Water Resources and Climate Change
University of Qom
Online ISSN: 3092-6769
https://wrcc.qom.ac.ir/

Investigating the status of precipitation, water resources and food security in Yazd province

Mohammad Sadegh Talebi[1]✉, **Seyed Reza Hashemi**[2]

1. Corresponding Author, Department of Geography, Meybod University, Meybod, Iran. E-mail: talebi@meybod.ac.ir
2. Master's Student, Department of Geography, Meybod University, Meybod, Iran. E-mail: s.rezahashemi.1380@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 01 Dec 2025
Revised 26 Feb 2026
Accepted 16 Mar 2026
Published 29 Mar 2026

Keywords:
Food Security,
Agricultural Products,
Water Productivity,
Water Resources.

ABSTRACT

Food security in arid and semi-arid regions is strongly influenced by precipitation and water resources. The present study aimed to investigate the relationship between precipitation, groundwater resource utilization, and agricultural production in Yazd province. 15-year precipitation and crop yield data were collected by county and, after validation and standardization, were analyzed using Pearson and Spearman correlation tests. The results showed that there is no significant correlation between precipitation and crop yield; in other words, agriculture in Yazd province is based on the utilization of groundwater resources rather than on precipitation. This finding is consistent with domestic and international studies showing that in arid regions, precipitation alone does not meet agricultural needs and sustainable management of groundwater resources plays a key role in ensuring food security. Accordingly, adopting strategies such as developing modern irrigation systems and improving water transfer efficiency can pave the way for increasing productivity and reducing pressure on groundwater resources. The results of this study emphasize the need for policymakers to pay attention to efficient water management in order to achieve agricultural sustainability and improve food security in Yazd province and similar regions.

Cite this article: Talebi MS, Hashemi SR. Investigating the status of precipitation, water resources and food security in Yazd province. Water Resources and Climate Change. (2026); 2(1): 25-36. https://doi.org/10.22091/wrcc.2026.14740.1030.

Publisher: University of Qom.
© The Authors.

https://doi.org/10.22091/wrcc.2026.14740.1030

Investigating the status of precipitation, water resources and food security in Yazd province

Mohammad Sadegh Talebi[1]✉, Seyed Reza Hashemi[2]

1. Corresponding Author, Department of Geography, Meybod University, Meybod, Iran. E-mail: talebi@meybod.ac.ir
2. Master's Student, Department of Geography, Meybod University, Meybod, Iran. E-mail: s.rezahashemi.1380@gmail.com

Extended Abstract

Background and Objective

The contemporary global landscape is increasingly shaped by pressing environmental challenges, including rapid population growth, global warming, stratospheric ozone depletion, climate change, and the progressive scarcity and degradation of freshwater resources. In this context, food security is defined as the condition in which all individuals, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe, and nutritious food that meets their dietary needs, energy requirements, and food preferences for maintaining a healthy and active life. With the global population projected to exceed 9 billion by 2050, the imperative for sustainable agricultural intensification has become more urgent than ever. Optimal utilization of natural resources and technological infrastructure is essential to ensure long-term food production resilience. Among all critical factors, water resources occupy a central and indispensable role, particularly in arid and semi-arid regions. In such environments, food security is profoundly contingent upon the availability and sustainable management of water. Yazd Province, located in one of the driest regions of Iran and characterized by minimal annual precipitation, exemplifies the severe challenges associated with water scarcity and over-reliance on groundwater for agricultural activities. The case of Yazd underscores the urgent need for integrated water and agricultural management strategies to safeguard food security in water-stressed environments.

Methodology

The present study is applied in nature, aiming to address practical and real-world issues within the context of food security and water resource management in arid regions. It adopts a descriptive-analytical research design, enabling systematic analysis of existing data and the identification of key relationships between variables. Data collection was conducted through a mixed-methods approach, combining both secondary (library-based) and primary (field-based) sources. Secondary data were gathered from scholarly articles, official documents, books, and reports related to climatic patterns, agricultural production, and water resource management. Primary data were collected via structured interviews with local experts and stakeholders, as well as through a validated questionnaire administered to farmers and agricultural practitioners in Yazd Province. Meteorological and agricultural data—including annual precipitation levels and crop yield records—were obtained from relevant governmental and institutional databases, such as the Iran Meteorological Organization and the Ministry of Agriculture Jihad. To ensure data reliability and validity, an initial data validation process was conducted using a Run Test (pilot test) to assess consistency and accuracy. Subsequently, the dataset underwent

