Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.122, Summer 2023

Research Paper

Economic Vulnerability Originating from Climate Change in Agriculture Sector in the South of Kerman Province of Iran Using Ricardian Modle: A Case Study of Wheat

N. Sedigh [1], H. Hashemi Daran [2], M. Chalajoor [3]

Received: 30 July, 2022 Accepted: 22 November, 2022

Introduction: Climate change is one of the most important challenges of the current century. Due to the increase in the use of fossil fuels, the amount of greenhouse gases has increased, and this has caused global warming and the phenomenon of climate change. One of the effects of the climate change phenomenon is the damage caused in the agricultural sector, and due to the change in the precipitation pattern and the average temperature of the atmosphere, this phenomenon can cause damage to the productions of all kinds of garden and agricultural products that constitute the main food resources of the country.

Methodology: This study aimed at investigating the economic vulnerability caused by climate change in the agricultural sector of the south of Kerman province in Iran as well as examining the effect of these factors on the cultivation of wheat in this area over the period of 1991-2019 in the form of panel data. Eviews 9 software package was used to estimate the desired models and perform related tests. The effect of climatic variables on wheat crop was investigated using the meteorological data of the stations located in the southern cities of Kerman province. In addition, this study used panel (composite) data in the Ricardian model.

1. Corresponding Author and PhD Student in Agricultural Economics, Islamic Azad University, Rudehen Branch, Tehran, Iran (sedigh1347@gmail.com).
2. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Rudehen Branch, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Rudehen Branch, Tehran, Iran.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.359375.1454

Findings and Results: The study results showed that climatic variables had significant and non-linear effects on net income per hectare of wheat cultivation; also, the increase in temperature and decrease in rainfall in the next 100 years would cause a 41 percent decrease in the yield of wheat cultivation in the studied area, and the average annual income of each hectare of wheat cultivation would decrease by 64 million IRI rials and given a constant area under cultivation, 2469 thousand billion IRI rials would be reduced from the rent of the mentioned lands. Therefore, there will be drastic changes in the production and cultivation pattern.

Conclusion: The results of this study and related statistics showed that severe economic vulnerability in this region would affect the farmers and the economy of the region and even the country. Considering the inevitability of global warming, it is necessary to take measures from now on to further investigate the issue, reduce fossil fuel consumption, modify the cultivation patterns, and prevent damages caused by climate change for farmers in the southern region of Kerman province.

Keywords: *Economic Vulnerability, Climate Change, South of Kerman Province, Ricardian Method, Agriculture.*

JEL Classification: C1, C33, C87, Q19

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲۲، تابستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی جنوب استان کرمان با استفاده از مدل ریکاردین: مطالعهٔ موردی گندم

نوید صدیق[۱]، حسن هاشمی داران[۲]، محمد چلاجور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

چکیده

تغییر اقلیم از مهم‌ترین چالش‌های قرن جاری است که به‌دلیل افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، مقدار گازهای گلخانه‌ای زیاد شده و به گرم شدن کره زمین و ایجاد پدیده تغییر اقلیم انجامیده است. مطالعه حاضر، با هدف بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی جنوب استان کرمان در دوره ۱۳۹۸-۱۳۷۰، به‌صورت پانل و با استفاده از روش ریکاردین انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که متغیرهای اقلیمی آثار معنی‌دار و غیرخطی بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند؛ همچنین، افزایش دما و کاهش بارندگی تا صد سال آینده، باعث ۴۱ درصد کاهش در بازده کشت گندم در منطقه مورد مطالعه می‌شود و میزان درآمد متوسط سالانه هر هکتار کشت گندم ۶۴ میلیون ریال کاهش می‌یابد. از آنجا که سطح زیر کشت گندم در منطقه جنوب کرمان در سال زراعی ۱۳۹۸ حدود ۳۸۶۵۸ هکتار است، می‌توان

۱- نویسندهٔ مسئول و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، تهران، ایران.
(sedigh1347@gmail.com)

۲- استادیار دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، تهران، ایران.

۳- استادیار دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، تهران، ایران.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.359375.1454

نتیجه گرفت که در صورت ثابت بودن سطح زیر کشت، سالانه ۲۴۶۹ هزار میلیارد ریال از درآمد خالص در هکتار (رانت) زمین‌های یادشده کاسته می‌شود و از این‌رو، تغییرات شدید در عرصه تولید و الگوی کشت به‌وقوع خواهد پیوست. نتایج مطالعهٔ حاضر و آمار مربوط نشان داد که آسیب‌پذیری شدید اقتصادی در این منطقه متوجه کشاورزان و اقتصاد منطقه و حتی کشور خواهد بود. نظر به اجتناب‌ناپذیر و قریب‌الوقوع بودن گرم شدن زمین، لازم است که از هم‌اکنون، تدابیری در راستای بررسی بیشتر مسئله، کاهش مصرف سوخت-های فسیلی، اصلاح الگوی کشت و جلوگیری از خسارات ناشی از تغییر اقلیم برای کشاورزان منطقه جنوب کرمان اتخاذ شود.

کلیدواژه‌ها: *آسیب‌پذیری اقتصادی، تغییرات اقلیمی، جنوب استان کرمان، روش ریکاردین، کشاورزی.*

طبقه‌بندی JEL : C1, C33, C87, Q19

مقدمه

اقلیم یا آب‌وهوای یک منطقه عبارت است از حالت متوسط کمیت‌های مشخص‌کنندهٔ وضع هوای آن منطقه. زمانی که این کمیت‌ها از حالت متوسط خود منحرف و این انحراف در طول زمان ادامه‌دار شود، تغییر اقلیم صورت می‌گیرد. تغییر اقلیم از مهم‌ترین چالش‌های قرن جاری است. شواهد علمی نشان می‌دهد که اقلیم زمین، به‌علت فعالیت‌های اقتصادی انسان به‌ویژه تولید گازهای گلخانه‌ای، در حال تغییر است و به‌دلیل افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، توازن مقادیر گازهای گلخانه‌ای در جو (اتمسفر) زمین بر هم خورده است و مقدار آنها چنان زیاد شده که به گرم شدن کره زمین و ایجاد پدیده تغییر اقلیم انجامیده است (Khaleghi, 2014). تغییر اقلیم بر طیف وسیعی از پدیده‌های اقلیمی، چرخه هیدرولوژیکی، کشاورزی، زیست‌بوم گیاهی و جانوری و مسائل اجتماعی اثر می‌گذارد (Zarezadeh Mehrizi et al., 2018).

رویداد تغییر اقلیم که اثرگذاری‌های آن به شکل گرمایش جهانی، تغییر الگو و دورهٔ بارش‌ها، افزایش رخدادهای به اصطلاح جدی اقلیمی و غیرمترقبه مانند سیل‌ها و خشکسالی‌ها، گردوغبارهای گسترده بروز کرده، بیشترین تأثیرات نامطلوب خود را بر فعالیت‌های تولید مواد غذایی و کشاورزی و عرصه‌های منابع طبیعی و محیط زیست داشته است (Eslami, 2011). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگر اقدامی در راستای مقابله با گرم شدن زمین صورت نگیرد، تا سال۲۰۸۰، تولید جهانی محصولات کشاورزی ۱۵/۹ درصد کاهش می‌یابد و در این میان، کشورهای در حال توسعه کاهش شدیدی را در تولیدات کشاورزی خود تجربه خواهند کرد که به‌دلیل مشارکت بخش کشاورزی در تولید ملی، بر شرایط کلی اقتصاد مؤثر خواهد بود. بر اساس برآوردهای انجام‌شده برای درجات مختلف گرمایش کره زمین در مطالعات مختلف، افزایش دمای کره زمین تا دو درجه سانتی‌گراد با خسارتی

معادل یک تا هفت درصد تولید ناخالص داخلی جهان و افزایش تا سه درجه سانتی‌گراد با خسارتی حدود یک تا چهارده درصد تولید ناخالص داخلی جهان همراه خواهد بود، که بخش عمدهٔ این خسارات را کشورهای در حال توسعه می‌پردازند (IPCC2014 ,). شواهد داده‌های تاریخی هواشناسی (از سال ۱۹۵۱ تاکنون) و نیز پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته از وضعیت اقلیم کشور، همانند دیگر نقاط دنیا، بیانگر وقوع پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است (Hatef ,.al et 2016). به دیگر سخن، اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که کشور ما نیز در این گروه‌ها قرار دارد، به‌دلیل ساختار بوم‌شناختی ویژه خود، بیش از سایر اقلیم‌ها نسبت به تغییرات محیطی حساس بوده، آسیب‌پذیری بیشتری دارند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که وقوع تغییرات اقلیمی در این مناطق اثراتی قابل ملاحظه بر نظام‌های تولید کشاورزی به‌همراه داشته باشد (Fischer1994 ,.al et). نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طول سال‌های اخیر، در ایران انجام شده، همگی بیانگر بروز این پدیده در کشور بوده است. مطابق این مطالعات، در ایران، بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم، افزایش متوسط درجه حرارت تا دو درجه سانتی‌گراد در سی سال آینده رخ می‌دهد که در این صورت، بارندگی نیز افت محسوس خواهد داشت و افزون بر این، افزایش درجه حرارت به افزایش قابل توجه سطح تبخیر– تعرق سالانه منجر خواهد شد (Hosseini2013 ,.al et). تأثیر نوسان‌های عوامل اقلیمی بر دما و میزان بارش به اهمیت هرچه بیشتر آن در کشورمان می‌انجامد. ایران، در پهنه‌بندی اقلیمی دنیا، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. تقریباً ۳۵ درصد مناطق کشور دارای آب‌وهوای بسیارخشک، حدود سی درصد خشک، بیست درصد نیمه‌خشک، پنج درصد مدیترانه‌ای و ده درصد مرطوب است. در نتیجه، بیش از هشتاد درصد قلمرو ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. متوسط بارندگی در ایران در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است، که این مقدار کمتر از یک‌سوم متوسط بارش در دنیا (۸۶۰ میلی‌متر) است. نکته مهم دیگر در مورد اقلیم ایران محدوده وسیع دمایی آن است که گاهی از ۲۰– تا ۵۰+ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. خشکسالی شدید اغلب به‌عنوان یک خصوصیت آب‌وهوایی ایران شناخته شده و کشورمان، به‌علت خشکسالی، خسارت زیادی را متحمل شده است (,DEIRI 2010).

زمین عامل مهم تولید در بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی به‌ویژه فعالیت‌های کشاورزی است. زمین نهاده‌ای است که از لحاظ مکانی و کیفیت و حاصل‌خیزی خاک، بهره‌وری و درآمد، دسترسی به منابع آب و... اهمیت زیادی دارد و یکی از عمده‌ترین عوامل تولید به‌شمار می‌رود. تعیین ارزش زمین‌های کشاورزی با سایر کالاها و عوامل تولید تفاوت‌هایی دارد، زیرا زمین غیرمنقول بوده و موقعیت مکانی آن

ثابت است، دوام‌پذیری و بقا دارد، برخلاف دیگر کالاها هرگز مستهلک نمی‌شود و امکان حاصل‌خیزی آن وجود دارد؛ و دیگر اینکه هر قطعه زمین با قطعه دیگر از لحاظ حاصل‌خیزی، مرغوبیت، موقعیت و اندازه تفاوت‌هایی دارد. این خصوصیات نقش مؤثری در نحوه استفاده از زمین و ارزش مصرفی و مبادلاتی و رانت[۱] (درآمد خالص در هکتار) زمین دارند. به دیگر سخن، نوع خاک، آب‌هوا و سایر شرایط مادی (فیزیکی) از جمله عوامل مؤثر بر امکانات تولیدی زمین و در نتیجه، تأثیرگذار بر ارزش آن به‌شمار می‌روند. این خصوصیات را نمی‌توان از محلی به محل دیگر انتقال داد و از این‌رو، کیفیت مادی زمین (خاک) ثابت است.

