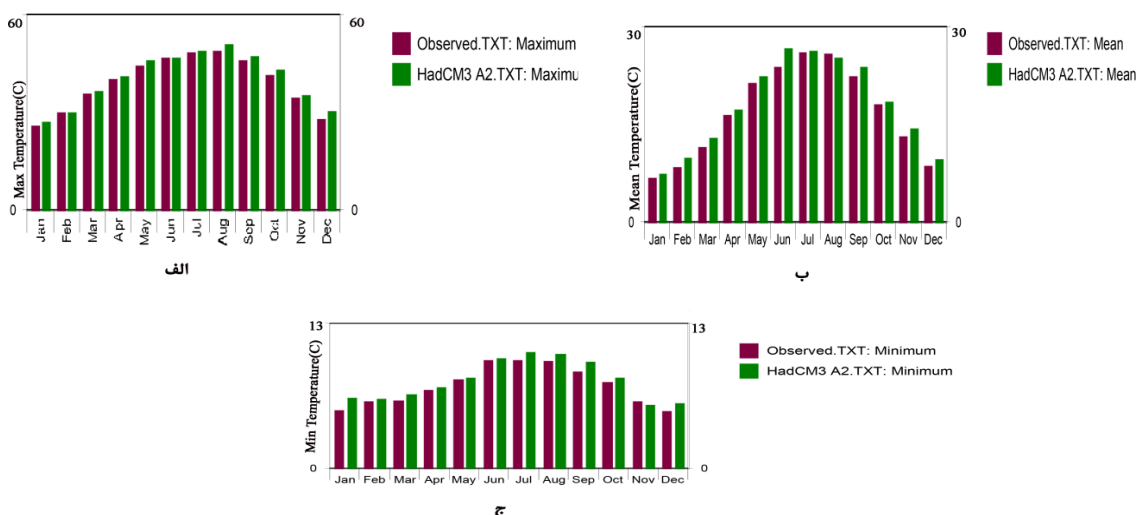
جدول ۳- مقدار شاخص‌های دمایی دوره شبیه سازی شده سناریو A₂ در مدل HadCM₃
 Table 3. The amount of temperature indices of the simulated period of scenario A₂ in the HadCM₃ model

ایستگاه ایذه Izeh station																			
۲۰۷۰-۲۰۹۹						۲۰۴۰-۲۰۶۹						۲۰۱۰-۲۰۳۹						فصل Season	
کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean		
انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled		
۱/۶۷	-۴/۹۰	1.81	32.10	0.06	12.94	1.35	-6.55	2.35	32.15	0.08	12.21	1.84	-8.10	1.94	30.10	0.07	10.98	زمستان Winter	
۰/۹۲	۱۱/۸۰	1.14	33.00	0.03	22.13	0.70	11.10	1.11	34.05	0.04	21.88	1.20	9.05	0.81	30.20	0.04	21.44	بهار Spring	
۱/۷۷	-۶/۵۰	1.44	31.25	0.07	12.19	1.59	-8.05	1.71	28.45	0.07	10.08	1.41	-11.10	1.51	25.90	0.04	7.82	تابستان Summer	
۱/۷۲	-۱۷/۷۵	1.87	16.75	0.06	2.24	1.87	-18.00	1.30	15.30	0.05	1.65	1.06	-17.85	1.01	15.15	0.06	1.13	پاییز Autumn	
۱/۷۲	-۱۶/۷۵	1.15	36.65	0.03	12.01	1.87	-17.00	1.51	34.45	0.03	11.45	1.06	-17.85	1.37	31.10	0.02	10.99	سالانه Yearly	
ایستگاه بستان Bostan station																			
۲۰۷۰-۲۰۹۹						۲۰۴۰-۲۰۶۹						۲۰۱۰-۲۰۳۹						فصل Season	
کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean		
انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled	انحراف معیار Standard مدلسازی شده Modeled		
۰/۱۲	-۰/۱۴	0.08	13.52	0.13	12.05	0.05	-1.02	0.09	12.78	0.04	11.85	0.03	-1.23	0.10	12.06	0.11	11.10	زمستان Winter	
۰/۱۴	۱/۲۳	0.07	36.18	0.11	25.12	0.07	1.14	0.05	36.45	0.05	25.28	0.07	0.72	0.05	35.15	0.06	24.036	بهار Spring	
۰/۱۲	۳/۱۴	0.07	38.23	0.09	36.08	0.03	3.25	0.09	38.43	0.07	36.45	0.02	2.31	0.07	37.02	0.08	35.02	تابستان Summer	
۰/۰۷	-۰/۰۱	0.04	26.10	0.11	22.11	0.04	-0.04	0.04	25.41	0.05	22.03	0.04	-0.75	0.10	24.12	0.03	21.11	پاییز Autumn	
۰/۱۲	۱/۱۳	0.07	31.09	0.10	21.13	0.04	-0.03	0.07	30.15	0.05	20.96	0.03	-1.50	0.07	29.21	0.09	20.05	سالانه Yearly	



