

Prediction of the change trend of temperature and rainfall in the future period and its impact on desertification

Serveh Darvand¹, Hadi Eskandari Dameneh², Hamed Eskandari Damaneh³, Hassan Khosravi^{4*} 

¹M.Sc. Student, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

²Ph.D. of Combatting Desertification, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

³PhD Student, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴Associate Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Desertification is equivalent to land degradation in arid, semi-arid, and semi-humid arid regions affected by climate change and human activities. Recognition of climatic anomalies that are effective in aggravating desert conditions that cause climatic conditions to distance themselves from normal long-term conditions in a certain spatial and temporal range as a major factor or precondition for the intensification of human activities is essential. Climate change, has multiple effects on various ecosystems. Given the wide-ranging effects of climate change on desertification and economic and social issues, knowing how such changes occur in environmental planning will be very effective.

Materials and Methods

Investigating temperature and precipitation changes, as two main elements of the climate structure, in the statistical period 1989-2010 and predict these changes in the study periods 2011-2030, 2046-2065, and 2080-2099, in three decades 2020, 2050 and 2090 were performed at Baft Synoptic Station using LARS-WG micro-scale method. Baft City is located in the southwest of Kerman Province. Daily data of rainfall, temperature parameters, and sunshine duration during the period 1989-2010 were collected. A homogeneity test was performed. The LARS-WG model is a multivariate regression model for the production of climatic data by statistical micro-scale techniques according to a specific climate change scenario in the future. The monthly and seasonally results of the HadCM3 model were generated under the emission scenario of A2, A1B, and B1.

Results and Discussion

The highest increase in average daily temperature is related to scenario A2 in autumn, scenario A2 in spring and scenario A2 in summer. Comparison of seasonal temperature changes in the future also shows an increase in temperature in all seasons, especially spring and summer. The highest rainfall is related to the months of February in scenario A1B, March in scenario A2, January in scenario A1B and February in scenario A2, respectively, and only in July and December the precipitation decreased in all three scenarios. In the period 2046-2065, the highest increase in rainfall is related to January and February in scenario A1B, March in scenario B1, and January in scenario A2, respectively, and the least rainy month compared to the base period is December. In the period 2080-2099, the highest increase in rainfall is related to March in scenario A1B and scenario B1 and January in scenario A2, respectively, and the least rainy month compared to the base period is December.

Conclusion

The temperature will increase in all months as well as decrease rainfall in summer and increase it in autumn and winter. This increase in temperature and decrease in rainfall are among the factors aggravating desertification based on climate criteria. The findings can be used to estimate changes in water resources, agricultural crop yields, droughts and floods in the future.

Keywords: Baft County, Climate Change, Desertification, Exponential Downscaling

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: hakhosravi@ut.ac.ir

Citation: Darvand, S., Eskandari Dameneh, H., Eskandari Damaneh, H., & Khosravi, H. (2021). Prediction of the change trend of temperature and rainfall in the future period and its impact on desertification. *Water and Soil Management and Modeling*, 1(1), 53-66.

DOI: 10.22098/MMWS.2021.1181

DOR: 20.1001.1.27832546.1400.1.1.5.3

Received: 16 April 2021, Accepted: 12 May 2021

Water and Soil Management and Modeling, Year 2021, Vol. 1, No. 1, pp. 53-66

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





پیش بینی روند تغییرات دما و بارش در دوره آتی و تأثیر آن بر بیابان زایی

سروه داروند^۱، هادی اسکندری دامنه^۲، حامد اسکندری دامنه^۳، حسن خسروی^{۴*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲ دکتری بیابان زایی، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
^۳ دانشجوی دکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۴ دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

تغییر اقلیم، به عنوان یکی از مهم ترین مشکلات اکولوژیکی قرن ۲۱، از عوامل مؤثر بر بیابان زایی است و باعث اثرات متعدد بر اکوسیستم های گوناگون می شود. با توجه به اهمیت این پدیده، در این پژوهش اثرات تغییر اقلیم بر بیابان زایی در شهرستان بافت استان کرمان با استفاده از مدل HadCM3، تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی تغییرات اقلیمی از آمار ایستگاه سینوپتیک بافت طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ استفاده شد. پس از جمع آوری داده ها و اطلاعات، نسبت به آزمون همگنی و اصلاح داده ها اقدام شد. برای دقت تجزیه مکانی و زمانی مورد نیاز از روش ریزمقیاس LARS-WG در سه گام واسنجی، صحت سنجی و تولید داده های هواشناسی استفاده شد. بررسی تغییرات دمایی در فصل های مختلف دوره های مطالعاتی ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نشان داد که در تمام فصل ها در منطقه افزایش دما اتفاق افتاده است؛ به طوری که بیش ترین افزایش دمای متوسط روزانه طی دوره های مطالعاتی به ترتیب مربوط به سناریوهای A2 در فصل پاییز، A2 در فصل بهار و A2 در فصل تابستان است. مقایسه تغییرات فصلی دما در آینده نیز نشان از افزایش دما در تمام فصل ها، به ویژه بهار و تابستان دارد. همچنین، بیش ترین بارندگی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ به ترتیب مربوط به ماه های فوریه در سناریوی A1B، مارس در سناریوی A2، ژانویه در سناریوی A1B و فوریه در سناریوی A2 است و فقط در ماه ژوئیه و دسامبر کاهش بارندگی در هر سه سناریو صورت گرفته است. در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ بیش ترین افزایش بارندگی به ترتیب مربوط به ماه های ژانویه و فوریه در سناریوی A1B، مارس در سناریوی B1 و ژانویه در سناریوی A2 است و کم بارش ترین ماه نسبت به دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نیز به ترتیب بیش ترین افزایش بارندگی مربوط به ماه های مارس در سناریوی A1B و سناریوی B1 و ژانویه در سناریوی A2 است و کم بارش ترین ماه نسبت به دوره پایه، دسامبر است. با افزایش دما و کاهش بارندگی، منطقه بیش تر به سمت خشک سالی می رود و زمینه برای بیابان زایی در آینده فراهم می شود.

واژه های کلیدی: بیابان زایی، تغییر اقلیم، شهرستان بافت، ریزمقیاس نمایی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hakhosravi@ut.ac.ir

استناد: داروند، س.، اسکندری دامنه، ه.، اسکندری دامنه، ح.، و خسروی، ح. (۱۴۰۰). پیش بینی روند تغییرات دما و بارش در دوره آتی و تأثیر آن بر بیابان زایی. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱(۱)، ۵۳-۶۶.

DOI: 10.22098/MMWS.2021.1181

DOR: 20.1001.1.27832546.1400.1.1.5.3

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۰، دوره ۱، شماره ۱، صفحه ۵۳ تا ۶۶

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

بیابان‌زایی معادل تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. شناخت ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثر در تشدید شرایط بیابانی که موجب فاصله گرفتن شرایط اقلیمی در محدود مکانی و زمانی خاص از شرایط نرمال درازمدت می‌شود، به‌عنوان عامل اصلی یا زمینه‌ساز تشدید فعالیت‌های انسانی امری ضروری است (Ownegh et al., 2017). تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مشکلات اکولوژیکی قرن ۲۱ است. با توجه به گزارش پنجم هیئت بین دول تغییرات آب و هوایی (Pourmohammadi et al., 2017; Savari et al., 2020; Ghorbani et al., 2021; Ahmadaali et al., 2021)، این تغییرات جهانی به احتمال بسیار زیاد ناشی از عوامل انسانی است. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد (Eskandari Damaneh et al., 2016; Shiravand and Hashemi, 2016). پیش‌بینی کمیت و کیفیت تحولات اقلیمی یکی از مسائل پیچیده‌ای است که ذهن اقلیم‌شناسان را به خود مشغول کرده است. اکنون به مدد دستیابی به فن‌آوری‌های نوین و در اختیار داشتن سری‌های متعدد داده‌های لازم از متغیرهای اقلیمی و به یاری دانش درک روابط بین این متغیرها، گام‌های اساسی در درک و پیش‌بینی روندهای اقلیمی پدیدار شده است، به‌نحوی که اکنون مدل‌های کامپیوتری همگی در حیطه توانایی خود به مسائل پیش‌بینی اقلیم و عوامل مؤثر بر تغییر اقلیم پاسخ می‌دهند (Khosravi et al., 2017; Eskandari Damaneh et al., 2019; Eskandari Damaneh et al., 2020).