نظریه درآمد خالص در هکتار (رانت) زمین[۲]، ابتدا بر پایه نظریه کلاسیک کاربری زمین تبیین شد. نخست، هزینه‌های حمل‌ونقل یا فاصله تا بازار به‌عنوان جزء کلیدی ارزش زمین مورد توجه قرار داشت. بر اساس این فرض، باید قیمت املاک دورتر از بازار کاهش یابد. در مقابل، نظریه ریکاردو[۳] بر عوامل فیزیکی و به‌ویژه کیفیت خاک و آب‌وهوا به‌عنوان شاخص اصلی بهره‌وری بر رانت و کاربری زمین تأکید می‌کند. بنابراین، ارزش زمین‌های کشاورزی مرتبط با عواملی است که بر کیفیت محیط و محدودیت‌های کشاورزی شامل شیب، بارش و کیفیت خاک و در نتیجه، بر رانت زمین کشاورزی تأثیر تعیین‌کننده دارند.

شواهد موجود نشان می‌دهد که در چند دهه آینده، کشاورزی ایران تحت تأثیر بسیاری از متغیرهای اقلیمی در تغییر جهانی اقلیم قرار خواهد گرفت، چنان‌که از هم‌اکنون نیز از درآمد خالص در هکتار آن در برخی مناطق کاسته شده است. با این حال، مطالعات اندکی در مورد پیامدهای آن بر تولید گیاهان زراعی به‌ویژه گندم (به‌عنوان منبع اصلی غذایی مردم) در سطح ملی انجام شده است. در تحقیق حاضر، عملکرد گندم به‌عنوان محصول مهم زراعی در شرایط اقلیمی بلندمدت با مقادیر فعلی مقایسه و تغییرات آن مورد ارزیابی قرار گرفته است، زیرا منطقه جنوب کرمان از جمله مناطق مهم کشاورزی کشورمان است که همیشه در تیررس خسارات هنگفت ناشی از خشکی و خشکسالی واقع می‌شود؛ و از آنجا که حیات این منطقه وابسته به حیات اقتصاد بخش کشاورزی است، با اندک دوره خشکی و خشکسالی به‌دلیل پایین بودن متوسط بارندگی سالانه، اقتصاد عمومی این منطقه که از فعالیت

۱- رانت عبارت است از مازاد ارزش (یعنی، تفاوت قیمت کالایی که با استفاده از یک منبع طبیعی تولید می‌شود و هزینه‌هایی که برای تبدیل آن منبع طبیعی به کالا صرف می‌شود)؛ و به دیگر سخن، آنچه پس از پرداخت هزینهٔ کلیه عوامل تولید باقی می‌ماند، صرفاً ناشی از ارزش منبع طبیعی (مانند زمین، معادن، جنگل، ماهی و ...) است که بدان «رانت» گفته می‌شود (Souri and Ebrahimi, 1999).

2. land rent theory

3. Ricardo theory

کشاورزی و به‌ویژه گندم تأثیر می‌پذیرد، دستخوش نوسان‌های شدید خواهد شد و با استمرار بیش از ده سال خشکسالی، بخش اقتصادی منطقه به‌شدت آسیب خواهد دید. بدین ترتیب، چنانچه تمهیدات اصولی برای مقابله یا هم‌زیستی با این پدیده صورت نپذیرد، در اندک‌زمانی حیات اقتصادی این دیار در سطح کلان منطقه‌ای دچار تزلزل شدید خواهد شد، زیرا گندم از عمده‌ترین محصولات کشاورزی ایران و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی (حدود ۴۷ درصد از کالری مصرفی سرانه) کشور است (Darijani et al., 2009). همچنین، گندم از دسته گیاهان سه‌کربنه (C_3) است که در این دسته از گیاهان، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن (CO_2) به افزایش فرآیند فتوسنتز و کاهش تعرق می‌انجامد، دو عاملی که باعث سرعت بخشیدن به رشد گیاهان سه‌کربنه می‌شوند. اما افزایش غلظت دی‌اکسید کربن که بیشترین سهم را در گرم شدن کره زمین دارد، اثر سودمند افزایش این گاز را خنثی خواهد کرد. از این‌رو، بر تمامی مسئولان منطقه، استان و کشور واجب است که به کمک کارشناسان صاحب‌نظر در تمام جهان، به مقابله با این بحران شدید برخیزند و نگذارند فاجعه انسانی در جنوب استان کرمان به‌وجود آید.

بر اساس پژوهش‌ها و ارزیابی‌های انجام‌شده در طرح توانمندسازی ایران در زمینهٔ تغییر آب‌وهوا زیر نظر کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل متحد[1] و با استفاده از سناریوهای مطرح‌شده توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، اگر میزان غلظت دی‌اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ دو برابر شود، دمای متوسط ایران به میزان ۴/۵- ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و میانگین بارش کشور حدود ده درصد (تقریباً ۲۵ میلی‌متر) کاهش خواهد یافت که اگرچه بر همه بخش‌های اقتصادی کشور تأثیرگذار است، اما به‌ویژه شرایط تولید در بخش کشاورزی را با محدودیت‌های اساسی روبه‌رو می‌سازد. شواهد تاریخی حاکی از آن است که بسیاری از کشورها بارها با خطرات ناشی از تغییر آب‌وهوا مانند خشکسالی مواجه بوده‌اند. اثرات خشکسالی، فقر عمیق روستایی، ظرفیت محدود تولید و قرار گرفتن در معرض تکانه‌ها (شوک‌ها) را تشدید می‌کند (Hatef et al., 2016). این تغییرات نشان‌دهنده مشکلی شدید در بسیاری از مناطق جغرافیایی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. به‌طور کلی، این کشورها، به‌دلیل برخورداری از ظرفیت پایین‌تر برای سازگاری، نسبت به اثرات تغییرات آب‌وهوایی آسیب‌پذیرند. سطح بالای آسیب‌پذیری و توانایی‌های مالی و سازمانی محدود برای انطباق، تولید ناخالص داخلی سرانه پایین و فقر گسترده به تشدید عواقب ناشی از تغییرات آب‌وهوایی می‌گرایند. در

۱- طرح توانمندسازی ایران برای تهیه دومین گزارش ملی تغییر آب‌وهوا به‌منظور ارائه به کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل متحد (UNFCCC)

نتیجه، بررسی اثر تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و اقتصاد ایران برای کمک به سازگاری ضروری است (IPCC, 2014).

مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی مستلزم برآورد وضعیت اقلیمی آینده است. این برآوردها، در حال حاضر، با بهره‌گیری از مدل‌های گردش عمومی[1] و بر اساس سناریوهای مختلف انجام می‌گیرد و تلفیق این نتایج با مدل‌های شبیه‌سازی رشد امکان پیش‌بینی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط اقلیمی آینده را فراهم می‌سازد. اگرچه اغلب مطالعات تجربی انجام‌شده متوجه کشورهای توسعه‌یافته است، اما در ایران نیز در ارتباط با اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات محصولات زراعی (به‌ویژه گندم)، مطالعاتی انجام شده که برخی از آنها در پی یادآوری و تشریح می‌شود.

کیانی قلعه‌سرد و همکاران (Ghalehsard et al., 2020Kiani) به بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر تولید بخش کشاورزی ایران در زمینهٔ محصول گندم پرداختند. نتایج نشان داد که در شرایط تغییر توأمان اقلیم و تغییر اقلیم به نسبت دو شرایط دیگر، کاهش شدیدتری در بارندگی رخ خواهد داد؛ همچنین، در این دو شرایط اقلیمی، کاهش در سطح زیر کشت، کاهش در درآمد و افزایش قیمت شدیدتر از دو شرایط دیگر خواهد بود.

شهرکی و همکاران (et al., 2017Shahraki) به بررسی تحلیل اثر تغییرات اقلیم بر تولید گندم با رویکرد تابع تولید تصادفی در سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۳ با استفاده از تابع تولید تصادفی جاست و پاپ پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص‌های دما و بارش از اثرگذاری منطقه‌ای برخوردارند؛ و با توجه شرایط اقلیمی، مناطق کشور به‌طور متفاوت از این سنجه‌ها تأثیر می‌پذیرند.

امیرنژاد و اسدپور (and Asadpour, 2017Amirnejad)، در بررسی آثار تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران با استفاده از الگوی خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی[2]، نشان دادند که هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، متغیرهای اقلیمی به‌همراه سطح زیر کشت رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید گندم داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده‌اند.

کوچکی و همکاران (et al., 2016Koocheki)، با استفاده از دو مدل گردش عمومی، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران را برای سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۳۰ خورشیدی) پیش‌بینی کردند و نشان دادند که میانگین دمای سالانه مناطق مختلف کشور تا سال هدف بین ۳/۵ تا ۴/۵ درجه

1. General Circulation Models (GCMs)
2. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، در حالی که میانگین بارش سالانه بین هفت تا چهارده درصد کاهش خواهد یافت؛ همچنین، این تغییرات از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور شدیدتر خواهد بود.

محمودی و همکاران (Mahmoudi et al., 2015) به تحلیل مختاطره (ریسک) نوسان‌های بارندگی در زراعت دیم گندم در دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۶۲ با استفاده از تابع تولید جاست و پاپ پرداختند. نتایج تخمین نشان می‌دهد که یک درصد افزایش در مقدار بارش تجمعی، بیش از میانگین آن، بر واریانس تولید تأثیر می‌گذارد.

پیش‌بهار و همکاران (Pishbahar et al., 2015)، با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی و داده‌های پانلی، به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت دانه‌ای در ایران پرداختند. نتایج نشان داد که گرمای بیش از حد در فصل کشت (ماه خرداد) و نبود گرمای کافی در فصل رشد (ماه مهر) و همچنین، کمبود بارش در فصل رشد از عوامل مهم کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای در ایران به‌شمار می‌روند.

سلطانا و همکاران (Sultana et al., 2009)، با بررسی آسیب‌پذیری و سازگاری تولید گندم نسبت به پدیده تغییر اقلیم در چهار ناحیه آب‌وهوایی پاکستان، نتیجه گرفتند که افزایش درجه حرارت منجر به کاهش عملکرد محصول در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خواهد شد.

لو و همکاران (Luo et al., 2009)، با بررسی اثرات توان تغییر اقلیم بر عملکرد گندم در منطقه کیت واقع در جنوبی‌ترین بخش استرالیا، جلو انداختن تاریخ کشت را به‌عنوان مؤثرترین راهکار برای سازگاری کشت گندم با پدیده تغییر اقلیم پیشنهاد کردند.

نادریان‌فر و حیدری (Naderian far and Heydari, 2021) به بررسی تأثیر خشکسالی کشاورزی بر محصول راهبردی گندم بر اساس شرایط کشت دیم و آبی در منطقه بجنورد پرداختند. نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی با سطح زیر کشت, میزان تولید و عملکرد محصول گندم دیم و آبی نشان داد که کمترین همبستگی مربوط به شاخص ZSI با عملکرد آبی به مقدار r=۰/۲۳ و بیشترین همبستگی مربوط به میزان تولید دیم با شاخص PN به مقدار r =۰/۷۳ است؛ همچنین، تغییرات زمانی سطح زیر کشت آبی و دیم گندم در منطقه بجنورد نشان می‌دهد که با گذشت زمان، از سطح زیر کشت محصول گندم دیم به‌شدت کاسته شده است.

سالارپور و کاظم‌پور (Salarpour and Kazempour, 2021) به بررسی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر گندم‌کاران منطقه سیستان با رهیافت ریکاردین پرداختند. نتایج برآورد الگوی ریکاردین برای محصول گندم حاکی از آن است که با افزایش دما بیشتر از ۶/۴۴ درجه سانتی‌گراد، درآمد خالص کاهش خواهد یافت؛ اما در ارتباط با فصل برداشت، ابتدا رانت زمین کاهش می‌یابد و پس از ۲۵/۳

درجه سانتی‌گراد، به میزان رانت زمین افزوده می‌شود. همچنین، بارندگی بیشتر از ۱۲۶/۵ میلی‌متر در فصل کاشت باعث کاهش درآمد خالص می‌شود و افزایش بارندگی بیشتر از ۲۴/۲ میلی‌متر در فصل برداشت به افزایش درآمد خالص زمین می‌انجامد.

