دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۵
پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۱۸-۱

DOI:10.52547/GeoSpa.21.3.1

*علیرضا واعظی[۱]
فریدون غضبان[۲]
وحید توکلی[۳]
امین سارنگ[٤]

ارزیابی تغییرات اقلیم فرونشست جازموریان در طول قرن ۲۱ میلادی

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۸/۰۲

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن جاری است. استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری این امکان را فراهم ساخته است که بتوان به مطالعه نوسانات اقلیمی در مقیاس مکانی و زمانی مشخص در آینده پرداخت. نتایج مدل‌سازی داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه در فرونشست جازموریان در دو دوره آینده میانی (۲۰٦۵- ۲۰٤٦) و آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) به‌وسیله مدل LARS-WG و داده‌های گردش عمومی جو HADCM3، تحت سناریوهای انتشار مطرح شده به‌وسیله هیات بین‌الدول تغییرات اقلیم نشان داد که در ۵۰ سال آینده (میانگین ۲۰ ساله دوره آینده میانی) افزایش ۱/۵ تا ۲/۱ درجه‌ای میانگین دما و در ۱۰۰ سال آینده (میانگین ۲۰ ساله دوره آینده دور) افزایش ۲/٤ تا ۳/۹ درجه‌ای میانگین دمای منطقه بر مبنای سناریوهای مختلف قطعی به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج مستدل این تحقیق حقیقتا خشکسالی یکی از جدی‌ترین بحران‌های آینده کشور است که در صورت عدم توجه، آینده ایران را از جنبه‌های مختلفی تهدید خواهد کرد.

کلید واژه‌ها: مدل‌سازی، سناریوهای تغییر اقلیم، شبیه‌سازی، بزرگ‌مقیاس، LARS-WG.

*۱- پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: al.vaezi@yahoo.com
۲- گروه مهندسی محیط‌زیست دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳- پردیس علوم دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران.
٤- گروه مهندسی محیط‌زیست دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

مقدمه

اقلیم به میانگین شرایط آب‌وهوایی که در یک بازه زمانی طولانی‌مدت در یک منطقه حاکم است، گفته می‌شود. حال اگر این الگوی آب و هوایی در طی ده‌ها تا صدها سال تغییر نماید، تغییر اقلیم رخ می‌دهد (Jana and Giorgi, 2006؛ Majumder, 2010: 2006). این تغییرات می‌تواند در مقیاس محلی و یا جهانی باشد. تغییرات اقلیم در اثر تغییر یک یا چند مؤلفه آب و هوایی رخ می‌دهند، به این معنی که تغییر در الگوی سیستم‌های جوی اعم از دما، رطوبت، ابرناکی، الگوی وزش باد و بارندگی، در یک منطقه به‌گونه‌ای تدریجی نوع اقلیم آن منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Change, 2015؛ Jana and Majumder, 2010). از سال ۱۹۷۰ تاکنون دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها به‌طور متوسط در حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (Sayemuzzaman, et al., 2014; Taxak, et al., 2014). در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نرخ انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش‌تر از ٤ برابر دهه‌های قبل از خود بود، متاسفانه این روند در حال رشد است و هیچ نشانه‌ای از توقف آن وجود ندارد. محققان معتقدند علت اصلی تغییر اقلیم افزایش میزان کربن دی‌اکسید اتمسفر از ۲۸۰ پی پی ام در اوایل قرن بیستم به بیش از ٤۰۰ پی پی ام در حال حاضر است (Change, 2015). اجماع علمی در ارتباط با این‌که افزایش‌های آتی در غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش سطح متوسط دمای جهانی (Le Treut et al., 2007) و در پی آن تاثیر بر بارش منطقه‌ای، تبخیر، رطوبت خاک و تغییر رژیم در نهرها و رودخانه‌ها خواهد شد، وجود دارد (Solomon et al., 2007). تغییرات اقلیمی منجر به دگرگونی در وضع آب‌وهوا، تغییر توزیع مکانی و زمانی بارش و نوع آن (جامد یا مایع) ، جریانات سطحی، تبخیر، تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب شده و به‌طور کلی روند جدیدی را در اقلیم جهانی موجب می‌شود (Nakicenovic et al., 2000; Bytnerowicz et al., 2007). تغییر اقلیم بر چرخهٔ هیدرولوژیکی تاثیر دارد و بر این اساس رواناب حوضه آبریز را تغییر داده و همچنین دگرگونی و جابجایی آلاینده‌های آب را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب شیرین قابل استفاده برای نیازهای آشامیدنی، بهداشتی، کشاورزی و صنعتی تاثیر می‌گذارد. بنابراین گرمایش جهانی اثرات بارزی بر روی چرخه هیدرولوژی و سیستم‌های منابع آب دارد به‌گونه‌ای که می‌تواند به‌عنوان تهدیدی بزرگ بر سیستم‌های منابع آب در سراسر جهان قلمداد شود. این تهدیدات برای مناطق مختلف زمین متفاوت می‌باشد (Khorshiddoust and Jafarzadeh, 2020). افزایش متوسط دمای جهانی و همچنین افزایش دمای بیش‌تر در مناطق خاص، منجر به تبخیر سریع‌تر و نیاز به آب بیش‌تر می‌شود (Ragab and Prudhomme, 2002). آب‌وهوای بیش‌تر فلات ایران گرم و خشک است. بنابراین در کشور ایران مهم‌ترین تأثیرات تغییرات اقلیم بر بیابان‌زدایی، هیدرولوژی و منابع آب، خشکسالی، کشاورزی، منابع طبیعی و جنگل‌ها، بلایای طبیعی، اکولوژی، محیط‌زیست مسائل شهرنشینی و توسعه شهرها، ذخایر غذایی انسان، انرژی و دیگر مسائل اقتصادی و اجتماعی جامعه است. دانشمندان برای رسیدن به درک مشخص از میزان تاثیر گازهای گلخانه‌ای در آینده تغییرات اقلیمی دنیا سراغ مدل‌سازی می‌روند. البته پیش‌بینی تغییرات اقلیمی برای مدل‌سازی بسیار دشوار هستند و ارزیابی تاثیرات آب‌وهوایی پیش‌بینی شده در اکوسیستم‌های آب شیرین به‌خصوص با توجه به

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

تاثیرات انسانی و پاسخ‌ها به این تاثیرات بیش‌تر چالش‌برانگیز هستند (Mohammadi et al., 2017). مدل‌های گردش عمومی جو (General Circulation Models; GCMs) یکی از بهترین ابزارها، برای بررسی اثرات پدیده تغیر اقلیم در مناطق مختلف جهان محسوب می‌شوند. در حال حاضر اقلیم‌شناسان با استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو و ریزگردانی آن‌ها توسط مدل‌های دینامیکی و آماری توانسته‌اند تا حدودی وضعیت اقلیم آینده جهان را مدل‌سازی نمایند (Semenov, 2008; Semenov et al., 2013). دستاورد این مدل‌ها در گزارش‌های مجمع بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی موسوم به IPCC[5] قابل مشاهده است (Nakicenovic et al., 2000; Bytnerowicz et al., 2007). در این تحقیق بر آنیم تا با لحاظ سناریوهای مختلف تولید گازهای گلخانه، تغییرات دما و بارش را در فرونشست جازموریان واقع در جنوب شرقی ایران بررسی نماییم. فرونشست جازموریان یکی از مهم‌ترین کانون‌های گردوغبار در سطح کشور ایران است که این موضوع بر اهمیت این مطالعه می‌افزاید (Rashki et al., 2017) . در این راستا به مدل‌سازی داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه و ماهانه بارش در فرونشست جازموریان در دو دوره‌های آینده به‌وسیله انجام عمل ریزمقیاس سازی[6] با مدل ریزمقیاس ساز آماری LARS-WG[7] و داده‌های گردش عمومی جو HADCM3[8]، تحت تعدادی از سناریوهای انتشار مطرح شده به‌وسیله هیات بین‌الدول تغییرات اقلیم پرداخته شده است.