مطالعات متعددی در ارتباط با پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی با مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی انجام شده است. برای نمونه، Koch and Cherie (2013) دو مدل آماری LARS-WG و SDSM برای کاهش مقیاس متغیرهای دما و بارش در حوضه نیل را مقایسه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد هر دو مدل با دقت قابل قبولی متغیرهای اقلیمی را شبیه‌سازی می‌کنند. (Chen et al., 2013) میزان دما و بارش را برای سودان با هفت مدل گردش عمومی جو بر اساس سناریو A2 و با استفاده از مدل LARS-WG پیش‌بینی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد بین کم‌ترین و بیش‌ترین دمای همه مدل‌های گردش عمومی جو نوعی هماهنگی در کلیه ایستگاه‌ها وجود دارد، اما درباره بارش یک عدم قطعیت زیاد در مدل گردش عمومی جو است. علاوه بر این، Gulacha and Mulungu

(2017) با ارزیابی دما و بارندگی حوضه آبریز تانزانیا با استفاده از GCM و ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM به این نتیجه رسیدند که میانگین حداکثر و حداقل دمای ماهانه یک روند افزایشی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ دارد. در ایران، (Salajegheh et al., 2017) به پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM در دوره آینده بر پایه سناریوی A2 پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار میانگین بارش سالانه نسبت به دوره‌های قبل کاهش یافته است. هم‌چنین دمای متوسط حداقل و حداکثر نسبت به دوره‌های پایه افزایش یافته است. در ادامه، (Askarizadeh et al., 2018) به پیش‌بینی نوسانات نمایه‌های حدی بارش در شهر مشهد با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که احتمالاً میانگین بیشینه بارش پنج روزه و شدت بارش طی دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت سناریوی A2 افزایش می‌یابد. سهم بیش‌تری از کل بارش سالانه به وقوع بارش‌های سیل‌آسا و رگباری؛ یعنی بارش‌های بیش از صدک ۹۵ و ۹۹ دوره پایه تعلق خواهد داشت. (Javadizadeh et al., 2019) به بررسی کارایی الگوهای مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در پیش‌بینی پارامترهای دمای پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای حوضه میناب در اکثر نواحی روند افزایشی را تجربه کرده است. بیش‌ترین افزایش دما تا ۲۱۰۰ در بخش‌های جنوبی و شرقی حوضه میناب مشاهده شده است. (Hasirchian et al., 2019) به ارزیابی عملکرد مدل SDSM در بررسی اثر تغییر اقلیم بر بارش و دما پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در آینده میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهانه در همه ماه‌های سال تقریباً به‌صورت یکسان افزایش، میانگین بارش در فصل بهار کاهش و در فصل پاییز افزایش خواهد یافت. (Nazari Samani et al., 2019) به بررسی نقش روند تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی بر وضعیت بیابان‌زایی آتی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان شدت بیابان‌زایی در طول زمان تغییر کرده که این تغییرات از طبقه کم به متوسط و از طبقه متوسط به شدید متفاوت بوده است، با مقایسه دوره‌های مختلف می‌توان بیان کرد که بیابان‌زایی در طول زمان افزایش پیدا کرده است. هم‌چنین روند اهمیت شاخص‌های اقلیمی در آینده به سمت استمرار بیش‌تر خشک‌سالی خواهد بود.

اخیراً، Etemadi and Delshab (2020) نیز به بررسی اثرات پیش‌بینی شده احتمالی تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های ساحلی مانگرو و خلیج فارس با تأکید بر متغیرهای دما و بارش پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان افزایش دمای میانگین فصل زمستان و تابستان در طول دوره ۴۷ ساله به ترتیب ۱/۸ و ۱/۷ درجه

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان بافت، واقع در جنوب غربی استان کرمان، یکی از مرتفع‌ترین مناطق استان کرمان و ایران است. مرکز این شهرستان، شهر بافت است که ۱۵۶ کیلومتر از شهر کرمان فاصله دارد. بافت منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر است؛ به طوری که ارتفاع میانگین مرکز شهرستان یعنی شهر بافت از سطح دریا ۲۲۸۰ متر است. در قسمت‌های شمالی شهر ارتفاع به ۲۳۳۰ متر از سطح دریا نیز می‌رسد. به لحاظ جغرافیایی این شهرستان در موقعیت جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه الی ۵۷ درجه و ۱۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۷ دقیقه و ۴۷ ثانیه الی ۲۹ درجه و ۳۴ دقیقه و ۱۲ ثانیه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). میانگین بارندگی سالانه آن ۲۴۹ میلی‌متر است. با توجه به قرار گرفتن شهرستان بافت در کمربند مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی دارای اقلیم گرم و خشک است؛ بنابراین، تحت تأثیر تغییر اقلیم در آینده، به‌ویژه تغییر در مؤلفه‌های دما و بارش، زمینه برای بیابان‌زایی ایجاد خواهد شد.

۲-۲- روش پژوهش

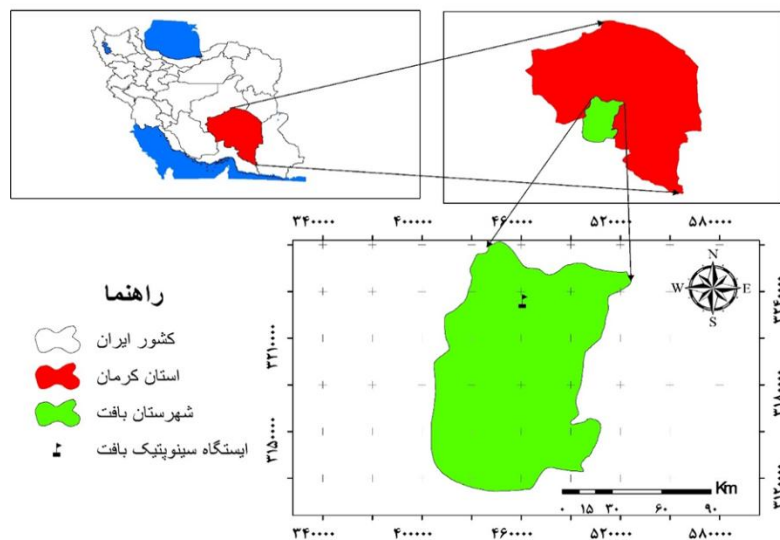
داده‌های روزانه هواشناسی برای کاربردهای مختلف مانند مطالعه ساختارهای هیدرولیکی، مطالعات هیدرولوژی حوزه آبخیز، تعیین تبخیر، ارزیابی آلاینده‌های خاک و اجرای مدل‌های شبیه‌سازی هواشناسی مورد نیاز است. در پژوهش حاضر برای دستیابی به نتایج مناسب در زمینه مطالعه اثرات سناریوهای تغییرات اقلیمی بر متغیرهای اقلیمی شهرستان بافت، ریزمقیاس‌نمایی در مقیاس ایستگاه‌های اقلیمی و با استفاده از متغیرهای اقلیمی مناسب انجام شد و سپس مقادیر متغیرهای اقلیمی دما و بارش حاصل از شبیه‌سازی‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بنابراین، جهت بررسی تغییرات اقلیمی از آمار ایستگاه سینوپتیک بافت (داده‌های بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر، دمای متوسط روزانه و ساعات آفتابی روزانه) طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ استفاده شد. داده‌های روزانه دما و بارش از سازمان هواشناسی ایران تهیه شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات برای محدوده مطالعاتی، نسبت به آزمون همگنی (در صورت نیاز) و اصلاح داده‌ها اقدام شد. از آنجا که خروجی مدل‌های اقلیمی، دقت تجزیه مکانی و زمانی مورد نیاز را ندارد، لازم است که برای منطقه مد نظر ریزمقیاس‌نمایی شود (Hafezparast and Pourkheirolah, 2017). بنابراین، از روش ریزمقیاس‌متداول LARS-WG استفاده شد. مدل LARS-WG یک مدل رگرسیونی چندمتغیره برای تولید داده‌های آب و هوایی