normalization using the Z-score transformation method to standardize variables with differing scales and units, thereby facilitating meaningful comparative analysis. The interrelationships among the normalized variables were then analyzed using Pearson's correlation coefficient (for linear relationships between parametric variables) and Spearman's rank correlation coefficient (for non-parametric or monotonic relationships). These statistical tests were performed using SPSS software (Version 26), allowing for robust assessment of the strength and direction of associations between climatic factors (e.g., precipitation) and agricultural outcomes (e.g., crop harvest). The findings from these analyses provide a quantitative foundation for understanding the impact of water availability on agricultural productivity in water-scarce environments such as Yazd Province.

Findings

The present study focuses on Yazd Province, a region characterized by extreme aridity and minimal annual precipitation. Given the limited contribution of rainfall to agricultural water supply, the sector is heavily dependent on the extraction of groundwater resources. To assess the relationship between climatic variability and agricultural output, rainfall and crop harvest data were collected over a 15-year period (2010–2024). These data were subjected to rigorous statistical analysis using Pearson's correlation coefficient (for parametric, linear relationships) and Spearman's rank correlation coefficient (for non-parametric or monotonic associations), implemented via SPSS software (Version 26). The results indicate no statistically significant correlation between annual rainfall and crop yield in Yazd Province. This finding underscores the limited role of surface water and precipitation in sustaining agricultural production in the region, reinforcing the critical dependence on groundwater. The lack of a significant relationship may be attributed to the overexploitation of aquifers, inefficient irrigation practices, and the absence of integrated water management systems. These findings highlight the vulnerability of agricultural systems in water-scarce environments to climate variability and underscore the urgent need for sustainable water use strategies, including the adoption of water-saving technologies, improved irrigation efficiency, and policy interventions to regulate groundwater extraction. Without such measures, the long-term viability of agriculture—and by extension, food security—in Yazd Province remains at significant risk.

Conclusion

The findings of this study are consistent with both domestic and international research, which collectively indicate that rainfall alone is insufficient to meet the water demands of agricultural systems in arid and semi-arid regions. In the context of Yazd Province—characterized by a hyper-arid climate and prolonged drought conditions—agriculture has become increasingly reliant on groundwater extraction, highlighting the critical need for sustainable water resource management. Given the region's limited precipitation and the growing pressure on groundwater reserves, enhancing water productivity—defined as the ratio of agricultural output to water input—has become a strategic priority. The current dependence on non-renewable groundwater sources poses a serious threat to long-term agricultural sustainability and food security. To address these challenges, it is imperative to prioritize the development and widespread adoption of modern irrigation technologies, such as drip and

sprinkler irrigation systems, which significantly reduce water losses and improve application efficiency. Furthermore, improving the efficiency of water conveyance and distribution networks—through infrastructure upgrades and real-time monitoring—can minimize non-revenue water and ensure equitable water allocation. In light of ongoing climatic variability, persistent drought trends, and the projected increase in water scarcity, policy interventions should focus on promoting water-saving practices, incentivizing sustainable farming methods, and strengthening institutional frameworks for groundwater governance. Integrated water resources management (IWRM) strategies, supported by data-driven decision-making and stakeholder participation, are essential for enhancing both water and land productivity in agriculture.

Keywords: Food Security, Agricultural Products, Water Productivity, Water Resources.

Cite this article: Talebi MS, Hashemi SR. Investigating the status of precipitation, water resources and food security in Yazd province. Water Resources and Climate Change. (2026); 2(1): 25-36. https://doi.org/10.22091/wrcc.2026.14740.1030.

Declarations

- **Ethical Approval**

■ The paper is not currently being considered for publication elsewhere. All authors have been personally and actively involved in substantial work leading to the paper, and will take public responsibility for its content.

- **Competing interests**

■ Conflict of Interest - None

- **Availability of data and materials**

■ Data will be made available on the request.

- **Authors Contributions**

Seyed Reza Hashemi performed the calculations. Mohammad Sadegh Talebi approved the analytical methods. Mohammad Sadegh Talebi supervised the findings of this work, discussed the results, and contributed to the final version of the paper.

