

Forecasting the Effect of Climate on Production Rate and Yield of Summer Crops in Khuzestan Province, Case Study (Tomato, Cucumber and Watermelon)

Laleh Sadat Asl^{1*}, Gholamreza Yavari², Farid Ejlali² and Sedighe Paroon³

1- Ph.D. Graduate, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

*Corresponding author: Sadatasl2000@gmail.com

(Received: 04 July 2022

Revise: 09 August 2022

Accepted: 05 September 2022)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** The agriculture section as a subsection of our economy receives the most impact under the climate fluctuations. Climate change is an unsustainable factor affecting the yield of agricultural crops. Therefore, agricultural production, especially rainfed cultivation, has a high correlation with climatic factors. Climate change, in addition to affecting the production of agricultural crops, affects the sustainability and performance of agricultural products by influencing water resources. Agricultural product performance forecasting is one of the management tools in agricultural sector planning and policy making. The purpose of the current study was to evaluate the yield and production rate of three summer crops including cucumber, tomato and watermelon due to climate change in Khuzestan province and their prediction for the years 2025 to 2100.
- 2. Materials and Methods:** In order to evaluate the reaction function of summer crops yield in Khuzestan province, meteorological data including precipitation, minimum temperature, maximum temperature and relative humidity of 13 meteorological stations including Ahvaz, Izeh, Andimeshk, Mahshahr, Behbahan, Dezful, Azadegan, Ramhormoz, Shushtar, Masjed Soleiman, Omidieh, Shadegan and Shoush was collected during the years 1991 to 2020. Excel and SPSS software were used to calculate and analyze the indicators. The climatic indices of Khuzestan province were divided into two climatic regions. Region (1) included Ahvaz, Mahshahr, Behbahan, Shoushtar, Omidie, Shadegan and Shoush, and region (2) included Dezful, Azadegan, Ramhormoz, Masjed Soliman and Andimeshk. The yield function of three products including cucumber, tomato and watermelon at two regions was estimated using panel data and Eviews software. Then, the yield and production rate of crops were predicted using the climate forecasting scenarios for the years 2025 to 2100.
- 3. Results and Discussion:** The results showed that temperature had a negative and significant effect on the yield of tomato in region (1) and region (3), but it had a positive and significant effect on the yield of region (2). Rainfall had a negative and significant effect on the yield of tomato in region (1). But rainfall had a positive and significant effect on the yield of crops in region (2) and (3). Humidity had a positive and significant effect on tomato in region (1) and (2), but it had a negative effect on region (3). Temperature had a positive and significant effect on cucumber yield in region (1) and region (3). But it had a negative effect on the yield of cucumber in region (2). Rainfall had a positive and significant effect on cucumber yield in region (1) and (3). But it had a negative effect on the performance of region (2). Humidity also had a positive effect on the performance of cucumber in region (1), but it had a negative effect on the performance of region (2) and (3). Temperature had a negative and significant effect on watermelon yield in region (1) and (3), but it had a positive effect on watermelon yield in region (2). Rainfall had a negative and significant effect on the yield of watermelon in region (1), but it did not have a significant effect on the yield of region (2) and (3). Humidity had a negative and significant effect on the yield of watermelon in region (1) and (3), but it had a positive and significant effect on the yield of region (2). Also, the results showed that the highest percentage of yield changes in climate scenarios were related to cucumber in region (3) and watermelon and tomato in region (2). The results of forecasting the production rate of selected crops during the years 2100-2025 showed that the highest production rate was related to tomato in region (2), watermelon in region (2) and watermelon in region (1). Based on the results, during the years 2100-2025, the cultivated area of tomato crop in region (1) showed a more downward trend, but the cultivated area of cucumber crop in region (1) showed a more upward trend.
- 4. Conclusion:** The results of yield forecasting until year 2100 showed that cucumber crop in region (3) and watermelon and tomato crops in region (2) have respectively higher increase rate of yield. Also, results demonstrated that in region (2), tomato and watermelon have higher production rate, respectively. Given

to adverse effects of climate change on the production of studied crops and in order to prevent considerable reduction of production rate, solutions should be provided to adapt more to climate conditions, such as changing the cultivation pattern, optimal management of resources and production of varieties resistant to climate change. Therefore, according to the obtained results, it could be stated that region (2) has a relative advantage in the production of watermelon and tomato crops.

Keywords: Climatic factors, Climate forecasting scenario, Panel data, Yield reaction function

Citation: Sadat Asl, L., Yavari, Gh., Ejlali, F. & Paroon, S. (2023). Forecasting the effect of climate on production rate and yield of summer crops in Khuzestan province, case study (tomato, cucumber and watermelon). *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 23-43. doi: 10.22034/IUVS.2022.557127.1222

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





پیش‌بینی اثر اقلیم بر میزان تولید و عملکرد صیفی‌جات در استان خوزستان، مطالعه موردی (گوجه‌فرنگی، خیار و هندوانه)

لاله سادات اصل^{۱*}، غلامرضا یآوری^۲، فرید اجلالی^۳ و صدیقه پرون^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: Sadatasl2000@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳

چکیده

تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه بصورت کشت دیم همبستگی بالایی با عوامل اقلیمی دارد. تغییر اقلیم علاوه بر تأثیر بر تولید محصولات کشاورزی، با تأثیر بر منابع آب، بر پایداری و عملکرد محصولات کشاورزی اثر می‌گذارد. پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی یکی از ابزارهای مدیریتی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری بخش کشاورزی است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی عملکرد و تولید سه محصول خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه در اثر تغییر اقلیم در استان خوزستان و پیش‌بینی آن‌ها برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ می‌باشد. به‌منظور برآورد تابع واکنش عملکرد سبزیجات استان خوزستان داده‌های هواشناسی شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و رطوبت نسبی ۱۳ ایستگاه هواشناسی شامل شهرستان‌های اهواز، ایذه، اندیمشک، ماهشهر، بهبهان، دزفول، آزادگان، رامهرمز، شوشتر، مسجدسلیمان، امیدیه، شادگان و شوش در طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری گردید. برای محاسبه و تحلیل شاخص‌ها از دو نرم‌افزار Excel و SPSS استفاده شد. نتایج نشان داد که دما و رطوبت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گوجه‌فرنگی، خیار و هندوانه در استان خوزستان دارند. پیش‌بینی عملکرد تا سال ۲۱۰۰ نشان داد که محصول خیار در منطقه (۳) و هندوانه و گوجه‌فرنگی در منطقه (۲) به ترتیب از افزایش عملکرد بالاتری برخوردار می‌باشند. همچنین پیش‌بینی عملکرد تولید تا سال ۲۱۰۰ نشان داد که به ترتیب گوجه‌فرنگی و هندوانه در منطقه (۲) مقدار تولید بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: تابع واکنش عملکرد، داده‌های تابلویی، سناریوی پیش‌بینی آب و هوا، مؤلفه‌های اقلیمی

استناد: سادات اصل، ل.، یآوری، غ.، اجلالی، ف. و پرون، ص. (۱۴۰۲). پیش‌بینی اثر اقلیم بر میزان تولید و عملکرد صیفی‌جات در استان خوزستان، مطالعه موردی (گوجه، خیار و هندوانه). علوم سبزی‌ها، ۱۳(۱)، ۲۳-۴۳.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

و اتخاذ راهبردهای مناسب بسیار ضروری می‌باشد (Zhang *et al.*, 2012; Haghghi & Abolghasemi, 2019). بخش کشاورزی به‌علت وابستگی زیاد به شرایط اقلیمی بیش از سایر بخش‌ها در معرض خطرات ناشی از تغییرات آب و هوایی قرار دارد. اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک به وقوع تغییرات آب و هوایی حساس‌اند و آسیب‌پذیری بیشتری دارند (Elbehri *et al.*, 2015). با توجه به آثار گسترده و متقابل اقلیم با بخش‌های مختلف تولیدی، عوامل زیست‌محیطی و جوامع انسانی، امروزه از تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست و یکم یاد می‌شود که پیامدهای جدی اقتصادی با خود به‌همراه دارد (Redsma *et al.*, 2010). اگر چه بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از کشاورزی، جنگلداری، آب، صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه از تغییرات اقلیم متأثرند (Ackerman *et al.*, 2017; NazrulIslam & Winkel, 2012)، اما در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است و اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های بخش کشاورزی است (Thaler *et al.*, 2012). افزون بر این، کشاورزی سهم بالایی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه دارد و از ارتباطات گسترده‌ای با دیگر بخش‌های اقتصادی برخوردار است، ضمن اینکه خود یکی از منابع تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای است. مجموع این ویژگی‌ها بخش کشاورزی را به محور اصلی بحث‌های سیاستی و پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده در سطح جهانی و ملی در بسیاری از کشورها تبدیل کرده است (Fogarasi *et al.*, 2017).