شکل ۴- مقایسه پارامتر بیشینه دمایی ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده سناریو A₂ در مدل HadCM₃ ایستگاه ایزه الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما

Fig. 4- Comparison of observed and simulated monthly maximum temperature parameter of scenario A₂ in HadCM₃ model of Izeh station A: Maximum temperature B: Average temperature C: Minimum temperature



شکل ۵- مقایسه پارامتر بیشینه دمایی ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده سناریو A₂ در مدل HadCM₃ ایستگاه بستان الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما

Fig. 5- Comparison of observed and simulated monthly maximum temperature parameters of scenario A₂ in the HadCM₃ model of Bostan station A: Maximum temperature B: Average temperature C: Minimum temperature

۲۳/۲۳، ۲۶/۰۵ و ۲۸/۳۵ درجه سانتی گراد بدست آمد. بیشترین میانگین دما بین سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با انحراف معیار ۰/۲۳ و کمترین میانگین دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با انحراف معیار ۰/۱۲ پیش بینی شده است. Rostami Khalaj و Dastranj (2019) نیز بیشترین میانگین دمایی را در فواصل سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ تحت سناریوی B₂ تعیین کردند.

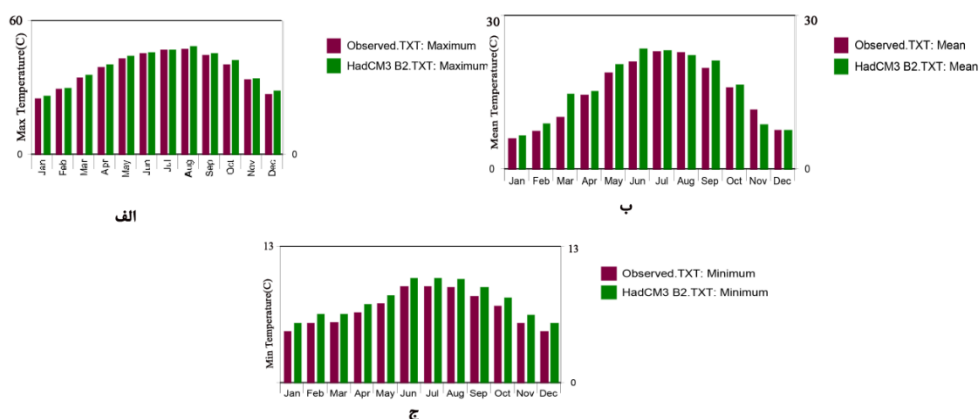
در ایستگاه ایزه داده های سالانه بیشینه دما در دوره های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب

پیش بینی شاخص دمایی (میانگین، بیشینه و کمینه) با مدل HadCM₃ در سناریوی B₂ در فواصل سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰: همان طور که در جدول (۴) نشان داده شده است بیشترین میانگین دما بین سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با انحراف معیار ۰/۰۳ و کمترین میانگین دما بین سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با انحراف معیار ۰/۰۳ پیش بینی شده است. همچنین داده های سالانه میانگین دما در ایستگاه بستان در بازه زمانی سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب

در سناریوی B2 در مجموع فصل زمستان بیشترین انحراف معیار و فصل بهار کمترین انحراف معیار را در ایستگاه ایذه و بستان دارد. همچنین بیشترین اختلاف بیشینه و کمینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ایستگاه ایذه در ماه اکتبر و بیشترین اختلاف میانگین مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر بدست آمد (شکل ۶). همچنین در ایستگاه بستان نیز بیشترین اختلاف بیشینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه اکتبر و بیشترین اختلاف میانگین مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه های دسامبر و آگوست و کمینه مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر و آگوست بدست آمد (شکل ۷).

با مقایسه دو ایستگاه مشاهده می شود که در این سناریو میانگین دمای تالاب میانگران ۱/۴۷ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۵/۱۲ درجه سانتی گراد افزایش دما را دارند. در بیشینه دمای تالاب میانگران ۴/۴۵ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۳/۸۷ درجه سانتی گراد افزایش دما را خواهند داشت. در کمینه دما تالاب میانگران ۱/۱۵ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۳/۱۹ درجه سانتی گراد افزایش دما را دارند. همان طور که در جدول ۴ آورده شده در سناریوی B2 تالاب میانگران بیشینه دمایی بیشتری را خواهد داشت در حالی که تالاب هورالعظیم افزایش میانگین دما و کمینه دمایی بیشتری را دارد.

درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۰۱، ۳۸/۰۵ انحراف معیار ۱/۳۷ و ۳۹/۱۰ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۱۴ بدست آمد. بیشترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ و کمترین بیشینه دما بین سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ پیش بینی شده است. ولی (2019) Dastranj و Rostami Khalaj بیشترین دمای بیشینه را بین سال های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تحت سناریوی B2 تعیین کردند. در ایستگاه ایذه داده های سالانه کمینه دما در ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به ترتیب ۱۸/۹۵- درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۶۸، ۱۸/۶۰- درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۲/۱۰ و ۱۷/۸۰- درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۶۰ بدست آمد. بیشترین کمینه دما بین سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و کمترین کمینه دما بین سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بدست آمده است. ولی (2019) Dastranj و Rostami Khalaj نیز در ایستگاه های بابلسر، گرگان، رشت، تهران، قزوین و زنجان بیشترین کمینه دمایی را در فواصل سال های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ تحت سناریوی B2 تعیین کردند. در این سناریو نیز همانند سناریوی قبلی با توجه به تفاوت در نتایج میانگین، بیشینه و کمینه دمایی با تحقیق حاضر می توان نتیجه گیری کرد که شاید به دلیل تفاوت اقلیمی و دمایی متفاوت با ایستگاه ایذه و بستان در استان خوزستان نتایج یکسان نیست.



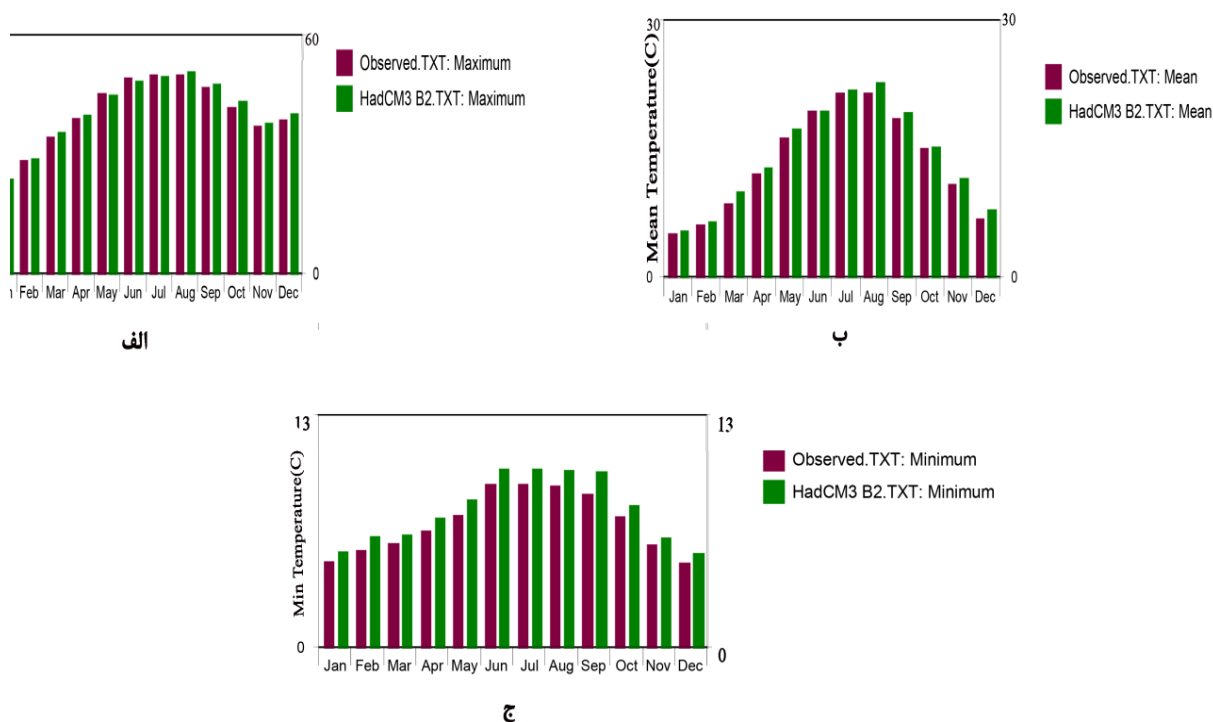
شکل ۶ - مقایسه پارامتر بیشینه دمایی ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده سناریو B2 در مدل HadCM3 ایستگاه بستان الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما

