



Original Article

Evaluating the Long-Term Relationship Between Saffron Performance and Climate Change

Zeinab Moinoddini^{1*}, Somayeh Elyasi Rad², Azam Gideski³ 

1- Expert of Economic, Social and Extension, Agriculture and Natural Resources Research Center of South Khorasan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran.

2- Researcher of Forest and Pasture, Agriculture and Natural Resources Research Center of South Khorasan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran.

3- Expert of Agricultural and horticultural, Agriculture and Natural Resources Research Center of South Khorasan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran.

*Corresponding author: zmoinoddini@gmail.com

Received: 09 December 2024, **Revised:** 01 January 2025, **Accepted:** 12 January 2025

Extended Abstract

Introduction: Iran, renowned for its rich history and cultural heritage, stands as a global leader in saffron production. This vibrant red spice, prized for its culinary and medicinal properties, plays a pivotal role in the country's economy, contributing significantly to non-oil exports and supporting rural livelihoods. Saffron cultivation is deeply intertwined with the socio-economic fabric of Iran, providing employment opportunities, ensuring food security, and contributing to the country's Gross Domestic Product (GDP). However, the agricultural sector, including saffron production, faces mounting pressure from climate change, characterized by rising temperatures, erratic rainfall patterns, and increasing frequency of extreme weather events. Understanding the intricate relationship between saffron performance and these climate variables is crucial for developing effective adaptation strategies and ensuring the long-term sustainability of this vital crop. This study aims to investigate the long-term dynamics between saffron yield, producer prices, and key climatic factors, including rainfall, temperature, and wind speed, in Iran from 2010 to 2023.

Materials and Methods: The study employs time-series data from meteorological and agricultural databases. Variables include saffron yield (kg/ha), annual rainfall (mm), average temperature (°C), wind speed (m/s), and producer price (IRR). Unit root tests establish data stationarity, while co-integration tests confirm long-term relationships among variables. The VECM captures the short- and long-term effects of atmospheric factors on saffron yield. Analytical tools, including EViews 13 software, ensure the reliability of the results.



Results and Discussion: The empirical results reveal a complex interplay between saffron yield, producer prices, and climate variables. Rainfall emerges as a significant positive driver of saffron yield, with higher rainfall levels generally leading to increased production. This finding aligns with the physiological requirements of saffron, which necessitates adequate moisture for growth and development. Conversely, both average annual temperature and wind speed exert a negative influence on saffron yield. Rising temperatures, particularly during critical growth stages, can lead to heat stress, reducing plant vigor and flower production. Similarly, high wind speeds can cause physical damage to plants, such as flower breakage and pollination disruption, negatively impacting yield. The analysis also reveals a significant inverse relationship between producer prices and saffron yield. When saffron prices increase, farmers may be incentivized to shift their resources towards alternative crops with higher profit margins, resulting in a decline in saffron production. This economic behavior highlights the importance of stable and predictable market conditions for supporting saffron cultivation. The estimated VECM model demonstrates a high degree of statistical significance, with an R-squared value of 0.88, indicating that the model explains a substantial proportion of the variation in saffron yield. This finding underscores the robustness of the model and the importance of the identified factors in influencing saffron production.

The findings of this study have significant implications for saffron production in Iran and beyond. The positive impact of rainfall highlights the vulnerability of saffron cultivation to drought conditions and the importance of water management strategies, such as efficient irrigation and rainwater harvesting. Rising temperatures pose a significant challenge to saffron production, necessitating the development of heat-tolerant varieties and adaptation measures such as shade netting and improved irrigation techniques. Similarly, strategies to mitigate the negative effects of wind, such as windbreaks and sheltered cultivation practices, are crucial for enhancing productivity. The inverse relationship between producer prices and yield underscores the importance of stable and predictable market conditions for supporting saffron cultivation. Price stabilization measures, such as price support programs or futures markets, could help mitigate the risk of price fluctuations and encourage farmers to continue saffron production. These findings also highlight the need for a multi-pronged approach to address the challenges of climate change and economic pressures on saffron production.

Conclusion: The findings highlight the critical intersection of climate change and saffron production in Iran. To ensure sustainability, a multi-pronged approach is essential. Policymakers should promote adaptive measures, including introducing resilient saffron varieties, providing financial safeguards, and fostering collaboration between agricultural experts and meteorologists. These strategies will not only stabilize saffron yields but also secure the livelihoods of farmers amidst evolving climatic challenges.

Conflict of Interest: The authors declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Producer price, Saffron, VECM model, Weather conditions.



نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)

جلد دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۳

شماره صفحه: ۱۹۲ - ۱۸۲

doi 10.22077/jsr.2025.8533.1253

مقاله پژوهشی

ارزیابی رابطه بلند مدت عملکرد زعفران و تغییرات اقلیم

زینب معین‌الدینی^{۱*}، سمیه الیاسی راد^۲، اعظم گیدسکی^۳

۱- کارشناس اقتصادی، اجتماعی و ترویجی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

۲- محقق بخش جنگل و مرتع مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

۳- کارشناس زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

*نویسنده مسئول: zmoinoddini@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

چکیده

با توجه به اهمیت روز افزون تغییرات آب‌وهوایی بر تولیدات زراعی و وابستگی میزان عملکرد محصولات کشاورزی به نزولات جوی به ویژه محصولات زراعی، استفاده از اطلاعات جوی، در زمینه بارندگی و دما در طی چند سال گذشته مفید به نظر می‌رسد. به منظور بررسی روابط بلند مدت بین عملکرد زعفران، قیمت تولید کننده، بارندگی سالیانه، دمای متوسط سالیانه و سرعت وزش باد از روش هم‌انباشتگی جوهانسن-جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۸۹ استفاده شده است. نتایج حاصل از تخمین تابع بلندمدت مدل نشان می‌دهد که عملکرد زعفران تحت تاثیر عوامل جوی مانند بارش سالیانه، سرعت وزش باد و درجه حرارت متوسط است که از این میان بارندگی اثر مثبت بر عملکرد داشته است، همچنین قیمت تولید کننده نیز بر عملکرد این محصول تاثیر داشته است. بنابراین نیاز است سیاست‌هایی در این زمینه اعمال شود تا بتوان با اطلاع رسانی به موقع از شرایط جوی کشاورزان را در بدست آوردن عملکرد بالاتر این محصول حمایت کرد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، شرایط آب و هوایی، قیمت تولید کننده، مدل VECM.



Copyright © 2024 by the authors.

Published by University of Birjand. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

ایران به دلیل تنوع پوشش گیاهی، استعداد بالقوه تولید انواع فراآورده‌های باغی و زراعی را در بخش کشاورزی دارد که می‌تواند بخشی از صادرات غیرنفتی را در برگیرد. اطلاعات موجود مؤید آن است که بخش کشاورزی در ایران ۲۳ درصد تولید ناخالص ملی، ۲۳ درصد از اشتغال کل، میانگین ۷۵ درصد نیازهای غذایی و ۲۰ درصد صادرات غیرنفتی را به خود اختصاص داده است (Mahdizaderayeni et al., 2020).

ریسک موجود در فعالیت‌های کشاورزی متأثر از شرایط جوی، قیمت و سایر پدیده‌های مربوط به بازار است که تحت تأثیر تکنولوژی جدید می‌باشند و به جهت ناشناخته بودن اثر آنها بر تولید و ریسک‌آمیز بودن، همواره کاربردی محدود داشته‌اند (Amirnejad & Asadpour kordi, 2017). امروزه پیشرفت‌های علمی باعث افزایش عملکرد بسیاری از محصولات شده است که محصول زعفران نیز از این قاعده مستثنی نیست. علاوه بر این زعفران با توجه به قیمت موجود در بازارهای داخلی و جهانی با افزایش سطح زیرکشت در کشور ایران و در جهان همراه بوده است (Mohammadzadeh et al., 2022). توسعه سطح زیرکشت و بهبود عملکرد دو عامل اساسی افزایش تولید بشمار می‌روند که هر یک از عوامل مختلف تأثیر می‌پذیرند. تحلیل روند افزایش تولید زعفران و سهم نسبی توسعه سطح زیرکشت و بهبود عملکرد آن می‌تواند در ارزیابی مجموعه سیاست‌ها و راه کارهای اعمال شده مفید واقع شود (Mahdizaderayeni et al., 2020). امروزه بررسی تغییرات اقلیم، یک موضوع تمام عیار جهانی شده است که طی چند دهه گذشته توجه متخصصان و پژوهشگران را در کشورهای مختلف جهان به خود جلب کرده است (Mohammadzadeh et al., 2022). با توجه به اهمیت تغییرات آب و هوا در کشاورزی و وابستگی میزان عملکرد محصولات کشاورزی از جمله زعفران به نزولات جوی، ارائه اطلاعات صحیح در زمینه بارندگی و دما برای کمک به افزایش عملکرد این محصول مفید به نظر می‌رسد؛ زیرا با اطلاع از چگونگی تولید زعفران، بدون داشتن اطلاعات جوی، به عنوان یکی از عناصر مهم در عملکرد محصولات نمی‌توان علل کاهش یا افزایش عملکرد محصولات را توجیه نمود.