در تحقیق خدمت‌زاده و همکاران (Khedmatzadeh et al., 2019)، میزان تأثیر تنش خشکی بر عملکرد محصول گندم دیم با استفاده از شاخص رطوبت محصول پالمر به‌صورت هفتگی به‌دست آمد. نتایج این شاخص نشان داد که در بازه زمانی پر شدن دانه (تقریباً از بیست اردیبهشت تا پانزده خرداد)، مقدار شاخص رطوبت محصول منفی است، که نشان از تأثیر خشکسالی بر عملکرد محصول گندم دیم داشته است.

محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2019) به بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر فنولوژی[1] و عملکرد گندم دیم در مناطق غرب و شمال غرب ایران پرداختند. یافته‌ها نشان داد که در این مناطق کشور، متوسط درجه حرارت در تمامی ماه‌های سال طی دوره آتی تا پایان سال ۲۰۳۹ افزایشی بین ۵/۲ تا ۵/۳ درجه سانتی‌گراد خواهد بود؛ همچنین، در شرایط تغییر اقلیم در آینده، طول مرحله گل‌دهی هجده روز کوتاه‌تر خواهد شد و عملکرد دانه گندم ۳۵ درصد افزایش خواهد یافت.

پرون و همکاران (Paroon et al., 2020) به بررسی پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم برای محصول گندم استان هرمزگان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان تولید گندم در نتیجهٔ تغییر اقلیم با شدت بیشتری نسبت به سناریوی کاهش سطح زیر کشت کاهش می‌یابد؛ رفاه کل نیز روند کاهشی را برای سال‌های آتی نشان داد و احتمال زیان مصرف‌کننده‌های گندم بیش از تولیدکننده‌های آن خواهد بود. بنابراین، با توجه به اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصول گندم، باید برای جلوگیری از این اثرات زیانبار، راهکارهایی برای سازگاری با شرایط اقلیمی مانند تغییر الگوی کشت منطقه، مدیریت بهینه منابع و تولید بذرهای مقاوم به تغییر اقلیم ارائه شود.

نامی (Nami, 2018) آثار تغییر پارامترهای آب‌وهوایی بر عملکرد زراعت گندم استان بوشهر را بررسی کرد. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیم، به‌ترتیب، بر محصول گندم دیم و گندم آبی اثرات بیشتری در مخاطرهٔ عملکرد محصول دارد. بر اساس کشش‌های عملکرد بیان‌شده می‌توان گفت که تأثیر بارندگی بر عملکرد، به‌ترتیب، در محصولات گندم آبی و گندم دیم بیشتر است؛ همچنین، اثر تغییر اقلیم در استان بوشهر برای محصول گندم آبی بیش از گندم دیم است.

۱- phenology؛ فنولوژی مطالعه رویدادهای دوره‌ای در چرخه‌های زندگی زیست‌شناختی است و اینکه چگونه این رویدادها از تغییرات فصلی و بین‌سالی در شرایط آب‌وهوایی و همچنین، عوامل زیستگاه (مانند ارتفاع) تأثیر می‌پذیرند.

اسد فلسفی‌زاده و صبوحی (Asad Falsafizadeh and Sabouhi, 2011)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای، به بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی در شهرستان شیراز پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که کاهش بلندمدت درآمد و سود کشاورزی در تغییر اقلیم ملایم در سال خشک، به‌ترتیب، ۴/۵ و ۶/۴ درصد و در مقابل، کاهش کوتاه‌مدت درآمد و سود کشاورزی در سناریوی مشابه، به‌ترتیب، از ۵۴ و ۳۰ درصد تا ۷۴ و ۸۵ درصد برآورد می‌شود.

بسکابادی و همکاران (Baskabadi et al., 2011) به بررسی اثر تغییر اقلیم ناشی از دو برابر شدن غلظت دی‌اکسید کربن (CO_2) بر تولید گندم با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی پرداختند. نتایج نشان داد که عملکرد گندم از ۱۳۳۱/۴۵ کیلوگرم در هکتار در سال پایه به ۱۹۵۵/۳۲ کیلوگرم در هکتار در سال هدف تغییر کرده است.

علیجانی و همکاران (Alijani et al., 2011) به بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد گندم آبی ایران بر مبنای داده‌های ترکیبی پرداختند و بر اساس نتایج مطالعه، نشان دادند که برای هر کدام از استان‌ها، متغیرهای فیزیکی (نهاده‌های مصرفی) مدل، به‌جز سم مصرفی، اثر مثبت و معنی‌دار در عملکرد گندم دارد و اثر متغیر بارندگی بر عملکرد این محصول مثبت و اثر درجه حرارت بر آن منفی است.

بدون تردید، بروز تغییرات قابل توجه اقلیمی پیامدهایی را برای تولید محصولات زراعی در کشور به‌دنبال دارد که در مقیاس ملی، کمتر مورد بررسی قرار گرفته و از سوی دیگر، روش‌های مقابله با این شرایط نیز به‌درستی مطالعه نشده است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی جنوب استان کرمان و ارائه راهکارهایی برای سازگاری با شرایط آینده است. افزون بر این، با توجه به نتایج مطالعات صورت‌گرفته مبنی بر نقش اساسی تغییر اقلیم در بخش کشاورزی و نیز اهمیت تغییر اقلیم و تأثیر آن بر جهان به‌ویژه بر بخش کشاورزی، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر جنبه اقتصادی کشاورزی پرداخته است، زیرا تأثیر منفی این تغییرات به آسیب جدی در بخش تولید کشور منجر می‌شود که متکی به بخش کشاورزی است. از آنجا که مطالعات داخلی اندکی به جنبه تأثیر اقتصادی تغییر اقلیم پرداخته‌اند، در مطالعهٔ حاضر، با مدلی اقتصادی، تأثیر متغیرهای اقلیمی بر محصول گندم در جنوب استان کرمان در دورهٔ ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۸ بررسی می‌شود؛ همچنین، از داده‌های پانل (ترکیبی) در مدل

ریکاردین[1] استفاده می‌شود، زیرا با این مجموعه داده‌ها می‌توان آثاری را شناسایی یا اندازه‌گیری کرد که در داده‌های مقطعی محض یا سری زمانی خالص قابل شناسایی نیستند.

مطالعه حاضر در جنوب استان کرمان انجام شده است. جنوب کرمان، با وسعتی معادل ۳۸۵۸۱ کیلومتر مربع، بخشی از ناحیه جنوب شرقی ایران محسوب شده و از شمال به کرمان، از جنوب به باتلاق جازموریان و استان هرمزگان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و بم و از غرب به شهرستان بافت و قسمتی از استان هرمزگان محدود شده است. این منطقه با هفت شهرستان جیرفت، کهنوج، عنبرآباد، منوجان، رودبار جنوب، قلعه‌گنج و فاریاب جمعاً شامل سیزده شهر، شانزده بخش، ۴۴ دهستان، ۳۹۰۱ آبادی است و جمعیتی بیش از ۸۱۶۵۳۵ نفر در این منطقه سکونت دارند و به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و آب‌وهوا، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی به‌ویژه در خارج از فصل محسوب می‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های دارای تأثیر چشمگیر بر پدیده‌های اقلیمی این منطقه، به‌ویژه بارندگی و دما، اختلاف شدید ارتفاع است که از ۳۶۹ متر در کناره‌های هامون چاله جازموریان تا ارتفاعات بیش از ۳۸۸۶ متری قله بهرآسمان متغیر است. ویژگی مهم دیگر این منطقه شیب تند کوهستان‌ها در بخش شرقی و شیب نسبتاً ملایم در قسمت شمالی و غربی آن است و این وضعیت بر حرکت‌های صعودی جریان‌های مرطوب و بارندگی در مناطق مختلف تأثیر دارد.

شواهد تاریخی بسیاری نشان می‌دهد که منطقهٔ جنوب استان کرمان از گذشته‌های دور محل سکونت قبایل مختلف و مرکز عمده کشت و زرع بوده است. در آثار تاریخی به دست امده از سه هزار سال قبل از میلاد، فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری بر روی اشیاء سنگی حک و حجاری شده است. این منطقه با سطح زیر کشت حدود ۲۴۲ هزار هکتار، ۲۹ درصد از سطح زیر کشت و حدود ۶۷ درصد از کل تولید محصولات کشاورزی و دامی استان کرمان و حدود هشت درصد از تولید کشور را به خود اختصاص داده و به‌تنهایی در ده محصول کشاورزی رتبه اول تا سوم تولید و سطح زیر کشت کشور را داراست و کشت گندم در ۳۸۶۵۸ هکتار از اراضی این منطقه یکی از مهم‌ترین محصولاتی است که تحت تأثیر مستقیم تغییرات آب‌وهوایی منطقه قرار دارد.

مزیت تولید انواع محصولات کشاورزی مانند گندم، هندوانه، خرما، مجصولات جالیزی و گلخانه‌ای، مرکبات، پیاز و سیب‌زمینی و دامپروری در منطقه جنوب کرمان سبب شده است تا این منطقه به‌عنوان قطب مهم کشاورزی مورد توجه دولت در سیاست‌های کشاورزی قرار گیرد. از این‌رو، هرگونه تغییر در زیرساخت‌ها و عوامل اصلی تولید بخش کشاورزی ممکن است روی برنامه‌های

1. Ricardian model

دولت در تحقق خودکفایی و امنیت غذایی تأثیرگذار باشد. تولید بیش از هشت میلیون تن انواع محصولات کشاورزی و دامی شامل ۸۵ گونه محصول زراعی و باغی با کیفیت مطلوب و زمینه مساعد برای افزایش سطح زیر کشت به ۵۸۰ هزار هکتار و رسیدن حجم تولید در افق برنامه هفتم توسعه به بیش از دوازده میلیون تن از جمله دلایل و ضرورت‌های مهم بررسی ابعاد و تأثیرات تغییرات اقلیمی در این منطقه است، زیرا این توان توسعه در کمتر جایی از کشور فراهم است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی تأثیر تغییرات آینده اقلیمی بر تولید محصـول گندم در منطقه جنوب کرمان و ارائه راهکارهایی برای سازگاری با شرایط آب‌وهوایی آینده است.

مواد و روش‌ها

مطالعهٔ حاضر، با هدف بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی جنوب استان کرمان، اثر این عوامل را بر زراعت محصول گندم در جنوب استان کرمان در دورهٔ زمانی ۱۳۹۸-۱۳۷۰در قالب داده‌های پانل بررسی می‌کند؛ و آمار و اطلاعات مورد نیاز از مجموعه آماری هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی، سازمان‌های جهاد کشاورزی، پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان کرمان و سامانه اطلاع‌رسانی استانداری کرمان استخراج شد. به‌منظور تخمین مدل‌های مورد نظر و انجام آزمون‌های مربوط از بسته نرم‌افزاری Eviews 9 استفاده می‌شود. تأثیر متغیرهای اقلیمی بر محصول گندم با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های مستقر در شهرستان‌های جنوب کرمان (جیرفت، کهنوج و ....) بررسی می‌شود. همچنین، در مطالعهٔ حاضر، همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، از داده‌های پانل (ترکیبی) در مدل ریکاردین استفاده می‌شود، زیرا با این مجموعه داده‌ها می‌توان آثاری را شناسایی یا اندازه‌گیری کرد که در داده‌های مقطعی محض یا سری زمانی خالص قابل شناسایی نیستند.