محدوده مورد مطالعه

به‌منظور ارزیابی تغییرات اقلیمی حوضه آبریز جازموریان و لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک در قالب طرح آمایش سرزمین، مطالعه تغییرات اقلیمی این منطقه تحت سه سناریوی انتشار A2، A1B و B1 در سه دوره آینده نزدیک (۲۰۳۰-۲۰۱۱)، آینده میانی (۲۰۶۵-۲۰۴۶) و آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) انجام گرفت. مطالعه حاضر بر روی ایستگاه‌های سینوپتیکی ایرانشهر در شرق و میانده جیرفت در غرب فرونشست جازموریان انجام شده است (شکل ۱). داده‌های مشاهداتی دوره اقلیم پایه شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش به‌صورت روزانه در فاصله زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ برای ایستگاه ایرانشهر و در فاصله زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ برای ایستگاه میانده جیرفت مورد بررسی قرار گرفتند. خروجی مدل HADCM3 در دوره‌های پیش‌بینی توسط مدل آماری LARS-WG که یک مدل تولید داده‌های هواشناسی می‌باشد، تا مقیاس ایستگاهی ریز گردانی شدند (Busuioc, 2008; Wilby et al., 2002). سپس داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه و ماهانه بارش در ایستگاه‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

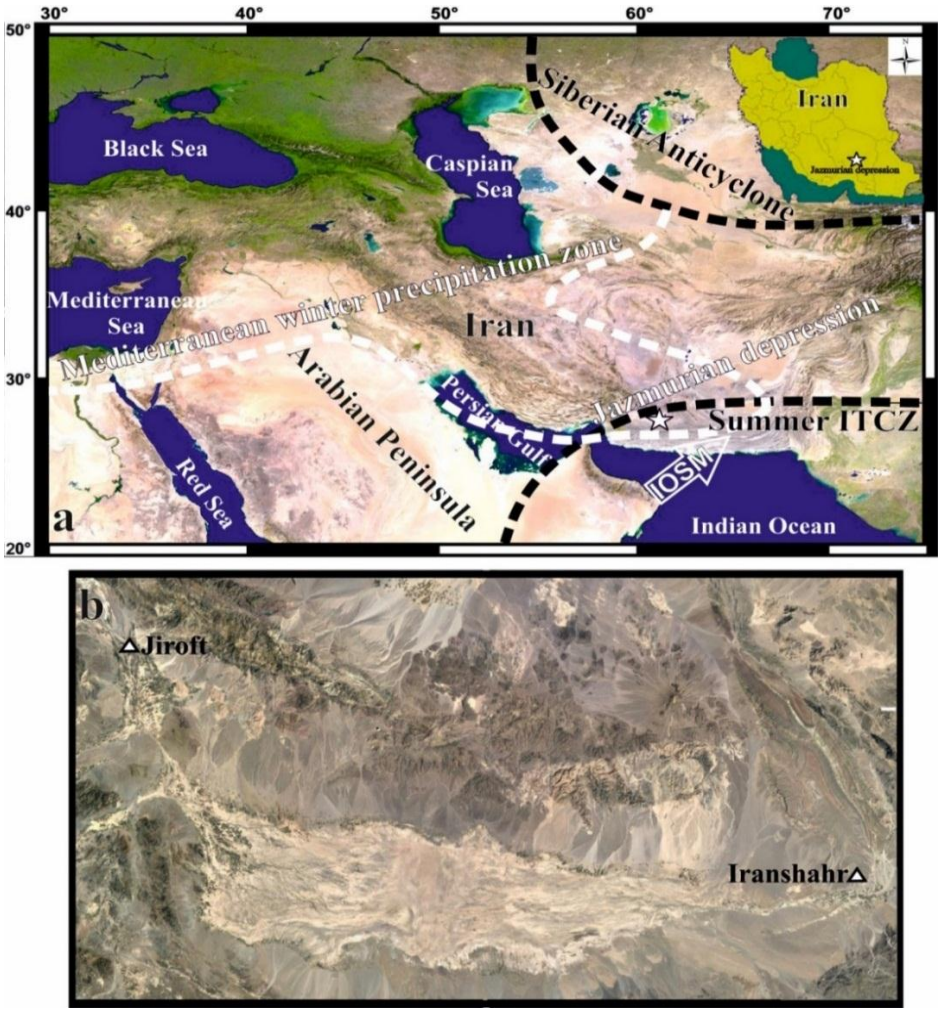
فرونشست جازموریان

فرونشست جازموریان در موقعیت جغرافیایی E5839 تا E5914 و N2710 تا N2738 بین استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان واقع است. حوضه آبریز جازموریان دارای وسعت ۶۹ هزار و ۶۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. حوضه آبریز

5- Intergovernmental Panel on Climate Change
6- Downscaling
7- Long-Ashton Research Station Weather Generator
8- Hadley Centre Coupled Model, version 3

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

جازموریان از شمال توسط کوه‌های لاله‌زار، جبال بارز و کوه شهسواران از حوضه آبریز کویر لوت، و از جنوب توسط رشته‌کوه‌های زاگرس (کوه‌های بشاگرد) از حوضه آبریز دریای عمان و خلیج‌فارس جدا می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: فلات ایران از دیدگاه هواشناسی یکی از مناطق بسیار پویای جهان محسوب می‌شود که اقلیم آن را برآیند اندرکنش جبهۀ پرفشار سیبری، بادهای غربی مدیترانه‌ای و بادهای موسمی اقیانوس هند (مونسون) کنترل می‌کند (Gurjazkaite et al., 2018; Sharifi et al., 2015; Vaezi et al., 2019) a) موقعیت تقریبی این سامانه‌های اقلیمی و فرونشست جازموریان (Jazmourian depression) در جنوب شرقی ایران (علامت ستاره) در قسمت بالای تصویر نمایش داده شده است. b) موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیکی بر روی تصویر ماهواره‌ای فرونشست جازموریان با علامت مثلث در قسمت پایین تصویر مشخص شده است.

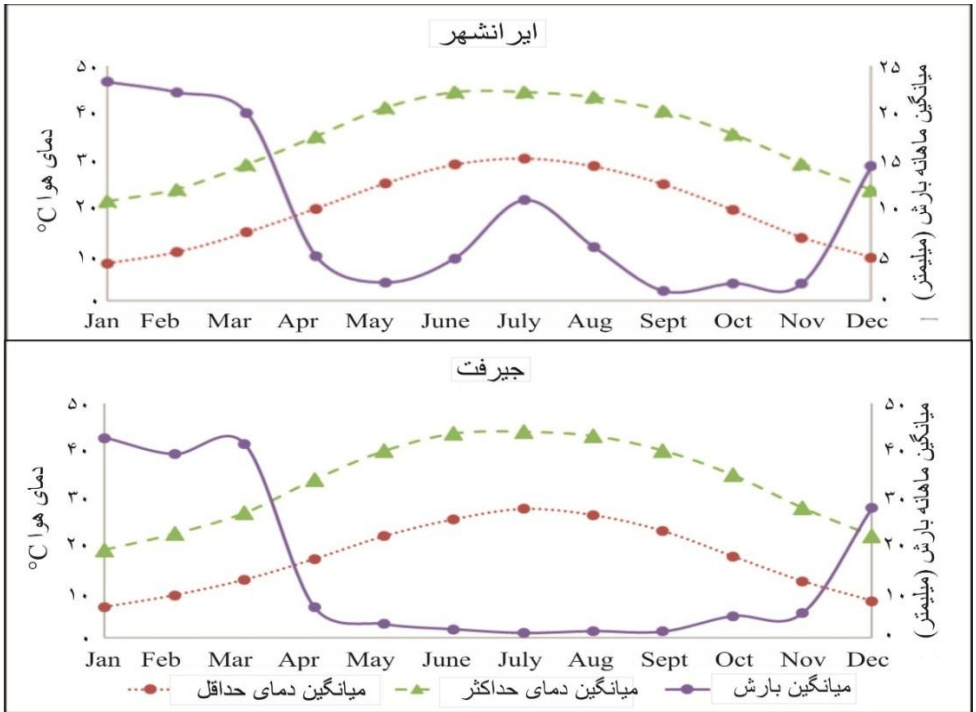
Figure 1: Major climate systems over West Asia (Gurjazkaite et al., 2018; Sharifi et al., 2015; Vaezi et al., 2019). and location of the Jazmurian weather stations. a) the approximate current location of the climate systems. b) the location of the Jazmurian weather stations

حدود ۳٤۱٦۰ کیلومتر مربع از اراضی این حوضه را مناطق کوهستانی، و حدود ۳۲٤۰۰ کیلومترمربع آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها، و حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع باقی‌مانده را دریاچه‌ها و شوره‌زارها تشکیل می‌دهد. دریاچه جازموریان در ارتفاع حدود سیصد متری از سطح آب‌های آزاد، قرار دارد و تقریباً در قسمت میانی حوضه آبریز جازموریان قرار دارد. بخش عمده‌ای از زهکشی حوضه به‌وسیله دو رودخانه دائمی هلیل رود در غرب و بمپور در شرق فرونشست

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

صورت می‌گیرد. وسعت هامون جازموریان به‌طور قابل ملاحظه‌ای در فصل‌های مختلف سال متفاوت است و معمولاً در اواخر تابستان و یا اوایل پاییز خشک می‌گردد و به علت شیب کم دریاچه، کوچک‌ترین تغییر در حجم آبِ آن در سطح وسیعی منعکس می‌شود. سطح هامون جازموریان در مواقعِ پرآبی به حدود ۳۳۰۰ کیلومترمربع، و درازای آن به حدود ۱۰۰ کیلومتر و پهنای آن به بیش از ٤٥ کیلومتر می‌رسد (Krinsley et al., 1970).