از آنجا که کشورهای در حال توسعه به‌شدت به کشاورزی وابسته‌اند، تأثیر گرمایش جهانی بر تولیدات این کشورها مخاطرات جدی از نظر امنیت غذایی به‌همراه خواهد داشت با این حال اغلب مطالعات تجربی انجام شده متوجه کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Porter *et al.*, 2014). کشور ایران با توجه به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی خود در وضعیت مناسبی از لحاظ تأمین آب قرار

گرم شدن آب و هوای زمین و تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی جهان است. با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روزافزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی، مصرف انواع سوخت‌های فسیلی نظیر زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید گازهایی مانند دی‌اکسید کربن (CO_2) شده است (Ahmed *et al.*, 2020). افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها و ضایعات جامد و مایع شده، تبعات مختلفی با خود به‌همراه داشته است. پدیده تغییر اقلیم یکی از این تبعات است که از مسائل مهم در بخش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (Khuda Bakhsh *et al.*, 2020). تغییر اقلیم یک تغییر معنی‌دار و پایدار در توزیع آماری الگوهای آب و هوایی است که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ می‌دهد. در واقع این پدیده در نتیجه عوامل درونی مانند فرآیندهای دینامیکی زمین و یا عوامل بیرونی چون تغییرات در شدت تابش آفتاب و یا فعالیت‌های انسانی اتفاق می‌افتد (Zhang *et al.*, 2012). رشد و عملکرد گیاهان زراعی به‌میزان زیادی به وسیله شرایط آب و هوایی در طی فصل رشد تعیین می‌شود. حتی تغییرات بسیار اندک شرایط اقلیمی نسبت به وضع معمول بر توان تولیدی گیاهان زراعی اثرات شگرف خواهد داشت (Jing *et al.*, 2019). بنابراین در آینده پیش‌بینی مقدار و الگوی بارش و عملکرد از اهمیت بیشتری نسبت به شرایط فعلی برخوردار خواهد بود (Parhizkari *et al.*, 2014). تغییر اقلیم علاوه بر تأثیر بر روی تولید محصولات کشاورزی، با تأثیر بر منابع آب و میزان بارش، بر پایداری تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک اثر منفی برجای خواهد گذاشت و باعث می‌شود که تعداد سال‌های با عملکرد پایین افزایش یابد (Thaler *et al.*, 2012). از این رو شناخت نوسان‌های زمانی و مکانی پارامترهای هواشناسی (نظیر دما، بارش، رطوبت نسبی و نظایر آن) و تأثیر آن بر بوم‌نظام‌های کشاورزی جهت مدیریت منابع آبی و تولیدات کشاورزی

al., 2020; Ahmed *et al.*, 2020; Paroon *et al.*, (2020).

بیشتر مطالعات پیشین در سطح یک کشور مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته و نتایج کلی بدست آمده است. این مطالعه به‌طور جداگانه بر روی یک استان در مناطق مجزا تحقیق و بررسی خواهد شد تا بدین‌وسیله بتوان مناطقی که دامنه تغییرات اقلیمی در آن‌ها نسبت به سایر مناطق کشور شدیدتر است شناسایی شوند. با توجه به اینکه اکثر مطالعات گذشته بر یک نوع محصول خاص تاکید کرده در این مطالعه با توجه به شرایط اقلیمی و نوع کشت هر منطقه، که مطمئناً تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات مختلف تأثیر متفاوتی خواهد داشت، اثرات اقتصادی تغییر اقلیم برای انواع محصولات بررسی شده است. بدین وسیله می‌توان بهترین الگوی کشت را برای مناطق آسیب‌پذیر بدست آورد. در سناریوهای اقلیمی گوناگون، با شبیه‌سازی عملکرد محصولات مختلف، مطمئناً تغییر اقلیم اثر متفاوتی بر عملکرد محصولات بر جای خواهد گذاشت. بنابراین در این مطالعه، دسته‌بندی محصولات بر اساس نحوه تحت تأثیر قرار گرفتن از تغییر اقلیم، به اتخاذ استراتژی‌های مناسب برای مقابله با تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کمک فراوانی خواهد کرد. بنابراین بررسی هم‌زمان چندین محصول بسته به اهداف مطالعه دید کلی‌تری از اثرات تغییر اقلیم استان خوزستان به‌دست می‌دهد.

مواد و روش‌ها

ناحیه‌بندی توسط عناصر و عوامل اقلیمی یکی از مهمترین موضوعاتی است که به دلایل گوناگون از جمله اهمیت آن در کشاورزی یک منطقه مورد توجه می‌باشد. بنابراین ابتدا بر اساس شاخص‌های مختلف پهنه‌بندی اقلیمی، اقلیم استان طبقه‌بندی گردید. برای محاسبه شاخص داده‌های هواشناسی شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و رطوبت نسبی ۱۳ ایستگاه هواشناسی شامل شهرستان‌های اهواز، ایذه، اندیمشک، ماهشهر، بهبهان، دزفول، آزادگان، رامهرمز، شوشتر،

ندارد و جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Pourjazi & Halabian, 2011).

در گزارش سال ۲۰۱۰ هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) اطلاعات ۵ ایستگاه هواشناسی برای ۱۰۰ سال در کشور تحلیل شده است که نتایج آن برای همه ایستگاه‌ها افزایش معنی‌دار میانگین دمای سالانه را نشان می‌دهد. پیش‌بینی IPCC برای ایران تحت سناریوی تغییر اقلیم A1 نشان‌دهنده افزایش متوسط درجه حرارت تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۳۰ سال آینده و ۳/۵ الی ۴ درجه سانتی‌گراد در ۱۰۰ سال آینده است که در این صورت بارندگی نیز آفت محسوسی خواهد داشت، ضمن اینکه افزایش درجه حرارت به افزایش قابل توجه سطح تبخیر و تعرق سالانه منجر خواهد شد. IPCC این مسأله را چالشی جدی برای مناطق خشک و کم‌باران از جمله ایران می‌داند و پیامد منفی آن را این‌گونه پیش‌بینی می‌کند که تولید محصول استراتژیک غلات در ایران تا ۳۰ سال آینده به‌مقدار ۳۰ درصد نسبت به سطح تولید فعلی کاهش می‌یابد (IPCC, 2013). مطالعات صورت پذیرفته در داخل و خارج از کشور نشان‌دهنده اهمیت وجود تغییرات اقلیم در بخش کشاورزی و سایر بخش‌های اقتصادی کشورها می‌باشد.

از جمله موارد قابل بحث در نتیجه تغییر آب و هوا بحث رفاه تولیدکننده، مصرف‌کننده و به‌صورت کلی رفاه اجتماعی ناشی از این تغییرات است (Attavanich & McCarl, 2011; Momeni & Zibae, 2013; Khalilian *et al.*, 2014; Von Jeetze *et al.*, 2017; Paroon *et al.*, 2019; Dissanayake *et al.*, 2019 مورد دیگری که می‌توان مورد بررسی قرار داد تغییر درآمد خالص کشاورزان و درنهایت درآمد ملی ناشی از تغییرات آب و هوایی است (Wossen *et al.*, 2018; Soltani & Mousavi, 2015; Baarsch *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2020). در اکثر مطالعات سعی شده استراتژی‌هایی نیز جهت سازگاری با شرایط محیطی پیش‌آمده ارائه گردد (Thamo *et al.*, 2017; Chaulagain & Ram Rima, 2019; Khormali *et*

$$I = P / \sum E$$

$$E = 0.0018 (2.5 + T^2)(100 - r)$$

که در آن:

I = ضریب رطوبتی ایوانف

T = متوسط دمای ماهانه (سانتی‌گراد)

r = متوسط رطوبت نسبی ماهانه (درصد)

E = تبخیر ماهانه (سانتی‌متر)

P = مقدار بارندگی سالانه (سانتی‌متر)

$\sum E$ = جمع تبخیر در ماه‌های سال (سانتی‌متر)

در این روش لازم است، ابتدا با توجه به رطوبت نسبی و درجه حرارت، تبخیر ماهانه و سپس تبخیر سالانه محاسبه شود (Ghorbanzadeh Kharazi & Dezfulnejad, 2013; Delfardi, 2014). پس از محاسبه I، طبقه‌بندی اقلیمی در این روش با توجه به محدوده‌های ذکر شده در جدول ۱ انجام می‌شود.

رابطه مسوحدسلیمان، امیدیه، شادگان و شوش در طی سال-های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری گردید. برای محاسبه و تحلیل شاخص‌ها از دو نرم‌افزار Excel و SPSS استفاده شده است.

با توجه به داده‌های در دسترس استان خوزستان چندین شاخص پهنه‌بندی اقلیمی محاسبه شد. سپس از بین آن‌ها بهترین گزینه که با شرایط مطالعه سازگاری بیشتری داشت، برای ادامه مطالعه انتخاب گردید.

روش‌هایی که در این مطالعه برای پهنه‌بندی استان خوزستان استفاده شد شامل روش ایوانف (Paroon et al., 2019) و دکتر کریمی (Paroon et al., 2019) می‌باشد.

روش ایوانف بر اساس مقایسه بارندگی و تبخیر استوار است. در این روش ضریب رطوبتی برای هر منطقه از روابط زیر، محاسبه می‌شود:

جدول ۱- رده‌بندی شاخص ایوانف

Table 1- Classification of Ivanov's index

| نوع اقلیم Climate type | محدوده ضریب رطوبتی ایوانف Ivanov's humidity coefficient range |
|--|--|
| مناطق بسیار مرطوب جنگلی Very humid forest areas | $I > 1.5$ |
| مناطق مرطوب جنگلی Wet forest areas | $1.49 > I > 1$ |
| مناطق استپی جنگلی Forest steppe areas | $0.99 > I > 0.6$ |
| استپی Steppe | $0.59 > I > 0.3$ |
| بیابانی Desert | $0.29 > I > 0.13$ |
| صحرائی The desert | $0.12 > I > 0$ |

در روش دکتر کریمی با استفاده از سه شاخص گرما، سرما و رطوبت، اقلیم منطقه معرفی می‌گردد (جدول ۲).