سانتی‌گراد بوده است. هر دو مدل canESM2 و HadCM زمستان‌های گرم‌تری را در دهه‌های آتی برای استان بوشهر پیش‌بینی کردند. همچنین، (Jahangir et al., 2020) به پیش‌بینی بارش در حوزه آبخیز کرخه با استفاده از مدل LARS-WG پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در ایستگاه‌های اسلام‌آباد غرب، بستان، روانسر و ملایر میزان بارندگی ۱۹ سال دوره آینده نسبت به ۱۹ سال دوره گذشته بر اساس هر سه سناریوی A1B و A2 و B1 افزایش پیدا می‌کند و سناریوی اقلیمی A2 افزایش بیش‌تری را نسبت به دیگر سناریوها نشان می‌دهد. همچنین، میزان بارندگی دوره آینده نسبت به گذشته در ایستگاه کنگاور، طبق هر سه سناریوی A1B و A2 و B1 کاهش خواهد یافت. در ایستگاه خرم‌آباد فقط طبق سناریوی A2 افزایش بارندگی در دوره آینده نسبت به دوره گذشته خواهد بود و طبق سناریوهای A1B و B1 میزان بارندگی دوره آینده روند کاهشی خواهد داشت.

با توجه به مطالب ذکر شده، برای درک ماهیت پیچیده اتمسفر و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده، باید مدلی از اقلیم با استفاده از قوانین و روابط ریاضی، بین پارامترهای مختلف اتمسفر فراهم نمود. مدل‌های گردش عمومی جو، مدل‌های ریاضی (شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای) ویژگی‌ها و فرآیندهای جوی اقیانوسی هستند که هدف آن‌ها توصیف سیستم اقلیمی کره زمین است. در مطالعات تغییر اقلیم، پیش‌بینی‌های اقلیم آینده توسط مدل گردش عمومی جو (GCMs) و تحت سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شده است، اما خروجی مدل‌های گردش عمومی جو که پارامترهای بزرگ‌مقیاس و در ابعاد چند ده هزار کیلومتر مربع هستند، فاقد دقت مکانی و زمانی مناسب جهت استفاده در مناطق کوهستانی بوده و برای مطالعه فرآیندهای بارش نامناسب هستند (Afrooz et al., 2015; Kabiri et al., 2015). با توجه به پژوهش‌های انجام شده می‌توان گفت مدل LARS-WG عملکرد مناسبی برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی داشته و می‌توان از آن جهت ارزیابی تغییرات اقلیمی در آینده استفاده کرد. با توجه به اثرات وسیع تغییر اقلیم در زمینه بیابان‌زایی و مسائل اقتصادی-اجتماعی، اطلاع از چگونگی بروز چنین تغییراتی در برنامه‌ریزی‌های محیطی بسیار مؤثر خواهد بود. لذا در این پژوهش به بررسی تغییرات دما و بارش، به‌عنوان دو عنصر اصلی تشکیل‌دهنده ساختار اقلیم، در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و پیش‌بینی این تغییرات در دوره‌های مطالعاتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰؛ یعنی سه دهه ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۹۰ در ایستگاه سینوپتیک شهرستان بافت با استفاده از روش ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG پرداخته شد.

توسط فن‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری است (Wilks, 1992; Wilks and Wilby, 1999) که به مراتب از دیگر برنامه‌ها به دلیل تکرار محاسبات، نیاز کم‌تر به داده‌های ورودی و سادگی استفاده، دارای کاربرد بیش‌تری است (Dibike and Coulibaly, 2005; Kilsby et al., 2007; Semonov et al., 2018). مراحل تولید سناریوهای اقلیم روزانه توسط مدل LARS-WG 5.1 در سه گام انجام می‌شود:

توسط فن‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری است (Wilks, 1992; Wilks and Wilby, 1999) که به مراتب از دیگر برنامه‌ها به دلیل تکرار محاسبات، نیاز کم‌تر به داده‌های ورودی و سادگی استفاده، دارای کاربرد بیش‌تری است (Dibike and Coulibaly, 2005; Kilsby et al., 2007; Semonov et al., 2018).



شکل ۱- موقعیت شهرستان بافت به همراه ایستگاه سینوپتیک آن

Figure 1- Location of Baft City and its synoptic station

مقدار P^4 هست که احتمال این که هر دو مجموعه از داده‌ها متعلق به همان توزیع باشند را می‌سنجد، بنابراین، برای یک مقدار P بسیار پایین، فرض صفر رد شده است (اختلاف بین اقلیم واقعی و اقلیم شبیه‌سازی شده برای آن متغیر معنی‌دار است و شباهت بین آن‌ها غیرمحتمل است). بر عکس یک مقدار P بالا بیان‌گر قابل قبول بودن فرض صفر است (تفاوت‌ها به اندازه کافی کوچک‌اند و اختلاف معنادار نیست). در این مطالعه برای این آزمون‌ها سطح اطمینان یک درصد در نظر گرفته شده است، بنابراین می‌توان فرض صفر را پذیرفت.

گام سوم، تولید^۵ داده‌های هواشناسی: داده‌های هواشناسی (دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش) برای هر تعداد سال دلخواه بر طبق سناریوی تغییر اقلیم خاصی در آینده شبیه‌سازی می‌شوند. در این مرحله، سری ۲۰ ساله از دمای متوسط و بارش روزانه بر اساس نتایج مدل HadCM3 (تحت سناریوی انتشار A2 (بدبینانه)، A1B (حد وسط) و B1 (خوش‌بینانه) در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ تولید شد و به صورت ماهانه و فصلی نشان داده شد. از تجزیه و تحلیل شکل‌های مربوطه و پی بردن به وضعیت اقلیم

گام اول واسنجی مدل^۱: توانمندی مدل LARS-WG در مدل‌سازی اقلیمی دوره پایه ایستگاه سینوپتیک بافت، بر اساس سناریوی حالت پایه مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، توانمندی این مدل مطابق داده‌های ۲۲ سال دیده‌بانی ۲۰۱۰-۱۹۸۹ مورد ارزیابی قرار گرفت.

گام دوم، صحت‌سنجی مدل^۲: برای ارزیابی خروجی‌های مدل، داده‌های دیده‌بانی و مدل‌سازی شده با یک‌دیگر مقایسه شدند. این کار از طریق مقایسه داده‌های متغیر بارش، ساعات آفتابی، دمای کمینه و دمای بیشینه دوره آماری و داده‌های تولید شده توسط مدل و با استفاده از روش آماری که از سه معیار توزیع‌های احتمال، میانگین‌ها و انحراف معیارها به ترتیب از طریق آزمون آماری کای اسکور^۳ (K^2) ، t و F استفاده می‌کند، انجام شد. این آزمون‌ها بر این فرض استوارند که داده‌های هواشناسی مشاهده شده و تولید شده هر دو نمونه‌های تصادفی از توزیع‌های موجود هستند و اختلاف معنی‌دار نیست؛ بدین معنی که اختلافی بین اقلیم‌های واقعی و اقلیم شبیه‌سازی شده برای آن متغیر وجود ندارد و دو مجموعه از داده‌ها می‌توانند از توزیع یکسان حاصل شوند. هر آزمون دارای یک

4- P-value
5- Generator

1- Site Analysis
2- Qtedst
3- Chi-squared

توسط مدل LARS-WG را نشان می‌دهد. در آزمون کای‌اسکور برای داده‌های بارندگی در ماه اوت (Aug) مقدار p-value کم‌تر از یک درصد بود؛ بنابراین، فرض صفر رد می‌شود. دلیل این موضوع، کم بودن بارش در این ماه است که سبب عدم شبیه‌سازی مناسب می‌شود (جدول ۱).

