

## Research Paper

## The future of date palm cultivation in the arid and extra-arid regions of southeastern Iran based on climate change scenarios

Mohsen Hamidianpour<sup>1\*</sup>, Hamid Nazaripour<sup>2</sup>, Mahmood Khosravi<sup>3</sup>, Mohadeseh Vazirimehr<sup>4</sup>

1. Associate Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
3. Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
4. M.Sc. Graduated, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

**Received:** 12 February 2021

**Accepted:** 13 June 2021

**PP:** 31-44

Use your device to scan and read the article online



### Keywords:

Climate Change, Projection, farsighted Planning, Crop Water Requirement, Date Palm (*P. dactylifera*).

### Abstract

Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is an important commercial crop in many countries, including Iran. Understanding the possible future climate conditions will enable environmental managers to prepare appropriate strategies to manage the changes. In the current study, climatic conditions and water requirement of date palm in arid regions of southeastern Iran have been simulated under possible future climatic conditions. For this purpose, the stochastic weather generator model (LARS-WG) has been used to generate local-scale climate scenarios based on global climate models (GCM) to assess the effects of future climate change. Forecasts have been made for the near future period (2040-2021) and the distant future (2080-2061) based on observational data of Saravan and Iranshahr weather stations in the base period of 1987-2010. The water requirement of date palm has also been determined through CROPWAT 8.0 computer program for the intended courses based on simulated climatic data. The results showed that a relative decrease in climatic suitability for date palm cultivation in the study district by 2100. This means that the predicted increase in precipitation will be not able to compensate for the evapotranspiration deficit due to the predicted increase in temperature, and these conditions will increase the water requirement of the crop. But on the other hand, changes in rainfall regime (time of receipt) and extreme climate events will have negative effects on date palm cultivation in southeastern Iran. The results of this research can play a significant role in adopting forward-looking policies to address the impacts and challenges of climate change on the agriculture section of Iran.

**Citation:** Hamidianpour, M; Nazaripour, H; Khosravi, M; Vazirimehr; M (2022): The future of date palm cultivation in the arid and extra-arid regions of southeastern Iran based on climate change scenarios. Journal of Regional Planning, Vol 12, No 47, PP: 31-44.

**DOI:** 10.30495/JZPM.2022.5425

**DOR:** 20.1001.1.22516735.1401.12.48.3.7

\* **Corresponding author:** Mohsen Hamidianpour

**Address:** Associate Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

**Tell:** 054-31136797

**Email:** mhamidianpour@gep.usb.ac.ir

## Extended Abstract

### Introduction

Palm is a perennial plant that has grown in arid and semi-arid regions, and from the past until now, palms have been a valuable product. It has been considered by human beings as a useful food. In the southeast of Iran is one of the most important commercial products in the agricultural sector. And it significantly plays a major role in the national economy and the agricultural sector by contributing to economic growth and meeting the needs of the local market. The double importance of this product becomes apparent when we know that about 45% of the production and 61% of the cultivated area of horticultural products in southeastern Iran is dedicated to date palms. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), agriculture in arid and semi-arid regions is much more vulnerable. As a result, food security and agriculture productivity will be negatively affected globally and regionally. Therefore, decision-makers should prepare management policies to achieve sustainable production of commercial agricultural products such as date palms, taking into account the effects of climate change. For this purpose, general circulation models and consequently statistical downscaling can be used. Therefore, this study intends to investigate the effects of climate change on date palms as a strategic and export product in arid and semi-arid regions of southeastern Iran.

### Methodology

The study area is in the southeast of Iran. There is a wide range of palm-groves in Iran in the southeastern region. The two cities of Saravan and Iranshahr have long been known as the centers of date production in the southeast. The data of this research are of two categories based on their nature. The first category includes data from meteorological stations. These data include minimum and maximum temperature (Celsius), precipitation (mm), sunshine hours (hours), wind speed (knots), and relative humidity (percentage) daily during the statistical period of 1987-2010. These data are taken from the archives of the Iran Meteorological Organization. The second set of data is the output of global climate models. These models are part of the fifth report of

Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Given that the data of the models are on a large scale. Therefore, LARS-WG 6.0, a stochastic weather generator, (LARS-WG6) was used to generate local-scale climate scenarios based on global climate models to assess the effects of future climate change. Forecasts for the near future period (2040-2021) and the distant future (2080-2061) were based on observational data of Saravan and Iranshahr meteorological stations in the base period of 1987-2010. The water requirement of date palm has also been determined through the computer program CROPWAT 8.0 for the intended periods based on simulated climatic data.

### Results and Discussion

In the first step, the model was calibrated. After confirming the required efficiency of the model and preparing the required data, the palm water requirement was studied. Before calculating the water requirement of palm, first, the changes of temperature and precipitation variables were calculated based on the general circulation models (GCMs). In general, the average air temperature in both stations (Iranshahr and Saravan) in future periods will increase compared to the base period (1987-2010). And based on the output of the models, the amount of precipitation shows an increasing trend in future periods.

However, the results showed that a relative decrease in climatic suitability for date palm cultivation in the study district by 2100. This means that the predicted increase in precipitation will be not able to compensate for the evapotranspiration deficit due to the predicted increase in temperature, and these conditions will increase the water requirement of the crop. But on the other hand, changes in rainfall regime (time of receipt) and extreme climate events will have negative effects on date palm cultivation in southeastern Iran. The results of this research can play a significant role in adopting forward-looking policies to address the impacts and challenges of climate change on the agriculture section of Iran.

### Conclusion

Based on the findings of this study, it was determined that as a result of climate change, the

temperature will increase significantly, followed by increased evapotranspiration, and the water needs of plants in the region will also change. A small increase in the predicted rainfall will not be able to compensate for the effect of temperature increase and based on both optimistic and pessimistic scenarios, the water requirement of date palm will increase in future periods based on climate change scenarios. Due to the dependence of the livelihood of the residents of southeastern Iran on this product, it

is necessary to make appropriate plans to solve this problem in the coming decades. Changing management methods, creating side jobs to reduce livelihood dependence on date palms, educating farmers about climate change and ways to optimize irrigation, as well as finding new places to grow dates and the attention of officials to this important, including proposed solutions to address this The problem is in the coming decades.



## آینده‌نگری کشت نخل خرما در مناطق خشک و فراخشک جنوب شرقی ایران بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم

محسن حمیدیان پور<sup>۱</sup>؛ حمید نظری پور<sup>۲</sup>، محمود خسروی<sup>۳</sup>، محدثه وزیری مهر<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۲. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۳. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۴. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

### چکیده

نخل خرما یک محصول مهم تجاری در بسیاری از کشورها از جمله ایران می‌باشند. درک شرایط اقلیم احتمالی آینده، تصمیم‌گیران را قادر به تبیین استراتژی‌های مناسب برای مدیریت تغییرات می‌سازد. در بررسی حاضر، شرایط اقلیمی و نیاز آبی نخل خرما در مناطق خشک جنوب شرقی ایران تحت شرایط اقلیم احتمالی آینده شبیه‌سازی شده است. برای این منظور، از مدل شبیه‌سازی تصادفی هوا (LARS-WG) برای تولید سناریوهای اقلیمی در مقیاس محلی بر پایه مدل‌های اقلیمی جهانی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم آینده استفاده شده است. پیش‌بینی‌ها برای دوره زمانی آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) و آینده دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) بر پایه داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های هواشناسی سراوان و ایرانشهر در دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۱۰ صورت گرفته است. نیاز آبی نخل خرما نیز از طریق برنامه کامپیوتری CROPWAT 8.0 برای دوره‌های مدنظر بر پایه داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده تعیین گردیده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های اقلیم، کاهش کیفیت اقلیم بهینه نخل خرما را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. بدین مفهوم که افزایش پیش‌بینی شده مقدار بارش قادر به جبران کسری تبخیر و تعرق ناشی از افزایش پیش‌بینی شده دما نخواهد بود و این شرایط نیاز آبی محصول را افزایش می‌دهد. اما در سوی دیگر، تغییر رژیم بارش (زمان دریافت) و رویدادهای حدی آب و هوا اثرات منفی بر کشت نخل خرما در جنوب شرقی ایران خواهد داشت. نتایج این بررسی می‌تواند سهم قابل توجهی در اتخاذ سیاست‌های آینده‌نگرانه دولت‌ها برای رویارویی با اثرات و چالش‌های تغییر اقلیم بر روی بخش کشاورزی ایفا نماید.