جدول ۲- رده‌بندی شاخص رطوبتی کریمی

Table 2- Classification of Karimi humidity index

| نوع اقلیم Climate type | I شاخص رطوبتی کریمی I Karimy humidity index |
|---------------------------|--|
| بسیار مرطوب Very wet | $0.5 < I$ |
| مرطوب Wet | $0.5 < I < 1$ |
| نیمه مرطوب Sub-humid | $1 < I < 3$ |
| نیمه خشک Semi-arid | $3 < I < 6$ |
| خشک Dry | $6 < I < 10$ |
| بسیار خشک Very dry | $I > 10$ |

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از روش دکتر کریمی و ایوانف، سه اقلیم برای استان خوزستان بدست آمد. در روش دکتر کریمی اقلیم شهرستان‌های استان به سه گروه نیمه‌خشک، خشک و بسیار خشک تقسیم شد. شهرستان ایذه دارای اقلیم نیمه‌خشک و شهرستان مسجدسلیمان دارای اقلیم خشک می‌باشد. بقیه شهرستان‌ها دارای اقلیم بسیار خشک هستند. با توجه به شاخص ایوانف سه اقلیم بیابانی، استپی و استپ جنگلی برای شهرستان‌ها بدست آمد. شهرستان ایذه دارای اقلیم استپ جنگلی می‌باشد و شهرستان‌های اندیمشک، دزفول، آزادگان، رامهرمز و مسجدسلیمان دارای اقلیم استپی هستند و بقیه شهرستان‌ها دارای اقلیم بیابانی می‌باشند. بر همین اساس از روش دکتر کریمی و ایوانف جهت پهنه‌بندی اقلیمی برای انجام ادامه مطالعه استفاده گردید. در نتیجه استان خوزستان از نظر اقلیمی به سه منطقه مطابق جدول ۳ تقسیم شد.

شاخص رطوبتی در این روش وضعیت خشکی محل را با استفاده از رابطه زیر مشخص می‌نماید:

$$I = 5T/P$$

که در آن:

I = شاخص رطوبتی

P = مجموع بارندگی سالانه (میلی‌متر)

T = مجموع درجه حرارت ماه‌هایی از سال که متوسط دمای ماهانه آن‌ها بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد است (Paroon *et al.*, 2019).

برای برآورد تابع واکنش عملکرد محصولات از داده‌های ترکیبی استفاده شد. داده‌های تولید محصول، اطلاعات سالانه درصد زمین‌های تمام وقت به کل مزارع خانوارها و قیمت نهاده‌ها از سالنامه‌های کشاورزی، دما، بارندگی و رطوبت نسبی نیز برای یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۹) به صورت فصلی و ماهانه از سازمان هواشناسی جمع‌آوری شد. جهت تجزیه و تحلیل آمارها از نرم‌افزار EVIEWS استفاده شد.

جدول ۳- تقسیم بندی استان خوزستان به سه منطقه آب و هوایی

Table 3- The division of Khuzestan province into three climatic regions.

| منطقه ۱ Region (1) | منطقه ۲ Region (2) | منطقه ۳ Region (3) |
|---|---|-----------------------|
| اهواز، ماهشهر، بهبهان، شوشتر، امیدیه، شادگان و شوش | دزفول، آزادگان، رامهرمز، مسجدسلیمان و اندیمشک | ایذه |
| Ahvaz, Mahshahr, Behbahan, Shoushtar, Omidie, Shadegan and Shoush | Dezful, Azadegan, Ramhormoz, Masjed Soliman and Andimeshk | Izeh |

دارد. بارندگی اثر منفی و معنی دار بر عملکرد گوجه فرنگی منطقه (۱) دارد ولی اثر مثبت و معنی داری بر عملکرد منطقه (۲) و (۳) دارد. رطوبت اثر مثبت و معنی داری بر گوجه فرنگی در منطقه (۱) و (۲) دارد اما بر منطقه (۳) اثر منفی دارد. با مقایسه نتایج بدست آمده با مطالعات دیگر (Paroon *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020)، می توان نتیجه گرفت که با توجه به شرایط آب و هوایی، تأثیر عوامل اقلیمی متفاوت می باشد. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت مناطق در استان خوزستان که تعدادی از شهرستان های آن به خصوص شهرهای منطقه (۱) به دریا نزدیک هستند بنابراین تأثیر دما و رطوبت در این منطقه با دو منطقه دیگر متفاوت می باشد.

با توجه به آزمون های انجام شده این نتیجه حاصل شد که مدل تابع واکنش عملکرد به صورت تجمیعی بهترین مدل برآورد در منطقه (۱) و مدل تابع واکنش عملکرد دارای اثرات ثابت مقطعی و زمانی برای منطقه (۲) و روش OLS برای منطقه (۳) برای محصول گوجه فرنگی مناسب است. مدل تابع واکنش عملکرد دارای اثرات ثابت مقطعی و زمانی برای خیار در منطقه (۱) و مدل تابع واکنش عملکرد به صورت تجمیعی بهترین مدل برآورد در منطقه (۲) و روش OLS مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از تخمین توابع در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول ۴، دما اثر منفی و معنی دار بر عملکرد گوجه فرنگی در منطقه (۱) و منطقه (۳) دارد، اما بر عملکرد منطقه (۲) اثر مثبت و معنی داری

جدول ۴- نتایج حاصل از تخمین تابع واکنش عملکرد محصول گوجه فرنگی

Table 4- Results of estimating the reaction function of tomato crop yield

| متغیر Variable | گوجه فرنگی در منطقه (۱) Tomato in region (1) | گوجه فرنگی در منطقه (۲) Tomato in region (2) | گوجه فرنگی در منطقه (۳) Tomato in region (3) |
|-------------------|---|---|---|
| دما | -9/1** | 4/01** | -1/30*** |
| Temperature | | | |
| بارندگی | -2/36*** | 1/09 | 7/94*** |
| Rainfall | | | |
| رطوبت | 1/87*** | 1/24*** | -1/36*** |
| Humidity | | | |

مأخذ: یافته های تحقیق، *، ** و *** به ترتیب در سطح ده، پنج و یک درصد معنی دار هستند.

Source: The research findings, *, **, *** were significant at 10%, 5% and 1% respectively.

دارد. اما بر عملکرد منطقه (۲) اثر منفی دارد. رطوبت نیز دارای اثر مثبت بر عملکرد خیار منطقه (۱) است ولی بر عملکرد منطقه (۲) و (۳) تأثیر منفی دارد. نتایج بدست آمده با نتایج مطالعات (Kotir, 2011; Paroon

با توجه به جدول ۵، دما اثر مثبت و معنی داری بر عملکرد خیار در منطقه (۱) و منطقه (۳) دارد. اما بر عملکرد خیار منطقه (۲) اثر منفی دارد. بارندگی اثر مثبت و معنی داری بر عملکرد خیار در منطقه (۱) و (۳)

(۲) تأثیر عوامل، شباهت بیشتری به همدیگر دارند و از نظر جغرافیایی به همدیگر نزدیکتر هستند. مقایسه (et al., 2019; Durandish et al., 2020) گردید که شدت اثر و ضریب آن با توجه به نوع اقلیم منطقه متفاوت می‌باشد. همچنین در دو منطقه (۱) و

جدول ۵- نتایج حاصل از تخمین تابع واکنش عملکرد محصول خیار

Table 5- Results of estimating the reaction function of cucumber crop yield

| متغیر Variable | خیار در منطقه (۱) Cucumber in region (1) | خیار در منطقه (۲) Cucumber in region (2) | خیار در منطقه (۳) Cucumber in region (3) |
|---------------------|---|---|---|
| دما Temperature | 1/26*** | -1/0*** | 2/24*** |
| بارندگی Rainfall | 1/09 | -3/24* | 5/40 |
| رطوبت Humidity | 2/20*** | -1/60*** | -1/05*** |

مأخذ: یافته‌های تحقیق، *، **، *** به ترتیب در سطح ده، پنج و یک درصد معنی‌دار هستند.

Source: The research findings, *, **, *** were significant at 10%, 5% and 1% respectively.

عملکرد منطقه (۲) اثر مثبت و معنی‌داری دارد (جدول ۶).

نتایج بدست آمده با نتایج مطالعه Ali و همکاران (۲۰۱۷) و Paroon و همکاران (۲۰۱۹) در تأثیر دما در منطقه (۱) و (۳) همخوانی دارد، هرچند به دلیل اقلیم متفاوت، شدت تأثیرات متفاوت است.