جدول ۲ نیز مقایسه مقادیر میانگین داده‌های بارندگی ماهانه مشاهده شده و تولید شده توسط مدل LARS-WG را نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر میانگین داده‌های بارندگی در سپتامبر بر طبق این جدول معنی‌دار است. هم‌چنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین دمای حداقل ماهانه مشاهده شده و تولید شده و مقایسه مقادیر میانگین دمای حداکثر ماهانه مشاهده شده و تولید شده توسط مدل LARS-WG به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

می‌توان اذعان نمود که تغییرات اقلیمی به‌ویژه افزایش دما و کاهش بارندگی موجب به هم خوردن تعادل بین آب و خاک و گیاه می‌شود و این عدم تعادل در درازمدت باعث بروز خشک‌سالی خواهد شد و در نتیجه زمینه را برای بیابان‌زایی ایجاد می‌نماید.

۳- نتایج و بحث

نتایج آزمون‌ها برای داده‌های بارندگی و دمای متوسط نشان می‌دهد که p-value در اکثر ماه‌های سال در سطح معنی‌داری یک درصد قابل قبول بوده است. بنابراین، می‌توان گفت مدل LARS-WG توانمندی لازم برای شبیه‌سازی متغیرهای بارندگی و دمای ایستگاه سینوپتیک شهرستان بافت را دارد. جدول‌های ۱ تا ۴ به ترتیب نتایج آزمون کای‌اسکور برای توزیع احتمالی داده‌های بارندگی مشاهده شده و تولید شده، دمای حداقل و دمای حداکثر مشاهده شده و تولید شده

جدول ۱- نتایج آزمون کای‌اسکور برای توزیع‌های احتمال بین پارامترهای اقلیمی مشاهده شده و تولید شده توسط LARS-WG
Table 1- Chi-square test results for probability distributions between observed and generated climatic parameters by LARS-WG

Month	KS-test			p-value		
	داده‌های بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	داده‌های بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر
Jan	0.118	0.106	0.106	0.9948	0.9989	0.9989
Feb	0.099	0.106	0.106	0.9997	0.9989	0.9989
Mar	0.073	0.053	0.053	1	1	1
Apr	0.201	0.053	0.106	0.6907	1	0.9989
May	0.287	0.053	0.053	0.2522	1	1
Jun	0.043	0.106	0.106	1	0.9989	0.9989
Jul	0.028	0.053	0.106	0.2778	1	0.9989
Aug	0.404	0.106	0.105	0.0332	0.9989	0.9991
Sep	0.315	0.106	0.053	0.1654	0.9989	1
Oct	0.122	0.053	0.106	0.9921	1	0.9989
Nov	0.171	0.105	0.053	0.8563	0.9991	1
Dec	0.08	0.053	0.106	1	1	0.9989

جدول ۲- مقایسه مقادیر میانگین داده‌های بارندگی ماهانه مشاهده شده و تولید شده توسط LARS-WG
Table 2- Comparison of observed and generated average monthly rainfall data by LARS-WG

Month	میانگین داده‌های مشاهده شده	میانگین داده‌های تولید شده	آزمون t	p-value
Jan	53.32	57.33	-0.388	0.699
Feb	46.38	51.87	-0.506	0.615
Mar	50.51	54.21	-0.314	0.755
Apr	20.06	22.14	-0.346	0.73
May	6.69	11.23	-1.148	0.255
Jun	2.32	3.89	-0.864	0.391
Jul	5.44	7.18	-0.593	0.555
Aug	6.03	4.18	-0.846	0.401
Sep	0.84	2.85	-2.697	0.009
Oct	3.35	3.96	-0.334	0.739
Nov	6.74	11.64	-1.322	0.190
Dec	40.44	40.43	0.001	1

جدول ۳- مقایسه مقادیر میانگین داده‌های دمای حداقل ماهانه مشاهده‌شده و تولیدشده توسط LARS-WG
Table 3- Comparison of observed and generated average monthly minimum temperature data by LARS-WG

Month	میانگین داده‌های مشاهده‌شده	میانگین داده‌های تولیدشده	آزمون t	p-value
Jan	-2.30	-2.46	0.643	0.522
Feb	-0.27	-0.38	0.388	0.699
Mar	3.13	3.64	-0.978	0.052
Apr	7.88	7.90	-0.103	0.918
May	13.01	13.13	-0.611	0.543
Jun	17.27	17.13	0.952	0.344
Jul	19.5	19.56	-0.471	0.363
Aug	18.21	18.01	1.858	0.067
Sep	14.85	14.81	0.297	0.767
Oct	9.40	9.38	0.075	0.941
Nov	3.61	3.95	-2.229	0.029
Dec	-0.05	0.14	-0.858	0.385

جدول ۴- مقایسه مقادیر میانگین داده‌های دمای حداکثر ماهانه مشاهده‌شده و تولیدشده توسط LARS-WG
Table 4- Comparison of observed and generated average monthly maximum temperature data by LARS-WG

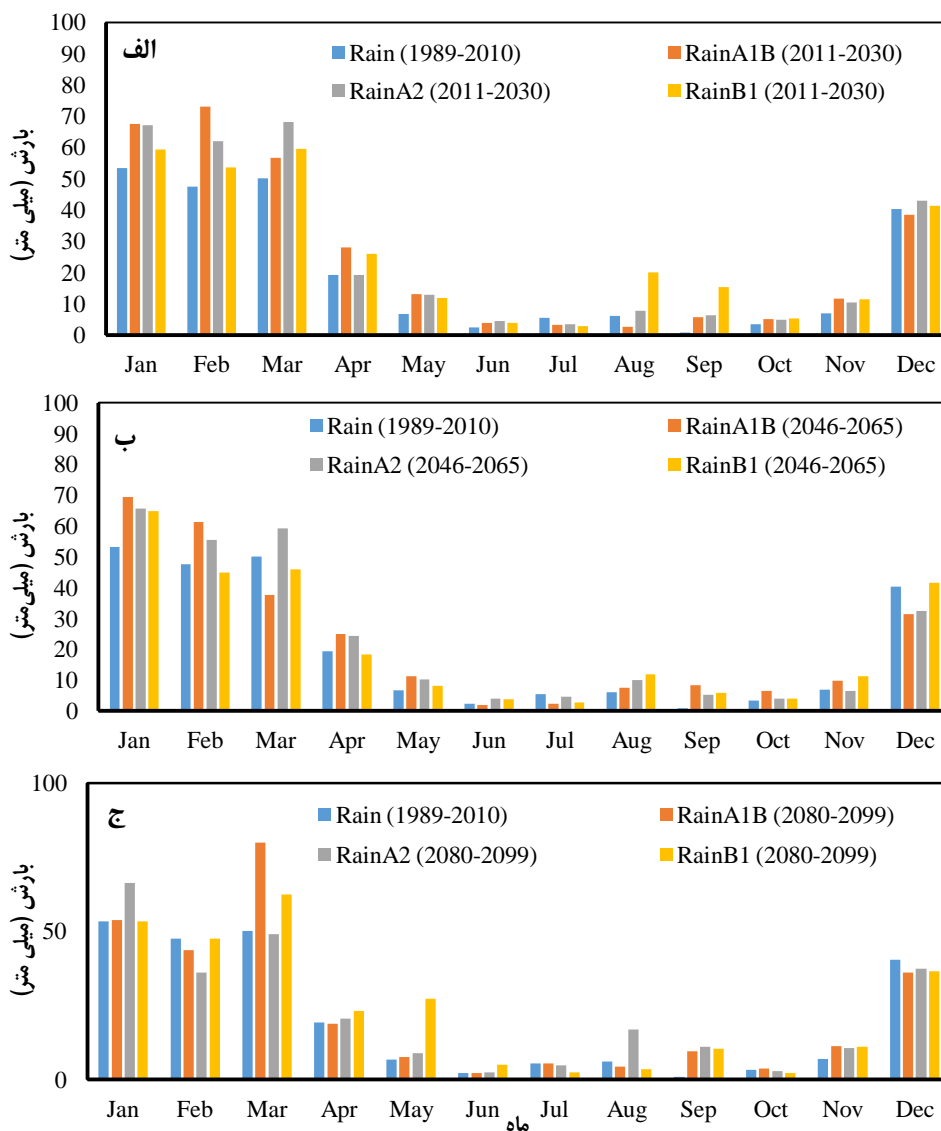
Month	میانگین داده‌های مشاهده‌شده	میانگین داده‌های تولیدشده	آزمون t	p-value
Jan	8.77	8.48	0.956	0.342
Feb	11.23	10.78	1.588	0.117
Mar	14.97	15.11	-0.339	0.736
Apr	20.38	20.33	0.5	0.619
May	26.32	26.47	-0.56	0.578
Jun	30.75	30.49	1.425	0.159
Jul	32.35	32.12	1.405	0.164
Aug	31.29	31.13	1.19	0.238
Sep	28.2	28.25	-0.332	0.741
Oct	22.88	22.62	1.339	0.185
Nov	16.77	16.64	0.327	0.745
Dec	11.92	11.69	0.562	0.576