دریاچه جازموریان در منطقه گرم و خشک قرار دارد و دمای آن گاهی به ٤٨° درجه سانتی‌گراد می‌رسد (شکل ۲). میزان بارش سالانه در بلندی‌های شمال حوضه جازموریان میان ۵۰۰ تا ٦۰۰ میلی‌متر در نوسان است، در حالی‌که در بخش گسترده و پست جنوبی میزان بارش از حدود ۱۰۰ میلی‌متر در سال تجاوز نمی‌کند. بادهای غالب در تابستان و زمستان از شمال و شمال‌غربی می‌وزند. به سبب وزش بادهای گرم و خشک و نیز گرمای زیاد در طول سال، میزان تبخیر آب دریاچه بین ۳۳۰۰ تا ٤۰۰۰ میلی‌متر است. مقادیر داده‌های بارش ایستگاه جیرفت نشان می‌دهد که سیکلون‌هایی که به همراه بادهای غربی منطقه معتدله از سمت غرب به منطقه نفوذ می‌کنند، بر بارش‌های این ایستگاه اثرگذارند. بارش‌های حاصل از سیستم‌های سینوپتیک که از غرب کشور وارد می‌شوند در فصل سرد در نیمه غربی فرونشست جازموریان مؤثرترند و نسبت به بقیه سیستم‌های سینوپتیکی در منطقه ریزش‌های بیش‌تری دارند. تقریبا بارش‌های حاصل از این سیستم در ایستگاه جیرفت دو برابر ایستگاه ایرانشهر است (شکل ۲).



ایستگاه سینوپتیک	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین بارندگی (میلیمتر)	میانگین دمای حداقل (سانتیگراد)	میانگین دمای حداکثر (سانتیگراد)
ایرانشهر	۲۷/۱۲	۶۰/۴۲	۵۹۱	۱۱۳/۱	۱۹/۳	۳۴/۳
میانده جیرفت	۲۸/۳۵	۵۷/۴۸	۶۰۱	۱۷۶/۲	۱۷	۳۲/۶

شکل ۲: تغییرات ماهانه دما و بارش در ایستگاه‌های منتخب منطقه جازموریان

Figure 2: Monthly changes in temperature and precipitation in selected stations of Jazmourian region

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

سامانه مونسون جنوب باختر اقیانوس هند، یکی از مهم‌ترین اشکال آب‌وهوایی در جهان می‌باشد که مناطق جنوبی ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقادیر داده‌های بارش ایستگاه ایرانشهر در ماه‌های ژوئن تا اوت (از ۱۱ خرداد تا ۹ شهریور) طی سال‌های ۱۹۸۰ لغایت ۲۰۱۰ نشان می‌دهند که منطقه جنوب‌شرقی ایران اقلیم مانسونی دارد. هرچند حوضه آبریز جازموریان از لحاظ هیدرولوژیکی ایران بخشی از حوضه آبریز مرکزی ایران است، اما از لحاظ اقلیم‌شناسی به علت دریافت رطوبت نسبی فراوان از دریای عمان، دارای شرایطی استثنایی و مستقل از نواحی مرکزی ایران است.

توصیف مدل و سناریوهای مورد استفاده برای شبیه‌سازی تغییرات آینده اقلیمی

به‌منظور مدل‌سازی تغییرات اقلیمی آینده فرونشست جازموریان با استفاده از مدل LARS-WG5 در ابتدا بایستی داده‌های مربوط به سناریوهای اقلیمی از مدل‌های گردش عمومی جو HadCM3 دریافت می‌گردید. اما برونداد مدل‌های گردش عمومی نمی‌توانند مستقیما برای پیش‌بینی و ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای و نقطه‌ای مورد استفاده قرار گیرند، آن‌ها نیازمند ریزگردانی با لحاظ رفتار اقلیمی مشاهداتی منطقه یا ایستگاه مورد مطالعه هستند (Semenov et al., 2002).

LARS - WG یکی از معروف‌ترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید متغیرهای اقلیمی ذر مقیاس روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود. خواص آماری داده‌های تولید شده مشابه دوره آماری بوده اما انحراف معیار آن‌ها به نسبت اختلاف داده‌های مدل GCM در دوره آینده و گذشته پریشیده می‌شود. داده‌ها در سری‌های زمانی روزانه برای متغیرهای اقلیمی ایجاد می‌شوند (Tayebiyan et al., 2014; Semenov et al., 2002). در این مدل سری‌های فوریه، درجه حرارت را تخمین می‌زنند. (Semenov and Barrow, 1997; Semenov and Stratonovitch, 2010). این مدل از سه بخش اصلی تشکیل شده، واسنجی، ارزیابی و بخش تولید داده‌های هواشناسی (Semenov et al., 2002). یکی از اصلی‌ترین گام‌های مورد نیاز در مدل‌سازی آینده انتخاب سناریوی اقلیمی ناشی از سناریوی انتشار مشخص است. از آنجا که تغییرات اقلیمی آینده به‌شدت به فعالیت‌های بشری در سال‌های آینده بستگی دارد، لذا مدل‌های اقلیمی با استفاده از داده‌های سناریوهای انتشار اجرا می‌شوند. به‌طور کلی ٤٠ سناریوی مختلف وجود دارند که هر کدام فرضیات متفاوتی از میزان انتشار گازها گلخانه‌ای، پوشش سطح زمین و دیگر وادشت‌های اقلیم در آینده را مدنظر قرار داده‌اند. علاوه بر آن فرضیاتی برای نحوه توسعه فنی و رشد اقتصادی آینده کشورها را در نظر گرفته‌اند. این سناریوها توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC-Intergovenmental Pannel on Climate Change) در سال ۲۰۰۰ در قالب گزارش ویژه‌ای با نام اختصاری (Special Report on Emmission Scenarios SRES) منتشر گردید (Nakicenovic et al., 2000; Semenov and Stratonovitch, 2010) این سناریوها بیش‌تر افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی را در نظر می‌گیرند. در برخی شاخه‌های سناریوهای خانواده B1 مصرف سوخت‌های فسیلی در سال ۲۱۰۰ از سال ۱۹۹۰ کم‌تر در نظر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

گرفته شده است. در سناریوهای انتشار میانگین تولید ناخالص داخلی جهان بین ۵ تا ۲۵ در نظر گرفته شده است. خانواده سناریوهای انتشار به سناریوهایی اطلاق می‌شود که دارای موضوع و زمینه مشترکی هستند. در زیر به اختصار مشخصات سناریوهای مورد استفاده در مدل‌سازی تغییرات اقلیم فرونشست جازموریان ارائه گردیده است. (Nakicenovic et al., 2000; Semenov and Stratonovitch, 2010).

الف- سناریوی B1 (میزان CO2 جو در آینده میانی ٤٩٢ پی پی‌ام و در آینده دور ٥٣٨ پی پی‌ام فرض می‌گردد)
در سناریوی B1 دنیا یکپارچه و دوستدار محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود که مشخصات آن عبارتند از:
۱- رشد اقتصادی سریع همانند سناریوی A1 و مبتنی بر ارائه خدمات و اطلاعات
۲- جمعیت جهان تا سال ۲۱۰۰ به ۷ میلیارد نفر می‌رسد.
۳- استفاده از منابع پاک و فناوری‌های نوین و با بازده بالا و کاهش مواد آلاینده
٤- تاکید بر راه‌حل‌های جهانی برای پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی

ب- سناریوی A1B (میزان CO2 جو در آینده میانی ٥٤١ پی پی‌ام و در آینده دور ٦٧٤ پی پی‌ام فرض می‌گردد)
در این سناریو جهان یکپارچه در نظر گرفته می‌شود. مشخصات خانواده A1 به این شرح می‌باشد:
۱- رشد اقتصادی سریع،
۲- جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر رسیده و پس از آن به‌تدریج کاهش می‌یابد،
۳- گسترش سریع فناوری‌های جدید و کارآمد با تاکید بر استفاده متعادل از انواع منابع انرژی
٤- دنیای همگرا-درآمد و روش زندگی در دنیا همگرا می‌شود. گسترش تعاملات اجتماعی و فرهنگی در دنیا.

ج- سناریوی A2 (میزان CO2 جو در آینده میانی ٥٤٥ پی پی‌ام و در آینده دور ٧٥٤ پی پی‌ام فرض می‌گردد).
مشخصات سناریوی A2 "کسب‌وکار مثل همیشه (business as usual) " که در آن برخلاف سناریوی A1B، دنیا همگرا در نظر گرفته نمی‌شود، به این شرح می‌باشد:
۱- دنیایی که در آن کشورها به‌طور مستقل عمل کرده و به خود متکی هستند،
۲- جمعیت دنیا به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد،
۳- توسعه اقتصادی منطقه محور است.