دما تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد هندوانه در منطقه (۱) و (۳) دارد، اما بر عملکرد هندوانه در منطقه (۲) اثر مثبت دارد. بارندگی اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد هندوانه منطقه (۱) دارد، اما بر عملکرد منطقه (۲) و (۳) اثر معنی‌داری ندارد. رطوبت بر عملکرد هندوانه منطقه (۱) و (۳) تأثیر منفی و معنی‌داری دارد، اما بر

جدول ۶- نتایج حاصل از تخمین تابع واکنش عملکرد محصول هندوانه

Table 6- Results of estimating the reaction function of watermelon crop yield

| متغیر Variable | هندوانه در منطقه (۱) Watermelon in region (1) | هندوانه در منطقه (۲) Watermelon in region (2) | هندوانه در منطقه (۳) Watermelon in region (3) |
|---------------------|--|--|--|
| دما Temperature | -2/07*** | 3/99*** | -5/58*** |
| بارندگی Rainfall | -4/73** | 1/64 | 5/40 |
| رطوبت Humidity | -5/13*** | 1/24*** | -4/89* |

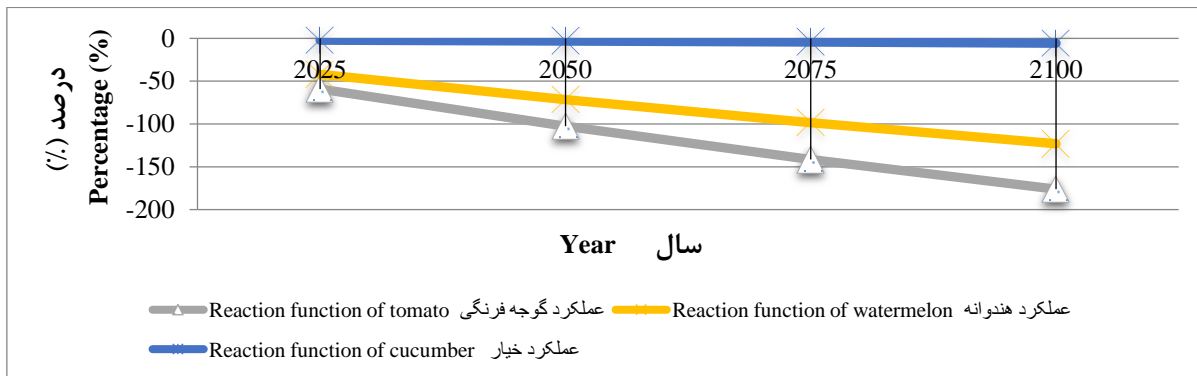
مأخذ: یافته‌های تحقیق، *، **، *** به ترتیب در سطح ده، پنج و یک درصد معنی‌دار هستند.

Source: The research findings, *, **, *** were significant at 10%, 5% and 1% respectively.

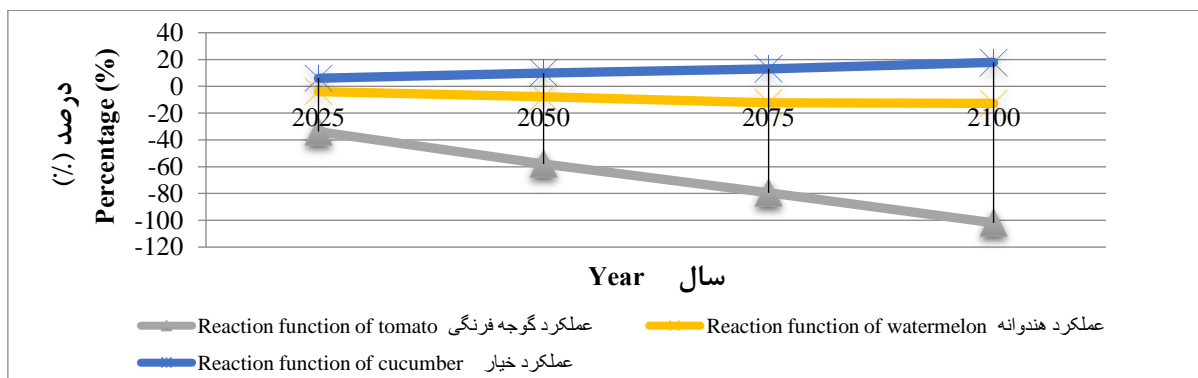
Abbasi و همکاران (۲۰۱۲) نسبت به میانگین دمای استان درصداگیری شده است.

در جدول ۷، درصد تغییرات بارش مستقیماً از مطالعه Abbasi و همکاران (۲۰۱۲) گرفته شده است. درصد تغییرات دما به کمک میزان تغییرات دما در مطالعه

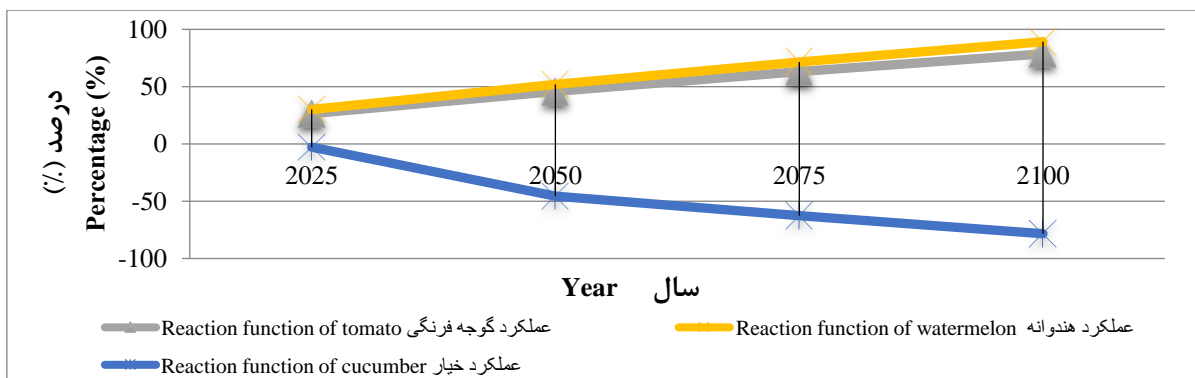
شکل‌های ۱ تا ۶ پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ را در مناطق سه‌گانه تحت سناریو-های مختلف نشان می‌دهد.



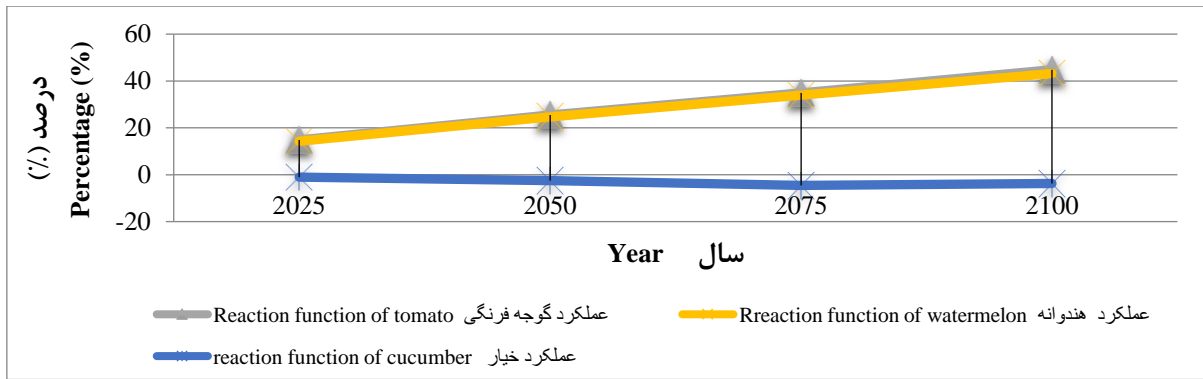
شکل ۱- پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4
 Figure 1- Prediction of summer crops performance as percentage in the region (1) by the year 2100 under the ECHAM4 scenario



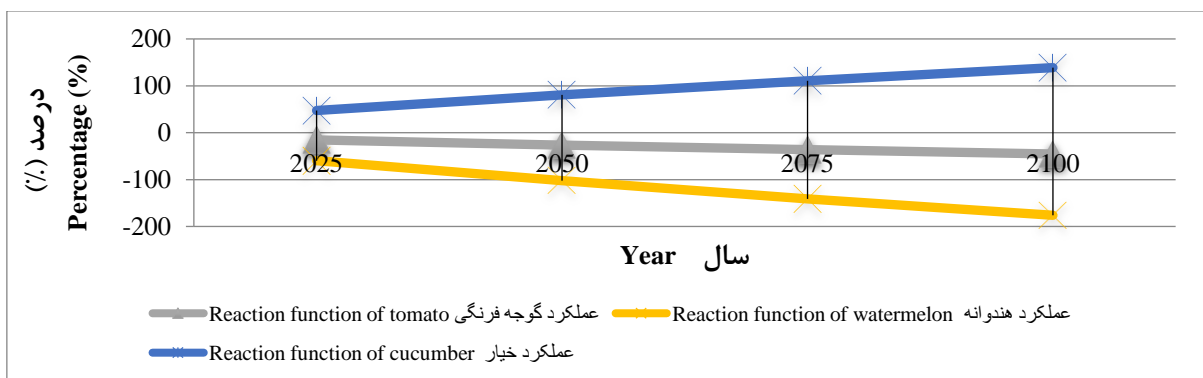
شکل ۲- پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی HadCM2
 Figure 2- Prediction of summer crops performance as percentage in the region (1) by the year 2100 under the HadCM2 scenario