Fig. 6- Comparison of observed and simulated maximum monthly temperature parameters of scenario B2 in the HadCM3 model of Bostan station A: Maximum temperature B: Average temperature C: Minimum temperature

جدول ۴- مقدار شاخص‌های دمایی دوره شبیه‌سازی شده سناریو سناریو B₂ در مدل HadCM₃
 Table 4. The amount of temperature indices of the simulated period of scenario B₂ in the HadCM₃ model

ایستگاه ایذه Izeh station																		
2070-2099			2040-2069			2010-2039			فصل Season									
کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean										
مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard										
1.71	-6.60	1.99	32.75	0.08	12.83	1.59	-5.6	1.47	31.25	0.10	25.42	2.26	-6.40	1.94	31.00	0.08	11.74	زمستان winter
0.92	10.05	1.26	33.30	0.04	22.14	0.79	11.35	1.28	33.80	0.04	22.01	0.83	11.10	0.91	32.35	0.04	21.94	بهار Spring
1.60	-9.80	1.01	30.65	0.05	11.47	1.55	-7.65	1.84	29.75	0.07	10.60	1.65	-7.45	1.30	27.09	0.06	9.36	تابستان Summer
1.60	-17.80	1.15	16.85	0.05	2.19	2.10	-18.60	1.09	16.00	0.05	1.90	1.68	-18.95	1.45	17.15	0.08	1.69	پاییز Autumn
1.60	-17.80	1.37	39.10	0.03	13.37	2.10	-18.60	1.14	36.00	0.04	12.15	1.68	-18.95	1.01	34.65	0.03	11.90	سالانه Yearly

ایستگاه بستان Bostan station																		
2070-2099			2040-2069			2010-2039			فصل Season									
کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean										
مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard	مدلسازی شده Modelled انحراف معیار standard										
0.34	2.23	0.25	16.10	0.21	15.21	0.08	1.05	0.12	14.13	0.09	12.06	0.12	-1.00	0.18	15.5	0.16	12.08	زمستان winter
0.38	3.76	0.32	39.15	0.32	27.23	0.17	2.05	0.1	39.52	0.07	26.22	0.15	0.97	0.2	37.55	0.1	25.12	بهار Spring
0.42	5.47	0.27	41.20	0.18	38.23	0.19	4.14	0.16	40.12	0.1	38.15	0.12	3.12	0.15	38.94	0.1	36.65	تابستان Summer
0.28	2.35	0.36	29.35	0.25	25.10	0.18	1.1	0.15	27.32	0.1	25.12	0.13	-0.01	0.13	26.16	0.16	21.98	پاییز Autumn
0.34	3.17	0.37	36.12	0.23	28.5	0.16	2.3	0.15	36.14	0.1	26.5	0.14	-0.02	0.16	32.25	0.12	23.23	سالانه Yearly



شکل ۷- مقایسه پارامتر بیشینه دمایی ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده سناریو B₂ در مدل HadCM₃ ایستگاه ایذه الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما

Fig. 7- Comparison of observed and simulated monthly maximum temperature parameter of scenario B₂ in HadCM₃ model of Izeh station A: Maximum temperature B: Average temperature C: Minimum temperature

جدول ۵- معیارهای عملکرد دو سناریوی A₂ و B₂ در مقایسه با مقادیر مشاهداتی

Table 5. The performance criteria of the two scenarios A₂ and B₂ compared to the observed values

PBIS	MAE	Nash	R ²	RMSE	سناریو Scenario	ایستگاه Station
-0.45	0.3	0.98	0.86	4.02	A ₂	ایذه
-0.65	0.1	0.91	0.80	4.14	B ₂	Izeh
-0.5	0.26	0.99	0.90	4.07	A ₂	بستان
-0.77	0.08	0.87	0.81	4.25	B ₂	Bostan

افزایش دما در بیشتر نقاط ایران در دوره‌های آبی و تحت سناریوی انتشار A₂ است همخوانی دارد، ضمن اینکه نتایج هر دو تحقیق به‌طور ضمنی به شرایط بحرانی‌تر تحت سناریوی B₂ نسبت به سناریوی A₂ اشاره دارند. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج بدست آمده از تحقیقات (2017) Rahimi و Rahimi در خصوص این که نتیجه‌گیری شد، سناریوی B₂ سخت‌گیرانه‌تر عمل کرده و در دوره‌های آبی شیب منفی‌تری را نسبت به سناریوی A₂ ارائه داده، مطابقت دارد. همچنین نتایج تحقیقات حاضر با نتایج بدست آمده توسط Samadi et al. (2013) و Abbasnia et al. (2016)

برای روشن شدن قابلیت مدل، علاوه بر روش ترسیمی از روش‌های آماری (PBISE, NSE, MAE, RMSE و R²) نیز استفاده شد. نتایج حاصل از ارزیابی مدل با استفاده از معیارهای آماری در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج حاصل از ریز مقیاس سازی مدل SDSM نشان داد که در بین سناریوهای A₂ و B₂ مدل Hadcm₃ سناریوی A₂ دقت آماری بالاتری در تولید داده‌های اقلیمی دارد (جدول ۵).

نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط Mirdashtvan et al. (2017) و Abbaspour et al. (2009) که مبین

منابع آب راهکارهای لازم را برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط آب و هوایی جدید در نظر داشته باشند.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر اقدام به شبیه سازی و پیش بینی برخی از متغیرهای دمایی با استفاده از مدل های چندگانه خطی SDSM در ایستگاه های ایذه و بستان به عنوان نزدیک ترین ایستگاه به تالاب های میانگران و هورالعظیم با مدل HadCM3 در سناریوی A₂ و B₂ گردید. نتایج حاصل از شبیه سازی دوره ارزیابی مدل نشان داد که برای ایستگاه ایذه داده های سالانه مشاهده ای میانگین دمای ۱۶/۰۴ درجه سانتی گراد و داده های سالانه مدل سازی شده میانگین دما ۱۸/۴۷ درجه سانتی گراد، همچنین برای ایستگاه بستان داده های سالانه مشاهده ای میانگین دمای ۱۸/۴۵ درجه سانتی گراد و داده های سالانه مدل سازی شده میانگین دما ۱۹/۱۰ درجه سانتی گراد، بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد در ایستگاه ایذه درصد خطا برای میانگین، ۱۵/۱۴ درصدی و در صد خطا در ایستگاه بستان برای میانگین ۳/۵ درصد بود. در هر دو ایستگاه بیشینه های دمایی بیشترین انحراف معیار را دارا بودند.

نتایج حاصل از زیرمقیاس دمایی مدل SDSM نیز نشان داد که بر اساس دو سناریو A₂ و B₂، کمترین میانگین دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و بیشترین میانگین دما بین سال های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ پیش بینی شده که نشان دهنده گرم شدن اقلیم در هر دو ایستگاه است. در این پژوهش در مقایسه نتایج دو ایستگاه مشاهده می شود که در سناریوی A₂ در میانگین دما تالاب میانگران ۱/۰۲ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۱/۰۸ درجه سانتی گراد افزایش دما را دارند. در بیشینه دما تالاب میانگران ۵/۵۵ درجه سانتی گراد و تالاب هورالعظیم ۱/۸۸ درجه سانتی گراد افزایش دما را خواهند داشت. در سناریوی A₂ تالاب میانگران بیشینه دمایی بیشتری را داشته در حالی که تالاب هورالعظیم افزایش میانگین و کمینه دمایی بیشتری را دارد. در حالیکه

درباره افزایش دما در میانه قرن ۲۱ تطابق دارد. Rezaei *et al.* (2013) نیز نشان دادند که افزایش میزان دما تا سال ۲۱۰۰ افزایش می یابد. (Javadizadeh *et al.* (2017) در حوزه آبریز میناب در دوره ۲۰۱۱-۲۱۰۰ نیز همین افزایش دما را پیش بینی کردند. به طور کلی مدل HadCM₃ دما را بیشتر از داده های NCEP بر آورد نموده است. همچنین نتایج حاصل از زیرمقیاس دمایی مدل SDSM نشان داد که بر اساس دو سناریو A₂ و B₂، بیشترین میانگین دما بین سال های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و کمترین میانگین دما بین سال های ۲۰۹۹-۲۰۷۰ پیش بینی شده است. اما یافته های تحقیق در خصوص بازه های مورد مطالعه با نتایج Dastranj (2019) و Rostami Khalaj در ایستگاه های بابسر، گرگان، رشت، تهران، قزوین و زنجان کمی متفاوت بدست آمد. که شاید به دلیل اقلیم و شرایط دمایی متفاوت با استان خوزستان باشد. ولی در مجموع سناریوی A₂ دقت آماری بالاتری در تولید داده های اقلیمی دارد. نتایج حاصل از بررسی داده ها در دوره های مشاهداتی و شبیه سازی شده آینده با سناریوی B₂ و A₂ نشان دهنده افزایش دمای متوسط میانگین، کمینه و بیشینه در دوره های شبیه سازی شده آتی نسبت به دوره مبنا در ایستگاه بستان بوده، به طوری که در ایستگاه بستان دمای متوسط کمینه و بیشینه سالانه نیز در دوره سوم بیشینه مقادیر افزایش را نسبت به دوره پایه داشته است. (Mirdashtvan *et al.* (2017) و Abbaspour *et al.* (2009) نیز به شرایط بحرانی تر تحت سناریوی A₂ نسبت به سناریوی B₂ اشاره دارند. در جمع بندی کلی تحلیل روند تغییر دما نشان داد که دمای اقلیم منطقه در حال تغییر می باشد و روند افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می کند. همچنین نتایج تحقیقات حاضر با نتایج بدست آمده توسط Samadi *et al.* (2013) در ایستگاه هواشناسی آورگان، Rezaei *et al.* (2013) در منطقه کرمان و بم و Abbasnia *et al.* (2016) در ایران درباره افزایش دما تطابق دارد. از آنجا که افزایش دما از عوامل بیابان زایی است لذا ضروریست که مدیران و برنامه ریزان استان در بخش های کشاورزی و