صحت سنجی داده‌های اقلیمی حاصل از نرم‌افزار LARS-WG

نرم‌افزار LARS-WG به‌منظور پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی ابتدا به بررسی آماری داده‌های مشاهداتی می‌پردازد تا پارامترهای آماری نظیر میانگین، انحراف از معیار و واریانس این سری از داده‌های موجود تعیین شوند. حال بر اساس پارامترهای آماری مذکور اقدام به بازتولید داده‌های مشاهداتی می‌نماید تا بتواند توانایی نرم‌افزار را در پیش‌بینی آینده و شبیه‌سازی داده‌ها بسنجد. به این ترتیب به‌منظور کالیبراسیون مدل، داده‌های تهیه شده دوره پایه در هر دو ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر و جیرفت در مدل LARS-WG5 وارد شدند. مدل برای دوره پایه اجرا شد و پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش به‌صورت روزانه برای دوره پایه شبیه‌سازی شد. در گام بعدی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

چگونگی اجرا و توانمندی مدل با استفاده از محاسبه ضریب تعیین R2 داده‌های مشاهداتی با داده‌های شبیه‌سازی شده برای دوره پایه مورد ارزیابی قرار گرفت.

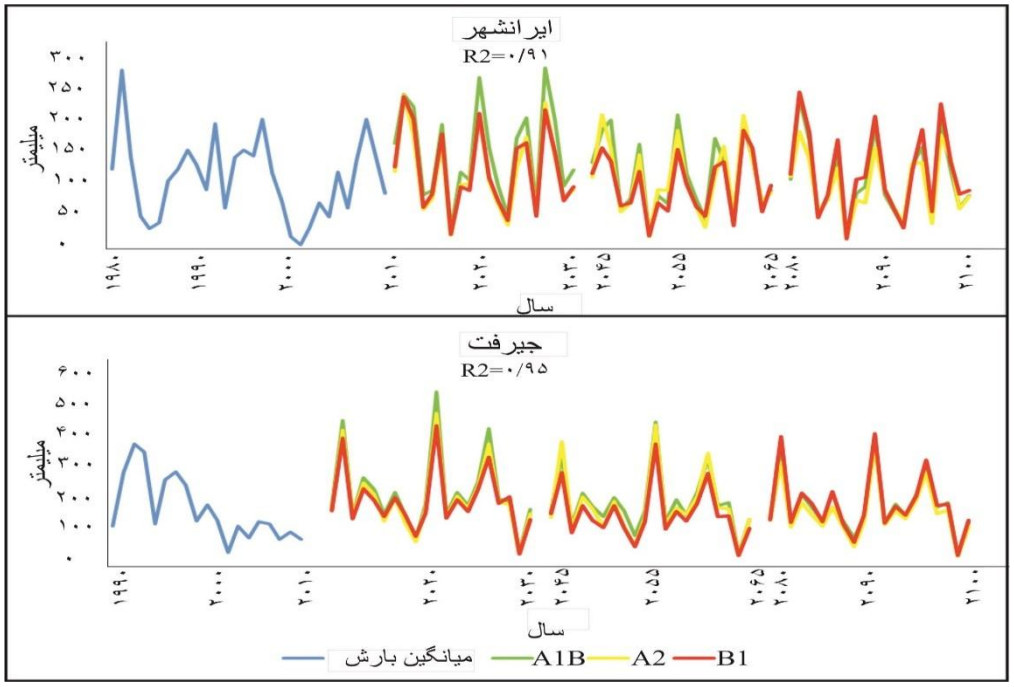
رابطه (۱)

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y}))^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2}$$

در فرمول ۱ R2 ضریب تعیین پارامتر هواشناسی تحت بررسی مربوط به دوره پایه با داده‌های شبیه‌سازی شده برای دوره پایه، Xi و Yi به‌ترتیب i امین داده مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدل و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند.

یافته‌ها و بحث

ضریب تعیین R2 دقت مدل در تولید داده‌های پارامتر بارش را برای ایستگاه ایرانشهر و میانده جیرفت به‌ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۵ نشان داد. ضریب تعیین R2 دقت مدل در تولید داده‌های پارامتر دما را برای ایستگاه ایرانشهر و میانده جیرفت به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۶ نشان داد. این نتایج نیز بیانگر این مطلب می‌باشند که داده‌های مشاهده شده و تولید شده در دوره پایه از همبستگی معنی‌داری برخوردار می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج ارایه شده و همچنین دقت مناسب مدل در برآورد پارامترهای مورد مطالعه می‌توان از این مدل برای ارزیابی تغییر اقلیم در فرونشست جازموریان استفاده نمود.



شکل ۳: تغییرات سالانه پارامتر بارش در دوره پایه و دوره‌های پیش‌بینی در فرونشست جازموریان (ایستگاه‌های ایرانشهر و میانده جیرفت) با استفاده از سه سناریو تغییر اقلیم

Figure 3: Annual precipitation (mm) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the weather stations in Iranshahr and Jiroft

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

با توجه به اقلیم فرونشست جازموریان در دوره گذشته و همچنین سناریوی اقلیمی تهیه شده از خروجی مدل، میزان بارش‌های روزانه دو ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه در سه دوره‌ی آینده نزدیک (۲۰۳۰-۲۰۱۱)، آینده میانی (۲۰۶۵- ۲۰۴۶) و آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) محاسبه گردیدند. در شکل (۳) میانگین بارش‌ها در دوره آماری و دوره‌های آینده نشان داده شده است. همچنین در جداول (۱ و ۲) نرمال ماهانه دوره پایه، دوره آینده نزدیک (۲۰۳۰- ۲۰۱۱) و آینده میانی (۲۰۶۵-۲۰۴۶) پارامتر بارش در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو (A1B، A2 و B1) ارائه گردیده است.

جدول ۱- نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) پارامتر بارش در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 1- the average of 20 years (2011-2030) of monthly precipitation (mm) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
ایرانشهر	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۱۹/۹	۱۹/٦	۲٤/۱	۵/۵	۲/۳	۵/۲	۸/۲	۷/۳	۰/٤	۲/۰	۲/۳	۱٦/٤	۱۱۳/۱
	A1B	۳۰/٦	۲۳/۱	۲۹/۸	۱/۹	۳/۱	۷/۸	۸/۷	۸/۷	۱/۳	۱۱/۳	۵/٦	۲۱/۱	۱۵۲/۷
	A2	۱۸/۸	۱۸/۳	۳۲/۳	۲/۰	۲/۷	۵/۷	٦/٤	٦/۸	۰/۹	۹/۰	٤/۸	۱۵/۲	۱۲۲/۸
	B1	۱۸/۱	۱٦/۱	۲۹/۰	۲/۰	۳/۲	٦/۲	۷/۱	۹/۵	۱/۵	۱۲/٤	۵/٤	۱۵/۸	۱۲٦/۲
میانده جیرفت	۱۹۹۱-۲۰۱۰	٤۲/٦	۳۹/۱	٤۱/۳	٦/٦	۳/۰	۱/۹	۱/۱	۱/۵	۱/٤	٤/۷	۵/۳	۲۷/۷	۱۷٦/۲
	A1B	٤۵/۳	۸۱/۷	۳۵/۰	۱۱/۳	۳/۱	۱/٤	۰/۷	۲/۷	۲/۳	۸/۲	۷/۲	۲۹/۱	۲۲۸/٦
	A2	٤۰/۸	۷۵/۰	۳٤/۳	۱۰/۷	۲/۸	۱/٤	۰/۹	۳/۳	۲/۸	٦/۳	٦/۷	۲۵/۹	۲۱۰/۸
	B1	۳۷/۱	٦٤/٦	۳۱/۱	۱۰/۳	۲/۸	۱/۲	۱/۵	۷/۱	۵/۷	۹/۳	۷/۱	۲٦/۱	۲۰۳/۸

جدول ۲- نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰۶۵-۲۰۴۶) پارامتر بارش در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 2 - 20-years average (2046-2065) of monthly precipitation (mm) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
ایرانشهر	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۱۹/۹	۱۹/٦	۲٤/۱	۵/۵	۲/۳	۵/۲	۸/۲	۷/۳	۰/٤	۲/۰	۲/۳	۱٦/٤	۱۱۳/۱
	A1B	۲۰/٤	۱۵/۱	۱۹/۳	۱/٤	۲/۸	٤/۸	٦/۲	۱۲/۱	۲/۰	۱٤/۲	٤/۹	۱٤/۷	۱۱۷/۷
	A2	۱۸/٦	۱٦/۱	۲۸/٤	۱/۹	۲/۷	۵/۹	٦/٤	۵/۸	۰/۷	۷/۱	٤/۰	۱٤/٤	۱۱۱/۸
	B1	۱۸/۷	۱۱/۷	۱٦/۲	۱/۱	۲/٤	۸/۱	۸/۵	۸/۳	۰/٦	٦/٤	٤/۵	۱۵/۹	۱۰۲/۵
میانده جیرفت	۱۹۹۱-۲۰۱۰	٤۲/٦	۳۹/۱	٤۱/۳	٦/٦	۳/۰	۱/۹	۱/۱	۱/۵	۱/٤	٤/۷	۵/۳	۲۷/۷	۱۷٦/۲
	A1B	٤۱/۰	٦٤/٤	۲٦/۱	۸/۸	۲/۵	۰/۹	۰/۸	٤/۹	۵/۱	۱۰/۳	۷/۱	۲۵/۱	۱۹۷/۰
	A2	۳۷/۲	٦٦/۵	۲۹/٤	٦/۸	۳/٦	۱/٦	۱/۳	٤/۲	۳/۱	۵/۲	٤/۸	۲۲/٦	۱۸٦/٤
	B1	۳٦/۰	۵۱/۸	۲۰/۵	٤/۵	۲/٦	۱/۳	۱/٤	٤/۷	۳/۲	۵/۵	٦/۳	۲۵/۷	۱٦۳/٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