در این زمینه تحقیقات زیادی صورت گرفته که به چند مورد از آن اشاره می‌شود. شوای و همکاران (Shuai et al., 2013) به بررسی تأثیر اقتصادی تغییرپذیری‌های اقلیم بر عملکرد ذرت و سویا در چین و با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی داده‌های ترکیبی (پانل) مکانی پرداختند. نتایج نشان داد، رابطه‌ی غیرخطی بین متغیرهای آب‌وهوایی و عملکرد محصولات ذرت و سویا وجود دارد و بررسی شرایط اقلیمی به کاهش درآمدهای کشاورزان منجر شده است. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2013) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با استفاده از الگوی برنامه ریزی ریاضی مثبت پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد تا نیمه‌های سده بیست و یکم میلادی تغییر اقلیم به کاهش بارش‌ها و افزایش مقدار فراسنجه‌های دمایی حوضه منجر می‌شود. کیخا و همکاران (Keykha et al., 2021) در بررسی اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی و عملکرد بخش کشاورزی استان مازندران با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای متوسط دمای سالانه و بارش سالانه به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم بر عملکرد و سطح زیرکشت محصولات گندم، جو و برنج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دمای هوا روند افزایشی محسوس و بارش روند کاهشی تقریباً محسوسی داشته، و تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد برنج، گندم و جو دارد. گرکانی نژاد مشیزی و همکاران (Gerkan et al., 2022) در تحقیقی به بررسی تغییرات رد پای آب زعفران تحت تأثیر تغییر اقلیم گذشته طی دوره‌ی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ در خراسان پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده مناطق تولید زعفران در خراسان با کمک روش FCM به سه منطقه همگن اگروکلیماتیک تقسیم شد. نتایج تحلیل روند عملکرد و رد پای آب زعفران نشان داد که اجزاء رد پای آب زعفران طی دوره آماری مورد مطالعه دارای روند کاهشی معنی‌دار و عملکرد زعفران نیز طی این دوره دارای روند افزایشی می‌باشد. همچنین روند متغیرهای اقلیمی نشان داد، دما رو به افزایش و رطوبت و بارش رو به کاهش است، اما این روند از نظر آماری بی‌معنی و ناچیز است.

وفایی و همکاران (Vafaei et al., 2024) در تحقیقی با عنوان تحلیل مکانی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد زعفران

در عین حال که وجود متغیرهای $I(2)$ بین متغیرهای الگو، امکان بدست آوردن یک رابطه‌ی پایا را نفی نمی‌کند. با این وجود روش معمول جوهانسون که برای متغیرهای $I(0)$ و $I(1)$ طراحی شده است، نمی‌تواند بردارهای پایای لازم را به هنگام وجود متغیرهای $I(2)$ ارائه کند؛ بنابراین قبل از هر چیز در این روش لازم است تا ایستای متغیرهای وارد شده در الگو مورد آزمون قرار گیرد (Noferesti, 2015).

در داده‌های سری زمانی، قبل از آنکه به تحلیل و تخمین معادلات الگو پرداخته شود، باید آزمون ریشه واحد برای تعیین مانایی سری‌های زمانی متغیرها انجام شود. گرنجر و نیوبل (Granger & Newbell, 1974) نشان دادند که استفاده از سری‌های زمانی غیرمانا در رگرسیون، باعث باقیمانده‌ها یا پسماندهای خود همبسته شده که به وسیله آماره دوربین واتسون نشان داده می‌شود. به این ترتیب برای تعیین تبدیل مناسب سری‌ها به منظور رسیدن به ایستایی، لازم است کلیه متغیرها مورد آزمون قرار گیرند؛ به عبارتی لازم است درجه انباشتگی یک متغیر را بدانیم. در صورتی می‌توان گفت که سری زمانی X_t که به صورت $X_t \sim I(d)$ نشان داده می‌شود، برحسب مرتبه d انباشته است که پس از d مرتبه تفاضل‌گیری به صورت ایستا درآید (Noferesti, 2015). در این مطالعه برای تعیین درجه ایستایی از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده شده است. این آزمون به منظور شناسایی مانایی یا عدم مانایی سری زمانی از تخمین رابطه رگرسیونی زیر استفاده می‌کند:

رابطه (۱)

$$\Delta y_t = \beta_t + \delta_\alpha + y_t + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

در این تخمین y_t سری زمانی مورد نظر، t روند زمانی، Δ تفاضل مرتبه اول و p تعداد وقفه‌ها است. فرضیه صفر در آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته عبارت است از $H_0: \delta=0$ که پذیرفتن آن به معنای عدم مانایی سری زمانی مورد نظر است. در جدول شماره ۱ این آزمون یکبار با وجود متغیر روند ($\beta \neq 0$) و یکبار بدون متغیر روند ($\beta=0$) انجام شده است. نتایج آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته نشان می‌دهد که کلیه متغیرها در سطح مانا نمی‌باشند، زیرا قدرمطلق همه آماره‌های دیکی فولر از قدرمطلق مقادیر بحرانی کوچکتر است. اما پس از یکبار تفاضل‌گیری، کلیه

به بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی چون دما، بارندگی، نهاده‌های مصرفی کود و پیاز بر عملکرد زعفران در شهرستان‌های استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۹ پرداختند. نتایج حاصل از مدل در سه اقلیم نشان داد که میزان بارندگی، کود و پیاز برخلاف دما بر عملکرد زعفران تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد و معنی‌دار بودن ضریب وقفه مکانی متغیر وابسته، وجود اثرات مکانی را تأیید می‌کند. به‌طور کلی مطالعات ذکر شده به اهمیت موضوع تغییرات اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی تأکید دارند. علاوه بر این نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان تولید زعفران رابطه مستقیم و معنی‌دار با تغییرات آب و هوا دارد. در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از یک مدل تصحیح خطا Vector Error Correction Model (VECM) به بررسی روابط بین متغیرهای آب و هوایی و قیمت تولید کننده بر عملکرد زعفران مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی رابطه بین عملکرد زعفران، بارندگی و قیمت زعفران در ایران از یک مدل تصحیح خطا Vector Error Correction Model (VECM) مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل، جز مدل‌های پویا به شمار می‌رود و مبنای آماری استفاده از این مدل ها، وجود همجمعی بین متغیرهاست. این مدل ها امکان تعیین روابط بلند مدت بین متغیرها را فراهم می‌کند. روش جوهانسون (Johansen & Juselius, 1990) یکی از معمول‌ترین روش‌هایی است که برای تعیین روابط بلندمدت بین چند متغیرهای سری زمانی بکار گرفته می‌شود، به‌گونه‌ای که در چند سال اخیر به سرعت به ابزار اساسی برآورد الگوهای اقتصادی سری زمانی تبدیل شده است. استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی (Likelihood Ratio) در برآورد این مدل باعث رفع نقایص مدل‌هایی همچون انگل- گرنجر در تعیین بردارهای همگرایی شده است. در این روش تمامی متغیرهای مورد بررسی، به صورت درونزا در یک مدل خود توضیح برداری در نظر گرفته می‌شوند. شرط لازم برای استفاده از روش جوهانسون جمعی بودن تمامی متغیرهای وارد شده در الگو از درجه صفر و یک می‌باشد.

متغیرها به صورت مانا درآمده‌اند؛ در نتیجه همه متغیرها I(1) می‌باشند.

در این تخمین yt سری زمانی مورد نظر، t روند زمانی، Δ تفاضل مرتبه اول و p تعداد وقفه‌ها است. فرضیه صفر در آزمون دیکی فولر تعمیم یافته عبارت است $H_0: \delta=0$ که پذیرفتن آن به معنای عدم مانایی سری زمانی مورد نظر است. در جدول شماره ۱ این آزمون یکبار با وجود متغیر روند ($\beta \neq 0$) و یکبار بدون متغیر روند ($\beta=0$) انجام شده است. نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته نشان می‌دهد که کلیه متغیرها در سطح مانا نمی‌باشند، زیرا قدرمطلق همه آماره‌های دیکی فولر از قدرمطلق مقادیر بحرانی کوچکتر است. اما پس از یکبار تفاضلگیری، کلیه متغیرها به صورت مانا درآمده‌اند؛ در نتیجه همه متغیرها I(1) می‌باشند.

همچنین قبل از برآورد، لازم است تا طول وقفه‌های وارد شده در مدل مشخص گردد تا بتوان اطمینان حاصل کرد که جملات خطای مربوط به الگوی VECM خصوصیات

کلاسیک را دارا بوده، همبستگی پیایی ندارند و دارای توزیع نرمال، میانگین صفر و واریانس δ^2 هستند و مستقل از یکدیگر توزیع شده‌اند. تحلیل‌های هم‌انباشتگی یوهانسن-جوسلیوس مستلزم تعیین طول وقفه بهینه در الگوی VAR است. در مطالعه حاضر، جهت تعیین تعداد وقفه‌های مناسب در الگوی خودتوضیح برداری، ابتدا از معیارهای انتخاب مرتبه‌ی خودتوضیح برداری یعنی آکائیک (AIC) و شوارتز-بیزین (SBC) استفاده شده و سپس، به منظور حصول اطمینان، مطابق کارهای تجربی معنی‌داری ورود وقفه‌های مختلف متغیرها از طریق آماره F مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج در جدول ۲ بیان شده است که وقفه ۱ معیار آکائیک و وقفه ۲ معیار شوارتز-بیزین را حداقل می‌نماید. از آنجاکه معیار شوارتز-بیزین از اصل صرفه‌جویی پیروی می‌کند و برای تعداد داده‌های کم مناسب‌تر است، وقفه بهینه الگو، وقفه یک انتخاب می‌شود.