دوره سوم بیشینه مقادیر افزایش را نسبت به دوره پایه داشته است. این امر نیز می تواند به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از داده‌های پروژه تحقیقاتی ملی به شماره مصوب ۹۴۵۲-۹۶۱۶۷۷-۰۹۴۵۲-۰۷۳-۱۰-۱۰-۱۴۷ است که در موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شده است. بدین وسیله از حمایت های موسسه تحقیقات خاک و آب، تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

¹ Percent bias

² Nash-Sutcliffe efficiency

³ Mean absolutely error

⁴ Root mean square error

⁵ Returns the square

References

Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Ghasemi, S.S. and Yang, H., 2009, Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resources Research*. 45(1-19), doi.org/10.1029/2008WR007615.

Abbasnia, M., Tavousi, T. and Khosravi, M., 2016. Assessment of future changes in the maximum temperature at selected stations in Iran based on HADCM3 and CGCM3 models. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 52(4),371-7, doi.org/10.1007/s13143-016-0006-z.

Abkar, A. J., Habibnejad, M., Soleimani, K. and Naghavi, H., 2013. The sensitivity of the SDSM exponential microscale model to the reanalyzed data in dry areas. *Two Scientific-Research Quarterly of Khoshbom*. 4 (2), 11-26. (In Persian with English abstract).

Abayat, H., Ansari, M.R., Rangzan, N. and Abayat, A., 2020. Evaluation of heavy metals in the sediments of Hoor al Azim lagoon by calculating pollution indices. *Iran Water and Soil Research*. 51(10), 2469-2481. (In Persian with English abstract). doi: 10.22059/ijswr.2020.298194.668505.

Dastranj, A. and Rostami Khalaj, M., 2019. Evaluation and prediction of climate changes in the coming decades using microscale exponential atmospheric general circulation models (GCMs). *Geography and Human Relations*. 3 (1), 253-268. (In Persian with English abstract).

در سناریوی B2 در میانگین دما تالاب میانگران ۱/۴۷ درجه سانتی‌گراد و تالاب هورالعظیم ۵/۱۲ درجه سانتی‌گراد افزایش دما را دارد. در هر دو سناریو به دلیل افزایش دما روند خشک شدن هر دو تالاب ادامه خواهد داشت.

در مجموع سناریوی A2 دقت آماری بالاتری در تولید داده‌های اقلیمی دارد. با توجه به نمودارها سناریوی A2 تطابق بیشتری با شرایط اقلیمی دوره پایه دارد. تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که این سناریو به واقعیت تولید گازهای گلخانه‌ای نزدیک‌تر بوده و سناریوی واقعی‌تر و نرمال‌تری را ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی داده‌ها در دوره‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده آینده با سناریوی B2 و A2 نشان‌دهنده افزایش دمای متوسط میانگین، کمینه و بیشینه در دوره‌های شبیه‌سازی شده آتی نسبت به دوره مبنا در ایستگاه‌های ایذه و بستان بوده، به طوری که در ایستگاه بستان دمای متوسط کمینه و بیشینه سالانه نیز در

منابع

Dastranj, A. and Rostami, M., 2020. 'Assessment and prediction of climate change in the next decade, by downscaling General Circulation Models (GCMs)'. *Geography and Human Relationships*. 3(1), 252-268. doi: 10.22034/gahr.2020.238502.1421

Dehghan, Z., Fathian, F. and Islamian, S., 2014. Comparative evaluation of LARS-WG and IDW, SDSM models for simulating and microscaling temperature and precipitation. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries)*. 29 (5), 1376-1390. doi: 10.22034/gahr.2020.238502.1421. (In Persian with English abstract).