بر اساس تمامی سناریوها، میزان بارش در ماه‌های ژانویه و دسامبر کاهش خواهد یافت. در حالی که ایستگاه ایرانشهر در ماه مارس و اکتبر و ایستگاه جیرفت در ماه فوریه افزایش بارندگی را نشان می‌دهند. بنابراین عمده تغییرات در میزان بارش‌های زمستانه مدیترانه‌ای در منطقه اتفاق خواهد افتاد. نتایج بیانگر تغییرات بسیار ناچیز در بارش‌های مونسونی تابستانه می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی بارش برای هر دو ایستگاه نوسانات بیش‌تری در آینده دور نسبت به دوره پایه نشان داد. نتایج نشان دادند که در آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) در مجموع در هر ۲ ایستگاه سناریوهای B1 و A1B افزایش اندکی در بارش را نسبت به دوره پایه برآورد کرده‌اند. با این وجود سناریوی A2 کاهش اندکی در بارندگی نسبت در این دوره زمانی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد.

نتایج مدل‌سازی تحت سناریوی B1 نشان می‌دهد که منطقه در سال‌های آینده دور (۲۰۸۰- ۲۱۰۰) نسبت به آینده میانی (۲۰٦٥-۲۰٤٦) افزایش در بارش را تجربه خواهد کرد. در حالی که، دو سناریوی دیگر میزان بارش کم‌تری را برای آینده دور نسبت به آینده میانی تخمین زده‌اند. در دوره آینده میانی سناریوی B1 برخلاف دو سناریوی دیگر برای ایستگاه‌های ایرانشهر و میانده جیرفت میانگین سالانه بارش کم‌تری را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به نتایج سناریوهای مختلف به نظر می‌رسد دوره آینده میانی بر مبنای سناریوی B1 کم باران ترین دوره در قرن ۲۱ در ایران است.

دما

همان‌طور که در جداول (۳ تا ٦) نمایش داده شده است، نتایج ارزیابی مدل Lars WG نشان داد که میانگین ماهانه و سالانه دمای بیشینه و دمای کمینه در همه سناریوها در دوره‌های مدل‌سازی بیش‌تر از دوره دیده‌بانی است. بیش‌ترین و کم‌ترین افزایش دما به ترتیب در سناریوهای A2 (کسب‌وکار مثل همیشه) و B1 (زیست‌محیطی‌ترین سناریو) اتفاق خواهد افتاد.

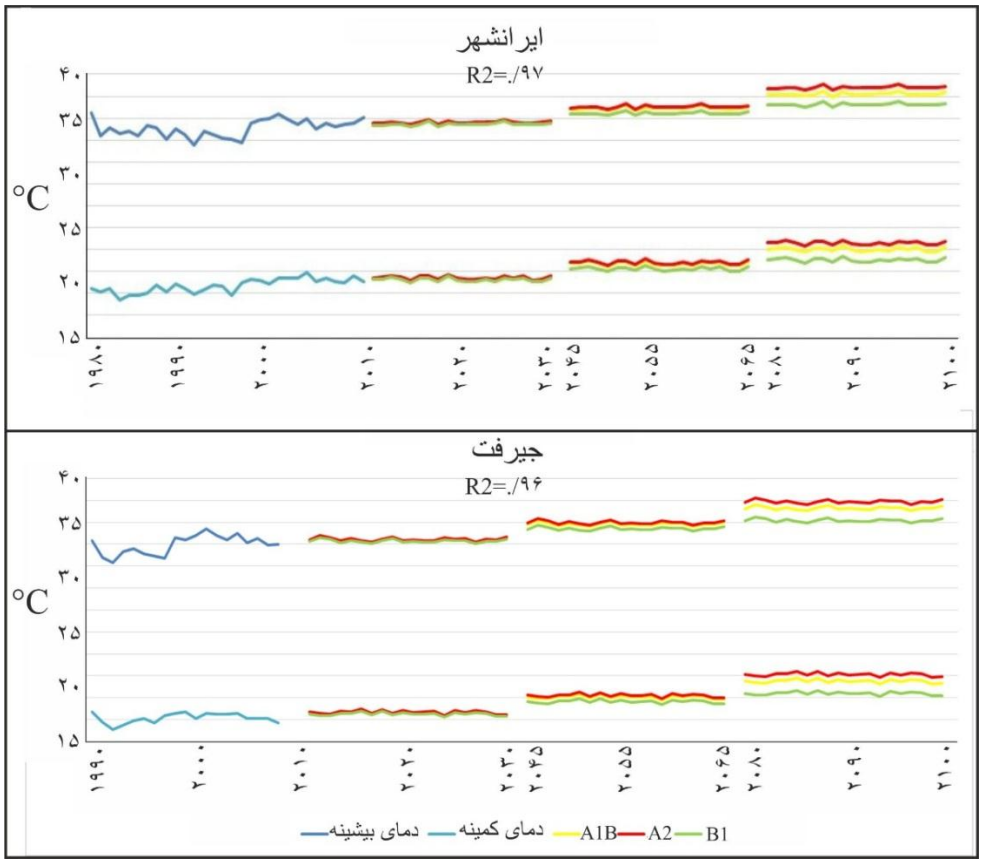
میانگین سالانه دمای بیشینه در ایستگاه ایرانشهر در دوره پیش‌بینی (۲۱۰۰-۲۰۸۰) در سناریو B1 به ۳٦/۲ و در سناریو A2 به ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید که در مقایسه با میانگین ۳٤/۳ درجه‌ای دوره پایه افزایش قابل توجه‌ای را نشان می‌دهد. میانگین سالانه دمای کمینه در ایستگاه ایرانشهر در آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) در سناریو B1 به ۲۲/۱ و در سناریو A2 به ۲۳/٦ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید که در مقایسه با میانگین ۱۹/۳ درجه‌ای دوره پایه افزایش قابل توجه‌ای را نشان می‌دهد.

میانگین سالانه دمای بیشینه در ایستگاه جیرفت در دوره پیش‌بینی (۲۱۰۰-۲۰۸۰) در زیست‌محیطی‌ترین سناریو B1 به ۳۵/۲ و در سناریو A2 (کسب‌وکار مثل همیشه) به ۳٦/۹ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید که در مقایسه با میانگین ۳۳ درجه‌ای دوره پایه افزایش قابل توجه‌ای را نشان می‌دهد. میانگین سالانه دمای کمینه در ایستگاه جیرفت در آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) در سناریو B1 به ۱۹/٤ و در سناریو A2 به ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید که در مقایسه با میانگین ۱۷/۲ درجه‌ای دوره پایه افزایش قابل توجه‌ای را نشان می‌دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

در ایستگاه ایرانشهر و در دوره آماری ۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی تحت سناریوهای مختلف در مقایسه با دوره پایه، میانگین سالانه دمای بیشینه بین ۱/۱ تا ۱/٦ درجه سانتی‌گراد و در ایستگاه میانده جیرفت در مقایسه دو دوره مذکور بین ۱/۵ تا ۱/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در ایستگاه ایرانشهر و در دوره آماری ۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی تحت سناریوهای مختلف در مقایسه با دوره پایه میانگین سالانه دمای کمینه بین ۱/۹ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و در ایستگاه میانده جیرفت در مقایسه دو دوره مذکور بین ۱/۵ تا ۱/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابند.



شکل ٤: تغییرات سالانه پارامترهای اقلیمی در دوره پایه و دوره‌های پیش‌بینی در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Figure 4: changes of the air parameters during different emission scenario compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression.

بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه در ایستگاه ایرانشهر تحت سناریو A2 در آینده دور اتفاق می‌افتد که ٤/۳ برای دمای بیشینه (ماه آوریل) و ٤/٦ (ماه می) برای دمای کمینه می‌باشد. بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه در ایستگاه ایرانشهر در دوره‌ی آینده میانی حدود ۲/۵ درجه سانتی‌گراد که تحت سناریوی‌های A2 در ماه آوریل مشاهده گردید. در ایستگاه ایرانشهر کم‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه در هر دو دوره آینده در ماه اکتبر اتفاق می‌افتد. بیش‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه در ایستگاه جیرفت در دوره‌ی آینده میانی حدود ۲/۷ درجه سانتی‌گراد و در دوره آینده دور حدود ٤/۹ است که تحت سناریوی‌های A2 در ماه آوریل مشاهده

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

گردید. در ایستگاه جیرفت نیز همانند ایستگاه ایرانشهر کم‌ترین افزایش میانگین ماهانه دمای بیشینه در هر دو دوره آینده در ماه اکتبر اتفاق می‌افتد.

جدول ۳- نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) دمای بیشینه در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 3 - 20-years average (2011-2030) of monthly maximum air temperature (°C) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۲۱/۲	۲۳/۸	۲۹/۰	۳۵/۱	۴۱/۲	۴۴/۵	۴۴/۵	۴۳/۴	۴۰/۵	۳۵/۶	۲۹/۲	۲۳/۶	۳۴/۳
ایرانشهر	A1B	۲۱/۵	۲۴/۴	۲۹/۷	۳۶/۲	۴۲/۲	۴۴/۸	۴۴/۸	۴۳/۵	۴۰/۵	۳۵/۰	۲۸/۷	۲۳/۵	۳۴/۶
	A2	۲۱/۷	۲۴/۴	۲۹/۷	۳۶/۱	۴۲/۰	۴۴/۷	۴۴/۷	۴۳/۴	۴۰/۵	۳۵/۱	۲۹/۱	۲۳/۹	۳۴/۶
	B1	۲۱/۴	۲۴/۳	۲۹/۶	۳۵/۹	۴۱/۸	۴۴/۵	۴۴/۸	۴۳/۵	۴۰/۶	۳۴/۹	۲۸/۷	۲۳/۵	۳۴/۵
	۱۹۹۱-۲۰۱۰	۱۸/۸	۲۲/۲	۲۶/۶	۳۳/۷	۳۹/۸	۴۳/۵	۴۳/۹	۴۳/۰	۳۹/۹	۴۳/۷	۲۷/۷	۲۱/۸	۳۳/۰
میانده جیرفت	A1B	۱۹/۳	۲۲/۳	۲۷/۵	۳۴/۷	۴۰/۹	۴۴/۱	۴۴/۴	۴۳/۲	۴۰/۰	۳۴/۱	۲۷/۷	۲۲/۰	۳۳/۴
	A2	۱۹/۵	۲۲/۵	۲۷/۶	۳۴/۷	۴۰/۹	۴۴/۱	۴۴/۳	۴۳/۲	۴۰/۰	۳۴/۳	۲۸/۱	۲۲/۴	۳۳/۵
	B1	۱۹/۳	۲۲/۳	۲۷/۵	۳۴/۶	۴۰/۷	۴۳/۹	۴۴/۲	۴۳/۱	۴۰/۰	۳۴/۱	۲۷/۷	۲۲/۰	۳۳/۳

جدول ٤– نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰٦۵-۲۰٤٦) دمای بیشینه در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 4 - 20-years average (2046-2065) of monthly maximum air temperature (°C) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۲۱/۲	۲۳/۸	۲۹/۰	۳۵/۱	۴۱/۲	۴۴/۵	۴۴/۵	۴۳/۴	۴۰/۵	۳۵/۶	۲۹/۲	۲۳/۶	۳۴/۳
ایرانشهر	A1B	۲۲/۹	۲۵/۶	۳۱/۰	۳۷/۵	۴۳/۵	۴۶/۱	۴۶/۰	۴۴/۸	۴۱/۹	۳۶/۲	۳۰/۲	۲۵/۲	۳۵/۹
	A2	۲۳/۱	۲۵/۸	۳۱/۲	۳۷/۶	۴۳/۵	۴۶/۲	۴۶/۱	۴۴/۹	۴۲/۱	۳۶/۴	۳۰/۳	۲۵/۳	۳۶/۰
	B1	۲۲/۲	۲۴/۹	۳۰/۵	۳۷/۱	۴۳/۱	۴۵/۸	۴۵/۷	۴۴/۳	۴۱/۴	۳۵/۹	۲۹/۸	۲۴/۵	۳۵/۴
	۱۹۹۱-۲۰۱۰	۱۸/۸	۲۲/۲	۲۶/۶	۳۳/۷	۳۹/۸	۴۳/۵	۴۳/۹	۴۳/۰	۳۹/۹	۴۳/۷	۲۷/۷	۲۱/۸	۳۳/۰
میانده جیرفت	A1B	۲۰/۷	۲۳/۶	۲۹/۰	۳۶/۲	۴۲/۵	۴۵/۷	۴۵/۹	۴۴/۷	۴۱/۵	۳۵/۵	۲۹/۱	۲۳/۶	۳۴/۸
	A2	۲۰/۹	۲۳/۸	۲۹/۲	۳۶/۴	۴۲/۵	۴۵/۷	۴۵/۹	۴۴/۸	۴۱/۷	۳۵/۸	۲۹/۴	۲۳/۸	۳۵/۰
	B1	۲۰/۱	۲۳/۰	۲۸/۵	۳۵/۹	۴۲/۳	۴۵/۵	۴۵/۴	۴۴/۲	۴۱/۰	۳۵/۲	۲۸/۸	۲۳/۰	۳۴/۴

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

جدول ۵- نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) دمای کمینه در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 5 - 20-years average (2011-2030) of monthly minimum air temperature (°C) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
ایرانشهر	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۷/۹	۱۰/۳	۱٤/٥	۱۹/٦	۲٥/۰	۲۹/۰	۳۰/۳	۲۸/٦	۲٤/۸	۱۹/۳	۱۳/٤	۹/۲	۱۹/۳
	A1B	۸/۸	۱۰/۸	۱٥/۸	۲۱/۰	۲٦/٥	۳۰/۲	۳۱/٦	۲۹/۷	۲٦/۱	۱۹/۷	۱٤/۳	۱۰/۰	۲۰/٤
	A2	۹/۰	۱۰/۹	۱٥/۹	۲۰/۸	۲٦/۳	۳۰/۲	۳۱/٦	۲۹/۷	۲٦/۱	۱۹/۹	۱٤/۷	۱۰/٤	۲۰/٤
	B1	۸/۸	۱۰/۷	۱٥/۷	۲۰/۷	۲٦/۱	۳۰/۰	۳۱/٦	۲۹/۷	۲٦/۱	۱۹/٦	۱٤/۲	۱۰/۱	۲۰/۳
میانده جیرفت	۱۹۹۱-۲۰۱۰	٦/٦	۹/۱	۱۲/٤	۱٦/۸	۲۱/۷	۲٥/۳	۲۷/٥	۲٦/۲	۲۲/۸	۱۷/٤	۱۲/۱	۷/۹	۱۷/۲
	A1B	۷/۰	۹/٥	۱۳/۰	۱۷/۷	۲۲/٦	۲٦/۱	۲۸/۳	۲٦/٥	۲۳/۰	۱۷/۰	۱۲/۰	۸/٤	۱۷/٦
	A2	۷/۲	۹/٦	۱۳/۱	۱۷/۷	۲۲/٥	۲٦/۰	۲۸/۲	۲٦/٥	۲۳/۰	۱۷/۲	۱۲/٤	۸/۸	۱۷/۷
	B1	۷/۰	۹/٤	۱۳/۰	۱۷/٦	۲۲/۳	۲٥/۸	۲۸/۱	۲٦/٤	۲۳/۰	۱۷/۰	۱۲/۰	۸/٥	۱۷/٥

جدول ٦- نرمال ماهانه دوره پایه و ۲۰ سال آتی (۲۰٦٥-۲۰٤٦) دمای کمینه در فرونشست جازموریان با استفاده از سه سناریو

Table 6- 20-years average (2046-2065) of monthly minimum air temperature (°C) during different emission scenarios compared to the observed data as recorded in the Jazmurian depression