- **Acknowledgements**

■ The authors would like to thank all participants in the present study

- **Funding**

■ This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

منابع آب و تغییر اقلیم
دانشگاه قم
شاپای الکترونیکی: ۶۷۶۹-۳۰۹۲
https://wrcc.qom.ac.ir/

بررسی وضعیت بارش، منابع آب و امنیت غذایی در استان یزد

محمد صادق طالبی[۱]✉، سیدرضا هاشمی[۲]

۱. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران. رایانامه: talebi@meybod.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران. رایانامه: s.rezahashemi.1380@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۰۹

کلیدواژه‌ها:
امنیت غذایی،
محصولات کشاورزی،
بهره‌وری آب،
منابع آب.

چکیده

امنیت غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شدت تحت تأثیر نزولات جوی و منابع آب قرار دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه میان بارش‌های جوی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و تولید محصولات کشاورزی در استان یزد انجام شد. داده‌های بارش ۱۵ ساله و برداشت محصول به تفکیک شهرستان‌ها گردآوری و پس از صحت‌سنجی و استاندارد سازی، با استفاده از آزمون‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن تحلیل شدند. نتایج نشان می‌دهند که همبستگی معناداری میان بارش و عملکرد محصولات وجود ندارد؛ به‌عبارت دیگر، کشاورزی استان یزد بیش از آن‌که به نزولات جوی وابسته باشد، برپایه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استوار است. این یافته همسو با مطالعات داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که در مناطق خشک، بارش به‌تنهایی پاسخگوی نیازهای کشاورزی نیست و مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی نقشی کلیدی در تضمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. بر این اساس، اتخاذ راه‌بردهایی هم‌چون توسعه سامانه‌های نوین آبیاری و بهبود راندمان انتقال آب می‌تواند زمینه‌ساز افزایش بهره‌وری و کاهش فشار بر منابع زیرزمینی باشد. نتایج این پژوهش بر ضرورت توجه سیاست‌گذاران به مدیریت کارآمد آب در راستای پایداری کشاورزی و ارتقای امنیت غذایی در استان یزد و مناطق مشابه تأکید دارد.

استناد: طالبی، محمدصادق. هاشمی سیدرضا. بررسی وضعیت بارش، منابع آب و امنیت غذایی در استان یزد. *منابع آب و تغییر اقلیم*. ۱۴۰۵؛ ۲(۱): ۲۵-۳۶. https://doi.org/10.22091/wrcc.2026.14740.1030

ناشر: دانشگاه قم.
© نویسندگان.
شناسه دیجیتال: https://doi.org/10.22091/wrcc.2026.14740.1030

۱- مقدمه

جهانِ عصر امروز، شاهد چالش‌های زیست‌محیطی متعددی نظیر افزایش روزافزون جمعیت، گرمایش جهانی، تخریب لایه اُزن، تغییرات اقلیمی، کمبود و کاهش منابع آب و غیره بوده است [۱]. خشکی‌های کره زمین در میان آب‌ها احاطه شده‌اند اما همگی قابلیت مصرف ندارند؛ این جمله زمانی معنا و مفهوم پیدا می‌کند که دانسته شود از کل حجم آب‌های موجود در کره زمین تنها مقدار بسیار اندکی از آن قابل استفاده برای انسان و حوزه کشاورزی است [۲]. قرن‌ها پیش مردم به‌دلیل وجود آب و کشاورزی یکجانشین شدند؛ آنها توانستند غلات و سایر محصولات کشاورزی را تولید و ذخیره کنند و در نتیجه، آنها تمدن هایی را در امتداد منابع آب ایجاد کردند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از قرن‌ها پیش تا به عصرِ امروز، منابع آب با مقوله غذا و امنیت غذایی مرتبط و عجین بوده‌اند [۳]. مفهوم امنیت غذایی را می‌توان به‌عنوان وضعیتی تعریف نمود که در آن، هر انسانی در هر زمان، دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای کافی، سالم و مغذی برای تأمین نیازها، انرژی و ترجیحات غذایی خود را برای یک زندگی سالم و فعال دارا باشد و بتواند غذاهای بیولوژیکی مصرف کند [۴]. افزایش فزاینده جمعیت و تشدید نیاز آنان به مواد غذایی، استفاده بهینه از منابع و امکانات، در راستای تولید پایدار محصولات کشاورزی را الزامی ساخته است. در این میان، منابع آب در میان سایر عوامل به‌عنوان عامل اصلی و کلیدی نقش ایفا می‌کنند [۵]. از این‌رو باید اذعان داشت که سامانه های تولید مواد غذایی در مقیاس جهانی به‌شدت وابسته به منابع آب هستند [۶]. با توجه به مباحث مطرح‌شده، نیاز است تا مفهومی تحت عنوان بهره‌وری آب مطرح شود. به طور کلی بهره‌وری آب به‌عنوان شاخصی برای سنجش و ارزیابی موفقیت سیاست‌هایی که با هدف مدیریت کارآمد آب انجام می‌شود، مورد استفاده واقع می‌شود [۷]. در حوزه کشاورزی و هم‌راستا با پژوهش حاضر، می‌توان این چنین تعریف نمود که بهره‌وری آب یعنی از کم‌ترین میزان آب مصرفی، بیش‌ترین میزان محصول، با کیفیتی عالی برداشت شود [۸]. برای کشاورزی پایدار و امنیت غذایی، افزایش بهره‌وری آب یکی از بهترین راه‌بردها برای مقابله با کمبود آب و بهبود مدیریت آب است [۹]. طبق آمارها حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از آب‌های شیرین، در دسترس و تجدیدپذیر در بخش کشاورزی صرف می‌شوند. بنابراین افزایش بهره وری آب در کشاورزی برای مقابله با چالش‌های کمبود منابع آب، امری مهم و حیاتی به‌شمار می‌رود [۱۰]. تولید محصولات کشاورزی به‌دلیل کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شدت با محدودیت روبرو است [۱۱]. قلمرو جغرافیایی پژوهش حاضر، استان یزد نیز از این قاعده مستثنی نیست و در زمره مناطق خشک قرار دارد؛ این پهنه از حیث منابع آب و مسائل مرتبط به آن، با مسائل و مشکلات متعددی در زمینه‌های مختلف روبرو است [۱۲].