جدول ۱. نتایج آزمون ایستایی متغیرهای وارد شده در مدل طی دوره ۱۴۰۲-۱۳۸۹

Table1. Results of the static test of variables entered into the model during the period 2010-2022

ارزش بحرانی Critical Value	آماره دیکی فولر Dickey Fuller Statistics		آزمون test	
-3.61	-2.96	-2.62	-2.04 (0.2701)	سطح level
-3.64	-2.95	-2.62	-8.004*** (0.000)	یک مرتبه تفاضلگیری 1 st difference
-3.31	-2.94	-2.61	1.06 (0.8821)	سطح level
-3.63	-2.94	-2.62	-5.35*** (0.0001)	یک مرتبه تفاضلگیری 1 st difference
-3.63	-2.94	-2.62	-0.71 (0.9901)	سطح level
-3.64	-2.96	-2.62	-4.24*** (0.002)	یک مرتبه تفاضلگیری 1 st difference
-3.63	-2.92	-2.62	-2.54 (0.7754)	سطح level
-3.63	-2.95	-2.62	-7.23*** (0.0000)	یک مرتبه تفاضلگیری 1 st difference
-3.63	-2.96	-2.62	-1.28 (1.405)	سطح level
-3.63	-2.96	-2.62	-6.01*** (0.0000)	یک مرتبه تفاضلگیری 1 st difference

*** معنی دار در سطح ۱٪، ** معنی دار در سطح ۵٪ و * معنی دار در سطح ۱۰٪

*** Significant at the 1% level, **Significant at the 5% level, and * Significant at the 10% level

جدول ۲. تعیین تعداد وقفه‌های مناسب

Table 2. Determining the appropriate number of lags

HQ	SC	AIC	FPE	LR	LogL	lag/وقفه
1.69	1.79	1.59	0.001	-----	23.50*	۰
-3.28*	-3.11*	-3.12*	0.000*	157.86*	66.82	۱
-2.85*	-2.99*	-2.87*	0.000*	4.05	68.95	۲
-2.61*	-1.57	-3.01*	0.000	10.84	76.81	۳

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون همجمعی جوهانسون

Table 3. Results from the Johanson covariance test

احتمال Probability	۵٪ ارزش بحرانی 5% Critical Value	آماره حداکثر مقادیر Maximum Values Statistics	مقدار آماره تریس Trace Statistics	حداکثر مقدار ویژه Eigen value	÷
0.005	24.74	24.84	32.54	0.489	None *
0.235	12.29	5.72	7.83	0.241	At most 1 *
0.162	4.12	2.32	2.36	0.054	At most 2 *

بدین منظور از آزمون‌های تریس^۱ و حداکثر مقدار ویژه^۲ استفاده می‌شود.

در خصوص وارد کردن روند زمانی و عرض از مبدا در مدل پنج حالت به صورت ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرد: برآورد مدل بدون وجود روند و عرض از مبدا در روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت

وجود عرض از مبدا تنها در روابط بلندمدت

وجود عرض از مبدا تنها در روابط کوتاه‌مدت

وجود روند زمانی درجه اول در مدل بلندمدت

وجود روند زمانی درجه دوم در مدل بلندمدت

در نهایت برای شناسا کردن بردارهای بلندمدت تخمین زده شده، لازم است تا قیدهایی بر هر یک از آن‌ها اعمال گردد. این قیدها بر اساس مبانی نظری اقتصادی و یا هرگونه اطلاعات قبلی خارج از الگو بر ضرائب بردارهای هم‌جمعی تحمیل می‌گردند تا روابط تعادلی بلند مدت ارائه شده شناسا^۳ شوند. البته باید توجه داشت که اعمال قید بر بردارهای هم‌جمعی و تعریف مجدد آن بر اساس مبانی نظری علم اقتصاد و یا اطلاعات قبلی نمی‌تواند مسیر علیت بین این متغیرها را تعیین نماید. برای تعیین مسیر علیت بین متغیرها لازم است تا الگوی تصحیح خطای برداری بین این متغیرها ایجاد گردد. انگل و گرنجر (Engel and Granger, 1987) در مطالعه خود

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که تعداد وقفه‌های بهینه بر اساس معیارهای نسبت درست‌نمایی LR، HQ، حنان کوئین، (SC) شوارتز، (AIC) آکائیک، (FPE) خطای نهایی پیش بینی یک است؛ بنابراین وقفه (۱) به عنوان طول وقفه بهینه انتخاب گردید. سپس با استفاده از روش یوهانسن جوسلیوس به برآورد ضرایب بلندمدت الگو می‌پردازیم. بدین منظور ابتدا می‌بایست با استفاده از آماره آزمون اثر (Trace λ) و آماره آزمون حداکثر مقادیر ویژه (Max λ) تعداد بردارهای هم‌انباشت‌کننده را مشخص نماییم. نتایج این آزمون‌ها در جدول‌های شماره ۳ و ۴ آمده است. با توجه به نتایج آزمون‌های اثر و بزرگترین مقدار ویژه به ترتیب وجود ۲ و ۱ بردار هم‌انباشتگی در سطح ۵ درصد تأیید می‌شود. همانطور که یوهانسن بیان می‌دارد در صورت تناقض میان نتایج حاصل از آزمون اثر و آزمون حداکثر مقادیر ویژه، از آنجاکه آزمون حداکثر مقادیر ویژه دارای فرض مقابل قویتری است، این آزمون نسبت به آزمون اثر ارجحیت دارد. بنابراین می‌توان وجود یک بردار هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل را پذیرفت.