به‌میزان سه میلی‌متر، در سناریوی A1B، کاهش بارش به‌میزان ۴/۳ میلی‌متر و در سناریوی B1، کاهش بارش به‌میزان ۳/۷۶ میلی‌متر نسبت به دوره پایه ثبت شده است. شکل ۲ (ب) مربوط به میانگین بارندگی ماهانه در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ است که در این دوره، بیش‌ترین افزایش بارندگی مربوط به ژانویه و فوریه به‌ترتیب با مقادیر ۱۶/۰۶ و ۱۳/۸۴ میلی‌متر نسبت به دوره پایه در سناریوی A1B است. پس از آن به‌ترتیب در مارس در سناریوی B1 با مقدار ۱۳/۲۸ میلی‌متر و در ژانویه در سناریوی A2 با مقدار ۱۲/۳۴ میلی‌متر، بیش‌ترین افزایش بارندگی‌ها پیش‌بینی شد. همانند دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ کم‌بارش‌ترین فصل نسبت به دوره پایه مربوط به دسامبر است که به‌طور متوسط ۱/۵۴- میلی‌متر کاهش بارندگی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. شکل ۲ (ج) مربوط به میانگین بارندگی ماهانه در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ است. در این دوره، بیش‌ترین

هم‌چنین شکل‌های ۲ تا ۵ به‌ترتیب میانگین بارندگی ماهانه، میانگین دمای متوسط ماهانه، میانگین دمای متوسط فصلی و میانگین بارندگی فصلی در دوره‌های مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. شکل ۲ (الف) مربوط به میانگین بارندگی ماهانه در دوره‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و ۲۰۳۰-۲۰۱۱ است، به‌طوری‌که بیش‌ترین بارندگی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مربوط به فوریه در سناریوی A1B با مقدار ۷۳/۰۱ میلی‌متر است و بعد از آن به‌ترتیب مربوط به مارس در سناریوی A2 با مقدار ۶۸/۱۹ میلی‌متر و ژانویه و فوریه با مقدار ۶۷/۴۹ و ۶۷/۲۳ میلی‌متر به‌ترتیب در سناریوهای A1B و A2 است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تنها در ماه ژوئیه کاهش بارندگی در هر سه سناریو نسبت به دوره پایه مشاهده شد. هم‌چنین در دسامبر کاهش بارندگی در هر سه سناریو نسبت به دوره پایه مشاهده شد. به‌طوری‌که در سناریوی A2، کاهش بارش

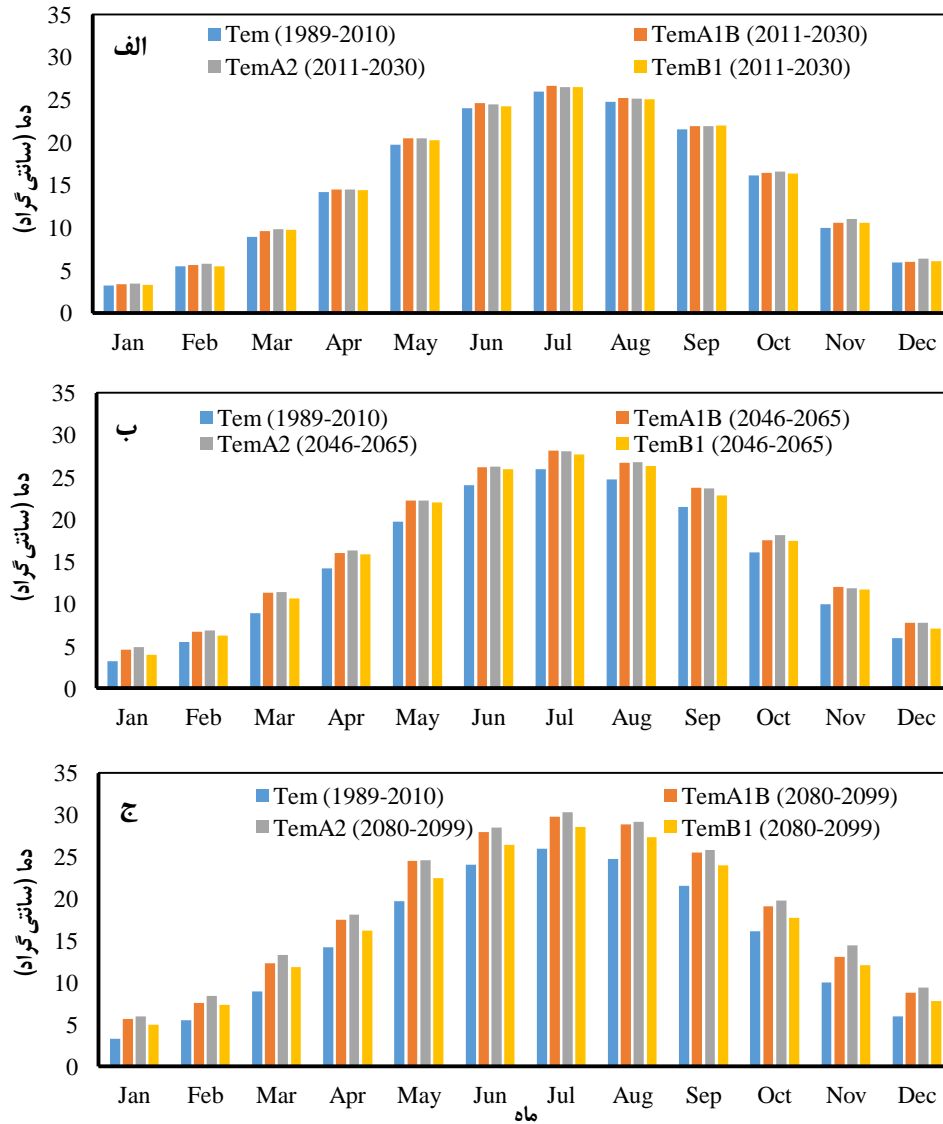
سطح شهرستان بافت نشان می‌دهد که بر طبق این شکل‌ها بیش‌ترین افزایش دما در ژوئیه بر اساس هر سه سناریوی مذکور است. همچنین، شکل ۴ (الف) بررسی تغییرات دمایی در فصل‌های مختلف دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ را نشان می‌دهد که بیان‌گر افزایش دما در تمام فصول در ایستگاه شهرستان بافت است؛ به طوری که بیش‌ترین افزایش دمای متوسط روزانه مربوط به سناریوی A2 در فصل پاییز با مقدار ۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد است.