تاریخ دریافت: ۲۴ بهمن ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۲۳ خرداد ۱۴۰۰

شماره صفحات: ۳۱-۴۴

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



### واژه‌های کلیدی:

تغییر اقلیم، پیش‌بینی، برنامه‌ریزی آینده، نیاز آبی محصول، نخل خرما.

**استناد:** حمیدیان پور، محسن؛ نظری پور، حمید؛ خسروی، محمود؛ وزیری مهر، محدثه (۱۴۰۱): آینده‌نگری کشت خرما در مناطق خشک و فراخشک جنوب شرقی ایران بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۱۲، شماره ۴۸، مردودشت: صص ۳۱-۴۴.

DOI: 10.30495/JZPM.2022.5425

DOR: 20.1001.1.22516735.1401.12.48.3.7

\* نویسنده مسئول: محسن حمیدیان پور

نشانی: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تلفن: ۰۵۴-۳۱۱۳۶۷۹۴

پست الکترونیکی: mhamidianpour@gep.usb.ac.ir

## مقدمه

تعداد قابل توجهی از مطالعات در مورد تأثیرات تغییر اقلیم بر بهره‌وری کشاورزی انجام شده است. به عنوان یک نمونه، گزارش شده است که تغییر اقلیم می‌تواند بهره‌وری کشاورزی را در چهار بخش کشاورزی (شلتوک برنج، گندم، سایر غلات و سایر محصولات) در جنوب شرق آسیا، به طور ویژه با ۱۵ تا ۲۶٪ در تایلند، ۲ تا ۱۵ درصد در ویتنام، ۱۲ تا ۲۳٪ در فیلیپین و ۶ تا ۱۸ درصد در اندونزی را کاهش دهد (Zhai & Zhuang 2012). در برخی از کشورها، پیش‌بینی شده است که کاهش عملکرد حاصل از کشاورزی دیم ممکن است تا سال ۲۰۲۰ به ۵۰٪ برسد (Field et al. 2012). علاوه بر این، هیأت بین دول تغییر اقلیم (IPCC 2007) مستند کرده است که ۴۰ درصد کاهش در بهره‌وری کشاورزی در هند تا سال ۲۰۸۰ انتظار می‌رود در نتیجه تغییر اقلیم باشد. بخش‌های بزرگی از کشور پهنوار ایران در برابر اثرات مضر اقلیم بسیار آسیب‌پذیر است؛ زیرا دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. افزایش دمای هوا در شرایط تغییر اقلیم برای درختان خزان در مناطق سردسیر ایران یک تنش جدی محسوب می‌گردد. پیش‌بینی شده است تا سال ۲۱۰۰ نواحی مناسب برای کشت درخت سیب در ایران تا ۴۶٪/۷ تحت تأثیر تغییر اقلیم کاهش و مناطق کشت جابه‌جا شود (Ahmadi et al. 2019). این بدان معنی است که انتظار می‌رود تغییرات اقلیم به ویژه از طریق کاهش آب قابل دسترس و اثرات مستقیم برای بازده محصول، بر کشاورزی و تولید مواد غذایی در ایران به شدت اثر بگذارد. شواهد زیادی از شکوفه‌دهی زود هنگام و غیرمعمول درختان میوه در نتیجه اثرات مستقیم تغییر اقلیم به ویژه در دهه اخیر در پهنه ایران وجود دارد. تغییر اقلیم همچنین می‌تواند با تأثیر بر تولیدات کشاورزی، مستقیماً بر اقتصاد تأثیر بگذارد. به عنوان نمونه، گزارش شده است که تولید ذرت در افریقا و آمریکای جنوبی تا سال ۲۰۵۵ می‌تواند تا ۱۰٪ کاهش یابد و سالانه دو میلیارد دلار ضرر در نتیجه تغییر اقلیم ایجاد کند (Jones & Thornton 2003). علاوه بر این، درآمد کل سالانه از درختان نخل در کشورهای خاورمیانه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ در نتیجه آفات گیاهی و کمبود آب ناشی از تغییر اقلیم کاهش یافته است (Zaid & Arias 2002). در حال حاضر، در مقیاس جهانی، ۲۰ تا ۲۵٪ از محصول برداشت شده به دلایل مختلف از جمله آفت از بین می‌روند و انتظار می‌رود این مقدار با تغییر اقلیم افزایش یابد (Dixon 2012). در نتیجه، امنیت غذایی و بهره‌وری کشاورزی جهانی و منطقه‌ای تحت تأثیر منفی قرار خواهد گرفت. مازاد بر این، بسیار محتمل است که تغییر اقلیم تأثیرات چشمگیر بر توزیع، کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی دارد (Wheeler &

نخل<sup>۱</sup> گیاهی چند ساله و دو پایه است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رشد یافته (Allbed et al. 2017) و در طول ادوار مختلف تاریخ بعنوان یک گیاه ارزشمند مطرح بوده و میوه آن بعنوان یک غذای مفید همواره مورد توجه انسان قرار گرفته است (Taghinejad et al. 2018). از نظر اکولوژیکی، رشد خرما در مناطقی میسر است که دارای زمستان‌های معتدل و تابستان گرم و خشک بوده و در مدت پنج الی هفت ماه از زمان گرده‌افشانی تا برداشت محصول، باران یا رطوبت بیش از حد وجود نداشته باشد. بهترین عرض جغرافیایی برای رشد نخل ۲۴ تا ۳۴ درجه می‌باشد، ولی در حال حاضر در جهان در نیمکره شمالی از ۱۰ تا ۳۹ درجه عرض جغرافیایی نخل خرما رشد می‌کند و در عرض‌های بالاتر از ۳۹° میوه نمی‌دهد (Mohammadi and Moghtaderi, 2004). ایران یکی از سه کشور برتر تولید خرما در جهان محسوب می‌شود. در سال ۲۰۱۸، تولید خرما در ایران به ۱۲۰۴۱۵۸ تن رسیده و بعد از کشورهای مصر و عربستان سعودی در جایگاه سوم تولید خرما قرار دارد (FAO, 2018). با این وجود، برخلاف حمایت‌های زیاد بخش دولتی و توجه به کشت نخل خرما در ایران، سطح صادرات در مقایسه به سایر کشورهای تولید کننده خرما پایین بوده و به حد مورد انتظار نرسیده است. نخل خرما، یکی از مهم‌ترین محصولات تجاری در بخش کشاورزی جنوب‌شرقی ایران بوده و به طور قابل توجهی به سیستم‌های زراعی از طریق کمک به رشد اقتصادی و تأمین نیازهای بازار محلی نقش عمده‌ای در اقتصاد ملی و بخش کشاورزی دارد. اهمیت مضاعف این محصول زمانی آشکار می‌گردد که بدانیم در حدود ۴۵٪ از تولیدات و ۶۱٪ از سطح زیرکشت محصولات باغی در جنوب شرقی ایران به نخل خرما اختصاص دارد (شکل ۱). سالیانه بیش از ۲۳۰ هزار تن خرما از نخلستان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب‌شرقی ایران برداشت می‌گردد. دو رقم ربی<sup>۲</sup> و مضافتی<sup>۳</sup> عمده ارقام نخل خرما در منطقه جنوب‌شرقی ایران می‌باشند. تغییرات در اقلیم دارای پیامدهای جدی بر بخش کشاورزی می‌باشد. این پیامدها در نتیجه قرار گرفتن در معرض مستقیم تغییرات و وابستگی به شرایط اقلیمی در بخش کشاورزی و سایر منابع طبیعی بارزتر است (Ye et al. 2010).

## پیشینه تحقیق و مبانی نظری

1 - Phoenix dactylifera L.