مطالعه پیش رو در پی پاسخ به این سوال است که در قلمرو پژوهش (استان یزد)، رابطه‌ای میان بهره‌وری آب و امنیت غذایی وجود دارد؟ آیا این دو مقوله نسبت به یکدیگر تاثیرگذار و تاثیرپذیر هستند؟

۲- چارچوب نظری

اصطلاح بهره‌وری[1] از نظر لغوی به‌معنای سود کامیابی معنا شده است، اما در برخی منابع معادل با راندمان، بازدهی و کارآمدی به‌کار رفته است [۱۳]. بهره وری در حوزه کشاورزی از دو دیدگاه مورد بحث می‌باشد: دیدگاه فیزیکی و مالی. برمبنای دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری بیش‌تر در منابع آبِ حوزه کشاورزی، به‌معنای تولید بیش تر یک محصول، در ازای واحد حجم آب، به‌کار برده می شود؛ اما در دیدگاه مالی، بهره‌وری بیش‌ترِ آب در حوزه کشاورزی، در معنای اکتساب سود بیش‌تر، در ازای واحد حجم آب تعریف می‌شود [۸]. مفهوم دیگری باید بررسی

[1]- Productivity

شود، امنیت غذایی است. امنیت غذایی در دهه ۱۹۷۰ در مجامع و اسناد سیاست‌گذاری به‌عنوان یک دغدغه برای کشورهای در حال توسعه ظاهر شد [۱۴]. منظور از امنیت غذایی شرایطی است که طی آن همه افراد در هر زمانی غذای متنوع، سالم، کافی و منطبق با مطلوبیت‌های فرهنگی و اجتماعی را مصرف نمایند [۱۵]. در این بخش به پژوهش های هم‌راستا با مطالعه حاضر اشاره می‌شود. از آنجا که جو یک محصول راه‌بردی قلمداد می‌شود، حقایقی مقدم و همکاران حجم آب برای آبیاری و بهره‌وری آب را در فرآیند تولید این محصول در ۱۲ استان بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که میزان تفاوت در بین استان‌ها از نظر آبیاری و شاخص‌های بهره‌وری آن و عملکرد، معنی‌دار بوده است [۱۶]. در پژوهشی دیگر تحت عنوان تحلیل بهره‌وری فیزیکی آب و شاخص‌های انرژی محصولات عمده کشاورزی در دشت تجن، تلوکلایی و همکاران با هدف ارزیابی شاخص های بهره‌وری محصولاتی نظیر برنج، گندم، جو و غیره از روش پرسش‌نامه‌ای استفاده نمودند. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که بیش‌ترین میزان بهره‌وری در دشت تجن مربوط به ذرات علوفه‌ای و مرکبات و کم‌ترین میزان بهره‌وری مربوط به محصول برنج بود. ایشان اذعان نمودند که در راستای افزایش بهره‌وری باید از گیاهانی با عملکرد مناسب استفاده نمود [۱۷].