مدل ریکاردین و معرفی متغیرهای الگو

در این مطالعه، برای بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رانت زمین زراعی، از روش ریکاردین بر پایهٔ نظریهٔ رانت زمین استفاده شده است. در این نظریه، رانت زمین کشاورزی منعکس‌کننده بهره‌وری خالص مزرعه است و درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت محصولات منتخب معیاری برای رانت یا ارزش زمین در نظر گرفته می‌شود (and Esmaeili, 2008Vaseghi). در واقع، این مدل اثرات تغییر آب‌وهوا و دیگر متغیرها بر ارزش زمین یا درآمد خالص را می‌آزماید (et al., Kurukulasuriya

2006). در این مدل، تابع تولید و هزینه به‌صورت روابط زیر است (Eid et al., 2007; Vaseghi and Esmaeili, 2008):

$$Q_i = Q_i(K_i, E) \quad (۱)$$

$$C_i = C_i(Q_i, W, E) \quad (۲)$$

که در این روابط، Q_i مقدار تولید محصول i، K_i بردار نهاده‌های تولیدی، E بردار عوامل محیطی برون‌زا مانند دما و بارش، C_i هزینه تولید محصول i، و W برداری از قیمت عوامل تولید است.

با توجه به توابع تولید و هزینه، تابع سود برای کشاورز در شرایط معین بودن قیمت به‌صورت رابطه زیر خواهد بود که در واقع، باید سود به‌دست‌آمده از مزرعه حداکثر شود (Eid et al., 2007):

$$Max: \pi = [P_i Q_i - C_i(Q_i, W, E) - P_{Li} L_i] \quad (۳)$$

که در آن، P_{Li} هزینه سالانه یا رانت زمین محصول i و L_i سطح زیر کشت تولید آن است که در شرایط رقابت کامل، سود بهینه مازاد بر بازده نرمال نسبت به همه عوامل به سمت صفر هدایت می‌شود؛ یعنی:

$$\frac{\partial \pi}{\partial Q_i} = 0 \quad (۴)$$

به‌گونه‌ای که داریم:

$$P_i = C_i'(Q_i, w, E) \quad (۵)$$

تساوی بالا، در واقع، یک تساوی شناخته‌شده از قیمت و هزینه نهایی است که بعد از حل، Q_i همان مقدار تولید بهینه خواهد بود. بنابراین، در ادامه، رانت زمین (P_L) از دیگر نهاده‌های تولیدی جدا شده و دوباره مرتب‌سازی می‌شود:

$$P_i - C_i'(Q_i, w, E) - P_L L_i = 0 \quad (۶)$$

بنابراین، مقدار Q_i^* با مقدار بهینه محصول با مقدار بهینه نهاده (همچون L_i^* بهینه) می‌تواند از معادله قیمت و هزینه نهایی به‌دست آید. اکنون با وارد کردن Q_i^* در معادله قبل داریم:

$$P_i Q_i^* - C_i^*(Q_i^*, w, E) - P_L L_i^* = 0 \qquad (۷)$$

اگر تولید محصول i، استفاده بهینه از زمین با مقدار معین E باشد، برای P_i، رانت زمین به ازای هر هکتار کشت محصول معادل با درآمد خالص به ازای هر هکتار به‌دست می‌آید، که به‌صورت رابطه زیر خلاصه شده است:

$$P_{Li} = (P_i Q_i^* - C_i^*(Q_i^*, W, E))/L_i^* \qquad (۸)$$

که در آن، درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت محصول مورد نظر به‌عنوان معیاری از رانت زمین در نظر گرفته می‌شود. برای به‌دست آوردن درآمد خالص، لازم است تمام هزینه‌های تولید (نیروی کار، کود، بذر، سم و ماشین‌آلات)، به‌جز هزینه زمین، از درآمد ناخالص (حاصل‌ضرب مقدار تولید در قیمت محصول) کسر شود. به‌طور کلی، در مدل ریکاردین، رانت زمین تابع درجه دوم متغیرهای اقلیمی در نظر گرفته می‌شود، که به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$P_{Li} = \beta_1 E + \beta_2 E^2 + \beta_3 Z + u \qquad (۹)$$

E و E^2 متغیرهای اقلیمی (دما و بارش در فصول زمستان، تابستان، کاشت و برداشت محصول مورد نظر) در سطح و درجه دوم و Z برداری از دیگر متغیرهای برون‌زاست که بر اساس نوع محصول و منطقه مورد بررسی، متفاوت‌اند (مانند عرض جغرافیایی منطقه، ارتفاع از سطح دریا، نوع خاک و نوع آبیاری).

با توجه به شرح کامل مدل ریکاردین، مدل کاربردی مورد مطالعه در پژوهش حاضر، به‌طور کلی، به‌صورت رابطه زیر است (Mojaverian et al.,2015):

$$NR = \alpha_{it} + \beta_1 PT_{it} + \beta_2 PT_{it}^2 + \beta_3 HT_{it} + \beta_4 HT_{it}^2 + \beta_5 T_{it} + \beta_6 T_{it}^2 \qquad (۱۰)$$

$$+ \beta_7 PP_{it} + \beta_8 PP_{it}^2 + \beta_9 HP_{it} + \beta_{10} HP_{it}^2 + \beta_{11} P_{it}^2$$
$$+ \beta_{13} PTPP_{it} + \beta_{14} THP_{it} + \beta_{15} TP_{it} + \beta_{16} ALT_{it} + \varepsilon_{it}$$

NR: درآمد خالص در هکتار (نماینده رانت زمین)

PT_{it}, PT_{it}^2: متوسط دمای فصل کاشت در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

HT_{it}, HT_{it}^2: متوسط دمای فصل برداشت در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

T_{it}, HT_{it}^2: متوسط دمای کل در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

PP_{it}, PP_{it}^2: متوسط بارش فصل کاشت در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

HP_{it}, HP_{it}^2: متوسط بارش فصل برداشت در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

P_{it}, P_{it}^2: متوسط بارش فصل برداشت در سطح و درجه دوم در زمان t و مکان i

$PTPP_{it}$: حاصل‌ضرب دما و بارش فصل کاشت در زمان t و مکان i

$HTHP_{it}$: حاصل‌ضرب دما و بارش فصل برداشت در زمان t و مکان i

TP_{it}: حاصل‌ضرب دما و بارش کل در زمان t و مکان i

Al_{ti}: ارتفاع از سطح دریا در منطقه i

α_{it}: عرض از مبدأ

β ها: ضرایب متغیرهای مدل

گندم یکی از محصولات عمده زراعی در ایران بوده و اهمیت اقتصادی این محصول، به‌علت استفاده برای انسان، دام و صنایع، بسیار زیاد است و روزبه‌روز بر سطح زیر کشت آن در جهان افزوده می‌گردد. از این‌رو، تمرکز مطالعهٔ حاضر بررسی اثرات عوامل اقلیمی بر رانت زمین زیر کشت گندم بوده و داده‌های آماری مربوط به محصول گندم به‌صورت پانل در نظر گرفته شده است.

کشت گندم شامل فرآیندی نسبتاً مشابه در همه مناطق است، اما هزینه‌های تولید گندم با توجه به وضعیت فناوری، کیفیت زمین، ارزش منطقه‌ای خدمات کشت و قیمت نهاده‌ها (بذر، کود،

سم، نیروی کار و ...) متفاوت خواهد بود. به‌منظور برآورد متغیر وابسته (NR)، ابتدا تمام هزینه‌های وابسته به کشت محصول (هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت) در سال‌های مورد نظر جمع‌آوری شد و سپس، با توجه به درآمد سالانه، درآمد خالص یا همان رانت زمین کشاورزی برای محصول مورد نظر محاسبه شد. در امطالعهٔ حاضر، متغیر ارتفاع از سطح دریا (ALT) به‌عنوان شاخصی از میزان تشعشعات خورشیدی مد نظر قرار گرفته و متغیرهای دما و بارندگی در فصول کاشت و برداشت با توجه به متفاوت بودن فصل کاشت و برداشت این محصول در منطقه مورد مطالعه بررسی شده است.

مباحث اقتصادسنجی الگوی تلفیقی

قبل از ورود به بحث تخمین و تجزیه‌وتحلیل مدل، باید ابتدا دلیل انجام مطالعه حاضر به‌صورت پانل روشن شود؛ به دیگر سخن، آیا مدل با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده بهتر است به چه صورت (سری زمانی برای هر مقطع، مقطعی در هر سال و یا تلفیقی از سری زمانی و مقعطی (پانل) برآورد شود؟ برای پاسخ به چنین پرسش‌هایی، بالتاگی (Baltagi 2001,) آماره F (آزمون چاو[1]) را پیشنهاد داده است. از این‌رو، در این قسمت، کارآمدی برآورد تابع مورد نظر در قالب پانل به دو صورت آزمون می‌شود:

بررسی اثر گروه‌ها و مقطع‌های مختلف

نخست، باید دو مدل مقید و غیرمقید به‌صورت زیر برآورد شود:

(۱۱) مدل غیرمقید

$$y_t = Z_i\delta_i + u_i \qquad i = 1, 2, \ldots, N$$

(۱۲) مدل مقید

$$y = Z\delta + u$$

مدل غیرمقید برآورد N مدل سری زمانی و مدل مقید برآورد تابع به‌صورت پانل است. حال، با توجه به مدل‌های مقید و غیرمقید، فرضیه‌های زیر مورد آزمون قرار می‌گیرد:

1. Chow test

$$H_0 : \delta_i = \delta \quad (۱۳)$$

$$H_1 : \delta_i \neq \delta \quad (۱۴)$$

برای انجام آزمون‌های بالا، از آماره F که در رابطه زیر معرفی شده است، استفاده می‌شود:

$$F = \frac{(RRSS - URSS)/(N-1)}{URSS/(NT-N-K)} \sim F\big((N-1),(NT-N-T)\big) \quad (۱۵)$$

که در آن، N تعداد مقطع‌های مورد بررسی، T طول دوره مورد نظر و K تعداد پارامترهاست؛ همچنین، URSS حاصل‌جمع مجموع مجذورات باقی‌مانده غیرمقید است که با تخمین‌های OLS از مدل (۱۵) حاصل می‌شود و RRSS مجموع مجذورات باقی‌مانده‌های مقید که با تخمین پانل از مدل (۱۶) به‌دست می‌آید.

حال، در آزمون فرضیه، اگر مقدار آماره محاسباتی از مقدار بحرانی جدول بزرگ‌تر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود و فرضیه مقابل آن مبنی بر لزوم بررسی مطالعه حاضر به‌صورت پانل مورد تأیید قرار می‌گیرد.

آزمون وجود اثرات زمانی با توجه به اثرات فردی معین

این آزمون برای وجود ناهمسانی واریانس بین‌گروهی آماره‌هایی ارائه شده است که از آن جمله آزمون لاگرانژ (LM) است. این آماره پس از انجام OLS کلی روی مدل مورد نظر، با استفاده از داده‌های تلفیقی قابل محاسبه خواهد بود:

$$LM = T/2 \sum \left(\frac{S_i^2}{S^2} - 1\right)^2 \sim X^2 \quad (۱۶)$$

T: تعداد سال‌های سری زمانی

S^2: واریانس حاصل از برآورد کلی مدت به‌صورت پانل

S_i^2 واریانس در تک تک واحدهای مقطعی

آماره LM، به‌طور مجانبی، دارای توزیع «کی‌دو» با درجه آزادی تعداد واحدهای مقطعی خواهد بود. حال، در آزمون فرضیه، اگر مقدار آماره محاسباتی از مقدار بحرانی جدول بزرگ‌تر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود؛ به دیگر سخن، ناهمسانی بین واحدهای مقطعی تأیید می‌شود که باید برای رفع آن برا ساس روش‌های موجود اقدام کرد. برای رفع ناهمسانی واریانس نیز روش‌های مختلفی ارائه شده است. در حالت وجود ناهمسانی واریانس بین‌گروهی، روش GLS از جمله روش‌های کارآ برای برآورد مدل مورد نظر خواهد بود.