افزایش بارندگی مربوط به ماه مارس با ۰/۷۲ میلی‌متر افزایش بارندگی نسبت به دوره پایه در سناریوی A1B است و بعد از آن به ترتیب در سناریوی B1 با مقدار ۱۳/۲۸ میلی‌متر در مارس و در سناریوی A2 با مقدار ۱۲/۳۴ میلی‌متر در ژانویه بیش‌ترین افزایش بارندگی پیش‌بینی شد. همانند دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ کم‌بارش‌ترین فصل نسبت به دوره پایه مربوط به دسامبر است که به طور متوسط ۸/۵۴ میلی‌متر کاهش بارندگی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. شکل ۳ (الف تا ج) نتایج مطالعه روند افزایش دمای ماهانه را در



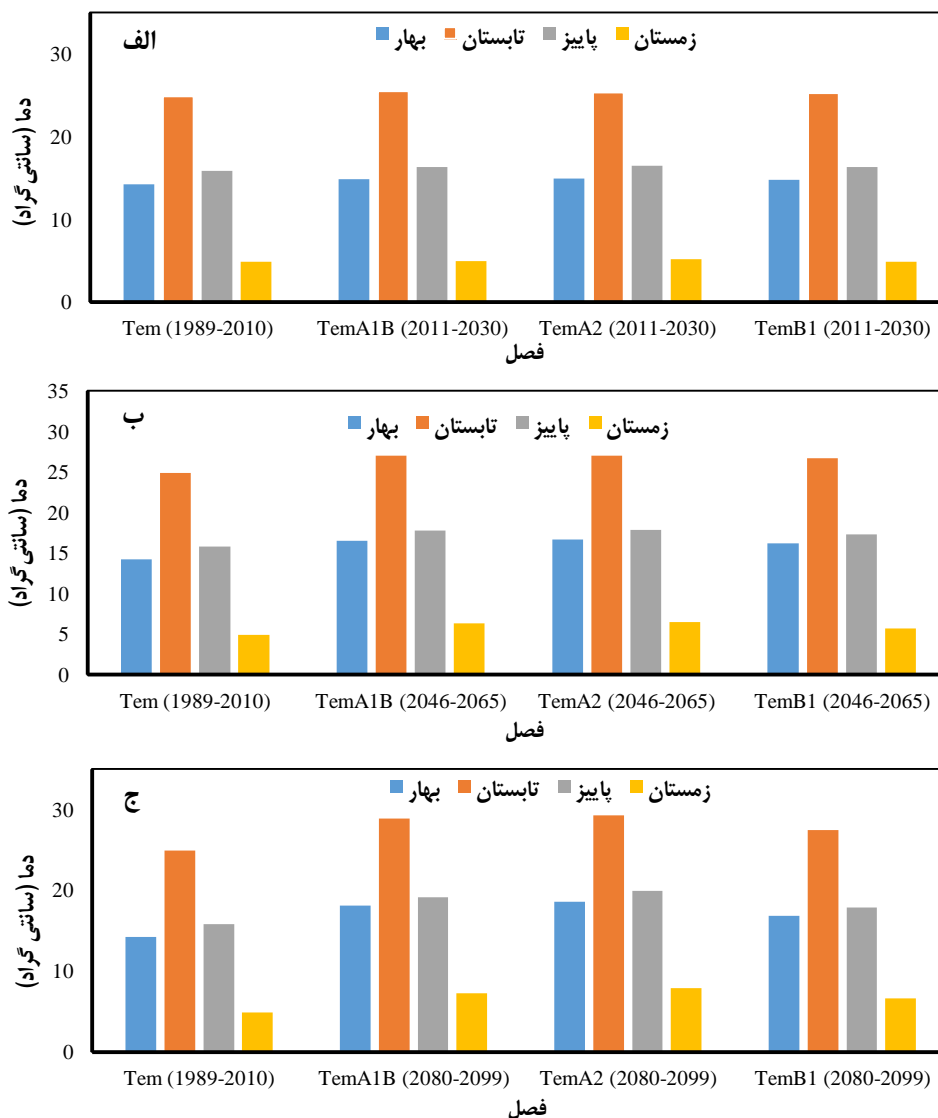
شکل ۲- میانگین بارندگی ماهانه در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و دوره‌های آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ (الف)، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (ب) و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ (ج) طبق سه سناریو (A1B و B1، A2)

Figure 2- Average monthly rainfall in the period 1989-2010 and the future period 2011-2030 (a), 2046-2065 (b), and 2080-2099 (c) according to three scenarios (A2, B1, and A1B)



شکل ۳- میانگین دمای ماهانه در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و دوره‌های آینده ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (الف)، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (ب) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (ج) طبق سه سناریو (A2، B1 و A1B)

Figure 3- Average monthly temperature in the period 1989-2010 and the future period 2011-2030 (a), 2046-2065 (b), and 2080-2099 (c) according to three scenarios (A2, B1, and A1B)



شکل ۴- میانگین دمای فصلی در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و دوره‌های آینده ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (الف)، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (ب) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (ج) طبق سه سناریو (A1B، B1، A2)

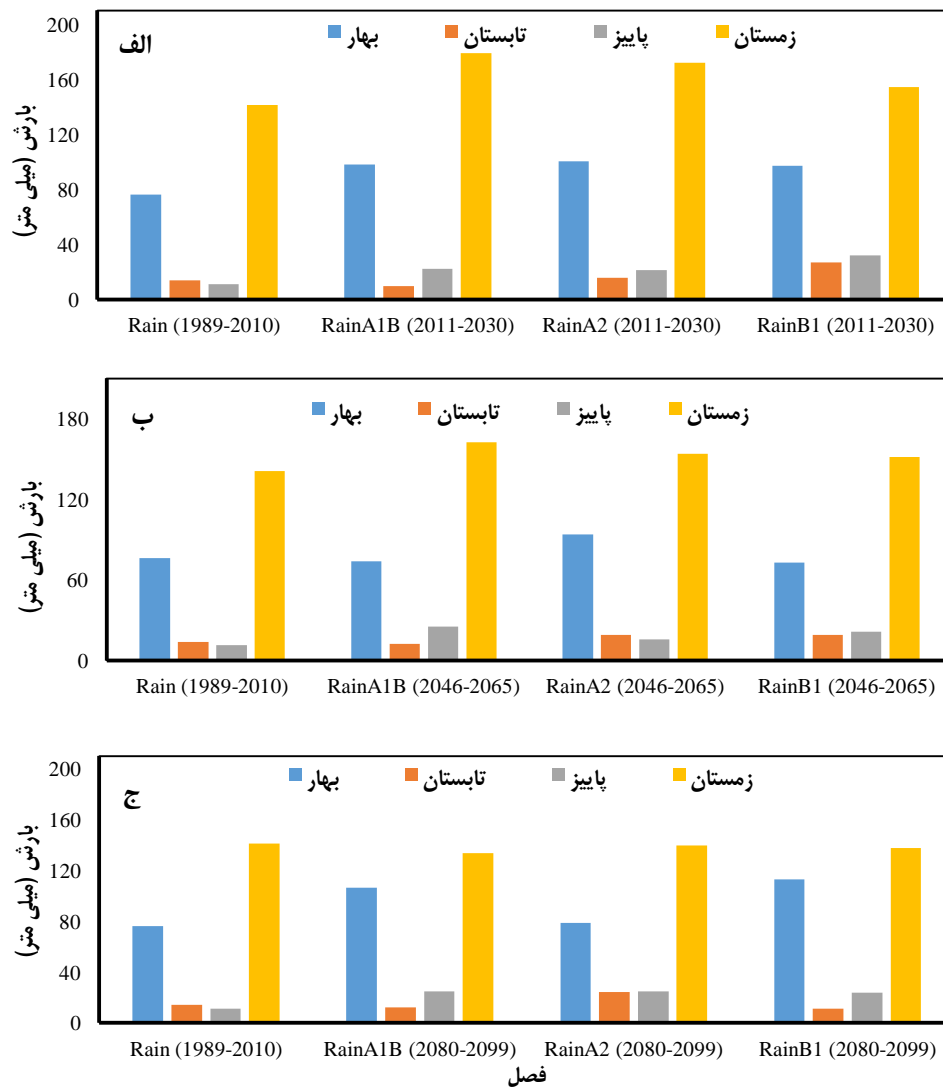
Figure 4- Average seasonal temperature in the period 1989-2010 and the future period 2011-2030 (a), 2046-2065 (b), and 2080-2099 (c) according to three scenarios (A2, B1, and A1B)

دما را در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، به ترتیب ۲/۵ و ۱/۶۱ درجه سانتی‌گراد و برای دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰، به ترتیب ۳/۶۳ و ۲/۴۶ درجه سانتی‌گراد تخمین زدند، مطابقت دارد. همچنین در این دوره، در ارتباط با دما، افزایش دما در هر سه سناریو نسبت به دوره پایه مشاهده شد؛ به طوری که بیشترین افزایش دما مربوط به ماه می با مقدار ۴/۸۵ درجه در سناریوی A2 است. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج Sayari et al. (2010) که بیان داشتند بیشترین افزایش دما در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و به اندازه ۵/۸ درجه سانتی‌گراد رخ خواهد داد، مطابقت دارد.