ایستگاه		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین دوره
ایرانشهر	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۷/۹	۱۰/۳	۱٤/٥	۱۹/٦	۲٥/۰	۲۹/۰	۳۰/۳	۲۸/٦	۲٤/۸	۱۹/۳	۱۳/٤	۹/۲	۱۹/۳
	A1B	۱۰/۲	۱۲/۰	۱۷/۱	۲۲/۳	۲۷/۷	۳۱/٥	۳۲/۹	۳۱/۰	۲۷/٤	۲۰/۹	۱٥/۸	۱۱/۸	۲۱/۷
	A2	۱۰/٥	۱۲/۳	۱۷/٤	۲۲/٤	۲۷/۸	۳۱/٦	۳۳/۰	۳۱/۱	۲۷/٦	۲۱/۲	۱٥/۸	۱۱/۸	۲۱/۹
	B1	۹/٦	۱۱/٤	۱٦/٦	۲۱/۹	۲۷/٤	۳۱/۲	۳۲/٥	۳۰/٥	۲٦/۹	۲۰/٦	۱٥/۳	۱۱/۱	۲۱/۳
میانده جیرفت	۱۹۹۱-۲۰۱۰	٦/٦	۹/۱	۱۲/٤	۱٦/۸	۲۱/۷	۲٥/۳	۲۷/٥	۲٦/۲	۲۲/۸	۱۷/٤	۱۲/۱	۷/۹	۱۷/۲
	A1B	۸/٤	۱۰/۸	۱٤/٥	۱۹/۲	۲٤/۱	۲۷/٦	۲۹/۸	۲۸/۰	۲٤/٥	۱۸/۳	۱۳/٥	۱۰/۱	۱۹/۱
	A2	۸/٦	۱۱/۰	۱٤/۷	۱۹/٤	۲٤/۲	۲۷/٦	۲۹/۸	۲۸/۱	۲٤/۷	۱۸/۷	۱۳/۷	۱۰/۲	۱۹/۲
	B1	۷/۸	۱۰/۲	۱٤/۱	۱۸/۹	۲۳/۹	۲۷/۳	۲۹/٤	۲۷/٥	۲٤/۰	۱۸/۱	۱۳/۱	۹/٥	۱۸/٦

در جدول (۷) جمع‌بندی تغییرات اقلیم فرونشست جازموریان برای دوره پایه و دوره‌های ۲۰ ساله پیش‌بینی ارائه گردیده است. میانگین بارش در دوره پایه (ایرانشهر ۱۱۳/۱ میلی‌متر و جیرفت ۱۷٦/۲ میلی‌متر) در دوره‌ی آینده نزدیک (۲۰۳۰- ۲۰۱۱) با میانگین بارش در ۳ سناریو (میانگین ایرانشهر ۹/ ۱۳۳میلی‌متر و میانگین جیرفت ٤/

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

۲۱٤میلی‌متر) افزایش نشان می‌دهد. بنابراین در آینده نزدیک در مجموع در هر ۲ ایستگاه سال‌های پرباران‌تری خواهیم داشت. در دوره آینده میانی (۲۰٦۵- ۲۰٤٦) برای ایستگاه‌های ایرانشهر و میانده جیرفت سناریوی B1 میانگین سالانه بارش کم‌تری را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد. در دوره آینده دور در هر ۲ ایستگاه بارش‌ها نوسانی است. اما میانگین بارش‌ها تغییر جدی را نسبت به دوره پایه نشان نمی‌دهد. در مجموع با توجه به نتایج برای ایستگاه ایرانشهر نسبت به ایستگاه میانده جیرفت به نظر می‌رسد سناریوهای مختلف وضع خشک‌تری را برای نیمه شرقی جازموریان نسبت به نیمه غربی متصورند.

برمبنای سناریوهای مختلف افزایش دما روند رو به رشدی را در سال‌های آینده خواهد داشت. به نحوی که این افزایش در دوره پیش‌بینی آینده میانی (۲۰٦۵-۲۰٤٦) قابل ملاحظه (افزایش ۱/۵ تا ۲/۱ درجه‌ای میانگین دما) و در دوره پیش‌بینی آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) بسیار نگران کننده (کمینه افزایش ۲/٤ تا ۳/۹ درجه‌ای میانگین دما) است.

جدول ۷- جمع‌بندی تغییرات اقلیم فرونشست جازموریان برای دوره پایه و دوره‌های ۲۰ ساله پیش‌بینی

Table 7- Summary of changes in climatic conditions of 20-years average forecast periods in the Jazmurian playa compared to observed data.

		ایرانشهر				میانده جیرفت			
		بارش	دمای بیشینه	دمای کمینه	دمای میانگین	بارش	دمای بیشینه	دمای کمینه	دمای میانگین
دوره پایه	۱۹۹۱- ۲۰۱۰	۱۱۳/۱	۳٤/۳	۱۹/۳	۲٦/۸	۱۷٦/۲	۳۳/۰	۱۷/۲	۲۵/۱
دوره آینده (۲۰۳۰- ۲۰۱۱)	A1B	۱۵۲/۷	۳٤/٦	۲۰/٤	۲۷/۵	۲۲۸/٦	۳۳/٤	۱۷/٦	۲۵/۵
	A2	۱۲۲/۸	۳٤/٦	۲۰/٤	۲۷/۵	۲۱۰/۸	۳۳/۵	۱۷/۷	۲۵/٦
	B1	۱۲٦/۲	۳٤/۵	۲۰/۳	۲۷/٤	۲۰۳/۸	۳۳/۳	۱۷/۵	۲۵/٤
	میانگین	۱۳۳/۹	۳٤/٦	۲۰/٤	۲۷/۵	۲۱٤/٤	۳۳/٤	۱۷/٦	۲۵/۵
دوره آینده (۲۰٦۵- ۲۰٤٦)	A1B	۱۱۷/۷	۳۵/۹	۲۱/۷	۲۸/۸	۱۹۷/۰	۳٤/۸	۱۹/۱	۲۷
	A2	۱۱۱/۸	۳٦/۰	۲۱/۹	۲۹/۰	۱۸٦/٤	۳۵/۰	۱۹/۲	۲۷/۱
	B1	۱۰۲/۵	۳۵/٤	۲۱/۳	۲۸/٤	۱٦۳/٤	۳٤/٤	۱۸/٦	۲٦/۵
	میانگین	۱۱۰/۷	۳۵/۸	۲۱/٦	۲۸/۷	۱۸۲/۳	۳٤/۷	۱۹/۰	۲٦/۹
دوره آینده (۲۰۹۹- ۲۰۸۰)	A1B	۱۱۱/۵	۳۷/۲	۲۳/۰	۳۰/۱	۱۸۳/۵	۳٦/۳	۲۰/۵	۲۸/٤
	A2	۱۰۲/۱	۳۷/۸	۲۳/٦	۳۰/۷	۱۷۰/۱	۳٦/۹	۲۱/۱	۲۹/۰
	B1	۱۲۲/٤	۳٦/۲	۲۲/۱	۲۹/۲	۱۹۱/٦	۳۵/۲	۱۹/٤	۲۷/۳
	میانگین	۱۱۲/۰	۳۷/۱	۲۲/۹	۳۰/۰	۱۸۱/۷	۳٦/۱	۲۰/۳	۲۸/۲

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

در نشست آب‌وهوایی پاریس میانگین افزایش دما تا پایان قرن ۲۱ زیر ۲ درجهٔ سلسیوس هدف‌گذاری گردید، تا از اثرات آب‌وهوایی ناگوار و غیرقابل برگشتی اجتناب گردید. که شامل ۰/۹ درجه افزایش می‌باشد که از قبل از انقلاب صنعتی تا امروز به آن رسیده‌ایم. نتایج تحقیق بیانگر این واقعیت است که جنوب‌شرق ایران در مسیر افزایش چندین درجه‌ای دما تا سال ۲۱۰۰ هستیم. با هر یک درجه افزایش دما، اثرات در دامنه و وسعت انهدام باهم ترکیب می‌گردند.

برای درک بهتر تغییرات به ازای هر یک درجه افزایش یا کاهش دمای کره زمین مطالعات دیرینه اقلیم بسیار راهگشا هستند. ۲۰ هزار سال قبل دمای زمین ٤ درجه از عصر حاضر کم‌تر بود. در این دوره که با نام آخرین بیشینه‌ی یخچالی شناخته می‌شود، بیش‌تر مساحت کانادا، اروپای شمالی و بریتانیا از قطعات یخ پوشانده شده بودند. افزایش ٤ درجه‌ای هوا منجر به ذوب شدن این یخ‌ها شده و مناطق زیادی قابل سکونت شده‌اند، در این بین با بالا آمدن آب دریاها مناطق زیادی هم در آب غرق شده‌اند.