نتایج و بحث

برآورد مدل ریکاردین برای محصول گندم در جنوب کرمان

در پژوهش حاضر، با هدف بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی جنوب استان کرمان، اثر این عوامل بر رانت زمین زراعی محصول‌گندم در جنوب این استان در دورهٔ ۱۳۹۸-۱۳۷۰ در قالب داده‌های پانل بررسی شد. پس از استخراج، گردآوری و بازسازی آمارها از مراکز و مراجع مربوط، به‌منظور تخمین مدل‌های مورد نظر و انجام آزمون‌های مربوط، از بسته نرم-افزاری Eviews 9 و همچنین، از داده‌های پانل (ترکیبی) در مدل ریکاردین استفاده شده است. در واقع این مدل اثرات تغییر آب‌وهوا و دیگر متغیرها را بر ارزش زمین یا درآمد خالص تست می‌کند. در این مدل، درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت محصول مورد نظر به‌عنوان معیاری از رانت زمین در نظر گرفته شده است. برای آزمون قابلیت تخمین مدل رابطه (۱۰)، از آماره F مفید استفاده شده و با توجه به رابطه (۱۵)، مقدار آماره محاسباتی ۲/۶۷ به‌دست آمده است که بر اساس نتایج مقایسه این آماره با مقادیر بحرانی[۱]، در سطوح معنی‌داری پنج درصد، فرضیه صفر مبنی بر بررسی مطالعه به‌صورت سری زمانی رد می‌شود و فرضیه مقابل آن مبنی بر بررسی مطالعه حاضر به‌صورت پانل مورد تأیید قرار می‌گیرد. همچنین، با توجه به رابطه (۱۶)، مقدار آماره F محاسباتی ۵/۳۴ به‌دست آمده است که بر اساس نتایج مقایسه این آماره با مقادیر بحرانی[۲]، در سطوح معنی‌داری یک و پنج درصد، فرضیه صفر مبنی بر بررسی مطالعه به‌صورت سری زمانی رد می‌شود و فرضیه مقابل آن مبنی بر لزوم بررسی مطالعه حاضر به‌صورت پانل مورد تأیید قرار می‌گیرد.

۱- مقادیر بحرانی در سطوح پنج و یک درصد، به‌ترتیب، برابر با ۱/۶۴ و ۱/۹۹ است.
۲- مقادیر بحرانی در سطوح پنج و یک درصد، به‌ترتیب، برابر با ۱/۵۷ و ۱/۹ است.

نتایج حاصل از بررسی ایستایی برای متغیر رانت زمین کشاورزی گندم (NR) و متغیرهای دمای کاشت و مجذور آن (PT^2_{it}, PT_{it})، دمای برداشت و مجذور آن (HT^2_{it}, HT_{it})، متوسط دما و مجذور آن (T^2_{it}, T_{it})، بارندگی کاشت و مجذور آن (PP^2_{it}, PP_{it}) و متوسط بارندگی و مجذور آن (P^2_{it}, P_{it}) در قالب داده‌های پانل مورد مطالعه بررسی شده، که تمامی روش‌ها بیانگر ایستایی سری-های زمانی مورد نظر است.

متغیرهای بارندگی کاشت و مجذور آن (HP^2_{it}, HP_{it})، حاصل‌ضرب دما و بارندگی کاشت $(PTPP_{it})$، حاصل‌ضرب دما و بارندگی برداشت $(HTHP_{it})$ و ارتفاع از سطح دریا $(Alti)$، با توجه به تمام روش‌های ریشه واحد، در سطح ایستا هستند و همچنین، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تمامی آزمون‌های ریشه واحد بیانگر ایستایی متغیر حاصل‌ضرب متوسط دما و بارندگی (TP_{it}) است.

حال، با توجه به نتایج آزمون‌های ایستایی و قابلیت تخمین به‌صورت پانل، می‌توان به انتخاب و برآورد مدل مورد نظر پرداخت. در این راستا، ابتدا مدل جزء خطای تصادفی دوسویه یا اثرات تصادفی در نظر گرفته شد و معنی‌داری توأم اثرات فردی و زمانی در این حالت مورد آزمون قرار گرفت. فرضیه صفر در این حالت عبارت است از اینکه اثرات تصادفی فردی و زمانی در الگوی داده‌های پانل مورد نظر وجود ندارد.

برای آزمون این فرضیه، آزمون ضریب تکاثر لاگرانژ (LM) که توسط بروش و پاگان (Breusch and Pagan, 1980) پیشنهاد شده، به‌کار رفته است. مقدار آماره χ^2 محاسباتی آزمون LM برابر با ۳۲/۱۱ بوده که بر اساس نتایج مقایسهٔ این آماره با مقادیر χ^2 بحرانی[۱]، در سطوح معنی‌داری یک، پنج و ده درصد، فرض صفر مبنی بر عدم معنی‌داری اثرات تصادفی فردی و زمانی در الگوی مورد نظر رد می‌شود؛ به دیگر سخن، در الگوی مورد نظر، تفاوت بین مناطق جغرافیایی تصادفی است. برای اطمینان بیشتر از نتایج، معنی‌داری هر کدام از اثرات تصادفی مقطعی و اثرات تصادفی زمانی را می‌توان به‌طور جداگانه مورد آزمون قرار داد. برای آزمون $H_0 : \sigma^2_\mu = 0$، آمارهٔ ضریب تکاثر لاگرانژ (LM) محاسبه شده و نتیجه آزمون فرض صفر نشان داد که مقدار آمارهٔ LM برابر با ۰/۷۶ است. مقایسه این آماره با مقادیر بحرانی در سطوح معنی‌داری مختلف[۲] نشان داد که فرض صفر صفر را نمی‌توان رد کرد. بنابراین، اثرات تصادفی مقطعی در مدل جزء خطای دوسویه وجود ندارد.

۱- مقادیر بحرانی در سطوح یک، پنج و ده درصد، به‌ترتیب، برابر با ۹/۲۱، ۵/۹۹ و ۴/۶۰ است.
۲- مقادیر بحرانی در سطوح یک، پنج و ده درصد، به‌ترتیب، برابر با ۶/۶۳ ۳/۸۴ و ۲/۷ است.

برای آزمون $H_0 : \sigma_\lambda^2 = 0$، مقدار آماره LM برابر با ۰/۴ محاسبه شده که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه آماره‌های محاسباتی با کمیت‌های بحرانی[۱]، معنی‌داری اثرات تصادفی در سطوح معنی‌داری مختلف رد شده است. پس از اینکه اثرات تصادفی فردی و زمانی در مدل جزء خطای دوسویه رد شد، در گام بعد، می‌توان به آزمون معنی‌داری اثرات ثابت فردی و زمانی پرداخت. ابتدا معنی‌داری توأمان اثرات ثابت فردی و زمانی با استفاده از آزمون چاو انجام پذیرفت.

مقایسه مقدار F محاسباتی (۲۹/۳۸) با مقادیر بحرانی در سطوح معنی‌داری یک و پنج درصد نشان داد که می‌توان فرض صفر مبنی بر عدم معنی‌داری اثرات ثابت فردی و زمانی را رد کرد. برای شناخت بیشتر مدل، باید به آزمون معنی‌داری اثرات ثابت فردی (مقطعی) و زمانی پرداخت. نخست، وجود اثرات فردی در مدل با توجه به اثرات زمانی معین مورد آزمون قرار گرفته و نتیجهٔ آزمون چاو نشان می‌دهد که با توجه به آماره آزمون (۲۸/۱۲) و کمیت‌های بحرانی[۲]، می‌توان فرض صفر را رد کرد. در مجموع، بر اساس آزمون‌های ضریب تکاثر لاگرانژ (LM) و چاو، این نتیجه حاصل شد که در بررسی رابطه بین رانت زمین کشاورزی محصول گندم و متغیرهای اقلیمی در قالب مدل ریکاردین در منطقه منتخب، مدل جزء خطای دوسویه با اثرات ثابت زمانی مناسب است. یافته‌های حاصل از برآورد رابطه (۱۰) با مدل جزء خطای دوسویه با اثرات ثابت زمانی در جدول ۱ آمده است. البته لازم به ذکر است که آزمون واریانس همسانی نیز به‌عنوان آخرین آزمون انجام گرفت. نتایج آماره LM نشان می‌دهد که با توجه به آماره آزمون (۳۲/۱۱) و کمیت‌های بحرانی[۳]، می‌توان فرض صفر را مبنی بر همسانی واریانس را رد کرد. از این‌رو، برای برآورد مدل مورد نظر، از روش GLS استفاده شده که در واقع، از جمله روش‌های کارآ برای برآورد مدل مورد نظر است.

۱- مقادیر بحرانی در سطوح یک، پنج و ده درصد، به‌ترتیب، برابر با ۶/۶۳ ۳/۸۴ و ۲/۷ است.
۲- مقادیر بحرانی در سطوح یک و پنج درصد، به‌ترتیب، برابر با ۱/۹۹ و ۱/۶ است.
۳- مقادیر بحرانی در سطوح یک و پنج درصد، به‌ترتیب، برابر با ۳۲ و ۲۶/۳ است.

جدول ۱- نتایج برآورد مدل ریکاردین برای محصول گندم

نام متغیر	توضیح متغیر	ضریب
C	عرض از مبدأ	۸۴۱۶۱/۴۷*
PT	دمای فصل کاشت	۹۵۲/۸۳
PT2	مجذور دمای فصل کاشت	-۳۰/۲۳
HT	دمای فصل برداشت	-۵۳۹۴/۲۲**
HT2	مجذور دمای فصل برداشت	۱۳۱/۷۸***
T	متوسط دما	۸۹۸۶/۸۴*
T2	مجذور متوسط دما	-۲۵۶/۵۱**
PP	بارندگی فصل کاشت	-۱۶۶۴۰۸/۳*
PP2	مجذور بارندگی فصل کاشت	۸۳۸/۲۵***
HP	بارندگی فصل برداشت	۱۰۶۴۳/۰۹
HP2	مجذور بارندگی فصل برداشت	-۱۷۰۹/۸۳
P	متوسط بارندگی	۱۲۳۹۷۹/۴۰*
P2	مجذور متوسط بارندگی	-۴۶۷/۴۰**
PTPP	حاصل‌ضرب دما و بارندگی فصل کاشت	-۴/۳۴
HTHP	حاصل‌ضرب دما و بارندگی فصل برداشت	-۳۱۸/۵۵***
TP	حاصل‌ضرب متوسط دما و بارندگی	۲۷/۵۸**
ALT	ارتفاع از سطح دریا	-۶۸/۹۶***

*و **و ***، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطوح ده، پنج و یک درصد مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که جدول ۱ نشان می‌دهد، بیشتر ضرایب برآوردشده اعم از خطی، درجه دوم و اثرات متقابل متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) به‌لحاظ آماری معنی‌دار به‌دست آمده‌اند. ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان شاخصی از تشعشعات خورشیدی در نظر گرفته شده که در این مدل، با وجود علامت مورد انتظار، از نظر آماری معنی‌دار شده است. علامت این ضریب حاکی از اثر منفی تشعشع بر رانت زمین کشاورزی گندم به ازای هر هکتار کشت محصول است و در واقع، علت منفی بودن این ضریب در این جمله خلاصه می‌شود که هرچه ارتفاع بالاتر باشد، هوا خنک‌تر و در نتیجه، دوره رشد طولانی‌تر و در نهایت، میزان عملکرد محصول گندم کاهش خواهد یافت.

علامت ضرایب درجه اول و دوم متغیرها نشان‌دهنده اثرات به‌صورت U و یا معکوس U بر درآمد خالص زمین زراعی است. با توجه بدین ضرایب و مشتق‌گیری، می‌توان نقاط بحرانی را برای هر کدام از متغیرهای اقلیمی محاسبه کرد و این نتایج را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داد.