2 - Rabbi

3 - Mozafati

سیاستمداران و برنامه‌ریزیان می‌تواند کمک شایان داشته باشد. بنابراین این مطالعه قصد دارد تأثیرات تغییر اقلیم را بر روی نخل خرما به عنوان یک محصول استراتژیک و صادراتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب‌شرقی ایران بررسی کند.

### مواد و روش تحقیق

داده‌های این پژوهش بر اساس ماهیت، دو دسته می‌باشند. دسته اول، اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی را در بر می‌گیرد که شامل داده‌های مقیاس روزانه از سنج‌های اقلیمی دمای کمینه و بیشینه (سلسیوس)، بارش (میلیمتر)، ساعات آفتابی (ساعت)، سرعت باد (نات) و رطوبت نسبی (درصد) در دو ایستگاه هواشناسی سراوان و ایرانشهر در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۷ می‌باشد. این داده‌ها از بایگانی سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است. کنترل کیفی و بازسازی نبود داده‌ها با روش‌های مرسوم انجام گرفته است. دسته دوم از داده‌ها، برون‌داد مدل‌های مقیاس جهانی اقلیم می‌باشند. این مدل‌ها از مجموعه ویرایش پنجم پروژه مقایسه‌ای مدل‌های جفت شده (CMIP5) می‌باشند. مشخصات مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول (۱) آورده شده است. تاکنون مطالعات گسترده‌ای با بهره‌گیری از مدل‌های CMIP5 صورت گرفته است (Zamani et al. 2020; al. 2019; Ahmadi et al. 2019; Rahimi et al. 2019; Motiee et al. 2019).

(Von 2013). بنابراین می‌بایست تصمیم‌گیران، خط‌مشی‌های مدیریتی برای دستیابی به تولید پایدار طولانی مدت محصولات تجاری کشاورزی مانند نخل خرما را با ملاحظه تأثیرات تغییر اقلیم تهیه نمایند. از این رو، اطلاعات درباره توزیع بالقوه گونه‌های محصولات کشاورزی و فراوانی نسبی آن‌ها تحت سناریوهای مطرح شده از اقلیم آینده بسیار ضروری است. بدین منظور از GCMها از جمله UKMO-HasCM3، GFDL- CM2.2 و MIROC3.2 ... استفاده می‌شود (Porfirio et al. 2014). پژوهش‌ها در ارتباط با اثرات مستقیم و غیرمستقیم تغییر اقلیم بر کشاورزی در مقیاس جهانی به ویژه در دهه‌های اخیر فراوانند (Tanasijevic et al. 2014; Stevens & Madani 2016; Baule et al. 2017; Zamani et al. 2019). با استفاده از ریزگردانی مدل‌های اقلیم جهانی شامل canESM2 به بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی نخیلات در منطقه اهواز پرداخته شده است (Mohebi, 2019). نتایج این پژوهش نشان داده است که آب مورد نیاز نخیلات در سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱، تحت شرایط سناریوی‌های RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۵ تا ۸ درصد افزایش خواهد یافت. لذا با توجه به توضیحات بالا و همچنین تأثیرپذیری زیاد معیشت کشاورزان و ساکنین جنوب شرق ایران به کشت و تجارت در خصوص خرما ضروریست که رفتار نیاز آبی این گیاه به طور ویژه تحت تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم در دو دیگه خوشبینانه و بدبینانه مورد بررسی قرار گیرد و این امر بر تصمیم‌های کلان

جدول ۱. مشخصات مدل‌های استفاده شده در این مطالعه از مجموعه مدل-چندگانه CMIP5

تفکیک		نام مدل	کشور	مرکز مدل سازی
in arc degrees(lat)	in arc degrees(lon)	Model name	Country	Modelling Center
1.4008	1.40625	MIROC5	Japan	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
1.125	1.125	EC-EARTH	Netherlands-Ireland	EC-EARTH consortium published at Irish Center for High-End Computing
2	2.5	GFDL-CM3	USA	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
1.25	1.875	HadGEM2-ES	UK	Met Office Hadly Center
1.8653	1.875	MPI-ESM-MR	Germany	Max Planck Institute for Meteorology

(Fowler et al. 2007). امروزه، روش‌های ریزگردانی آماری با مدل‌ها و ابزارهای متفاوتی انجام می‌گیرد. در این نوشتار از مدل ریزگردانی LARS-WG 6 استفاده شده است. این مدل از توزیع‌های نیمه‌تجربی برای سری‌های روزانه خشک و تر بارش و تشعشع خورشیدی استفاده می‌شود (Racsco et al. 1991). نسخه ششم این نرم افزار در سال ۲۰۱۸ ارائه شده و از مدل‌های CMIP5 و سناریوهای جدید انتشار (RCPs) پشتیبانی می‌کند. در این مطالعه از دو سناریوی RCP 4.5 و RCP 8.5

### ریزگردانی (ریز مقیاس نمایی)

ریزگردانی، نقش اساسی در افزایش دقت خروجی مدل‌های تغییر اقلیم دارند و به روش‌های مختلفی انجام می‌شود. در این بین، روش‌های آماری به سبب محاسبات آسان و ارزان، نسبت به سایر روش‌های ریزگردانی از جمله دینامیکی، رایج‌تر هستند

1 -Downscaling

برای دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۲۱ (دهه ۲۰۳۰) و ۲۰۸۰-۲۰۶۱ استفاده شده است. به منظور نتایج بهتر و کاهش عدم قطعیت، نتایج این مدل‌ها به صورت ترکیبی و به تفکیک هر یک از سناریوهای لحاظ شده است (Hamidianpour et al. 2016).

### برآورد نیاز آبی گیاه

نیاز آبی نخل با استفاده از مدل CROPWAT 8.0 تعیین گردیده است. این مدل شامل یک بیلان ساده آب است که امکان شبیه‌سازی تنش رطوبتی روی گیاه و محاسبه میزان کاهش محصول را بر پایه روش‌های مدون برآورد تبخیر و تعرق و عکس‌العمل گیاه به تنش آبی میسر می‌سازد (Ramezani Etedali et al. 2009). در این برنامه کامپیوتری از مدل پنمن-مونتیت برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع ( $ET_0$ )، نیاز آبی گیاه ( $ET_m$ ) و نیاز آبیاری گیاه استفاده می‌شود. خروجی نرم افزار LARS-WG شامل مقادیر روزانه پارامترهای های بارش، دماهای کمینه و بیشینه و ساعات آفتابی می‌باشد. مازاد بر این پارامترها، جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع ( $ET_0$ ) به داده‌های رطوبت نسبی و سرعت باد نیز نیاز می‌باشد. با ملاحظه ارتباط این پارامترها با دما از یک رابطه تجربی، برای دوره‌های آبی تولید شده‌اند. قبلاً اعتبارسنجی این رابطه با استفاده از مدل‌های آماری انجام شده است (Rahmani et al. 2015).

$$Wind = 9.495 + (0.633 \times Tmin) - (0.286 \times Tmax) \quad (1)$$

$$Humidity = 93.452 + (1.658 \times Tmin) - (2.926 \times Tmax) \quad (2)$$

در این جا،  $Tmin$  و  $Tmax$  به ترتیب دمای بیشینه و کمینه (سلسیوس) می‌باشند. رطوبت نسبی هو با یکای درصد و سرعت باد با یکای کیلومتر بر ساعت می‌باشد. معمولاً در ایستگاه‌های هواشناسی، سرعت باد بر حسب نات و در ارتفاع ۱۰ متری ثبت می‌گردد. اما، در مدل CROPWAT، سرعت باد بر حسب کیلومتر در روز و در ارتفاع دو متری مدنظر است. برای این منظور بر پایه یک رابطه تجربی (رابطه ۳) داده‌های سرعت باد به فرمت مدل مزبور تبدیل شده‌اند.

$$U2 = \frac{4.868 \times Uz}{\ln(67.75z - 5.42)} \quad (3)$$

در این جا،  $U2$  و  $Uz$  به ترتیب سرعت باد در ارتفاع دو و ده متری و  $Z$  بیانگر ارتفاع ایستگاه هواشناسی از سطح دریا به متر می‌باشند.