Chatrenour, M., Landi, A., Bahrami, H. and Mirzaei, S., 2023. Dust source clay content and salinity estimation using VNIR spectrometry. *Arid Land Research and Management*. 37(3), 369-388. https://doi.org/10.1080/15324982.2023.2170837.

Eslahi, M., 2015. Evaluation of statistical exponential microscale models in explaining the climatic changes of northwest Iran, dissertation for receiving a specialized doctorate in the field of natural geography, hydrology and meteorology, Faculty of Literature and Human Sciences, Department of Geography.

Fowler, H.J., Blenkinsop, S. and Tebaldi, C., 2007. Linking climate change modeling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling. *Int J Climatol*. 27, 1547-

1578, <https://doi.org/10.1002/joc.1556>.

Ghonchepour, D., Sadoddin, A., Bahremand, A., Salmanmahini, A., & Jakeman, A. 2019. Application of a quantitative screening approach in statistical downscaling model (SDSM) to generate climate change scenarios (Case study: the Gorgan-roud River Basin). *Iranian journal of Ecohydrology*. 6(2), 397-414. doi: 10.22059/ije.2019.276200.1052. (In Persian with English abstract).

Javadizadeh, F., Kordavani, P., Alijani, B. and Asadian, F., 2017. The effectiveness of SDSM statistical microscale models in predicting temperature parameters in Minab watershed, *Natural Geography Quarterly*, 11 (42): 47-66, <https://doi.org/20.1001.1.20085656.1400.14.53.3.4> (In Persian with English abstract).

Kamyabi, S. and Abdi, K., 2019. Detection and analysis of the trend of climate change (precipitation and temperature) within the boundaries of Sari. *Environmental Science and Technology*. 13(22), 165-179. (In Persian with English abstract).

Kim, B.S., Kim, H.S., Seoh, B.H. and Kim, N.W., 2007. Impact of climate change on water resources in Yongdam Dam Basin, Korea. *Stoch Environ Res Risk Assess* 21:355-373. (In Persian with English abstract).

Mehrabi, Sh., Soltani S. and Jafari R., 2014. Investigating the relationship between climatic parameters and the occurrence of fine dust (case study: Khuzestan province), *Journal of Water and Soil Sciences*. 19 (71), 69-81. (In Persian with English abstract).

Moradimajd, N., Fallah Ghalhari, G. A., & Chatrenour, M. (2022). Consequences of Climate Change on Greenhouse Gas Emissions in Citrus Orchards and Gardens (Case Study: Khuzestan Province). *Environmental Researches*, 13(25), 199-214. doi: 10.22034/eiap.2022.158587, (In Persian).

Moradimajd, N., Fallah Ghalhari, G. and Chatrenour, M., 2022. Evaluation of CH₄, NO and NO₂ emission from agricultural lands (Case study, Khuzestan province). *Journal of Agricultural Meteorology*, 10(1), 46-54. doi: 10.22125/agmj.2022.214342.1086

Moradi-Majd N, Fallah-Ghalhari G, Chatrenour M., 2022 Estimation of greenhouse gas emission flux from agricultural lands of Khuzestan province in Iran. *Environ Monit Assess*. 2022 Sep 21;194(11):811. doi: 10.1007/s10661-022-10497-8. PMID: 36129556

Mirdashtvan, M., Malekian, A. and Mohseni Saravi, M., 2017. Simulating surface flow through statistical downscaling of climate data: Urmia Lake Basin, *Ecohydrology*. 5 (2), 419-431. (In Persian with English abstract).

Moriasi D N., Arnold JG., Van Liew, M. W.,

Bingner, R. L., Harmel, R.D. and Veith, T. L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations *Transactions of the ASABE*. 50(3), 885-900, doi: 10.13031/2013.23153.

Papahn, F., Rezaei, M., Eskandari, G.R. and Rasekhi, A.A., 2013. Survey of fish population of Horal Azim lagoon. *Scientific Research Quarterly Journal of Wetland Ecobiology*. 5 (16), 33-40. (In Persian with English abstract).

Rahimi, R. and Rahimi, M., 2017. Spatial and temporal analysis of climate change in the coming years and comparison of SDSM, LARS-WG and artificial neural network (case study of Khuzestan province), *Ecohydrology*, 5 (4): 1161-1174. (In Persian with English abstract).

Ranjbar, F. and Oji, R. A., 2020. The effects of global warming on daily temperature trends in stations in the Caspian region *Climate change research*, No. 3. pp. 21-34. (In Persian with English abstract).