نتایج نشان می‌دهد که اگر دمای فصل برداشت بیش از ۲۳/۶ درجه سانتی‌گراد باشد، در واقع، درآمد خالص کاهش خواهد یافت. البته، این حالت را می‌توان بدین خاصیت محصول گندم نسبت داد که در واقع، این محصول برای ساقه رفتن و خوشه دادن نیاز به سرما دارد (بهاره کردن)[1] و نیز اینکه گندم می‌تواند در کمتر از چهار درجه سانتی‌گراد رشد و نمو کند. نتایج در ارتباط با دمای فصل برداشت حالتی عکس اثر دمای فصل کاشت دارد، به‌گونه‌ای که با افزایش دما در این فصل، ابتدا رانت زمین کاهش و بعد از ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد، حتی به میزان رانت افزوده می‌شود. در واقع، این نقطه بحرانی نشان-دهنده حداقل درجه حرارت در تابستان (فصل برداشت) است. البته، توجه بدین نکته نیز اهمیت دارد که بر اساس تجربه، ثابت شده است که حداکثر دمای قابل تحمل برای گیاه گندم تا ۳۷ درجه است، به‌گونه‌ای که اگر دما از این مقدار بیشتر باشد، عملکرد محصول کاهش خواهد یافت (Rastegari , 1998).

همان‌گونه که در بیشتر منابع و کتاب‌های تخصصی زراعت عنوان شده است، هوای بسیار مرطوب اثر منفی بر رشد و نمو گندم دارد و به دیگر سخن، بارندگی بیش از دویست میلی‌متر در زمستان معتدل مناسب نیست و بارندگی کم اوایل زمستان بهتر از میزان زیاد آن است (Seyedkarimi ,.et al 2019). نتایج برآورد مدل در مورد بارندگی فصل کاشت نیز تأکیدی بر همین مدعاست، به‌گونه‌ای که بر اساس این نتایج، افزایش بارندگی بیش از ۱۲۴/۵ میلی‌متر باعث کاهش درآمد خالص زمین می‌شود. همچنین، نتایج در ارتباط با نقطه بحرانی بارندگی فصل برداشت نشان می‌دهد که اگر بارندگی در این فصل به‌طور متوسط از ۲۳/۹ میلی‌متر بیشتر شود، درآمد خالص زمین زراعی نیز به‌مراتب افزایش خواهد یافت. از آنجا که فصل برداشت به‌طور متوسط تابستان در نظر گرفته شده است و به‌علت پایین بودن بارندگی این فصل در بیشتر نقاط، این نتیجه را می‌توان درست تلقی کرد، ولی باید بدین نکته نیز توجه شود که بارندگی در زمان رسیدن یعنی، زمان برداشت محصول اهمیت خود را نسبت به مرحله رسیدن از دست می‌دهد، به‌گونه‌ای که بارندگی بیش از پنجاه میلی‌متر در سه هفته اول بعد از شروع گل‌دهی میزان محصول را محدود می‌کند (Seyedkarimi ,.et al 2019). ضرایب دما و بارندگی متوسط سال زراعی گندم نشان می‌دهد که اگر دمای متوسط از ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد و بارندگی متوسط از ۵۹/۶ میلی‌متر بیشتر شود، در واقع، رانت زمین کاهش خواهد یافت. این نتایج می‌تواند در بررسی اثر سناریوهای تغییر اقلیم آینده کمک مؤثری باشد. نتایج متغیرهای اثرات متقابل نیز نشان می‌دهد که دما و بارندگی فصل کاشت و برداشت هر دو اثر منفی و معنی‌دار بر

1. vernalisation

رانت زمین دارند و این نشان می‌دهد که با اثر متقابل هر دو متغیر دما و بارندگی، از رانت زمین زراعی کاسته خواهد شد.

جدول ۲- نقطه عطف متغیرها

سال	متوسط دما	متوسط بارندگی	تولید گندم
۱۳۷۰	↙	↖	↖
۱۳۷۱	↖↙	↙↖	↖
۱۳۷۲	↖	↖↙	↙↖
۱۳۷۳	↙↖	↖	↙
۱۳۷۴	↙	↙↖	↖↙
۱۳۷۵	↙	↖↙	↙↖
۱۳۷۶	↖↙	↙↖	↙
۱۳۷۷	↖	↙	↙
۱۳۷۸	↖	↙	↙
۱۳۷۹	↖	↙	↙
۱۳۸۰	↖	↙	↙
۱۳۸۱	↖	↙	↙
۱۳۸۲	↖	↙	↖↙
۱۳۸۳	↖	↙	↖
۱۳۸۴	↖	↙	↖
۱۳۸۵	↖	↙	↖
۱۳۸۶	↖	↙	↙↖
۱۳۸۷	↙↖	↖↙	↖↙
۱۳۸۸	↙	↙↖	↖
۱۳۸۹	↙	↙	↖
۱۳۹۰	↙	↖↙	↖
۱۳۹۱	↙	↖	↖
۱۳۹۲	↖↙	↙↖	↖
۱۳۹۳	↖	↙	↖
۱۳۹۴	↖	↙	↖
۱۳۹۵	↖	↙	↖
۱۳۹۶	↙↖	↖↙	↙↖
۱۳۹۷	↙	↖	↖↙
۱۳۹۸	↙	↖	↖

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نقطه‌های عطف[1]سامانه آب‌وهوایی عبارت است از نقطه‌ای که گذر از آن، می‌تواند به پیامدهای بزرگ و اغلب برگشت‌ناپذیر در سامانه آب‌وهوایی بینجامد. در سامانه آب‌وهوایی زمین، زیست‌بوم‌ها و سامانه‌های انسانی، نقاط عطف بالقوه یافت شده‌اند. تحلیل آمار سری زمانی اقلیم منطقه نشان می‌دهد که در سه نقطه عطف مهم، با تأثیرپذیری از تغییر دما و بارندگی، میزان تولید گندم دچار تغییر می‌شود (جدول ۲).

ارزیابی اثر تغییر اقلیم با استفاده از سناریوهای موجود

همان‌گونه که پیش‌تر یادآوری شد، بر اساس پژوهش‌ها و ارزیابی‌های انجام‌شده در طرح توانمندسازی ایران در زمینهٔ تغییر آب‌وهوا زیر نظر کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل متحد (UNFCCC) و با استفاده از سناریوهای مطرح‌شده توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، اگر میزان غلظت دی‌اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ دو برابر شود، دمای متوسط ایران به میزان ۴/۵- ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. از این‌رو، در این قسمت، با توجه به اهمیت اثرات نامطلوب تغییر آب‌وهوا بر بخش کشاورزی، قصد بر این است که با توجه به مدل ریکاردین برآوردشده در قسمت‌های قبلی برای محصول گندم، به بررسی اثرات تغییر آب‌وهوای آینده بر رانت زمین این محصول پرداخته شود. قبل از بررسی این اثرات، لازم است توضیحات مختصری در مورد شبیه‌سازی‌های صورت‌گرفته در ارتباط با اقلیم آینده ایران ارائه شود.

شبیه‌سازی تغییر اقلیم و معرفی سناریوهای موجود

در پژوهش حاضر، اثر سناریوهای مختلف استخراج‌شده از دو گروه پژوهشی مرتبط با پیش-بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر رانت زمین کشاورزی زیر کشت گندم مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا، ابتدا به معرفی این دو گروه از سناریوها پرداخته می‌شود و در ادامه، بررسی اثر هر گروه به‌طور مجزا بر رانت زمین کشاورزی صورت می‌گیرد.

گروه اول: به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری کشور در اثر عدم مهار رهایش گازهای گلخانه‌ای، شش سناریوی متفاوت طراحی شده، که این سناریوها خود ترکیب گزیده‌ای از مدل‌ها و سناریوهای متفاوت مانند دو مدل جی. سی. ام. (ECHAM4; HadCM2)، سه سناریوی انتشار (IS92a; Is92b; Is92c) و سه حساسیت اقلیمی متفاوت است و بدین منظور، پژوهشگران کشور از نرم‌افزاری به نام MAGICC/SENGEN(2.4) استفاده کرده‌اند، که هم‌اکنون در کشور انگلیس

1. tipping points in the climate system

به‌طور گسترده از آن استفاده می‌شود. در این ترکیب‌ها، سه وضعیت مختلف برای انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته شده که به‌ترتیب، عبارت‌اند از:

(الف) میزان انتشار پایین،

(ب) ثابت نگهداشتن میزان انتشار در شرایط فعلی، و

(ج) میزان انتشار بالا (DEIRI, 2002).

در نهایت، نتایج مدل‌سازی انجام‌شده بین ترکیبات سناریوها و حساسیت‌های اقلیمی مختلف نشان می‌دهد که تا سال ۲۱۰۰، افزایش دما برای حالت (الف) بین ۱ تا ۱/۵ درجه، برای حالت (ب) بین ۲/۵ تا ۴/۱ درجه و برای حالت (ج) بین ۵/۹ تا ۷/۷ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. همچنین، همین ترکیبات برای به تصویر کشیدن تغییرات بارندگی در کشور مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن بدین شرح است: کاهش بارش برای حالت (الف) بین ۱۱ تا ۱۹/۱ درصد، برای حالت (ب) بین ۳۰/۹ تا ۵۰ درصد و برای حالت (ج) بین ۵۸ تا ۸۰ درصد خواهد بود.

گروه دوم: علاوه بر سناریوهای ارائه‌شده، لازم به توضیح است که پژوهشکده اقلیم‌شناسی ایران در مرداد ۱۳۸۶ در قالب گزارشی به مدل‌سازی اقلیم ایران در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری پرداخته است. با توجه به اینکه یکی از راه‌های فائق آمدن به نقیصه تفکیک فضایی کم مدل‌های گردش عمومی استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری است، در تحقیق حاضر، برای ارزیابی تغییرات اقلیمی ۴۲ ایستگاه سینوپتیک کشور، از داده‌های سناریوی A1 مدل ECHO-G که هم‌اکنون در دانشگاه هامبورگ آلمان و مرکز تحقیقات هواشناسی کره جنوبی اجرا می‌شود، با بهره‌گیری از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری و برای ریزمقیاس‌نمایی نیز از مدل LARS-WG استفاده شده است. بدین ترتیب، نخست، توانمندی این الگو روی ایستگاه هواشناسی کشور امتحان شده و پس از راستی‌آزمایی الگو، با استفاده از سناریوهای تدوین‌شده روی پانزده شبکه محاسباتی مدل ECHO-G، این الگو برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ اجرا شده است. یکی از مهم‌ترین نتایج این پروژه حاکی آن است که در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰، در کل کشور، بارش به میزان نُه درصد کاهش می‌یابد و میانگین دما به‌طور متوسط ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ افزایش خواهد یافت.

جدول ۳- اثر تغییر اقلیم آینده بر رانت زمین زیر کشت گندم

اثر بر رانت زمین گندم (درصد)	سناریوهای تغییر اقلیم		
	کاهش بارندگی (٪)	افزایش دما ($^{\circ}C$)	مطالعه
+۱۹	۱۱ تا ۱۹/۱	۱ تا ۱/۵	گروه اول
+۸	۳۰/۹ تا ۵۰	۲/۵ تا ۴/۱	
-۴۱	۵۸ تا ۸۰	۵/۹ تا ۷/۷	
+۲۲	۹	۰/۵	گروه دوم

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول ۳، در مورد سناریوی گروه دوم که فقط برای دوره سی سال آینده پیش‌بینی شده است، نتایج نشان می‌دهد که تغییر اقلیم اثری مخرب بر رانت زمین و یا درآمد خالص زمین زراعی ندارد، زیرا با کاهش برخی از هزینه‌های ناشی از توسعه مکانیزاسیون و ارتقای کیفی نهاده‌های کشاورزی، رانت زمین به‌طور نسبی افزایش نشان می‌دهد. ولی در مورد نتایج گروه اول، این سناریوها که تا صد سال آینده شبیه‌سازی شده‌اند، نتایج متفاوت اثر بر رانت زمین‌شان را خواهند داد. حالت (الف) یعنی، در حالتی که انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال‌های آینده نسبت به حال کاهش داشته باشد، باعث می‌شود که رانت زمین برای محصول گندم افزایش یابد. حتی در حالت (ب) نیز که با فرض ثابت باقی ماندن انتشار در نظر گرفته شده است، باز هم رانت زمین محصول گندم افزایش خواهد یافت. ولی در مورد سناریوی (ج) در گروه اول، همان‌گونه که بر اساس نتایج مطالعه، با افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده‌ای نه‌چندان دور، میزان رانت زمین کاهش می‌یابد. همچنین، ملاحظه می‌شود که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و در پی آن، افزایش دما و کاهش بارندگی باعث می‌شود که ۴۱ درصد از رانت زمین زراعی گندم کاسته شود. لازم به توضیح است که گیاهان بر اساس اولین ماده ساخته‌شده در فرآیند فتوسنتز، به سه دستهٔ C_3[۱]، C_4[۲] و CAM[۳] طبقه‌بندی می‌شوند. در این طبقه‌بندی، گروه گیاهان CAM دارای مسیر فتوسنتز اختیاری هستند که بر اساس

۱- گیاهان C_3: پنبه، برنج، گندم، جو، سویا، آفتاب گردان، سیب‌زمینی، اکثر بقولات و گیاهان چوبی، بسیاری از محصولات باقی و علف‌های هرز (طبق آمار سال ۱۳۸۴، حدود ۶۶/۸ درصد از تولیدات زراعی کشور از این گروه می‌باشند.)