شکل ۴ (ب) تغییرات دمایی را در فصل‌های مختلف در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نشان می‌دهد که بیان‌گر افزایش دما در تمام فصول است؛ به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به سناریوی A2 در فصل بهار با مقدار ۲/۳۹ درجه است. همچنین شکل ۴ (ج) نشان‌دهنده تغییرات دمایی فصلی در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ است و حاکی از افزایش دماست که بیشترین مقدار آن مربوط به سناریوی A2 در فصل تابستان با مقدار ۴/۳۸ درجه است. این یافته‌ها با نتایج مطالعات Dastorani et al. (2012) که در آن سناریوهای A2 و B2 مربوط به مدل HadCM3، میزان افزایش

سناریو افزایش بارندگی به‌ترتیب برای سناریوهای A2، A1B و B1 با مقادیر ۳۷/۷۶، ۳۱/۰۲ و ۱۷/۸۱ پیش‌بینی شد. در شکل ۵ (ب) تغییرات بارندگی فصلی در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ کاهش بارندگی در فصل بهار و تابستان و افزایش بارندگی در فصل پاییز و زمستان در سناریوی A1B را نشان می‌دهد.

شکل ۵ (الف تا ج) میانگین بارندگی فصلی را در دوره مطالعاتی نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در شکل ۵ (الف) بررسی تغییرات بارندگی در فصل‌های مختلف دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ انجام شده و نتایج نشان داد که در سناریوی B1 در فصل تابستان و پاییز کاهش بارندگی به مقدار ۱۱/۰۴- و ۱۰/۴۸- میلی‌متر نسبت به دوره مینا مشاهده شده است. هم‌چنین در فصل زمستان در هر سه



شکل ۵- میانگین بارندگی فصلی در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و دوره‌های آینده ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (الف)، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (ب) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (ج) طبق سه سناریو (A2، B1 و A1B)

Figure 5- Average seasonal rainfall in the period 1989-2010 and the future period 2011-2030 (a), 2046-2065 (b), and 2080-2099 (c) according to three scenarios (A2, B1, and A1B)

داد که در سناریوی B1 در فصل تابستان و پاییز کاهش بارندگی به مقدار ۱۱/۰۴- و ۱۰/۴۸- میلی‌متر نسبت به دوره مینا مشاهده شده است. هم‌چنین در فصل زمستان در هر سه سناریو افزایش بارندگی

شکل ۵ (الف تا ج) میانگین بارندگی فصلی را در دوره مطالعاتی نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در شکل ۵ (الف) بررسی تغییرات بارندگی در فصل‌های مختلف دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ انجام شده و نتایج نشان

سینوپتیک بافت با استفاده از مدل LARS-WG ریزمقیاس‌نمایی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ریزمقیاس‌نمایی این داده‌ها بر اساس این مدل، انتظار می‌رود در دهه‌های آینده در شهرستان بافت، افزایش دما در همه ماه‌های سال و همچنین کاهش بارش در فصل تابستان و افزایش آن در فصل پاییز و زمستان رخ دهد که این افزایش دما و کاهش بارندگی از عوامل تشدیدکننده بیابان‌زایی بر اساس معیار اقلیم در هر منطقه‌ای به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. از یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان برای برآورد تغییرات در منابع آب سطحی و زیرزمینی شهرستان بافت، تغییرات در عملکرد محصولات کشاورزی و مرتعی و وضعیت پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌ها در آینده استفاده کرد و بر اساس آن‌ها به روند بیابان‌زایی در این منطقه پی برد.

پارامترهای دمایی درحوضه آبریز میناب. *جغرافیای طبیعی*، ۱۱(۴۲): ۴۷-۶۶.

جهانگیر، م.ح.، اسدی، آ.، نوروزی، ا.، طالعی، م. (۱۳۹۹). پیش‌بینی بارش در حوضه آبریز کرخه با استفاده از مدل LARS-WG / *اکوهیدرولوژی*، ۷(۴): ۹۸۱-۹۹۲.

حافظ‌پرست، م.، پورخیراله، ز. (۱۳۹۶). پایش خشکسالی هواشناسی به‌منظور حفظ پایداری در سناریوهای واداشت تابشی منطقه مطالعاتی (حوضه آبریز سد دویرج). *اکوهیدرولوژی*، ۴(۴): ۱۲۲۷-۱۲۳۹.

حصیرچیان، م.، ذهبیون، ب.، خزایی، م. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد مدل SDSM در بررسی اثر تغییر اقلیم بر بارش و دما. *مهندسی آبیاری و آب/ایران*، ۹(۲): ۱۰۸-۱۲۰.

دستورانی، م.ت.، طالبی، ع.، حیدری، ع.، پورمحمدی، س. (۱۳۹۰). بررسی تأثیرات پدیده تغییر اقلیم بر وضعیت دمایی حوزه سد طرق مشهد، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

سلاجقه، ع.، رفیعی ساردویی، ا.، مقدم‌نیا، ع.، ملکیان، آ.، عراقی‌نژاد، ش.، خلیقی‌سیگارودی، ش.، صالح پورجم، ا. (۱۳۹۶). بررسی کارایی مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG و SDSM در شبیه‌سازی دما و بارش. *تحقیقات آب و خاک/ایران*، ۴۸(۲): ۲۵۳-۲۶۲.

سیاری، ن.، عزیزاده، ا.، بنایان اول، م.، حسامی کرمانی، م.ر. (۱۳۸۹). پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در حوضه کشف رود استان خراسان طی سه دوره آماری ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰، ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری (ASD) خروجی

به‌ترتیب برای سناریوهای A1B، A2 و B1 با مقادیر ۳۷/۷۶، ۳۱/۰۲ و ۱۷/۸۱ پیش‌بینی شد. در شکل ۵ (ب) تغییرات بارندگی فصلی در دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۶ کاهش بارندگی در فصل بهار و تابستان و افزایش بارندگی در فصل پاییز و زمستان در سناریوی A1B را نشان می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش با توجه به این موضوع که تغییر اقلیم از عوامل مؤثر بر پدیده بیابان‌زایی بوده و دما و بارش دو عنصر اصلی ساختار اقلیم را تشکیل می‌دهند مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس داده‌های بارش و دما به‌منظور بررسی و ارزیابی تغییرات اقلیمی طی سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ با استفاده از خروجی مدل HadCM3 با سه سناریوی A1B، A2 و B1، برای ایستگاه

منابع

اسکندری دامنه، ح.، زهتابیان، غ.، خسروی، ح.، آذرینوند، ح.، براتی، ع.ا. (۱۳۹۹). بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی متأثر از خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: استان هرمزگان). *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۹(۲۸): ۱۳-۲۸.

اسکندری دامنه، ح.، زهتابیان، غ.، خسروی، ح.، آذره، ع. (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل ارتباط زمانی و مکانی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در استان تهران. *اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۲۴(۹۶): ۱۲۰-۱۱۳.

اسکندری دامنه، ه.، اسکندری دامنه، ح.، خسروی، ح.، غلامی، ح. (۱۳۹۸). تحلیل و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی (NDVI) مطالعه موردی: حوضه غرب تالاب جازموریان. *مرتع*، ۱۱۳(۳): ۴۶۱-۴۷۵.

اعتمادی، ه.، دلش، ح. (۱۳۹۹). اثرات پیش‌بینی شده احتمالی تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های ساحلی مانگرو خلیج فارس با تاکید بر متغیرهای دما و بارش. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۲): ۱-۱۳.

پورمحمدی، س.، دستورانی، م.ت.، مسلح بوانی، ع.، گودرزی، م.، جعفری، ه.، رحیمیان، م.ح. (۱۳۹۶). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه و ارائه راهکارهای سازگاری با اثرات آن (مطالعه موردی: حوزه آبریز تویسرکان همدان). *علوم و مهندسی آبخیزداری/ایران*، ۱۱(۳۷): ۱-۱۲.