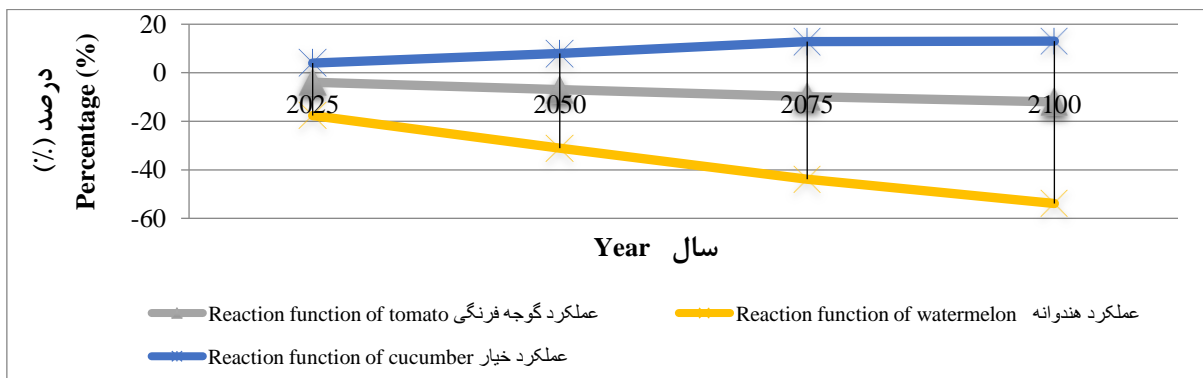
شکل ۳- پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4
 Figure 3- Prediction of summer crops performance as percentage in the region (2) by the year 2100 under the ECHAM4 scenario



شکل ۴- پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی HadCM2
 Figure 4- Prediction of summer crops performance as percentage in the region (2) by the year 2100 under the HadCM2 scenario



شکل ۵- پیش‌بینی تغییرات عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی ECHAM4
 Figure 5- Prediction of summer crops performance (percentage) in the region (3) by the year 2100 under the ECHAM4 scenario



شکل ۶- پیش‌بینی عملکرد صیفی‌جات بر حسب درصد تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی HadCM2
 Figure 6- Prediction of summer crops performance as percentage in the region (3) by the year 2100 under the HadCM2 scenario

تولید هندوانه مزیت نسبی بیشتری دارد (جدول ۹). با توجه به سناریوهای پیش‌بینی، نتایج تغییرات تولید محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه با نتایج مطالعه Paroon و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی بیشتری دارد.

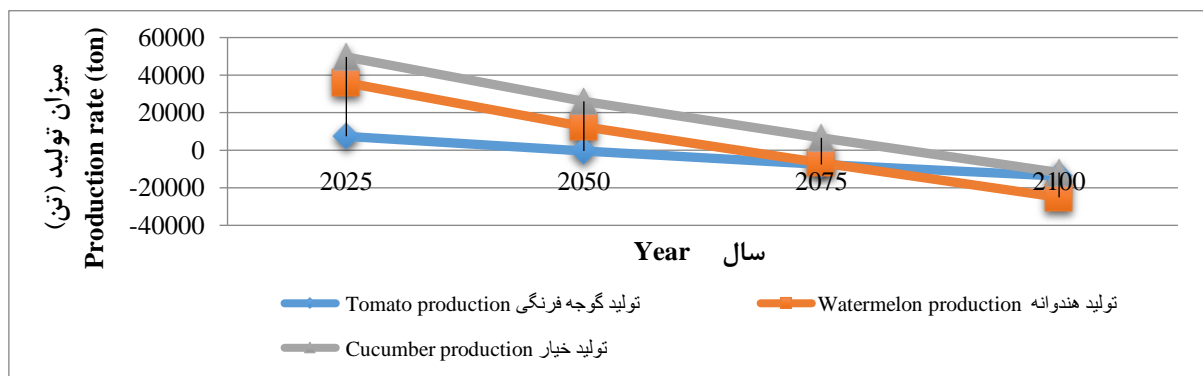
نتایج پیش‌بینی مقدار تولید محصولات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰ نشان داد که بیشترین تولید به ترتیب مربوط به گوجه‌فرنگی منطقه (۲)، هندوانه منطقه (۲) و هندوانه منطقه (۱) می‌باشد. بنابراین منطقه (۲) در تولید محصول گوجه‌فرنگی و هندوانه، و منطقه (۱) در

جدول ۹- پیش‌بینی مقدار تولید (تن) صیفی‌جات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰

Table 9- Prediction of production rate (ton) of selected summer crops during the years 2025-2100

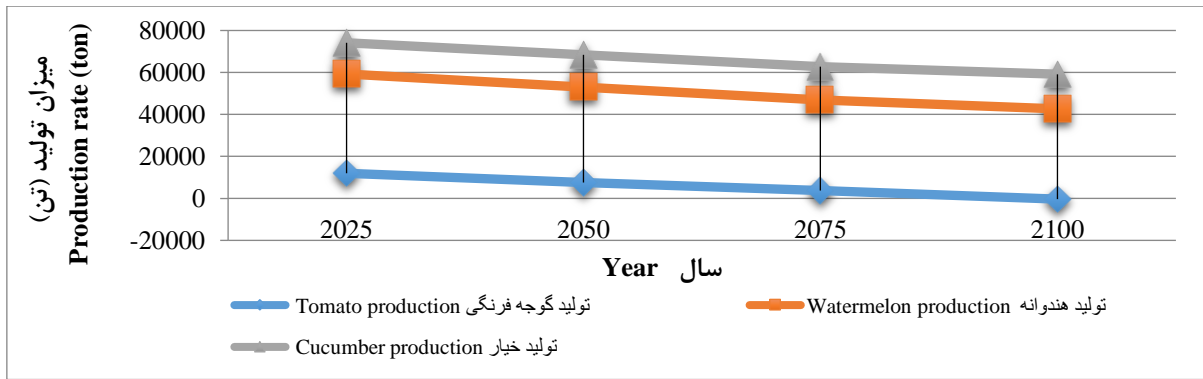
| سال Year | 2025 | | 2050 | | 2075 | | 2100 | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|----------|----------|
| | HadCM2 | ECHAM4 | HadCM2 | ECHAM4 | HadCM2 | ECHAM4 | HadCM2 | ECHAM4 | | |
| محصول Crop | منطقه Region | | منطقه Region | | منطقه Region | | منطقه Region | | | |
| گوجه‌فرنگی Tomato | منطقه (۱) Region (1) | | 11961/92 | 7376/61 | 7589/46 | -480/42 | 3721/75 | -7510/41 | -346/63 | -13762 |
| | منطقه (۲) Region (2) | | 28928/17 | 31841/93 | 31614/30 | 36731/59 | 33990/83 | 41102/23 | 36476/63 | 44990/28 |
| | منطقه (۳) Region (3) | | 1156/49 | 1018/0 | 1119/87 | 885/51 | 1083/92 | 765/67 | 1059/28 | 656/47 |
| هندوانه Watermelon | منطقه (۱) Region (1) | | 47319/52 | 28566/69 | 45436/63 | 13998/06 | 43249/43 | 760/764 | 43002/19 | -11354/4 |
| | منطقه (۲) Region (2) | | 26762/51 | 30465/94 | 29190/70 | 35593/09 | 31383/06 | 40204/90 | 33540/48 | 44318/85 |
| | منطقه (۳) Region (3) | | 916/12 | 447/95 | 766/50 | -27/85 | 624/07 | -458/28 | 512/65 | -821/32 |
| خیار Cucumber | منطقه (۱) Region (1) | | 14858/51 | 13721/58 | 15415/21 | 13564/76 | 15854/30 | 13407/94 | 16528/62 | 13227/60 |
| | منطقه (۲) Region (2) | | 10320/64 | 7638/40 | 10172/80 | 5674/24 | 9954/56 | 3893/12 | 10039/04 | 2252/80 |
| | منطقه (۳) Region (3) | | 1831/04 | 2595/01 | 1902/51 | 3182/77 | 1987/53 | 3717/54 | 1991/23 | 4206/73 |

شکل‌های ۷ تا ۱۲ پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات بر حسب تن تا سال ۲۱۰۰ را در مناطق سه‌گانه تحت سناریوهای مختلف نشان می‌دهد.