در راستای موضوع امنیت غذایی نیز تحقیقاتی صورت پذیرفته که در ادامه به آنان اشاره می‌شود. در پژوهشی تحت عنوان افزایش امنیت غذایی خانوار از طریق شیوه‌های حفاظت از خاک و آب در مناطق نیمه‌خشک اتیوپی، آیالو[۲] و همکاران تأثیر شیوه‌های حفاظت از خاک و آب را بر امنیت غذایی خانوارها در مناطق نیمه‌خشک شمال غربی اتیوپی بررسی نمودند. داده‌های جمع‌آوری‌شده از ۵۴۶ خانوار با استفاده از رگرسیون تحلیل شد و یافته‌ها نشان دادند که ۵۲ درصد از خانوارهای مورد بررسی، شیوه های حفاظت از خاک و آب را در زمین‌های کشاورزی خود اجرا کردند و این پذیرندگان شیوه‌های حفاظت از خاک و آب، غذاهای متنوع‌تری را مصرف نمودند [۱۸]. در تحقیقی دیگر با موضوع صرفه‌جویی در غذا؛ چالش‌های امنیت غذایی که بر جمعیت پناهندگان در طول اسکان مجدد اولیه در استرالیا تأثیر می‌گذارد، چهار موضوع را به‌وسیله مصاحبه با خبرگان شناسایی نمودند که مرتبط با پناهندگان و امنیت غذایی بود، از جمله هزینه‌های زندگی، فرهنگ و غیره. نتایج نشان دادند که هزینه‌های زندگی، فراگیرترین مسئله در ارتباط با امنیت غذایی بود [۱۹]. یانگ[۳] و زو[۴] تاثیر سیاست صرفه جویی در آب کشاورزی و تاثیر آن بر امنیت غذایی را حوضه رودخانه زرد در چین بررسی نمودند و نتایج نشان دادند که سیاست به‌کاررفته در واقع بهره‌وری آب در تولید کشاورزی را افزایش داد که استفاده مؤثر از آب در تولید کشاورزی را تضمین می‌کند [۲۰].

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- محدوده مورد مطالعه

قلمرو جغرافیایی پژوهش حاضر، استان یزد واقع در فلات مرکزی ایران می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با مساحتی حدود ۱۳۱۵۵۱ کیلومتر مربع، ۳/۶ درصد از مساحت کشور را به‌خود اختصاص داده و بین عرض‌های شمالی ۲۹ تا ۳۵ درجه و طول‌های شرقی ۵۲ تا ۵۸ درجه واقع شده است [۲۱]. این پهنه در کمربند خشک و بیابانی کشور ایران واقع شده است و در زمره مناطق خشک، با اقلیم گرم بیابانی قرار دارد؛ از نظر میزان بارندگی در جایگاه کم‌بارش‌ترین استان کشور قرار گرفته است [۲۲]. از نظر وضعیت منابع آبی باید اذعان داشت که میزان بارش کم و تبخیر و تعرق زیاد موجب شده تا این استان شرایط مطلوبی نداشته باشد و بیش‌ترین میزان آب در استان از طریق استحصال از سفره های آب زیرزمینی تامین شود [۲۳]. با نگاهی خاص به مقوله کشاورزی مشخص است که این پهنه با محدودیت

[2]- Ayalew
[3]- Yang
[4]- Xu

هایی در زمینه خاک کشاورزی، آب در دسترس، مسائل اقتصادی و راهبردی روبرو است [۲۴]. در تکمیل مباحث فوق، باید اذعان داشت که ۸۹ درصد از حجم کل آب‌های مصرفی در استان، در حوزه کشاورزی، ۴/۴ درصد در حوزه صنعت و میزان باقی‌مانده در حوزه خانگی مصرف می‌شود؛ با توجه به مباحث ذکرشده، لزوم و اهمیت مقوله بهره‌وری در منابع آب حوزه کشاورزی معنا و مفهوم پیدا می‌کند [۲۵]. موقعیت استان یزد در کشور در شکل ۱ نشان داده شده است.