### اعتبارسنجی

از نمایه‌های تخمین خطا یا اعتبارسنجی برای سنجش عملکرد استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی وجود دارد. شاخص‌های خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، خطای مطلق میانگین (MAE)، میانگین مطلق درصد خطا

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

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{(\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O}))^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_i - O_i}{P_i} \right| \times 100 \quad (7)$$

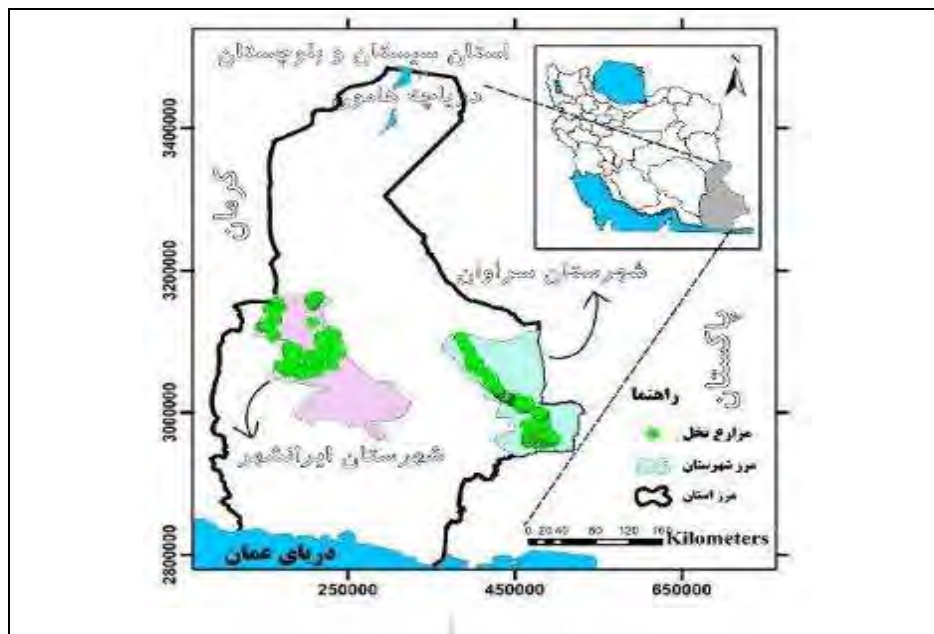
در تمامی معادلات بالا،  $P_i$  ارزش برآورده شده و  $O_i$  ارزش اندازه‌گیری شده در زمان های  $t$  و  $\bar{P}$  و  $\bar{O}$  به ترتیب متوسط ارزش‌های برآورده شده و اندازه‌گیری شده و  $n$  تعداد کل مشاهدات برای دوره پیش‌بینی می‌باشند (Khodaparast Shirazi and Sadeghi, 2012).

### محدوده مورد مطالعه

الگوی فضایی توزیع نخل خرما در ایران از سواحل جنوبی ایران تا عرض ۳۳° شمالی می‌باشند. بر اساس مطالعات، نواحی خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران، بیشترین گستره‌های مناسب برای کشت نخل خرما را از لحاظ شرایط اقلیمی و خاک دارا می‌باشند (Shabani et al. 2014). گستره وسیعی از نخلستان‌های ایران در منطقه جنوب شرق قرار دارد. دو شهرستان سراوان و ایرانشهر از دیرباز به عنوان قطب‌های تولید خرما در جنوب شرق شناخته می‌شوند (شکل ۱). این دو شهرستان با آنکه لحاظ شرایط ناهمواری متفاوت‌اند؛ اما از لحاظ اقلیمی تقریباً همسان می‌باشند. ایستگاه سینوپتیک سراوان در جنوب شرقی‌ترین نقطه ایران در سرزمینی نیمه کوهستانی قرار دارد. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا ۱۱۹۵ متر می‌باشد. متوسط بارش و میانگین دمای سالانه این ایستگاه به ترتیب ۱۰۵ میلیمتر و ۲۲ سلسیوس می‌باشد. ایستگاه ایرانشهر در سرزمینی پست در حاشیه هامون جازموریان قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۵۹۱ متر می‌باشد. متوسط بارش و میانگین دمای سالانه این ایستگاه به ترتیب ۱۰۵ میلیمتر و ۲۷ سلسیوس می‌باشد. اقلیم هر دو ایستگاه بر مبنای سیستم طبقه بندی کوپن-گایگر (Kottek et al. 2006) و دمارتن (Rahimie et al. 2013)، به ترتیب اقلیم بیابانی گرم (BWh) و اقلیم فراخشک (A1.1m2) می‌باشد (جدول ۳). هرچند مقدار بارش دریافتی هر دو ایستگاه تقریباً همسان می‌باشند؛ اما رژیم بارش (توزیع زمانی بارش) متفاوتی دارند. به این مفهوم که درصد

(Saligeh et al. 2008).

بارش فصل تابستان در ایستگاه سراوان قابل ملاحظه‌تر می‌باشد



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و توزیع فضایی موجود از کشت نخل خرما در مناطق خشک جنوب‌شرقی ایران.

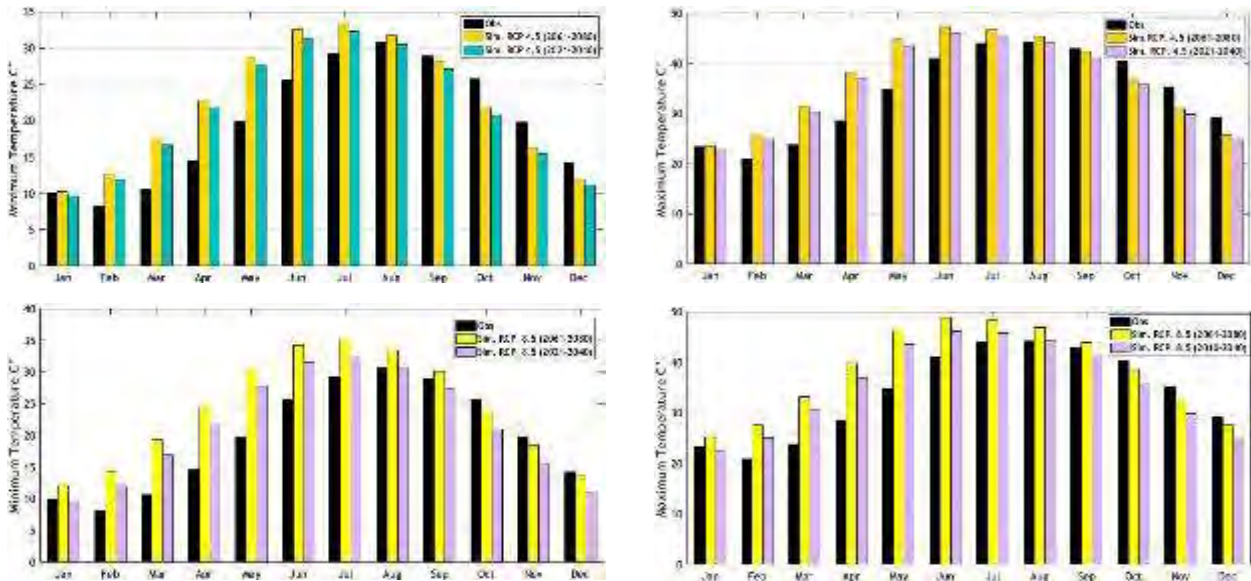
بررسی مدل‌های ترکیبی مرتبط با پارامتر دمای بیشینه پیش-بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه ایرانشهر روندی مشابه با دمای کمینه را نشان می‌دهد. بیشینه این افزایش، ۱۱/۵ درجه سلسیوس برپایه سناریو RCP8.5 و کمینه آن در ماه ژانویه با میزان ۰/۸ درجه سلسیوس برپایه سناریو RCP4.5 است. از نظر فصلی، افزایش مقدار دمای بیشینه در ایستگاه ایرانشهر از اواسط فصل زمستان آغاز و تا اواسط فصل تابستان ادامه دارد. در فصل پاییز و اوایل زمستان نیز کاهش دمای بیشینه پیش-بینی شده نسبت به دمای مشاهده شده به چشم می‌خورد. افزایش دمای روز هنگام در دوره رشد گیاه نخل سبب افزایش تقاضای آبیاری خواهد شد و در صورت کمبود موجودی آب سبب تنش خواهد شد. اندازه افزایش دمای بیشینه نسبت به افزایش دمای کمینه، کوچک‌تر بوده و به معنای کاهش دامنه تغییرات دمای شبانه روزی می‌شود. به این مفهوم که دمای کمینه شب هنگام با شتاب بیشتری نسبت به دمای بیشینه روز هنگام افزایش می‌یابد و فاصله آن‌ها در حال کاهش می‌باشد. نتایج اعتبارسنجی دمای کمینه و بیشینه برآورد شده ایستگاه ایرانشهر در جدول (۴) نشان داده شده است. برای افزایش دقت مدل در فرایند شبیه‌سازی، تعداد مرحله‌های اجرا تا پنج مرحله افزایش یافته است. همانطور که مشخص است به ترتیب مرحله چهارم و دوم از اجرای مدل برآوردی‌های دقیق