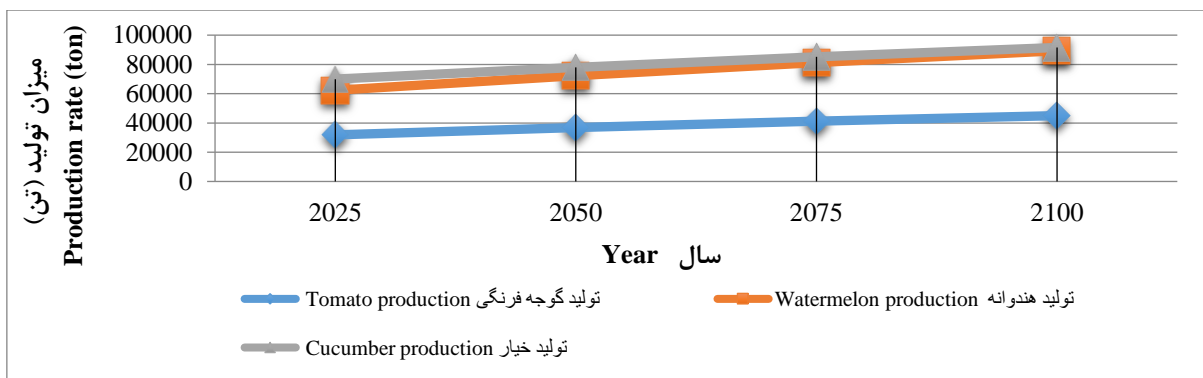
شکل ۷- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4

Figure 7- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (1) under the ECHAM4 scenario



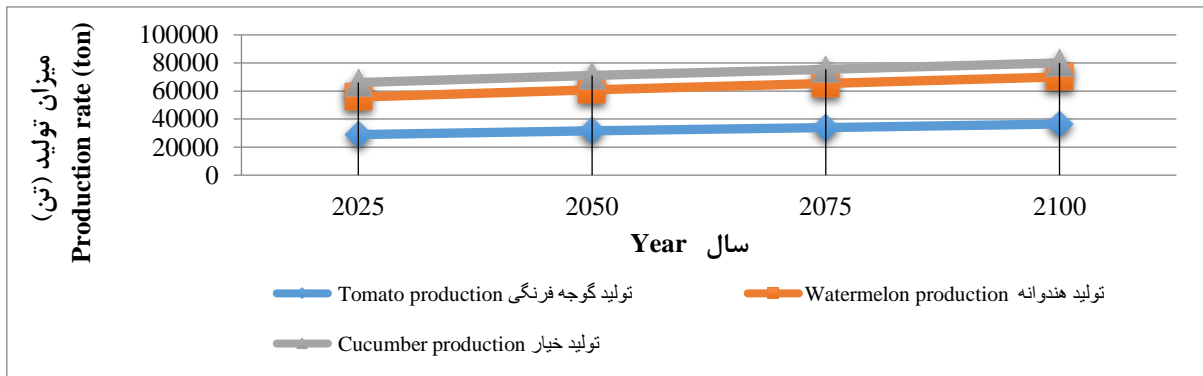
شکل ۸- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی HadCM2

Figure 8- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (1) under the HadCM2 scenario



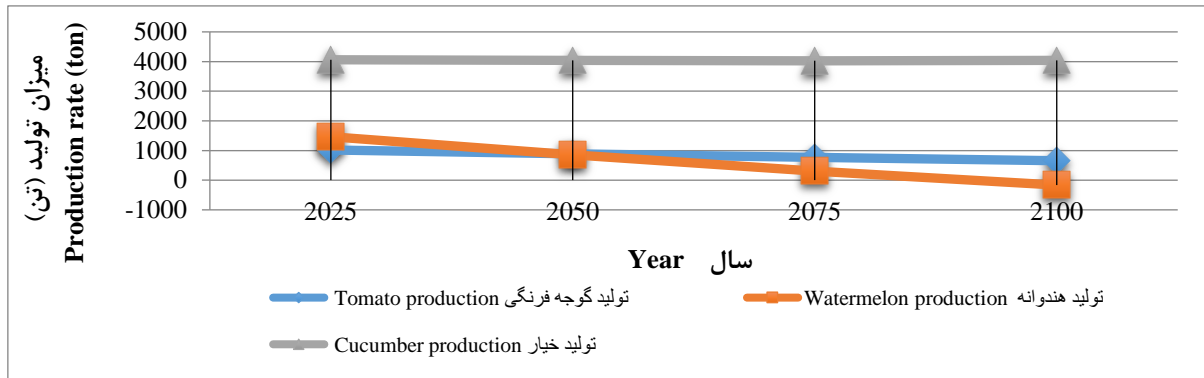
شکل ۹- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4

Figure 9- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (2) under the ECHAM4 scenario



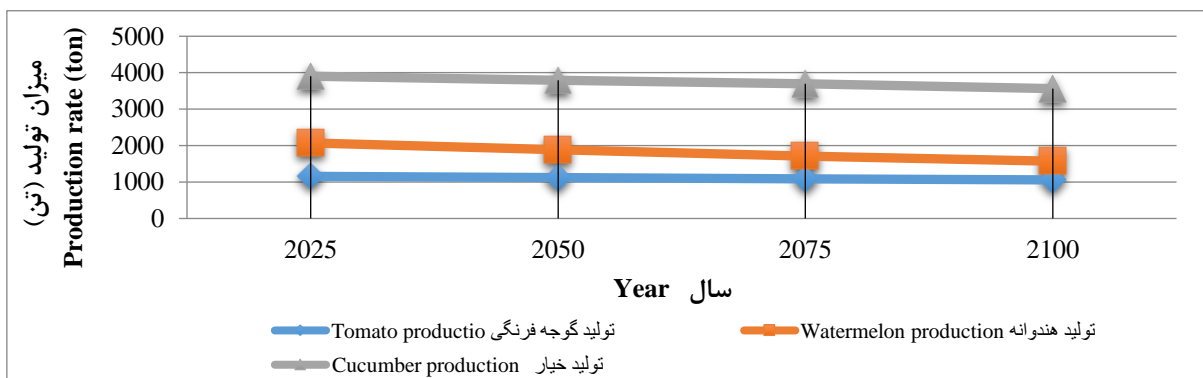
شکل ۱۰- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی HadCM2

Figure 10- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (2) under the HadCM2 scenario



شکل ۱۱- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی ECHAM4

Figure 11- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (3) under the ECHAM4 scenario



شکل ۱۲- پیش‌بینی مقدار تولید صیفی‌جات (تن) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی HadCM2

Figure 12- Prediction of summer crops production rate (ton) by the year 2100 in the region (3) under the HadCM2 scenario

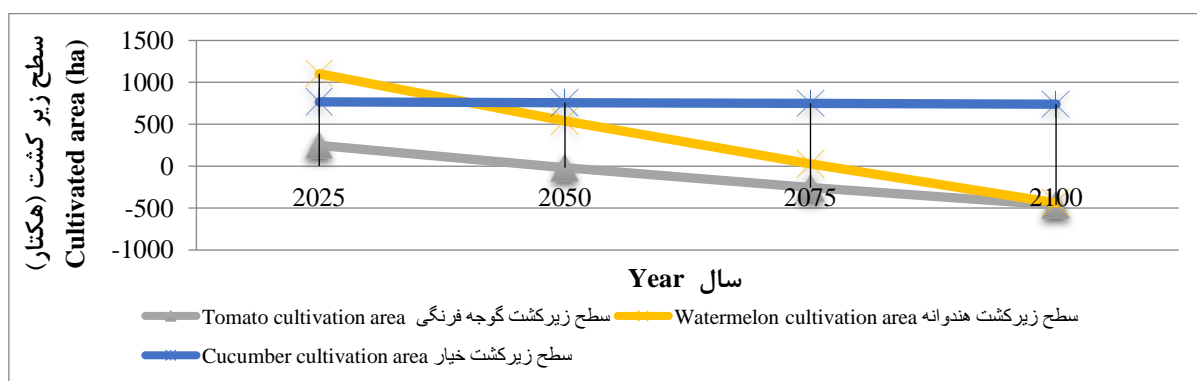
(۲) روند افزایشی و دو منطقه دیگر روند کاهشی را نشان می‌دهد. درمقابل، محصول خیار تنها در منطقه (۲) روند افزایشی و در دو منطقه دیگر روند کاهشی را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت منطقه (۲) با توجه به پیش‌بینی‌های تغییرات اقلیمی افزایش سطح زیر کشت خیار و دو منطقه دیگر افزایش سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی و هندوانه را بدنبال خواهند داشت.

نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰ سطح زیر کشت محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) روند نزولی بیشتری را نشان می‌دهد. اما سطح زیر کشت خیار منطقه (۱) روند صعودی بیشتری را نشان می‌دهد. پیش‌بینی سطح زیر کشت سه محصول نیز همانند تغییرات عملکرد و تولید، روند یکسانی را نشان می‌دهد. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی و هندوانه در منطقه

جدول ۱۰- پیش‌بینی سطح زیرکشت (هکتار) محصولات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰
Table 10- Prediction of cultivated area of selected crops (ha) during the years 2025-2100

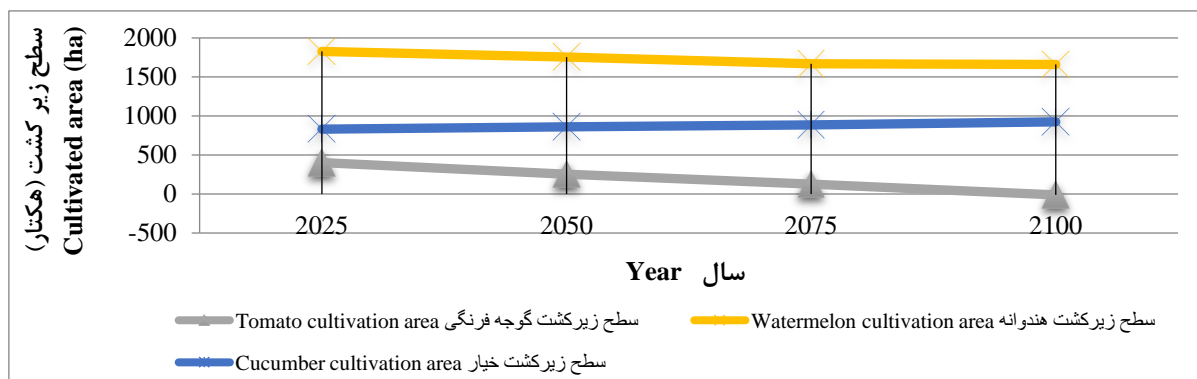
| سال Year | 2025 | 2050 | 2075 | 2100 | |
|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| سناریو Scenario | HadCM2 | ECHAM4 | HadCM2 | ECHAM4 | |
| محصول Crop | منطقه Region | HadCM2 | ECHAM4 | HadCM2 | ECHAM4 |
| گوجه‌فرنگی Tomato | منطقه (۱) Region (1) | 402/25 | 248/12 | 255/27 | -16/15 |
| | منطقه (۲) Region (2) | 1045/47 | 1150/77 | 1142/54 | 1327/48 |
| | منطقه (۳) Region (3) | 63/69 | 56/30 | 61/93 | 48/97 |
| هندوانه Watermelon | منطقه (۱) Region (1) | 1827 | 1102/96 | 1754/31 | 540/46 |
| | منطقه (۲) Region (2) | 997/85 | 1135/94 | 1088/39 | 1327/11 |
| | منطقه (۳) Region (3) | 37 | 18/09 | 30/95 | -1/12 |
| خیار Cucumber | منطقه (۱) Region (1) | 831/01 | 767/42 | 862/14 | 758/65 |
| | منطقه (۲) Region (2) | 696/39 | 515/41 | 686/42 | 382/87 |
| | منطقه (۳) Region (3) | 128/04 | 181/46 | 133/04 | 222/57 |