در مرحله سوم، برآورد مدل جوهانسون تعداد بردارهای هم‌جمعی بین متغیرهای الگو در مدل آزمون می‌شود.

هکتار)، میزان بارندگی (میلیمتر)، میانگین درجه حرارت (سانتیگراد)، میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) و قیمت تولید کننده (تومان) است. مراحل تخمین و تحلیل آماره‌های مذکور در بخش نتایج توضیح داده خواهد شد. برای انجام مراحل مختلف تحقیق از نرم افزار Eviews 13 استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از آزمون هم‌جمعی جوهانسون یک بردار هم‌جمعی در سطح ۵٪ بین متغیرهای فوق وجود دارد. وجود هم‌جمعی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی، مبنای آماری استفاده از الگوی تصحیح خطا را فراهم می‌آورد. با توجه به داده‌های بدست آمده از آزمون جوهانسون وجود یک رابطه هم‌جمعی بین متغیر وابسته و مستقل نشان داده شد و مدل VECM تخمین زده خواهد شد. مدل VECM به صورت زیر نشان داده می‌شود:

رابطه (۳)

$$\begin{aligned} \Delta \ln saffron_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln saffron_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{1i} \Delta \ln Rain_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{1i} \Delta \ln wind_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{1i} \Delta \ln price_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{1i} \Delta \ln tem_t + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

رابطه (۴)

$$\begin{aligned} \ln rain_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} \Delta \ln saffron_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{2i} \Delta \ln Rain_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{2i} \Delta \ln wind_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{2i} \Delta \ln price_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{2i} \Delta \ln tem_t + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

رابطه (۵)

$$\begin{aligned} \ln wind_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{3i} \Delta \ln saffron_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{3i} \Delta \ln Rain_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{3i} \Delta \ln wind_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{3i} \Delta \ln price_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{3i} \Delta \ln tem_t + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

بر این نکته تاکید نمودند که وقتی مجموعه‌ای از متغیرهای سری زمانی (مثلاً X و Y) هم‌انباشته باشند، آنگاه هم‌واره یک رابطه تصحیح خطای متناظر با آن وجود خواهد داشت که بیانگر وابستگی متغیر وابسته به سطح عدم تعادل در رابطه تعادلی بلندمدت و نیز تغییرات متغیرهای مستقل می‌باشد. برآورد بردارهای ECM شیوه‌ای را برای تعیین رابطه علی بین متغیرها ایجاد می‌نمایند، به طوری که می‌توان درون‌زایی متغیر وابسته را از روی معنی‌داری آماره t مربوط به وقفه جزء تصحیح خطا و یا آماره F مربوط به کل بردار ECM را مورد آزمون قرار داد. بی معنی بودن این دو آماره به معنی برون‌زا بودن متغیر وابسته ملحوظ در بردار تصحیح خطا از متغیرهای لحاظ شده در الگو و جزء تصحیح خطا می‌باشد.

الگوی تصحیح خطای برداری در واقع نوسانات کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت آنها ارتباط می‌دهد. به‌منظور پیوند رفتار کوتاه‌مدت y_t در شکل ماتریسی مدل VAR می‌توان این مدل را در قالب یک الگوی تصحیح خطای برداری VECM به صورت زیر نشان داد:

رابطه (۲)

$$\begin{aligned} \Delta \ln y_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln y_t + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sigma_{1i} \Delta \ln x_j + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

معادله بالا یک معادله کوتاه مدت است که هر یک از متغیرهای مورد استفاده در مدل را به تغییرات متغیرهای دیگر و بردار تصحیح خطا وابسته می‌کند. این معادلات نشان می‌دهد که چگونه تغییر در یک متغیر بر تغییرات متغیرهای دیگر اثر می‌گذارد. بردار تصحیح خطا (ECT) نشان دهنده این است که انحراف از رابطه بلند مدت بین متغیرها چگونه در کوتاه مدت اصلاح می‌شود. اگر میزان این متغیر مثبت باشد نشان‌دهنده این است که متغیرها از رابطه بلند مدت خود دور شده‌اند.