## بحث و یافته‌های تحقیق

به طور کلی، متوسط دمای هوا در هر دو ایستگاه (ایرانشهر و سراوان) در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۸۷) افزایش نشان می‌دهد. مقادیر افزایش دما در دوره آتی دور (۲۰۴۰-۲۰۲۱)، نسبت به دوره آتی نزدیک (۲۰۶۱-۲۰۸۰)، مقایسه مقدار دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و حاصل برآورد مدل‌های چندگانه بر پایه سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دوره‌های آینده دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) و نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۶۱) در ایستگاه هواشناسی ایرانشهر بیانگر افزایش ارزش‌های دمای کمینه و بیشینه در عمده ماه‌های سال نسبت به مقادیر مشاهده شده (۱۹۸۷-۲۰۱۰) است. از نظر فصلی، افزایش مقدار دمای کمینه در ایستگاه ایرانشهر از اواسط فصل زمستان آغاز و تا اوایل فصل تابستان ادامه دارد. از اواخر فصل تابستان تا اوایل فصل زمستان نیز مقدار دمای کمینه پیش‌بینی شده نسبت به مقادیر مشاهده شده (۱۹۸۷-۲۰۱۰) کاهش می‌یابد. بزرگترین مقدار این افزایش، ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد طی سناریو RCP8.5 مربوط به ماه می و کمترین افزایش دما در ماه ژانویه با میزان ۰/۲۳° سلسیوس طی سناریو RCP4.5 است. بزرگی افزایش دمای کمینه در دوره آینده دور نسبت به دوره آینده نزدیک بیشتر می‌باشد (شکل ۲). بنابراین دمای کمینه (دمای شب هنگام) در ایستگاه ایرانشهر روند افزایشی را نشان می‌دهد و با نتایج مطالعات (Dousti et al. 2013; Roshan et al. 2012; Abbasi et al. 2010;



تری برای دمای کمینه و بیشینه در ایستگاه هواشناسی ایرانشهر داشته است.



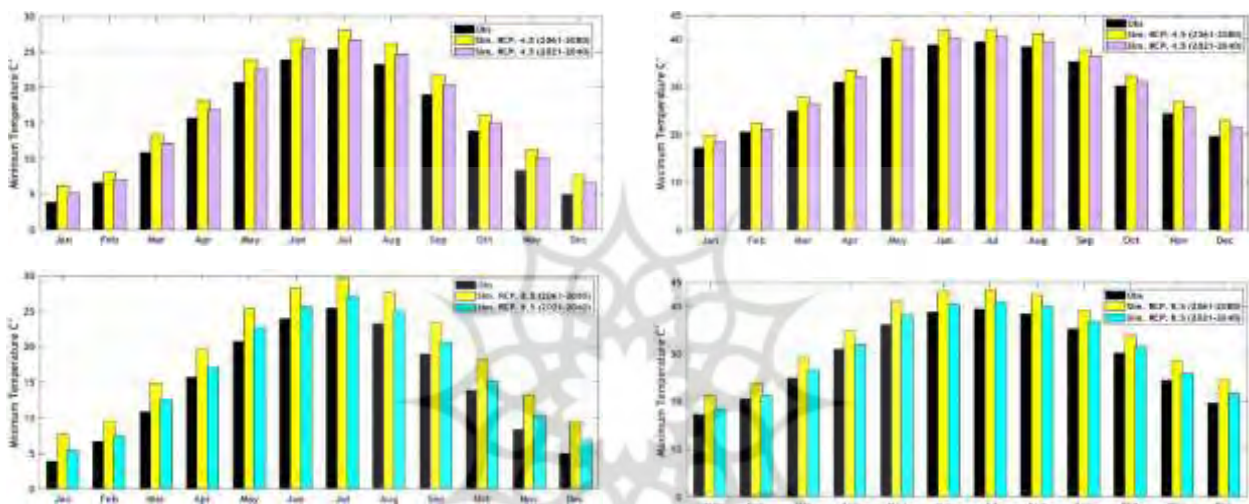
شکل ۲. مقایسه مقدار دمای کمینه (سمت چپ) و بیشینه (سمت راست) مشاهداتی و حاصل برآورد مدل‌های چندگانه برپایه سناریوی-های RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دوره‌های آینده دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) و نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) در ایستگاه هواشناسی ایرانشهر

پارامتر دمای بیشینه پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه سراوان دقیقاً روندی مشابه با دمای کمینه آن را نشان می‌دهد. بر اساس مقایسه تغییرات دمای بیشینه در دوره دیده‌بانی و دوره شبیه‌سازی شده، در تمامی ماه‌های سال افزایش دما رخ داده است. اندازه افزایش دمای بیشینه در ایستگاه سراوان نیز نسبت به افزایش دمای کمینه، کوچک‌تر و به معنای کاهش دامنه تغییرات دمای شبانه-روزی می‌شود. این شرایط به ویژه در ماه‌های گرم سال مورد انتظار است (شکل ۳). نتایج اعتبارسنجی دمای کمینه و بیشینه برآورد شده ایستگاه سراوان در جدول (۲) نشان داده شده است. برای افزایش دقت مدل در فرایند شبیه‌سازی، تعداد مرحله‌های اجرا تا پنج مرحله افزایش یافته است. همانطور که مشخص است به ترتیب مرحله نخست و سوم از اجرای مدل برآوردی‌های دقیق‌تری برای دمای کمینه و بیشینه در ایستگاه هواشناسی سراوان داشته است.

همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان گردید، ایستگاه سراوان و ایرانشهر از لحاظ ویژگی‌های توپوگرافی متفاوت می‌باشند. هرچند به طور کلی این دو قلمرو دارای اقلیم یکسانی می‌باشند اما در جزئیات اقلیم مانند اندازه و رژیم عناصر اقلیمی دارای تفاوت می‌باشند. سراوان سرزمینی نیمه کوهستانی می‌باشد. به همین خاطر اندازه دمای متوسط سالانه آن به مراتب کوچک‌تر از ایرانشهر می‌باشد. روند افزایش دمای کمینه در سراوان در تمامی ماه‌های سال انتظار می‌رود. منتها اندازه افزایش دمای کمینه در ایستگاه سراوان نسبت به ایستگاه ایرانشهر به مراتب کوچک‌تر است. بزرگترین افزایش در دمای کمینه در ماه‌های فصل تابستان انتظار می‌رود. برآوردهای مبتنی بر سناریوی RCP8.5 اندازه‌های بزرگتری از افزایش دمای کمینه نسبت به سناریوی RCP4.5 ارائه می‌دهد. علاوه بر آن اندازه افزایش دما در دوره آینده دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) نسبت به دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) بزرگ‌تر می‌باشد (شکل ۳). نتایج حاصل از بررسی مدل‌های ترکیبی مرتبط با

جدول ۲. آماره‌های ارزیابی دمای کمینه و بیشینه برآوردی (شبیه‌سازی شده) ایستگاه هواشناسی سراوان در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۸۷) توسط مدل LARS-WG 6.0