جوادی‌زاده، ف.، کردوانی، پ.، علیجانی، ب.، اسدیان، ف. (۱۳۹۷). کارایی الگوهای مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در پیش‌بینی

- عسکری‌زاده، س.م.، مظفری، غ.، مزیدی، ا. (۱۳۹۴). پیش‌بینی نوسانات نمایه‌های حدی بارش در شهر مشهد با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی مدل LARS-WG برای دو دوره آتی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۱۶(۱)، ۲۵-۵۰.
- نظری سامانی، ع.ا.، خلیقی، ش.، عبدالشاه‌نژاد، م.، صیادی لطف‌آبادی، س.، حبیبی‌نوخندان، م. (۱۳۹۸). تعیین نقش روند تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی بر وضعیت بیابان‌زایی آتی، مطالعه موردی: سبزوار. *مهندسی و مدیریت آب*، ۱۱(۳)، ۸۰۶-۸۱۸.
- مدل Had CM3. اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان.
- شیراوند، ه.، هاشمی، م.ن. (۱۳۹۵). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر امنیت ملی پایدار. کنفرانس پدافند غیرعامل و توسعه پایدار، تهران.
- ضیایی، ن.، اونق، م.، عسگری، ح.ر.، مساح‌بوانی، ع.، سلمان ماهینی، ع.، حسینعلیزاده، م. (۱۳۹۶). مهندسی اکوسیستم بیابان، ۶(۱۶)، ۱۰۵-۱۱۸.

References

- Afrooz, A., Akbari, H., Rakhshandehroo, G., & Pourtouserkerani, A. (2015). Climate change impact on probable maximum precipitation in Chenar-Rahdar River Basin. *Watershed Management Symposium 2015: Power of the Watershed*, 36-47.
- Ahmadaali, K., Damaneh, H.E., Ababaei, B., & Damaneh, H.E. (2021). Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2), 1-15.
- Askarizadeh, S.M., Mozaffari, G., & Mazidi, A. (2018). Estimating the fluctuations of rainfall extreme indices in Mashhad for the next two periods of 2011-2030 and 2046-2065 using LARS-WG model's downscaling. *Journal of Geography and Regional Development*, 16(1), 25-50 (in Persian).
- Chen, H., Guo, J., Zhang, Z., & Xu, C. (2013). Prediction of temperature and precipitation in Sudan and South Sudan by using LARS-WG in future. *Theorica and Applied Climatology*, 113(3-4), 363-375.
- Dastorani, M., Talebi, A., & Heydari, S. (2012). Investigation of the effects of climate change on the temperature of the Torogh Dam in Mashhad. Iranian Association of Irrigation and Water Engineering. Fifth National Conference on Watershed Management and Water and Soil Resources Management (in Persian).
- Dibike, Y.B., & Coulibaly, P. (2005). Hydrologic impact of climate change in the Saguenay Watershed: Comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology*, 30(14), 145-163.
- Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Khosravi, H., & Gholami, H. (2019). Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of JazMurian Wetland). *Rangeland*, 13(3), 461-475.
- Eskandari Damaneh, H., Zehabian, G. R., Khosravi, H., & Azareh, A. (2016). Investigation and analysis of temporal and spatial relationship between meteorological and hydrological drought in Tehran Province. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 24(96), 113-120.
- Eskandari Damaneh, H., Zehabian, Gh., Khosravi, H., Azarnivand, H., & Barati, A. A. (2020). Investigating the influence of drought on trend of vegetation changes in arid and semiarid regions, using remote sensing technique: A case study of Hormozgan Province). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9(28), 13-28.
- Etemadi, H., & Delshab, H. (2020). Potential expected climate change impact on Persian Gulf Coastal Mangrove Ecosystems based on temperature and precipitation variables. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(2), 1-13 (in Persian).
- Ghorbani, M., Eskandari-Damaneh, H., Cotton, M., Ghoochani, O.M., & Borji, M. (2021). Harnessing indigenous knowledge for climate change-resilient water management—lessons from an ethnographic case study in Iran. *Climate and Development*, 1-14.
- Gulacha, M., & Mulungu, D.M.M. (2017). Generation of climate change scenarios for precipitation and temperature at local scales using SDSM in Wami-Ruvu River Basin Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*, 100, 62-72.
- Hafezparast, M., & Pourkheirolah, Z. (2017). Meteorological drought monitoring in order to sustainability in RCP scenarios Case study: Doiraj watershed. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 4(4), 1227-1239 (in Persian).
- Hasirchian, M., Zahabiyou, B., & Khazaei, M. R. (2019). Assessment of SDSM model performance to investigate the effect of climate change on precipitation and temperature. *Irrigation and Water Engineering*, 9(2), 108-120 (in Persian).
- Jahangir, M.H., Asadi, A., Norozi, E., & Talei, M. (2020). Evaluation of LARS-WG Model's Performance in Prediction of Precipitation in Karkheh Catchment Area. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 7(4), 981-992 (in Persian).

- Javadizadeh, K., Alijani, B., & Asadian, M. (2019). Efficiency of SDSM statistical microscale model models in predicting temperature parameters in Minab catchment. *Natural Geography*, 11(42), 47-66 (in Persian).
- Kabiri, R., Bai, V. R., & Chan, A. (2015). Assessment of hydrologic impacts of climate change on the runoff trend in Klang Watershed, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 73(1), 27-37.
- Khosravi, H., Azareh, A., Eskandari Dameneh, H., Sardoi, E.R., & Dameneh, H. E. (2017). Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4), 93.
- Kilsby, C.G., Jones, P.D., Burton, A., Ford, A.C., & Fowler, H.J. (2007). A daily weather generator for use in climate change studies. *Environmental Modeling & Software*, 22(12), 1705-1719.
- Koch, M., & Cherie, N. (2013). Mono and multi-model statistical downscaling of GCM-climate predictors for the Upper Blue Nile River basin. Ethiopia. In Proceedings of the 6th International Conference on Water Resources and Environment Research, ICWRER, 3-7.
- Nazari Samani, A., Khalighi Sigaroodi, S., Abdolshahnejad, M., Syadi Lotf Abadi, S., & Habibi Nokhandan, M. (2019). Determination the role of climate change and land use on future desertification status, case study: Sabzevar. *Watershed Engineering and Management*, 11(3), 806-818 (in Persian).
- Ownegh, M., Asgari, H.R., Massah Bavani, A.R., & Hosseinalizadeh, M. (2017). Comparison of climate change scenarios on the desertification hazard intensity and risk of Hablehroud basin, Tehran province. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(16), 105-118 (in Persian).
- Pourmohammadi, S., Dastorani, M.T., Jafari, H., & Rahimian, M.H. (2017). Effects of Climate Change on River Runoff and Compatible Solutions (Case Study: Tuyserkhan Basin, Hamedan) (in Persian).
- Salajegheh, A., Rafiei Sardoi, E., Moghaddamnia, A., Malekian, A., Araghinejad, S., Khalighi Sigarodi, S., & Saleh Pourjam, A. (2017). Performance assessment of LARS-WG and SDSM downscaling models in simulation of precipitation and temperature. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(2), 253-262 (in Persian).
- Savari, M., Eskandari Damaneh, H., & Damaneh, H.E. (2020). Factors influencing farmers' management behaviors toward coping with drought: evidence from Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-49.
- Sayari, N., Alizadeh, A., HesamiKermani, M., & Hosseini, F. (2010). Prediction of climate change in Kashfarud Basin of Khorasan Province during three statistical periods of 2039-2010, 2069-2040 and 2099-2070 AD using statistical exponential scale (ASD) of HadCM3 model output. The first International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling, 2010-11-14, Kerman (in Persian).
- Semonov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., & Richardson, C.W. (2018). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diver's climates. *Climate Research*, 10(2), 95-107.
- Shiravand, H., & Hashemi, B. (2016). Investigating the effects of climate change on sustainable national security. National Conference on Passive Defense and Sustainable Development, 691-705 (in Persian).
- Wilks, D.S. (1992). Adapting stochastic weather generation algorithms for climate change studies. *Climate Change*, 22(1), 67-84.
- Wilks, D.S., & Wilby, R.L. (1999). The weather generation game: a review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 23(3), 329-357.