شکل‌های ۱۳ تا ۱۸ پیش‌بینی سطح زیرکشت صیفی‌جات بر حسب هکتار تا سال ۲۱۰۰ را در مناطق سه‌گانه تحت سناریوهای مختلف نشان می‌دهد.



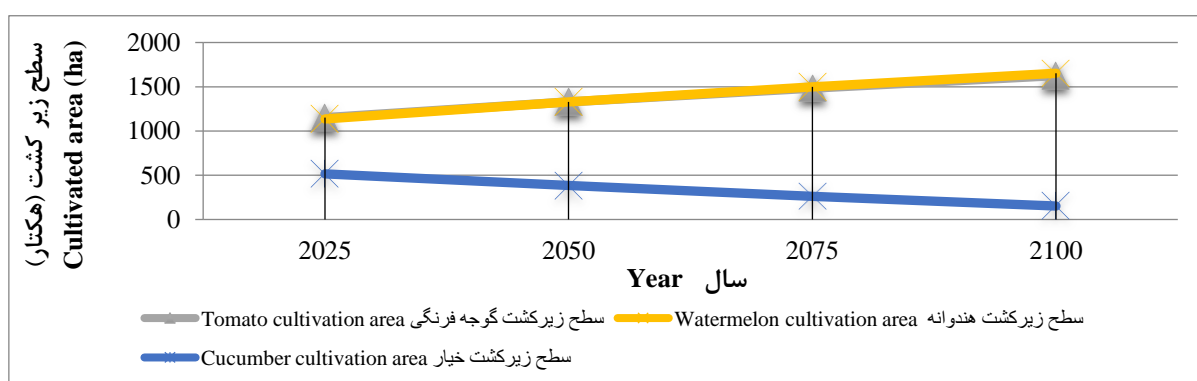
شکل ۱۳- پیش‌بینی سطح زیرکشت صیفی‌جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4

Figure 13- Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (1) under the ECHAM4 scenario



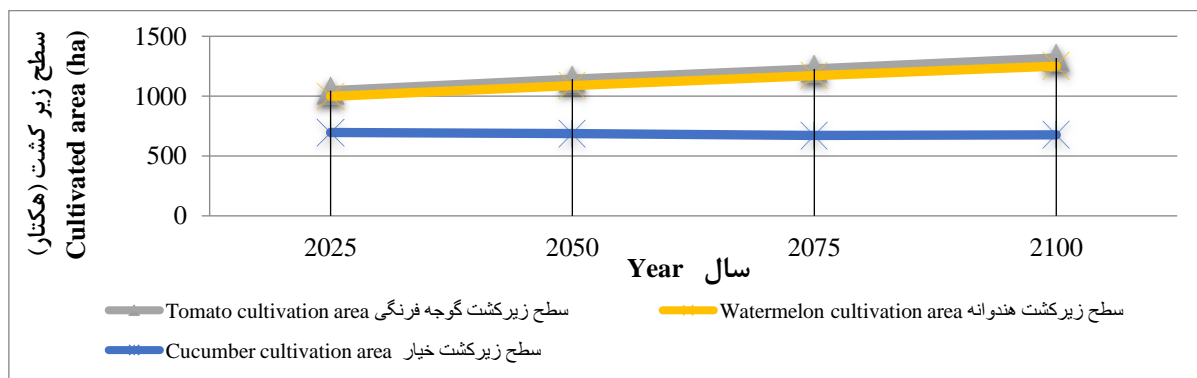
شکل ۱۴- پیش‌بینی سطح زیرکشت صیفی‌جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی HadCM2

Figure 14- Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (1) under the HadCM2 scenario



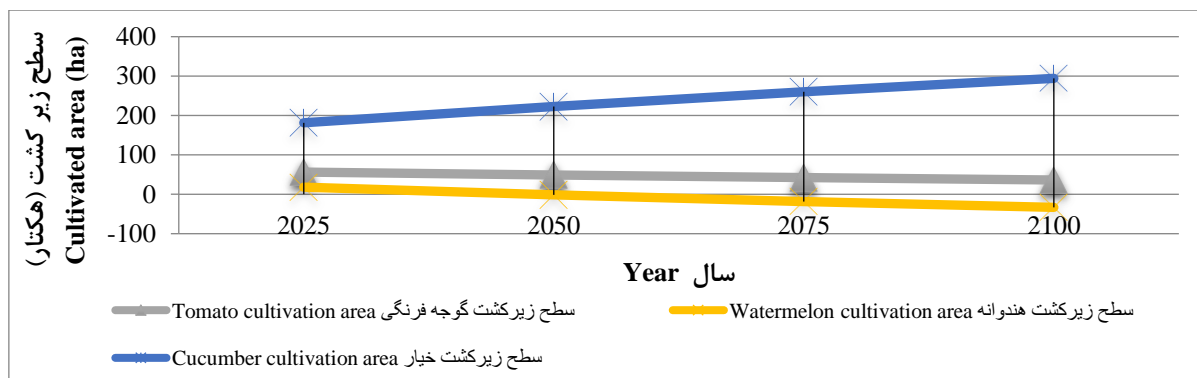
شکل ۱۵- پیش‌بینی سطح زیرکشت صیفی‌جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4

Figure 15. Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (2) under the ECHAM4 scenario

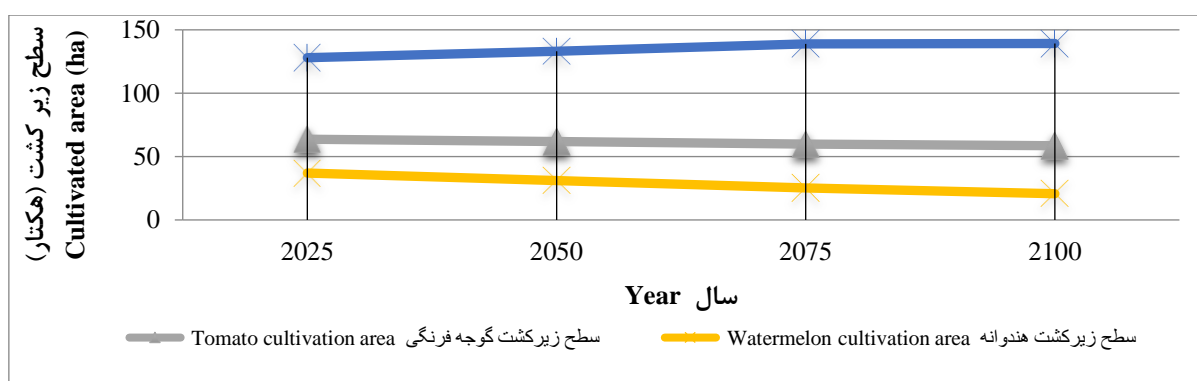


شکل ۱۶- پیش‌بینی سطح زیرکشت صیفی‌جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی HadCM2

Figure 16. Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (2) under the HadCM2 scenario



شکل ۱۷- پیش بینی سطح زیر کشت صیفی جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی ECHAM4
 Figure 17. Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (3) under the ECHAM4 scenario



شکل ۱۸- پیش بینی سطح زیر کشت صیفی جات (هکتار) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۳) تحت سناریوی HadCM2
 Figure 18- Prediction of cultivated area of summer crops (ha) by the year 2100 in the region (3) under the HadCM2 scenario

صعودی بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصولات مورد مطالعه و جهت جلوگیری از اثرات زیانبار باید راهکارهایی جهت سازگاری بیشتر با شرایط اقلیمی مانند تغییر الگوی کشت، مدیریت بهینه منابع و تولید ارقام مقاوم به تغییر اقلیم ارائه گردد. بنابراین، با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود که منطقه (۲) در تولید محصول هندوانه و گوجه فرنگی دارای مزیت نسبی است. بدلیل متفاوت بودن شرایط آب و هوایی مناطق و وارد کردن عوامل دیگر به پارامترهای آب و هوایی در سناریوها مانند گاز دی‌اکسید کربن و سطح دریا نتایج متفاوتی برای تغییرات حاصل شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که بیشترین درصد تغییرات عملکرد در سناریوهای اقلیمی به ترتیب مربوط به خیار منطقه (۳) و هندوانه و گوجه فرنگی منطقه (۲) می‌باشد. نتایج پیش‌بینی مقدار تولید محصولات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰ نشان داد که بیشترین تولید به ترتیب مربوط به گوجه فرنگی منطقه (۲)، هندوانه منطقه (۲) و هندوانه منطقه (۱) می‌باشد. بر اساس نتایج، طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰ سطح زیر کشت محصول گوجه فرنگی در منطقه (۱) روند نزولی بیشتری را نشان می‌دهد، اما سطح زیر کشت خیار منطقه (۱) روند

References

- Abbasi, F., Babaian, I., Melbosi, Sh., Asmari, M. & Goli Mokhtari, L.