آماره ارزیابی دمای بیشینه				آماره ارزیابی دمای کمینه				مراحل اجرا
RMSE	MAPE	MAE	R <sup>2</sup>	RMSE	MAPE	MAE	R <sup>2</sup>	
۴,۸۷	۲۲,۳۴	۳,۷۸	۰,۷۲	۳,۵۶	۲۱,۲۰	۳,۶۴	۰,۷۸	۱
۴,۳۹	۲۱,۲۷	۳,۶۵	۰,۷۳	۴,۷۰	۲۴,۵۶	۴,۵۸	۰,۷۴	۲
۳,۱۳	۱۸,۶۷	۲,۲۱	۰,۸۰	۴,۲۰	۲۳,۴۴	۳,۹۳	۰,۷۶	۳
۳,۸۵	۱۹,۹۱	۲,۸۸	۰,۷۷	۴,۱۲	۲۳,۲۲	۳,۹۹	۰,۷۵	۴
۴,۰۲	۲۰,۲۸	۳,۰۲	۰,۷۶	۵,۳۸	۲۵,۱۱	۳,۷۲	۰,۶۸	۵



شکل ۳. مقایسه مقدار دمای کمینه (سمت چپ) و بیشینه (سمت راست) مشاهده‌ای و حاصل برآورد مدل‌های چندگانه برپایه سناریوی های RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دوره های آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۶۱) و نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) در ایستگاه هواشناسی سراوان.

## بارش

تغییرات مقدار بارش به طور کلی افزایشی می‌باشد. بیشینه تغییرات منفی مقدار بارش در ایستگاه ایرانشهر بر پایه برآورد هر دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 در ماه دسامبر و مارس می‌باشند. از سوی دیگر مقدار بارش ماه ژانویه نیز طبق هر دو سناریو، افزایشی می‌باشند. این تغییرات بیانگر تمرکز رژیم بارش زمستانی در ایستگاه ایرانشهر می‌باشند. بیانگر در آینده انتظار می‌رود روزهای بارشی رژیم بارش زمستانی در ایرانشهر محدود و مقدار بارش و شدت آن افزایش یابد که می‌تواند چالش‌های زیادی مانند سیلاب را ایجاد کند. در رژیم بارش تابستانه نیز تغییرات قابل‌انتظاری پیش‌بینی می‌گردد. بیشترین افزایش مقدار بارش در ماه آگوست مورد انتظار است. به طور کلی انتظار می‌رود مقدار بارش رژیم بارش تابستانه رو به افزایش تدریجی باشد. اما رژیم غالب بارش در آینده نیز همان رژیم زمستانه خواهد بود. شرایط تغییرات بارش در ایستگاه سراوان به گونه

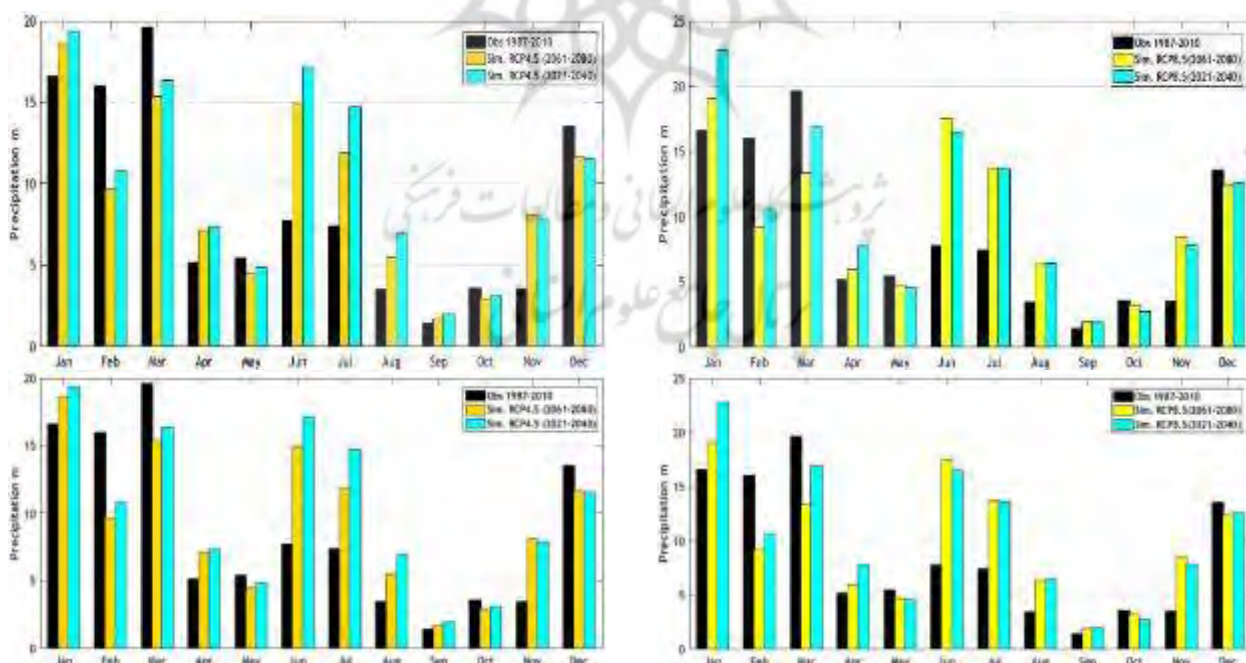
همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان گردید، از لحاظ مقدار بارش سالانه دو ایستگاه ایرانشهر و سراوان کاملاً به هم شبیه بوده و مجموع بارش دریافتی هریک از آن‌ها در طول سال در حدود ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد. اما در توزیع زمانی بارش دریافتی در مقیاس فصل و ماهانه تفاوت‌هایی بین آن‌ها وجود دارد. توزیع زمانی بارش در ایستگاه سراوان منظم‌تر می‌باشد. به این مفهوم که بارش دریافتی فصل تابستان در ایستگاه سراوان بیشتر از ایستگاه ایرانشهر می‌باشد. بنابراین علاوه بر مقدار بارش، نظام توزیع زمانی آن نیز در نتیجه تغییرات اقلیمی آینده دستخوش تغییرات می‌گردد و ارزیابی آن بسیار حائز اهمیت است. نتایج مدل ترکیبی مرتبط با میزان بارش پیش‌بینی شده و بارش مشاهده شده، در ایستگاه ایرانشهر و سراوان در شکل (۴) مقایسه شده است. به طور کلی، مقدار و رژیم بارش در منطقه مورد مطالعه در نتیجه تغییرات اقلیمی آینده تغییر خواهد کرد.

زمستانه به غیر از ماه ژانویه در سایر ایام مانند ماه‌های فوریه، مارس و دسامبر کاهش می‌باشد. بنابراین مقدار بارش رژیم زمستانه در این منطقه کاهش خواهد داشت (شکل ۴). نتایج اعتبارسنجی بارش برآورد شده ایستگاه سراوان و ایرانشهر در جدول (۲) نشان داده شده است. برای افزایش دقت مدل در فرایند شبیه‌سازی، تعداد مرحله‌های اجرا تا پنج مرحله افزایش یافته است. همانطور که مشخص است به ترتیب مرحله سوم و نخست از اجرای مدل برآوردی‌های دقیق‌تری برای برآورد بارش در ایستگاه هواشناسی ایرانشهر و سراوان داشته است.