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از بانک اطلاعاتی فائو، مرکز آمار ایران و مرکز آمار جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی ایران بدست آمده است. داده‌های مورد استفاده شامل عملکرد کشت زعفران (کیلوگرم در

رابطه (۶)

در عملکرد آن ایفا می‌کند. بارندگی مناسب در طول دوره رشد گیاه، افزایش رشد رویشی و زایشی و در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. از طرفی قیمت تولید کننده با عملکرد زعفران رابطه عکس دارد. این رابطه معنی دار است؛ یعنی به ازای یک درصد افزایش قیمت تولیدکننده عملکرد زعفران ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

در واقع با افزایش قیمت تولید کننده، هزینه‌ها بیشتر از درآمدها خواهد بود؛ بنابراین کشاورزان سعی می‌کنند منابع تولید را به سمت تولید محصولات دیگر با عملکرد بهتر و قیمت تمام شده کمتر برای خودشان هدایت کنند. درجه حرارت اثر معنی‌داری بر عملکرد محصول دارد. با افزایش درجه حرارت عملکرد محصول کاهش می‌یابد. دلیل این امر برمی‌گردد به تامین حداقل دمای مورد نیاز زعفران که اگر تامین نشود عملکرد محصول تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. افزایش دما باعث افزایش تبخیر و تعرق گیاه، کاهش رطوبت خاک و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. علاوه بر این دمای بالا، باعث کاهش کیفیت زعفران و کاهش ماده موثره این محصول ارزشمند خواهد شد (Kouzegaran et al., 2013). عملکرد زعفران نسبت به دما حساسیت بیشتری نسبت به بارندگی و وزش باد دارد. سرعت وزش باد بر عملکرد زعفران اثر منفی و معنی‌داری دارد؛ یعنی با کاهش سرعت باد عملکرد زعفران بیشتر خواهد بود. وزش بادهای شدید منجر به افزایش تبخیر آب از سطح خاک شده و در نتیجه خشکی خاک و کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (Rahmani Khalili et al., 2022).

$$\begin{aligned} \ln price_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{4i} \Delta \ln saffron_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{4i} \Delta \ln Rain_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{4i} \Delta \ln wind_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{4i} \Delta \ln price_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{4i} \Delta \ln tem_t + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

رابطه (۷)

$$\begin{aligned} \ln tem_t = & \varphi_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{5i} \Delta \ln saffron_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{5i} \Delta \ln Rain_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{5i} \Delta \ln wind_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{5i} \Delta \ln price_t + \sum_{i=1}^n \sigma_{5i} \Delta \ln tem_t + \alpha ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

که در این فرمول‌ها SAFRRON عملکرد زعفران (کیلوگرم در هکتار)، RAIN: میزان بارندگی (میلیمتر)، TEM: میانگین درجه حرارت (سانتیگراد)، WIND: میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه)، price: قیمت تولید کننده (تومان) (قیمت ارز مبادله، ECT: جمله تصحیح خطا، Δ : عامل تفاضل و ε : جمله خطا هستند. علامت ضرایب محاسبه شده با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی انتظار ما را در تخمین روابط بلندمدت برآورده می‌کنند. محاسبه آماره t نشان می‌دهد که کلیه ضرایب محاسبه شده در این سطح معنا دارند. اثرات بلند مدت بارندگی بر عملکرد زعفران نشان می‌دهد که بارندگی اثر معنی‌داری بر عملکرد زعفران دارد. زعفران با اینکه گیاهی است که تحمل خشکی را تا حدی داراست، ولی میزان و توزیع بارندگی در طول دوره رشد گیاه، به ویژه در مراحل گل‌دهی و رشد پیاز، نقش مهمی

جدول ۴. تخمین روابط بلند مدت

Table 4. estimate of VECM (Vector Error Correction Model)

متغیر	ضریب	آماره t	خطای استاندارد
Variable	Coefficient	t-statistic	Standard error
عملکرد زعفران	1		
Saffron performance			
بارندگی	0.16	5.89	0.01
rain			
قیمت تولیدکننده	-0.25	-19.26	-0.006
Producer price			
درجه حرارت	-0.32	-8.12	-0.56
temperature			
سرعت وزش باد	-0.05	-0.52	-0.20
wind speed			
عرض از مبدا	0.10	2.57	0.06
width from origin			
R		0.92	
R2		0.88	

همه مهم‌تر ارزش افزوده بالای این محصول، با توجه به نتایج بدست آمده که واکنش عملکرد این محصول نسبت به درجه حرارت، بارندگی و وزش باد و علاوه بر آن بر قیمت تولیدکننده اثر معنی‌دار بین این عوامل و عملکرد محصول را تایید می‌کند، لذا لزوم برنامه‌ریزی بلندمدت برای جلوگیری از ایجاد خسارت به کشاورزان و سیاست‌گذاری‌هایی که بتواند این اثرات را به حداقل برساند، ضروری به نظر می‌رسد.