(2012). Assessment of Iran's climate change in the decades (2025-2100)

- using the measurement scale of Joe's General Circulation model, *Geographical Researches*, 27(1), 205-225. (In Farsi)
- Ackerman, F., Elizabeth, A., Stanton, J. & Cegan, R. B. (2012). Estimating regions' relative vulnerability to climate damages in the CRED model. Stockholm Environment Institute Working Paper WP-US-1103.
 - Ahmed, E., Almeida, D., Aminetzah Denis. N., Henderson, K.J. & Katz, J.P.M. (2020). Agriculture and climate change reducing emissions through improved farming practices. Mc Kinsey & Company, April 2020.
 - Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Ilyas, A., & Din, I. U. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: evidence from Pakistan. *Foods*, 6(6), 39-50.
 - Attavanich W. & McCarl, B.A. (2011). The effect of climate change, CO₂ fertilization, and crop production technology on crop yields and its economic implications on market outcomes and welfare distribution. Annual Meeting, *Agricultural and Applied Economics Association*, Pittsburgh, Pennsylvania. 12(3), 214-225.
 - Baarsch, F., Granadillos, J., Hare, W., Knaus, M., Krapp, M., Schaeffer, M. & Lotze-Campen, H. (2020). The impact of climate change on incomes and convergence in Africa. *World Development*, 126(1), 104-113.
 - Chaulagain, D. & Ram Rima, P. (2019). Coping mechanisms of local people to mitigate climate change impacts on water resources in Kailali District-Nepal, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(04), 102-110.
 - Delfardi, S. (2014), investigating the climate determination of Jiroft city using three methods of Ivanov, Dumarten, Torrent-White, the first scientific research congress for the development and promotion of agricultural sciences, natural resources and environment of Iran. (In Farsi)
 - Dissanayake, S., Asafu-Adjaye, J. & Mahadevan, R. (2019). Is there a role for trade liberalization in mitigating the impacts of climate change on agriculture?. *Economic Analysis and Policy*, 62, 324-307.
 - Durandish, A. Bakhshi, A. Sabuhiysabuni, M. (2020). Investigation of the effects of climate change in semi-arid regions on the market of agricultural products. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 34(2): 127-148. (In Farsi)
 - Elbehri, A., Chepkoech Cheserek, B. & Bore, J. (2015). Analysis of links between climate variables and tea production in the recent past in Kenya. *Donnish Journal of Research in Environmental Studies*, 2(2) 005-017.
 - Fogarasi, J., Kemeny, G., Molnar, A., Kemenyne, H., Zubor-Nemes, A. & Kiss, A. (2017). Modelling climate effects on Hungarian winter wheat and maize yields. *Studies in Agricultural Economics*, 118, 85-90.
 - Ghorbanzadeh Kharazi, H. & Dezfulnejad, M. (2013). Inventing a new climate classification method based on hydrometeorology. *Water Engineering Quarterly*, 97-107. (In Farsi)
 - Haghghi, M. & Abolghasemi, R. (2019). 'The Effect of high and low temperature stress on growth, photosynthesis and antioxidant activity in vegetative growth stage of tomato. *Journal of Vegetables Sciences*, 3(1), 53-65. (In Farsi)
 - Halabian, A. & Hossein Ali Pourjazi, F. (2011). Identification of synoptic conditions of limit and pervasive precipitation in the western shores of the Caspian Sea with emphasis on

- atmospheric thickness patterns. *Geography and environmental sustainability*, 3, 122-101. (In Farsi)
- IPCC. (2013). Summary for policymakers. Fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. Midgley, P.M. (Eds.)] *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York.
 - Jing, F., Jun, N., Shaozhong, K., Adebayo, J. A. & Taisheng, D. (2019). Crop production in the Hexi Corridor challenged by future climate change, *Journal of Hydrology*, 579, 124197.
 - Khormali, A., Savadkahi, F., Oskoueiyani, R., Mehregan, I. & Mousavizadeh, S. J. (2020). Multivariate analysis of asparagus antioxidant properties in relation to environmental factors. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(1), 99-112. (In Farsi)
 - Kotir, H. (2011). Climate change and variability in Sub-Saharan Africa: a review of current and future trends and impacts on agriculture and food security. *Environment, Development and Sustainability*, 13, 587-60.
 - Khalilian, S., Shamshadi, K., Mortazavi, S. A. & Ahmadian, M. (2014) Investigation of welfare effects due to climate change on wheat production in Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 28(3), 292-300. (In Farsi)
 - Khuda Bakhsh, K. A., Sarfraz, H., Muhammad Asim, Y., Rifaqat, A., Najid A. & Muhammad Waqas, A. Ch. (2020). Climate change-induced human conflicts and economic costs in Pakistani Punjab. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 24299-24311.
 - Liu, X., Zhu, X., Zhang, Q., Yang, T., Pan, Y. & Sun, P. (2020). A remote sensing and artificial neural network-based integrated agricultural drought index: Index development and applications, *CATENA*, 186, 104394.
 - Momeni, S. & Zibaei, M. (2013). The potential impacts of climate change on agriculture in Fars Province. *Journal Agriculture Economic Development*, 27(3) 169-179. (In Farsi)
 - NazrulIslam, S. & Winkel, J. (2017). Climate Change and Social Inequality. UN/DESA Working Paper No.152. <https://www.un.org/development/desa/publications/working-paper>.
 - Panda, A., Sahu, N., Behera, S., Sayama, T., Sahu, L., Avtar, R., Singh, R. & Yamada, M. (2019). Impact of climate variability on crop yield in Kalahandi, Bolangir, and Koraput districts of Odisha, India. *Climate*, 7, 126.
 - Parhizkari, A., Mozaffari, M.M. & Hosseini Khodadadi, M. (2014). Economic analysis of climate change effects on blue wheat yield in Shahrood watershed. *Agricultural Natural Recourse Journal*, 18: 88-100. (In Farsi)
 - Paroon, S., Yavari, Gh. & Rezazadeh, M. (2019). The climate zonation of Hormozgan province using classical methods. *Geography Quarterly (Regional Planning)*, 33, 115-127. (In Farsi)
 - Paroon, S., Yavari, Gh. & Rezazadeh, M. (2019). The effects of climate change on watermelon and cucumber cultivation in Hormozgan province and long-term pattern prediction (Case study of cucumber and watermelon). *Journal of Geographical Research*, 34(3), 355-347. (In Farsi)
 - Paroon, S., Yavari, G. & Rezazadeh, M. (2020). Prediction of climate

- change effects on vegetable production and functioning in Hormozgan province (case study: onion and tomato). *Journal of Plant Production Research*, 26(4), 177-189. (In Farsi)
- Porter, J., Montesino, M. & Martín, S. (2014). A genotype, environment and management (G×E×M) analysis of adaptation in winter wheat to climate change in Denmark. *Agricultural and Forest Meteorology*, 187(15), 1-13.
 - Redsma, P., Lansink, A. O. & Ewert, F. (2010). Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14, 35-59.
 - Soltani, Sh. & Mousavi, S.H. (2015). Evaluation of potential impacts of climate change on yield and value added of agricultural sector in Hamadan-Bahar plain. *Agricultural Economics*, 9(1), 95-115. (In Farsi)
 - Thaler, S., Eitzinger, J., Trnka, M. & Dubrovsky, M. (2012). Impacts of climate change and alternative adaptation options on winter wheat yield and water productivity in a dry climate in Central Europe. *Journal of Agricultural Science*, 150(5), 537-555.
 - Thamo, T., Addai, D., Pannell, D. J., Robertson, M. J., Thomas, D. T. & Young, J. M. (2017). Climate change impacts and farm-level adaptation: Economic analysis of a mixed cropping–livestock system. *Agricultural Systems*, 150, 99-108.
 - Von Jeetze, P.J., Biewald, A., Rolinski, S. & Lotze-Campen, H. (2017). Implications of future climate variability on food security: A model-based assessment of climate-induced crop price volatility impacts. *3rd Global Food Symposium*, Göttingen, Germany.
 - Wossen, T., Berger, T., Haile, M. G. & Troost, C. (2018). Impacts of climate variability and food price volatility on household income and food security of farm households in East and West Africa. *Agricultural System*, 163, 7-15.
 - Zhang, X., Alexander, L. V., Allen, S., Benito, G., Cavazos, T., Clague, J., Conway, D., Della-Marta, P. M., Gerber, M., Gong, S., Goswami, B. N., Hemer, M. & Huggel, C. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. *Columbia, Academic Commons*, 12, 10-12.