۲- گیاهان C_4: ذرت، سورگرم، نیشکر، ارزن، گیاهان مقاوم به شوری و بسیاری از علف‌های چمنی مناطق گرمسیری، مراتع و گیاهان علوفه‌ای (طبق آمار سال ۱۳۸۴، حدود ۳۳/۲ درصد از تولیدات زراعی کشور از این گروه می‌باشند.

۳- گیاهان CAM: کاساوا، آناناس، کاکتوس، پیازها و کرچک.

شرایط احراز می‌شوند و گونه‌های C_3 واکنش بیشتری به افزایش دی‌اکسید کربن (CO_2) نشان می‌دهند و در مقابل، گونه‌های C_4 در مقایسه با گیاهان C_3 واکنش بهتری به حرارت‌های بالا نشان می‌دهند (Mojaverian et al., 2015). دی‌اکسید کربن یکی از چهار نیاز گیاهان برای رشد است (یعنی، نور، مواد مغذی، آب و CO_2). طی فرآیند فتوسنتز، گیاه این گاز را از محیط اطراف جذب کرده، اکسیژن و کربوهیدرات تولید می‌کند. افزایش غلظت CO_2 باعث افزایش بازده کاربرد آب، میزان فتوسنتز، تولیدات زیست‌توده و عملکرد به‌ویژه در گونه‌های C_3 می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نقش بخش کشاورزی در اقتصاد ایران، هدف کلی مطالعهٔ حاضر بررسی آسیب-پذیری اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی بر درآمد خالص در هکتار (رانت زمین) زیر کشت محصول گندم در منطقه جنوب کرمان بوده است.

پژوهش حاضر در مقیاس منطقه‌ای انجام شده و همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، تغییر اقلیم و اثر CO_2 ممکن است از یک منطقه به منطقه‌ای دیگر و یا حتی در یک مقیاس کوچک‌تر اثری متفاوت داشته باشد. از این‌رو، با توجه به برآورد مدل و نتایج به‌دست‌آمده و با وجود ارتباطی مثبت و معنی‌دار که بین انتشار CO_2 و تولید گندم به‌وجود آمده، نباید پیش‌بینی‌های مطالعات علمی داخلی و خارجی و نیز گزارش‌های IPCC مبنی بر افزایش دمای کشور ایران در آینده را نادیده گرفت، چراکه یکی از مهم‌ترین عوامل گرم شدن زمین افزایش گازهای گلخانه‌ای است (که مهم‌ترین آنها افزایش بیش از حد گاز CO_2 است)؛ این موضوع باعث تأثیرات اقلیمی (اثر غیرمستقیم) و در واقع، همان افزایش دما خواهد شد و منجر به کاهش تولید محصولات زراعی حساس به دما از جمله گندم می-شود، زیرا گندم از دسته گیاهان سه‌کربنه (C_3) است که در این دسته از گیاهان، افزایش غلظت CO_2 باعث افزایش فرآیند فتوسنتز و کاهش تعرق می‌شود، که هر دو عامل باعث سرعت بخشیدن به رشد گیاهان C_3 می‌شود. اما افزایش غلظت دی‌اکسید کربن که بیشترین سهم را در گرم شدن کره زمین دارد، اثر سودمند افزایش CO_2 را خنثی خواهد کرد.

از این‌رو، دولت باید از انتشار بیش از حد این گازها جلوگیری کند؛ و توصیه می‌شود که به‌جای استفاده از سوخت‌های فسیلی، از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و باد در سطحی گسترده در کشور استفاده شود و برای جذب بیشتر CO_2 به‌وسیله منابع طبیعی، مانع از

نابودی جنگل‌ها و برداشت بی‌رویه درختان جنگلی شده و در کشور، طرح‌های درختکاری اجرا و نهادینه شود.

با توجه به اهمیت اثرات ناگوار تغییر آب‌وهوا بر بخش کشاورزی و اینکه هدف اصلی مطالعهٔ حاضر برآورد اثرات مخرب تغییر آب‌وهوا بر بخش کشاورزی منطقه جنوب کرمان بوده و همچنین، با توجه به مدل ریکاردین برآوردشده برای محصول گندم، پژوهش حاضر به بررسی اثرات تغییر آب‌وهوای آینده بر رانت زمین زیر کشت این محصول پرداخته است. بدین منظور، با در نظر گرفتن سناریوهایی که توسط پژوهشگران کشور بر اساس شرایط ایران پیش‌بینی و ارائه شده، به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری کشور در اثر عدم مهار رهایش گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است. در مرحله آخر، با توجه به این سناریوها، حساسیت رانت زمین‌های زراعی نسبت به تغییرات آب‌وهوایی تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج بررسی سناریوها حاکی از این مطلب است که با افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده‌ای نه‌چندان دور، میزان رانت زمین کاهش می‌یابد. از آنجا که سهم عمدهٔ تولیدات زراعی منطقه از گروه محصولات سه‌کربنه است، در مجموع، تغییر اقلیم و گرم شدن هوا در آینده می‌تواند خطرات جدی برای کاهش درآمد کشاورزان و اقتصاد منطقه در پی داشته باشد. همچنین، از آنجا که مطابق نتایج مطالعهٔ حاضر، گرم شدن هوا اثر بیشتری بر محصول گندم خواهد داشت، با وقوع تغییرات اقلیمی، درآمد متوسط سالانه هر هکتار کشت گندم در این منطقه حدود ۶۴ میلیون ریال کاهش می‌یابد. نظر به سطح زیر کشت گندم منطقه در سال زراعی ۱۳۹۸ (معادل ۳۸۶۵۸ هکتار)، می‌توان نتیجه گرفت که اگر سطح زیر کشت و الگوی کشت این محصول تغییر نکند، سالانه ۲۴۶۹ هزار میلیارد ریال از رانت زمین‌های یادشده کاسته می‌شود و از این‌رو، تغییرات شدیدی در عرصه تولید، وضعیت اقتصادی و معیشتی کشاورزان و الگوی کشت به‌وقوع خواهد پیوست. نتایج پژوهش حاضر و آمار مربوط نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری شدید اقتصادی در این منطقه که بیش از ۷۵ درصد جمعیت آن به کار کشاورزی اشتغال دارند، متوجه کشاورزان و اقتصاد منطقه و حتی کشور خواهد بود و طبعاً کاهش رانت محصولات زراعی انگیزه تولید را کاهش خواهد داد که به‌نوبه خود، می‌تواند اثرات غیرمستقیم نیز بر الگوی تجارت، توسعه و امنیت غذایی داشته باشد. از این‌رو، توجه به مسئله گرم شدن زمین، پدیده گازهای گلخانه‌ای و جست‌وجوی راه حل‌های ممکن (اگرچه آسان به ظر نمی‌رسد) را می‌توان از اولویت‌های مهم در کشور دانست. اینکه چه سیاست‌هایی در راستای کاهش اثرات گسترده مسئلهٔ یادشده اتخاذ شود، جنبه‌هایی مختلف دارد که در پی، پیشنهادهایی با اشاره به برخی از این جنبه‌ها ارائه می‌شود:

۱- دمای بالا و کاهش بارش دو موضوعی هستند که در آینده بیشتر از آنها صحبت خواهد شد و گندم اصلی‌ترین محصول کشاورزی است که از این شرایط تأثیر می‌پذیرد. به‌رغم چندین سال ثبت رکوردهای چشمگیر برداشت محصول در جنوب آسیا، الگوهای آب‌وهوای جهان در حال تغییر است و کمبود مواد غذایی منطقه‌ای می‌تواند به تحولات سیاسی قابل توجه منجر شود. همان‌گونه که اشاره شد، تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند تأثیرات مثبت و منفی بر تولید گندم داشته باشد. این نکته چالشی بزرگ پیش روی دولت‌هاست و می‌تواند به رکود تولید محصول راهبردی گندم منجر شود. علاوه بر این، تغییرات آب‌وهوایی خشکسالی‌های بیشتری را در پی خواهد داشت و باید تلاش‌های بیشتری برای تطابق ارقام جدید گندم با تأثیرات آب‌وهوایی انجام شود. بر اساس نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، برای مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی، باید راهبردهای منسجم ملی و بین‌المللی به‌کار گرفته شوند. توسعه ارقام پرمحصول که مقاومت بیشتری در برابر خشکسالی و گرما دارند، از آن جمله است؛ اما به‌صورت هم‌زمان، باید سرمایه‌گذاری‌ها در زیرساخت‌های ذخیره محصولات کشاورزی و سامانهٔ آبیاری کارآمدتر انجام شود.

۲- مطالعهٔ حاضر در مقیاس منطقه‌ای انجام شده و همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، تغییر اقلیم و اثر CO_2 ممکن است از یک منطقه به منطقه‌ای دیگر و یا حتی در یک مقیاس کوچک‌تر نیز اثری متفاوت داشته باشد. از این‌رو، با توجه به برآورد مدل و نتایج به‌دست‌آمده و با وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار موجود بین انتشار CO_2 و تولید گندم، نباید پیش‌بینی‌های مطالعات علمی داخلی و خارجی و گزارش‌های IPCC مبنی بر افزایش دمای کشور ایران در آینده را نادیده گرفت، چراکه یکی از مهم‌ترین عوامل گرم شدن زمین افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه افزایش بیش از حد گاز CO_2 است، که به تأثیرات اقلیمی (اثر غیرمستقیم) یا همان افزایش دما خواهد انجامید و منجر به کاهش تولید محصولات زراعی حساس به دما از جمله گندم می‌شود. از این‌رو، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، قیمت و مصرف سوخت از جمله عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 شناخته شده‌اند و همچنان مصرف بی‌رویه سوخت و انرژی ادامه دارد؛ و بنابراین، ضروری است که دولت، شرکت‌ها و کارخانه‌ها برنامه صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در صدر اهداف خود قرار دهند. به دیگر سخن، آموزش راهبردی در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تمام زیربخش‌های اقتصادی توصیه می‌شود، زیرا برابر توصیه‌های راهبردی سازمان‌های بین‌المللی، کاهش

مصرف سوخت‌های فسیلی می‌تواند روند گرم شدن دمای کره زمین و میزان تولید گازهای گلخانه‌ای را کندتر کند.

۳- از آنجا که بر اساس تابع برآوردی، سهم بخش صنعت از کل اقتصاد ایران در انتشار CO_2 مثبت و معنی‌دار شده است، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های زیست‌محیطی در راستای مهار آلودگی‌ها در بخش صنعت کشور با تأکید بیشتری دنبال شود؛ به دیگر سخن، شایسته است که حرکت به‌سوی فناوری‌های دوستدار محیط زیست و یا سیاست‌های تشویقی و تنبیهی برای کاهش آلودگی صورت گیرد. از جمله مهم‌ترین پیشنهاد اجرایی در این زمینه توسعه نیروگاه‌های خورشیدی در منطقه جنوب کرمان و تغییر سوخت نیروگاه برق منطقه است.