دیگری است. نتایج مقایسه بارش پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه سراوان بیانگر افزایش قابل ملاحظه مقدار بارش در رژیم بارش تابستانه می‌باشند. به ترتیب ماه‌های ژوئن، ژوئیه و آگوست بیشترین تغییرات افزایشی بارش در رژیم بارش تابستانه خواهند داشت. بنابراین انتظار می‌رود رژیم بارش تابستانه در سراوان آغازی زود هنگام داشته باشد و مقدار بارش آن نیز افزایش یابد. این افزایش بارش ممکن است بر روی کیفیت و کمیت محصول خرما نتایج منفی داشته باشد. با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه این بارش‌ها به صورت رگباری بوده و خسارت‌های قابل ملاحظه‌ای را ایجاد می‌کند. رژیم بارش

جدول ۲. آماره‌های ارزیابی مقدار بارش برآوردی (شبیه‌سازی شده) ایستگاه هواشناسی ایرانشهر و سراوان در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۸۷) توسط مدل LARS-WG 6.0

آماره ارزیابی بارش (ایستگاه هواشناسی سراوان)				آماره ارزیابی بارش (ایستگاه هواشناسی ایرانشهر)				مراحل اجرا
RMSE	MAPE	MAE	R <sup>2</sup>	RMSE	MAPE	MAE	R <sup>2</sup>	
	۳,۳۷	۴۲,۰۱	۲,۶۰	۰,۷۷	۴,۲۱	۵۱,۴۳	۳,۵۳	۰,۷۲
۴,۲۹	۴۷,۶۳	۳,۳۸	۰,۶۵	۵,۵۶	۵۵,۶۱	۴,۸۲	۰,۶۵	۲
۳,۵۵	۴۳,۱۱	۲,۶۷	۰,۷۶	۳,۰۱	۴۸,۸۳	۲,۳۴	۰,۸۳	۳
۴,۴۴	۴۸,۸۳	۳,۸۰	۰,۶۳	۶,۲۱	۵۸,۳۲	۵,۶۵	۰,۵۵	۴
۴,۷۰	۴۵,۳۳	۳,۱۴	۰,۷۲	۴,۴۳	۵۳,۲۱	۴,۰۱	۰,۷۰	۵

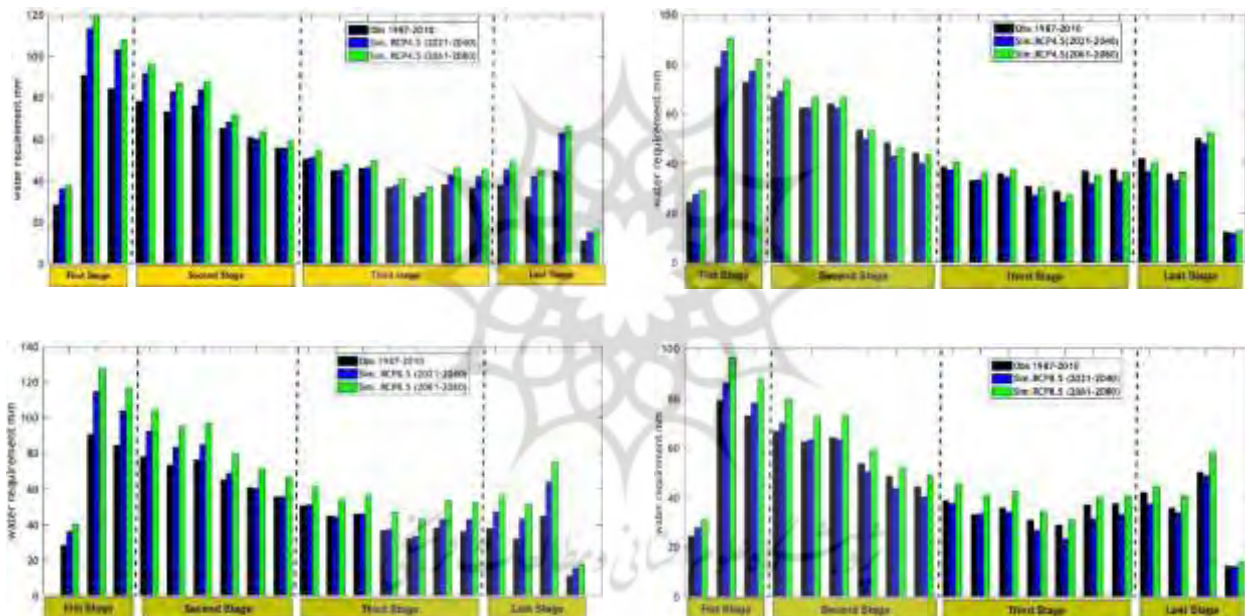


شکل ۴. مقایسه مقدار و رژیم بارش مشاهداتی و حاصل برآورد مدل‌های چندگانه برپایه سناریوی های RCP 8.5 و RCP 4.5 برای دوره‌های آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۶۱) و نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۲۱) در ایستگاه هواشناسی ایرانشهر (بالا) و سراوان (پایین)

## نیاز آبی

(۲۰۶۱) می‌شود نیز بیشتر بوده که بیانگر تشدید تاثیر تغییر اقلیم در دوره‌های آتی می‌باشد. طبق جدول (۷) آب آبیاری مورد نیاز در ایستگاه ایرانشهر در دو سال (۲۰۲۱-۲۰۴۰) و (۲۰۸۰-۲۰۶۱) افزایش بیشتری نسبت به ایستگاه سراوان دارد. تنها یک کاهش نیاز آبیاری در ایستگاه سراوان در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ مورد انتظار است که با افزایش مقدار بارش قابل ملاحظه رژیم تابستانه در ارتباط می‌باشند. اما به طور کلی، افزایش مقدار بارش پیش‌بینی شده قادر به جبران اثر افزایش دما نبوده و نیاز آبیاری در آینده افزایش خواهد داشت. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات ( Barzegari and Maleki nejad, 2016; Ghahraman et al. 2016; Mohebi, 2019) بر روی محصولات کشاورزی دیگر هم‌راستا بوده و نشان از افزایش نیاز آبی تحت تاثیر تغییر اقلیم در دوره‌های آتی می‌باشد.

تعیین دقیق نیاز آبیاری اهمیت بسیاری در مدیریت مصرف منابع آبی محدود در شرایط وقوع تغییر اقلیم در بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین دارد (Jahantigh et al. 2016). به منظور برآورد نیاز آبی نخل خرما در منطقه جنوب شرق ایران تحت شرایط تغییر اقلیم، خروجی داده‌های مشاهداتی و دو دوره پیش‌بینی شده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) و دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) طی دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 از نرم‌افزار CROPWAT با یکدیگر مقایسه شده است. همان‌طور که از شکل (۵) و جدول (۷) پیداست، آب آبیاری مورد نیاز نخل خرما در دوره پیش‌بینی شده طی دو سناریو نسبت به دوره مشاهده شده افزایش را نشان می‌دهد. این افزایش نیاز آبی تحت شرایط تغییر اقلیم در نیمه اول سال بارزتر خواهد بود. همچنین این افزایش در دوره دور که شامل سال‌های (۲۰۸۰-



شکل ۵. مقایسه مقدار آب مورد نیاز محصول در برنامه آبیاری تحت شرایط داده‌های مشاهداتی و حاصل برآورد مدل‌های چندگانه برپایه سناریوی های RCP 8.5 و RCP 4.5 برای دوره‌های آینده دور (۲۰۶۱-۲۰۸۰) و نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) در ایستگاه‌های هواشناسی ایرانشهر (چپ)، سراوان (راست).

جدول ۷. مقایسه آب مورد نیاز آبی نخل (مترمکعب در هکتار) در سناریوهای مختلف نسبت به شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه

RCP8.5		RCP4.5		دوره	ایستگاه
درصد تغییرات	آب مورد نیاز	درصد تغییرات	آب مورد نیاز		
۱۴,۳	۱۱۶۹,۳	۱۳,۳	۱۱۵۹,۳	۲۰۲۱-۲۰۴۰	ایرانشهر
۳۳,۶	۱۳۶۷,۶	۲۰,۱	۱۲۲۹,۲	۲۰۴۱-۲۰۷۰	
۲,۴-	۸۷۵,۴	۳,۰۵-	۸۶۸,۹	۲۰۲۱-۲۰۴۰	سراوان
۱۴,۸	۱۰۳۱,۱	۴,۴	۹۳۷,۴	۲۰۴۱-۲۰۷۰	

## نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

منطقه را نیز دچار تغییرات خواهد کرد. افزایش مقدار اندک در بارش پیش‌بینی شده قادر به جبران اثر افزایش دما نبوده و و مبتنی بر دو سناریو خوشبینانه و بدبینانه نیاز آبی نخل خرما در دوره‌های آبی مبتنی بر سناریوهای تغییر اقلیم افزایش خواهد داشت. با توجه به وابستگی معیشت ساکنان جنوب شرق ایران به این محصول، لازم است برنامه‌ریزی‌های مناسب جهت رفع این مشکل در دهه‌های آتی انجام گیرد. تغییر روش‌های مدیریتی، ایجاد شغل‌های جانبی در راستای کاهش وابستگی معیشت به نخل خرما، آموزش تغییر اقلیم به کشاورزان و راه‌های بهینه‌سازی آبیاری، همچنین یافتن مکان‌های جدید جهت کشت خرما و توجه مسئولین به این مهم از جمله راهکارهای پیشنهادی جهت رفع این مشکل در دهه‌های آتی می‌باشد.