Rezaei, M., Nahtani, M., Abkar, A., Rezaei, M. and Mirkazehi Rigi, M., 2013. Investigating the efficiency of statistical exponential microscale model (SDSM) in predicting temperature parameters in two arid and semi-arid climates (case study: Kerman and Bam), *Watershed Management Research Journal*. 5 (10), 117-129. (In Persian with English abstract).

Rumi, F., 2022. Climate change and its consequences on Iran's national security. *Political and International Approaches*. 14(1), 203-228. doi: 10.29252/pij.2022.228257.1280. (In Persian with English abstract).

Safdari, M., 2018. What do we know about climate models and their accuracy, *Energy and Environment*, 11(19): 45-57. (In Persian with English abstract).

Salarpur, R., Malekian, M. and Qadirian, O., 2021. Monitoring changes and ranking of threatening factors of Miangan wetland, Khuzestan province, *Natural environment, natural resources of Iran*, 14(1):38-59. ((In Persian with English abstract).

Saleh Pourjam, A., Mohseni Saravi, M., Bazrafshan, J. and Khalighi Sigarodi, Sh., 2014. Investigating the effect of climate change on the drought characteristics of the future period using the HadCM3 atmospheric general circulation model (case study: Northwest Iran), *Pasture and Watershed Journal*, 67 (4):537-548. (In Persian with English abstract).

Samadi, S., Carbone, G.J., Mahdavi, M. et al. 2013 Statistical Downscaling of River Runoff in a Semi Arid Catchment. *Water Resour Manage* 27, 117-136. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0170-6>.

Selajageh, A., Rafiei Sardoui, A., Moghadamnia,

- A.R., Malekian, A., Iraquejad, S., Khaleghi Sigaroudi, S. and Salehpour Jam, A., 2016. forecasting climate variables by SDSM multiple linear models in the future period based on scenario A2, *Desert Management Journal.* 7, 12-25. (In Persian with English abstract).
- Semenov, M.A., 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator, *Clim Res*, 35(3):203-212, <https://doi.org/10.1002/joc.112>.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. and Vasconcellos de Menezes, V., 2013. *Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change-Abstract for decision-makers, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'evolution du climat/Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, C/O World Meteorological Organization, 7bis Avenue de la Paix, CP 2300 CH-1211 Geneva 2 (Switzerland).*
- Tai Semiromi, S., Moradi, H.R. and Khodaqoli, M., 2013. Simulation and prediction of some climate variables by SDSM multiple linear model and atmospheric general circulation models (case study: Bar Neyshabur watershed). *Journal of Man and Environment.* 12, 1-15. (In Persian with English abstract).
- Moradimajd, N., Fallah Ghalhari, G. and Chatrenour, M., 2022. Evaluation of CH₄, NO and NO₂ emission from agricultural lands (Case study, Khuzestan province). *Journal of Agricultural Meteorology.* 10(1), 46-54. doi: 10.22125/agmj.2022.214342.1086. (In Persian with English abstract).
- Moradimajd, N., Fallah Ghalhari, G.A. and Chatrenour, M., 2022. Consequences of Climate Change on Greenhouse Gas Emissions in Citrus Orchards and Gardens (Case Study: Khuzestan Province). *Environmental Researches.* 13(25), 199-214. doi: 10.22034/eiap.2022.158587. (In Persian with English abstract).
- Navidi, M.N., Chatrenour, M., Seyedmohammadi, J., Delsous Khaki, B., Moradi-Majd, N. and Mirzaei, S., 2023. Ecological potential assessment and land use area estimation of agricultural lands based on multi-time images of Sentinel-2 using ANP-WLC and GIS in Bastam, Iran. *Environ Monit Assess.* 195, 36. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10659-8>.
- Tatsumi, K., Oizumi, T. and Yamashiki, Y., 2013. Introduction of daily minimum and maximum temperature change signals in the Shikoku region using the statistical downscaling method by GCMs, *Hydrological Research Letters*, 7(3), 48-53. doi: 10.3178/hrl.7.48
- Zarghami, M., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y. and Kanani, R., 2011. Impacts of Climate Change on runoffs in East Azerbaijan, Iran, *Global and Planetary Change*, 78 (2011): 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.003>
- Zhaofa, L., Xu, Z., Stephen, P., Chales, G. F. and Liu, L., 2011. Evaluation of two statistical downscaling models for daily precipitation over an arid basin in china. *Royal Meteorological Society.* 31, 2006-2020. <https://doi.org/10.1002/joc.2211>



*This page is intentionally
right blank.*