۴- نتایج تحقیق حاضر در زمینهٔ تغییر اقلیم در سطح منطقه جنوب کرمان و به‌صورت داده‌های تلفیقی به‌دست آمده است، اما باید توجه داشت که در این منطقه، به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی و امکان کشت طیف متنوع محصولات گرمسیری و سردسیری و همین‌طور، امکان کشت خارج از فصل، عملکرد محصول گندم بالاست. در اثر تغییرات اقلیم در آینده، ممکن است این عملکرد به‌شدت کاهش یابد؛ اما در مقابل، ممکن است مزیت کشت برخی محصولات افزایش یابد و در صورت تغییر الگوی کشت و اجرای سیاست‌های کشاورزی، برخی از کشاورزان تا حد زیادی از این تغییرات سود ببرند. از این‌رو، توصیه می‌شود که مطالعات آینده بیشتر روی کشت‌های جایگزین در منطقه و متناسب با شرایط اقلیم تمرکز یابند تا از این رهگذر، بتوان برای انتفاع بیشتر کشاورزان و اقتصاد ملی، از دامنه تغییرات اقلیمی در این منطقه بهره‌برداری کرد. در این راستا، به‌علت نبود اطلاعات آماری کافی، تلاش بیشتر مراکز مرتبط در زمینه بهبود داده‌های اساسی اقتصادی- اجتماعی و بهبود کیفیت پروژه‌های مدل‌سازی ضروری می‌نماید، چراکه می‌تواند باعث افزایش دانش و انجام صحیح سیاست‌های مناسب و عملیات مدیریت زراعی شود.

۵- نظر به اجتناب‌ناپذیر و قریب‌الوقوع بودن گرم شدن زمین و تأثیرپذیری برخی از محصولات با کشت غالب در منطقه جنوب کرمان، لازم است که از هم‌اکنون، تدابیری در راستای بررسی بیشتر مسئله و چگونگی مقایسه آن به‌ویژه در بخش کشاورزی (مانند الگوی کشت و ...) اتخاذ شود، که خود مطالعه‌ای مفصل‌تر را می‌طلبد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود که تأثیر اقلیم بر احتیاجات آتی کشاورزی و تأمین غذای جامعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

همان‌گونه که پیش‌تر نیز یادآوری شد، این منطقه با سطح زیر کشت حدود ۲۴۲ هزار هکتار، ۲۹ درصد از سطح زیر کشت و حدود ۶۷ درصد از کل تولید محصولات کشاورزی و دامی استان کرمان و حدود هشت درصد از تولید کشور را به خود اختصاص داده و به‌تنهایی در ده محصول کشاورزی رتبه اول تا سوم تولید و سطح زیر کشت کشور را داراست؛ همچنین، مزیت تولید انواع محصولات کشاورزی مانند گندم، هندوانه، خرما، محصولات جالیزی و گلخانه‌ای، مرکبات، پیاز و سیب‌زمینی و دامپروری سبب شده است تا این منطقه به‌عنوان قطب مهم کشاورزی مورد توجه دولت قرار گیرد، زیرا گذشته از سهم هشت درصدی تولید محصولات کشاورزی کشور در این منطقه، سهم آن در تأمین سیب‌زمینی، پیاز و میوه بیش از پانزده درصد از کل تولیدات کشور است. از این‌رو، هرگونه تغییر در زیرساخت‌ها و عوامل اصلی تولید بخش کشاورزی ممکن است بر برنامه‌های دولت در راستای تحقق خودکفایی و امنیت غذایی تأثیرگذار باشد.

منابع

1. Alijani, F., Karbasi, A.R. and Mozafari Masan, M. (2011). Investigating the effect of temperature and rainfall on the yield of water wheat in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 19(76): 1-13. (Persian)
2. Amirnejad, H. and Asadpour, K. (2017). Investigating the effects of climate change on Iranian wheat production, *Agricultural Economics Research*, 9: 163-182. (Persian)
3. Asad Falsafizadeh, N. and Sabouhi, M. (2012). Consideration of climate change phenomenon consequences on agricultural production (case study: Shiraz County). *Journal of Agricultural Economics and Development*, *26*(4): 272-286. DOI: 10.22067/jead2.v1391i4.19896. (persian)
4. Baskabadi, A., Kohensal, M.R. and Ghorbani, M. (2011). How climate change affects wheat production in Mashhad. The 8th Biennial Conference of Agricultural Economics. (Persian)
5. Baltagi, B.H. (2001). Enconometric Analysis of Panel Data. NJ, USA: Jhon Wiley and Sons Inc. Available at https://library.wbi.ac.id/repository/27.pdf.

6. Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980). The Lagrange Multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*. 47: 239-253.
7. Darijani, A., Hosseini, S.S. and Ghorbani, M. (2009). Estimation of drought loss on rainfed wheat production in Golestan province. *Agricultural Economics and Development*, 16(4): 83-95. DOI: 10.30490/aead.2009.58857. (Persian)
8. DEIRI (2002). Greenhouse gas emissions. Tehran: Department of Environment of the Islamic Republic of Iran (DEIRI), National Climate Change Plan Office. (Persian)
9. DEIRI (2010). Iran Second National Communication to UNFCCC. Report Prepared for the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) by National Climate Change Office, Department of Environment of the Islamic Republic of Iran (DEIRI). Available at https://unfccc.int/resource/docs/natc/iranc2.pdf.
10. Eid, H.M., El-Marsafawy, S.M. and Ouda, S.A. (2007). Assessing the economic impacts of climate change on agriculture in Egypt: a Ricardian approach. Policy Research Working Paper Series 4293, the World Bank.
11. Eslami, P. (2011). The role of greenhouse gas emissions from fossil fuel combustion in relation to climate change. National Conference on Climate Change and Its Impact on Agriculture and the Environment, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. (Persian)
12. Fischer, G., Frohberg, K., Parry, M.L. and Rosenzweig, C. (1994). Climate change and world food supply, demand and trade: Who benefits, who loses? *Global Environment Change*, 4: 7-23.
13. Hatef, H., Kohansal, M., Bannayan, M. and Shahnoushi Foroushani, N. (2016). Evaluation of economic vulnerability to climatic fluctuations (case study: Razavi Khorasan province). *Journal of Agricultural Meteorology*, *4*(8): 61-70. (Persian)
14. Hosseini, S., Nazari, M.R. and Araghinejad, Sh. (2013). Investigating the effect of climate change on the agricultural sector with emphasis on the role

of implementing adaptation strategies in this sector. *Iranian Agricultural Economics and Development Research*, 44:1-16. (Persian)

15. IPCC (2014). Climate Change 2014: The synthesis report. The Working Group of Assessment Report (AR) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Available at https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf.
16. Khaleghi, S. (2014). The effect of climate change on agricultural production and the Iranian economy. *Agricultural Economics Research*, 7(1): 113-135. (Persian)
17. Khedmatzadeh, A., Nabizadeh, A. and Hajarizadeh, Z. (2019). Evaluation of drought index of crop moisture on dry wheat performance. *Scientific Quarterly Journal of Land Geographic Engineering*, 4(8): 68-83. (Persian)
18. Kiani Ghalehsard, S., Shahraki, J., Akbari, A. and Sardar Shahraki, A. (2020). The effect of climate change on Iran's agricultural production: a case study of wheat crop. *Applied Research in Field Crops*, 32(4): 109-127. DOI: 10.22092/aj.2019.123143.1337. (Persian)
19. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Jafari, L. (2016). Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: 1. Predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4): 651-664. DOI: 10.22067/GSC.V13I4.51156. (Persian)
20. Kurukulasuriya, P., Mendelsohn, R., Hassan, R., Benhin, J., Diop, M., Eid, H. M., Fosu, K.Y., Gbetibouo, G., Jain, S., Mahamadou, A., El-Marsafawy, S., Ouda, S., Ouedraogo, M., S`ene, I., Maddision, D., Seo, S.N. and Dinar, A. (2006). Will African agriculture survive climate change? *The World Bank Economic Review*, 20(3): 367-388.
21. Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M. and Wang, E. (2009). Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: analysis of management and breeding strategies. *Jouranl of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129: 261-267.
22. Mahmoudi, N., Karbasi, A. and Shahnoushi Foroushani, N. (2015). Risk analysis of rain variability in rainfed wheat production. *Scientific and*

Technical Journal of Nivar, *39*(88-89): 63-72. DOI: 10.30467/nivar.2015.14556. (Persian)

23. Mohammadi, A., Mohadi, S., Mohammadi, R. and Golgari, p. (2019). Investigating the occurrence of climate change and its effect on the phenology and yield of dryland wheat in the western and northwestern regions of Iran. *Journal of Climatology Research*, 11(43): 25-48. (Persian)
24. Mojaverian, S.M., Ahmadi Kaiji, S. and Aminravan, M. (2015). Application of the Ricardian approach to investigating the effect of climate change on agricultural land rent. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(3): 481-491. DOI: 10.22059/ijaedr.2015.55521. (Persian)
25. Naderianfar, M. and Heydari, A. (2021). Investigating the effects of drought on the yield of irrigated and rainfed wheat in Bojnord region. *Journal of Agricultural Science Research in Dry Areas*, 3(1): 163-176. (Persian)
26. Nami, A. (2018). The effects of changing weather parameters on wheat farming performance in Bushehr province. The Sixth Regional Climate Change Conference, Tehran, November 2018. (Persian)
27. Paroon, S., Yavari, Gh.R. and Rezazadeh, M. (2020). Forecasting the consequences of climate change for wheat crop in Hormozgan province. *Environment and Development*, 11(21): 111-126. DOI: 20.1001.1.2008921.1399.11.21.9.8. (Persian)
28. Pishbahar, A., Darparnian, S. and Ghahremanzadeh, M. (2015). Effects of climate change on maize yield in Iran: application of spatial econometric approach with panel data. *Agricultural Economics Research*, *7*(26): 83-106. (Persian)
29. Rastegari, M. (1998). General agriculture. Tehran: Barahmand Publications. (Persian)
30. Salarpour, M. and Kazempour, A. (2021). Investigating the economic effects of climate change on wheat farmers in Sistan region. Sixth Annual National

Congress of New Findings in Agricultural Sciences and Natural Resources, Environment and Tourism, Tehran, July 2021. (Persian)

31. Seyedkarimi, M., Rahbari, A., Ataei, M. and Fallah, M.R. (2019). Wheat and barley cultivation. Tehran: Ministry of Education, Organization for Research and Educational Planning, Technical and Vocational Education and Training (TVET) and Kar-Danesh (Labor-Knowledge) Textbook Compilation Department. (Persian)
32. Shahraki, J., Sabohi Saboni, M. and Yaqoubi, M. (2017). Analysis of the effect of climate change on wheat production with a randomized production function approach. *Natural Hazards Stress*, 6(11): 69-84. (Persian)
33. Souri, A. and Ebrahimi, M. (1999). Economy of natural resources and environment. Hamadan: Noor-e Elm. (Persian)
34. Sultana, H., Ali, N., Iqbal, M. and Khan, A.M. (2009). Vulnerability and adaptability of wheat production in different climatic zones of Pakistan under climate change. *Jouranl of Climatic Change*. 94(1-2): 123-142.
35. Vaseghi, A. and Esmaeili, A. (2008). Investigation of the economic impacts of climate change on Iran agriculture: a Ricardian approach (case study: wheat). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 15(45): 685-696. (Persian)
36. Zarezadeh Mehrizi, S.O., Khoorani, A., Bazrafshan, J. and Bazrafshan, O. (2018). Assessment of future runoff trends under multiple climate change scenarios in the Gamasiab river basin. *Iranian Journal of Ecohydrology*, *5*(3): 777-789. DOI: 10.22059/ije.2018.242453.732. (Persian)