تغییرات می‌توانند به‌طور ناگهانی رخ دهند. البته نکته حائز اهمیت این است که این اثرات در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند ایران به دلیل مساله جدی خشکسالی و کمبود آب می‌تواند به مراتب شدیدتر و نگران کننده‌تر باشد. افزایش دما در مناطق خشک، به معنی کاهش شدید آب در دسترس است، زیرا گرمای اضافی ناشی از گرمایش جهانی منجر به افزایش تبخیر می‌شود. در نظر داشتن این موضوع نیز دارای اهمیت است که تغییرات اقلیمی صرفا به معنی کم و زیاد شدن باران و سایر پدیده‌های جوی نبوده و می‌تواند به‌صورت تغییرات الگوی رفتاری ظاهر شود. برای نمونه بارش برف تبدیل به بارش باران شود که در نتیجه آن میزان ذخایر آب شیرین کاهش پیدا می‌کند. از سوی دیگر این تغییر الگو می‌تواند منجر به افزایش بارندگی با الگوی غیرمنظم شده که در پی آن مواردی چون بارش‌های مقطعی زیاد و خشکسالی‌های فصلی ظاهر می‌شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج مدل‌سازی تغییرات اقلیم آینده فرونشست جازموریان نشان داد که مدل با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداکثر و دمای حداقل می‌باشد. نتایج مدل‌سازی پارامترهای مختلف هواشناسی و اقلیمی ایستگاه‌های واقع در دو انتهای غربی و شرقی فرونشست جازموریان نشان می‌دهند که در ۵۰ سال آینده افزایش ۱/۵ تا ۲/۱ درجه‌ای میانگین دما و در ۱۰۰ سال آینده افزایش ۲/٤ تا ۳/۹ درجه‌ای میانگین دمای منطقه بر مبنای سناریوهای مختلف قطعی به نظر می‌رسد. میانگین بارش بین سال‌های ۲۱۰۰- ۲۰۸۰ تحت سناریوی B1 افزایش ۱۵ درصدی و تحت سناریوی A2 شرایط خشک‌تری نسبت به دوره پایه را تجربه می‌کند.

قرارگیری ایران در کمربند خشک نیمکره شمالی و همچنین نزدیکی آن به کانون‌های اصلی تولید ریزگرد در ناحیه، اهمیت مطالعات جامع اقلیمی را در مناطقی مانند فرونشست جازموریان دو چندان کرده است. آنچه مسلم به نظر می‌رسد افزایش دما در سال‌های بعد به وقوع خواهد پیوست و به عبارتی دیگر تغییر اقلیم اتفاق خواهد افتاد. روند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

افزایشی در ایران مدتی است که آغاز شده است. اگر این افزایش دما بیش‌تر شود، تغییرات غیرقابل بازگشتی همچون تغییرات شدید آب‌وهوایی و از دست رفتن زیستگاه‌ها رخ خواهد داد که بر همین اساس فقط ۲ دهه برای مهار روند گرمایش زمین فرصت هست.

در سال‌های اخیر مدیریت منابع آبِ محدودِ ایران، با مشکلات و چالش‌های زیادی مواجه شده است. آنچه کاملاً روشن است، این چالش‌ها مدام در حال گسترش هستند. تغییر اقلیم، خشکسالی، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، راندمان‌های پایین سیستم‌های آبیاری، کارایی نامناسب شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدیریت ضعیف مصرف نهاده‌های کشاورزی، سیستم‌های نامطلوب جمع‌آوری و دفع پساب‌ها، عدم توجه مناسب به مسایل فرهنگی و اجتماعی، و از همه مهم‌تر، سیاست‌های خرد و کلان مرتبط با مدیریت آب در بخش‌های مختلف در سال‌های اخیر مشکلات عدیده‌ای برای کشور فراهم ساخته است. از جمله می‌توان به افت سطح آب‌های زیرزمینی، نشست سطح زمین حاصل از این افت، تحت تاثیر قرار گرفتن کیفیت آب و مواردی همچون مهاجرت روستاییان به شهرها، حاشیه‌نشینی، بیکاری و معضلات اجتماعی دیگر اشاره داشت. مهم‌ترین راهکار، سازگاری با تغییرات اقلیم است چراکه با توجه به نتایج مستدل این تحقیق حقیقتا خشکسالی یکی از جدی‌ترین بحران‌های آینده کشور است که در صورت عدم توجه، آینده ایران را از جنبه‌های مختلفی تهدید خواهد کرد.

نتایج مدل‌سازی تغییرات اقلیم جنوب‌شرقی ایران در کنار تغییرات اخیر اقلیمی ایران و توزیع ناهمگون و نامتعادل جمعیت و منابع آب کشور روشن گر این واقعیت است که کمبود آب به دلیل افزایش دما در آینده بسیار جدی‌تر می‌شود و یکی از عوامل اصلی محدود کننده توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به‌شمار خواهد آمد. به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب یک اصل اساسی و ضروری است که این جز با ایجاد یک نظام جامع مدیریت آب میسر نیست.

برای کشورهایی مانند ایران که در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان طبقه‌بندی گردد نظارت دائم بر منابع آب اهمیت دارد. به نظر می‌رسد گام بعدی در این گونه مطالعات بازنگری و تهیه برنامه‌های متناسب با تغییرات اقلیم در بخش مدیریت منابع آبی و تاسیسات زیربنایی مانند طراحی سدها، مهندسی رودخانه‌ها، سیستم‌های جمع‌آوری آب شهری و ... را می‌باشد. به‌عنوان مثال نتایج به‌دست آمده در این تحقیق که در جهت روشن شدن تغییرات اقلیم منطقه جنوب‌شرقی ایران با تاکید بر حوضه آبریز جازموریان ارائه گردیده است باید جزئی لاینفک از مطالعات فاز صفر پروژه‌های ملی باشد. امید است این مطالعات روشن‌گر مسیر مدیران حوضه‌های مرتبط با تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

References

- Busuioc, A., Tomozeiu, R., Cacciamani, C., (2008), "Statistical downscaling model based on canonical correlation analysis for winter extreme precipitation events in the Emilia-Romagna region", ***International Journal of Climatology***, 28: 449-464
- Change, I. P., on C., (2015), "***Climate change 2014: mitigation of climate change***", Cambridge: Cambridge University Press.
- Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, R., Jones, R., Kolli, R. K., Kwon, W. K., Laprise, R., (2007), "***Regional climate projections***", Chapter 11.
- Gurjazkaite, K., Routh, J., Djamali, M., Vaezi, A., Poher, Y., Beni, A. N., Tavakoli, V., Kylin, H., (2018), "Vegetation history and human-environment interactions through the late Holocene in Konar Sandal, SE Iran", ***Quaternary Science Reviews***, 194.
- Jana, B. K., Majumder, M., (Eds.), (2010), "***Impact of climate change on natural resource management***", Springer Science & Business Media.
- Khorshiddoust, A., Jafarzadeh, F., (2020), "Forecasting and analyzing of rainfall changes in the southern coasts of caspian sea in order to environmental planning using SDSM model", ***Journal of Geogrphical Space***, 70: 37-59. [In Persian].
- Krinsley, D. B., (1970), "***A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran ", Part II***, Geological Survey, US Department of Interior. Washington DC.
- Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., Prather, M., (2007), "***Historical overview of climate change science***", Chapter 1.
- Mohammadi, H., Azizi, G., Rabbani, F., Mazahei, D., (2017), " Long-term prediction of the climate variables in northern shore of iran on uncertainty of global climate models", ***Journal of Geographical Space***, 56: 95-113. [In Persian].
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Grubler, A., Riahi, K., Roehrl, R. A., Rogner, H. H., Victor, N., (2000), "***Special report on emissions scenarios (SRES), a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change***", Cambridge: Cambridge University Press.
- Sayemuzzaman, M., Jha, M. K., (2014), "Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States", ***Atmospheric Research***, 137: 183-194.
- Semenov, M. A., Barrow, E. M., (1997), "Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios", **Climatic change**, 35: 397-414.
- Semenov, M. A., Barrow, E. M., (2002), "A stochastic weather generator for use in climate impact studies", ***Rothamsted Research: User Manual, Hertfordshire***.
- Semenov, M. A., (2008), "Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator", ***Climate Research***, 35: 203-212.
- Semenov, M. A., Stratonovitch, P., (2010), "Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts", ***Climate research***, 41: 1-14.
- Semenov, M. A., Pilkington-Bennett, S., Calanca, P., (2013), "Validation of ELPIS 1980-2010 baseline scenarios using the observed European Climate Assessment data set", ***Climate Research***, 57: 1-9 .
- Sharifi, A., Pourmand, A., Canuel, E. A., Ferer-Tyler, E., Peterson, L. C., Aichner, B., Feakins, S. J., Daryaee, T., Djamali, M., Beni, A. N., Lahijani, H. A. K., Swart, P. K., (2015), "Abrupt climate variability since the last deglaciation based on a high-resolution, multi-proxy peat record from NW Iran: The hand that rocked the Cradle of Civilization?" ***Quaternary Science Reviews***, 123: 215-230.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., Miller, H. and Chen, Z., (2007), "***Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4)***", Cambridge: Cambridge University Press.
- Tayebiyan, A., Ali, T. A. M., Ghazali, A. H., Malek, M. A., (2014), "Future Consequences of Global Warming on Temperature and Precipitation at Ringlet Reservoir, Malaysia", ***Int'l Conference on Advances in Environment, Agriculture & Medical Sciences***, November 16-17, Kuala Lumpur.
- Vaezi, A., Ghazban, F., Tavakoli, V., Routh, J., Beni, A. N., Bianchi, T. S., Curtis, J. H., Kylin, H., (2019), "A Late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran", ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, 514.
- Wilby, R.L., Dawson, C. W., Barrow, E. M., (2002), "SDSM-a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts", ***Environmental Modelling & Software***, 17: 145-157.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.75.1.7]