برای کاهش اثرات این عوامل جوی بر درآمد کشاورزان استفاده از ارقامی که مقاومت بالاتری نسبت به خشکسالی و گرما دارند و معرفی این ارقام به کشاورزان برای جلوگیری از خسارات پیش رو می‌تواند به جلوگیری از کاهش عملکرد این محصول کمک کند. مدیریت صحیح خاک‌های کشاورزی نیز می‌تواند تا حد زیادی از اثرات منفی عوامل جوی بر پیاز این گیاه و کاهش عملکرد آن جلوگیری کند. علاوه بر آن با بیمه مزارع می‌توان خسارت درآمدی کشاورزان تا حد امکان کاهش داد. علاوه بر این می‌توان با اعمال سیاست‌هایی جهت تطبیق کشاورزان با شرایط آب‌وهوایی باعث شد تا تغییرات آب‌وهوایی کمترین خسارت را به محصولات تولیدی وارد نماید.

نتایج بدست آمده بر اساس تحقیق حسینی و همکاران تایید کننده این موضوع است که عملکرد زعفران به تغییرات دما واکنش بیشتری داشته است (Hosseini, et al., 2013) همچنین در مطالعه ای که توسط صحابی و معلم (Sahabi & Moallem, 2022) انجام شده است، نتایج حاکی از این بود که الگوی افزایش دما و کاهش بارندگی در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه تا حد قابل توجهی با روند کاهش عملکرد زعفران در طی این دوره انطباق داشت، که نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد در واقع اگر سرعت وزش باد یک درصد افزایش یابد، میزان عملکرد محصول ۵ درصد کاهش خواهد یافت. R2 بدست آمده برای این تخمین ۸۸٪ است که نشان‌دهنده خوبی تخمین برازش شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به وضعیت اقلیم رو به خشک استان‌هایی که این محصول در آن‌ها سطح زیرکشت بالایی دارد و علاوه بر این با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی این محصول، درآمدزایی برای کشاورزان زعفران‌کار، اشتغال زائی و از

منابع

- Amirnejad, H. and Asadpour kordi, M. (2017), Effects of Climate Change on Wheat Production in Iran. *Agricultural Economics Research*. 9: 35, 163-182. [in Persian with English Summary].
- Engle, R. and Granger, C. (1987) Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Gerkani Nezhad Moshizi, Z., Bazrafshan, O., Ramezani Etedali, H., Esmailpour, Y., & Collins, B. (2022). The Effect of Past Climate Change on the Water Footprint Trend in Saffron at Homogeneous Agroclimatic Regions of Khorasan. *Journal of Saffron Research*, 10(2), 295-311.
- Granger, C.W.J. and Newbold, P. (1974) Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Hosseini, S.S. Nazari, M. and Iraqinejad, sh. (2013) Investigating the effect of climate change on the agricultural sector with an emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. *Journal of Economic Research* and Agricultural Development of Iran. Vol: 44(1). 37-53. [in Persian].
- Johansen, S., Juselius, K. (1990), Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration-With Application to the Demand for Money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Keikha, A.R, Khanlary, A, Keikha, A.A, Sabouhi, M. (2021). The effect of climate change on land usage and agricultural sector performance in Mazandaran province, *Journal of Environmental Science and Technology*., Vol 22, No.10. [in Persian with English Summary].
- Kouzegaran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, H., & Behdani, M. A. (2013). Identification relevant areas for saffron cultivation according to precipitation and relative humidity in South Khorasan using GIS. *Journal of Saffron Research*, 1(2), 85-96.
- Mehdizadehrayeni, M., Mohammadi, H., Dehdashti, M. (2022). Welfare Effects of Increasing Competition in the Market of Export Products (Case Study: Saffron Product). *Saffron Agronomy & Technology*, 10(3):

- 287-301. [in Persian with English Summary].
- Mohammadzadeh, S. H, Karbasi, A and Mohammadi, H. (2023). Estimation of Saffron Export Development Index and Factors Affecting It Case Study: Khorasan Razavi. *Saffron Agronomy & Technology*, Vol. 11, No. 1, p 99-116. [in Persian with English Summary].
- Nofarsti, M. (2015). Collectiveness and single root in econometrics, Rasa Cultural Publications. Sixth edition. [in Persian].
- Rahmani Khalili, M., Asadi, M. E., Mohammadi Torkashvand, A., & Pazira, E. (2022). Evaluation the Impact of Soil Texture and Climatic Parameters on Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Ghaen and Vamanan Regions. *Journal of Saffron Research*, 10(2), 195-214
- Sahabi, H., Moallem Banhangi, F. (2022). Evaluation the Impact Climatic Parameters on Flowering Behaviour and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Razavi and Southern Khorasan Provinces, *Saffron Agronomy & Technology*, 9(4): 357-373.
- Shuai, C. Chen, X. and Xo, J. (2013) Impacts of climate change on corn and soybean yields in china. *Agricultural and Applied Economics Association 2013 AAEA and CAES joint Annual Meeting, Washington, DC*. 120-145.
- Vafaei, M., Ziaee, S., Mohammadi, H., & Ahmadpour, M. (2024). Spatial analysis of climate change on saffron yield (Case study of Khorasan Razavi, North Khorasan and South Khorasan cities). *Agricultural Economics Research*, 16(2), 91-100.