تغییر اقلیم با تأثیرگذاری مستقیم بر فرآیندهای رشد و نمو محصولات باغبانی و عوامل مرتبط به‌خصوص آب قابل دسترس خاک و تبخیر و تعرق گیاه، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در محصولات باغبانی به وجود می‌آورند. اگرچه نخل خرما گیاهی مقاوم به خشکی محسوب می‌شود؛ ولی برای تولید محصول مرغوب بایستی آب مورد نیاز در حد کافی در اختیار آن قرار گیرد. نخل خرما عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک گسترش دارد که بارندگی کفاف نیاز این گیاه را نمی‌دهد. براساس یافته‌های این پژوهش مشخص گردید که در نتیجه تغییر اقلیم آینده، دما به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت و به دنبال آن تبخیر و تعرق افزایش و نیاز آبی گیاه

## Reference

- 1- Abbasi, F., Babaeian, I., Habibi Nokhandan, M., Goli Mokhtari, L., & Malbousi, Sh (2010) Climate Change Assessment over Iran in the Future Decades Using MAGICC-SCENGEN Model. Geographical Research Quarterly, 42(72), 91-110.
- 2- Ahmadi, H., Ghalhari, G. F., & Baaghdeh, M. (2019). Impacts of climate change on apple tree cultivation areas in Iran. Climatic Change, 153(1-2), 91-103.
- 3- Allbed, A., Kumar, L., & Shabani, F. (2017). Climate change impacts on date palm cultivation in Saudi Arabia. The Journal of Agricultural Science, 155(8), 1203-1218.
- 4- Barzegari, F., & Maleki nejad, H. (2016). Estimating Irrigation Requirements under Climate Change (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). Irrigation Sciences and Engineering, 39(4), 85-95.
- 5- Baule, W., Allred, B., Frankenberger, J., Gamble, D., Andresen, J., Gunn, K. M., & Brown, L. (2017). Northwest Ohio crop yield benefits of water capture and subirrigation based on future climate change projections. Agricultural Water Management, 189, 87-97.
- 6- Dixon, G. R. (2012). Climate change-impact on crop growth and food production, and plant pathogens. Canadian Journal of Plant Pathology, 34(3), 362-379.
- 7- Dousti, M., Habibnezhad Roshan, M., Shahedi, K., & Miryaghoubzade, M. (2013). Study of climate indices of Tamar River basin Golestan Province in terms of climate change using by LARS-WG model. Journal of the Earth and Space Physics, 39(4), 177-189.
- 8- Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., & Dahe, Q. (Eds.). (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.
- 9- Fowler, H. J., Blenkinsop, S., & Tebaldi, C. (2007). Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modelling. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 27(12), 1547-1578.
- 10- Fujino, J., Nair, R., Kainuma, M., Masui, T., & Matsuoka, Y. (2006). Multi-gas mitigation analysis on stabilization scenarios using AIM global model. The Energy Journal, (Special Issue# 3).
- 11- Ghahraman, N., Babaeian, I., & Tabatabaei MR (2016). Investigation the effect of climate change on sugarcane growing season and water requirement under RCP scenarios. Water and Soil Resources Conservation. 6(1), 63-74.
- 12- Hamidianpour, M., Baaghdeh, M., Abbasnia, M. (2016). Assessment of the Precipitation and Temperature Changes over South East Iran Using Downscaling Of General Circulation Models Outputs. Physical Geography Research Quarterly, 48(1), 107-123.
- 13- IPCC. (2007). Summary for Policymakers, in: Climate Change 2007. Solomon, S., Qin, M. Manning, Z., Chen, M., Marquis, K., Averyt, M., Tignor and Miller, H. 2007. Climate Change 2007: The Physical

- Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1-18.
- 14- Jahantigh, M., Karandish, F., & Delbari, M. (2016). Analyzing the Influences of Cropping Calendar on Wheat Water Requirement in Sistan and Baluchestan Province under Climate Change. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(4), 489-498.
- 15- Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global environmental change*, 13(1), 51-59.
- 16- Khodaparast Shirazi, J., & Sadeghi, Z (2012). Modeling and Forecasting Method in seafood Export ARIMA and Artificial Neural Networks. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 9(4), 111-132.
- 17- Kotteck, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263.
- 18- Mahdizadeh, S., Meftah Halghi, M., Seyed Ghasemi, S., & Mosaedi, A (2012). Study of precipitation variation due to climate change (Case study: Golestan dam basin). *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(3), 117-133.
- 19- Mohammadi, H., & Moghtaderi, GH. (2004) Assessment of climatic potential of date palm cultivation in Golestan province. *Geographical Research Quarterly*, 36(49), 163-178.
- 20- Mohebi, A. (2019). Study of climate change on water requirement for date palm in Ahwaz. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(4), 135-153.
- 21- Mohebi, A. (2019). Study of climate change on water requirement for Date palm in Ahwaz. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(4), 135-153.
- 22- Porfirio, L. L., Harris, R. M., Lefroy, E. C., Hugh, S., Gould, S. F., Lee, G., ... & Mackey, B. (2014). Improving the use of species distribution models in conservation planning and management under climate change. *PLoS One*, 9(11), e113749.
- 23- Racsco, P., Szeidl, L., & Semenov, M. (1991). A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological modelling*, 57(1-2), 27-41.
- 24- Rahimi, J., Ebrahimpour, M., & Khalili, A. (2013). Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. *Theoretical and applied climatology*, 112(3-4), 409-418.
- 25- Rahimi, J., Khalili, A., & Butterbach Bahl, K. (2019). Projected changes in modified Thornthwaite climate zones over Southwest Asia using a CMIP5 multi model ensemble. *International Journal of Climatology*, 39(12), 4575-4594.
- 26- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., & Hadizadeh Azghandi, M. (2015). Effects of climate change on the length of growth stages and water requirement of wheat and barley (Case Study: Birjand Plain). *Journal of Agroecology*, 7(4), 443-460.
- 27- Ramezani Etedali, H., Nazari, B., Tavakoli, A., & Parsinejad, M (2009). Evaluation of CROPWAT model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. *Water and Soil*, 23(1), 119-129.
- 28- Roshan, Gh. Khoshakhlagh, F., & Azizi, Gh (2012). Assessment of Suitable General Atmosphere Circulation Models for Forecasting Temperature and Precipitation Amounts in Iran Under Condition of Global Warming. *Geography And Development Iranian Journal*, 10(27), 19-36.
- 29- Saligeh, M., Bareimanei, F., & Esmaeilnegad, M. (2008). Climatological Regionalization on Sistan & Balouchestan Province. *Geography And Development Iranian Journal*, 6(12), 101-106.
- 30- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2014). Suitable regions for date palm cultivation in Iran are predicted to increase substantially under future climate change scenarios. *The Journal of Agricultural Science*, 152(4), 543.
- 31- Stevens, T., & Madani, K. (2016). Future climate impacts on maize farming and food security in Malawi. *Scientific reports*, 6, 36241.
- 32- Taghinejad, H., fahmideh, L., Samsampoor, D., Askaryesyahooi, M. (2018). Genetic diversity of date palm cultivars in Sistan and Baluchestan and Hormozgan provinces using microsatellite. *Molecular and Cellular Researches (Iranian Journal of Biology)*, 31(2), 172-186.