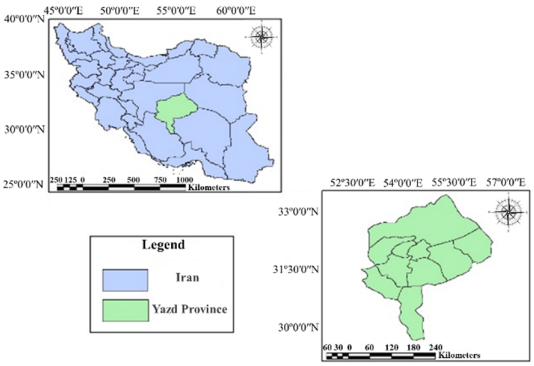

Figure 1. Location of Yazd Province in the country

شکل ۱- موقعیت استان یزد در کشور

۳-۲- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی بوده و براساس روش از نوع توصیفی - تحلیلی قلمداد می‌شود. شیوه گردآوری داده‌ها و اطلاعات، روش کتابخانه‌ای (مقالات، اسناد، کتاب‌ها و غیره) و میدانی (مصاحبه و پرسشنامه) می باشد. داده‌های مرتبط با نزولات جوی و برداشت محصولات زراعی در استان یزد از سازمان‌های مربوطه اخذ شده و با کمک نرم‌افزار SPSS ابتدا این داده‌ها از طریق آزمون (Run Test) صحت‌سنجی شده و پس از فرایند نرمال‌سازی داده ها (Z_score) روابط و همبستگی داده‌ها از طریق آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن محاسبه شده است. در قسمت بعد از طریق روش تفاضل از میانگین داده‌های بارش، مقوله خشک‌سالی محاسبه شده است و مجدد از طریق روش همبستگی پیرسون با داده‌های برداشت محصول مقایسه شده است. در آخر با توجه به نتایج قسمت های اول و دوم، بحث، یافته‌ها و نتایج تحقیق مطرح شده است.

۴- بحث و بررسی نتایج

کمبودها در کمیت و کیفیت منابع آبی، چالشی مهم در راستای امنیت غذایی در آینده می باشد. در عصر حاضر کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در دنیا شناخته می‌شود و انتظار می‌رود این روند در آینده نیز ادامه پیدا کند [۲۶]. قلمرو پژوهش نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با توجه به اهمیت منابع آبی و پیوند این مقوله با امنیت غذایی و کشاورزی، در این قسمت داده‌های بارش و برداشت محصول طی دوره ۱۵ ساله (۲۰۲۴-۲۰۱۰) جمع آوری شده و ابتدا از طریق آزمون (Run Test) داده‌ها صحت سنجی می‌شوند. پس از آن فرایند نرمال‌سازی داده‌ها انجام شده و در آخر روابط میان آنان از طریق تحلیل همبستگی پیرسون برآورد می‌شود. در این میان، آمار مربوط به مجموع بارش در ایستگاه‌های استان یزد (۱۱ ایستگاه) طی دوره ۱۵ ساله مذکور، از اداره آب و هواشناسی استان یزد اخذ شده و در جدول ۱ آمده است [۲۷]. در ادامه، آمار و اطلاعات سالانه مجموع برداشت محصولات زراعی هر شهرستان از سازمان جهاد کشاورزی استان یزد اخذ شد و به‌تفکیک در جدول ۲ آمده است [۲۸]. پس از گردآوری اطلاعات مذکور نیاز است تا داده‌های حاصل‌شده صحت سنجی شوند. آزمون (Run Test) یک روش آماری است که به این سوال پاسخ می‌دهد که آیا داده‌ها از طریق یک فرآیند تصادفی حاصل شده‌اند یا خیر [۲۹]. اگر داده‌های حاصله این آزمون (P-value) از عدد ۰/۰۵ بیش‌تر باشد، نشانگر تصادفی بودن داده‌ها و اگر از این میزان کم‌تر باشد، نشانگر غیرتصادفی بودن داده‌ها است [۳۰]. جداول ۳ و ۴ نتایج صحت‌سنجی داده‌های بارش و برداشت محصول را نشان می‌دهند.

جدول ۱- مجموع بارش ایستگاه‌های استان یزد برحسب میلی‌متر

Table1. Total precipitation of stations in Yazd province in millimeters

Year	Station										
	Robat Posht-e Badam	Aghda	Gariz	Bafgh	Yazd	Mervast	Meybod	Bahabad	Mehriz	Abarkuh	Harat
2010	66.5	37.7	83.9	15.3	35.9	23.1	42.7	23.8	26.6	74.9	77.6
2011	102.2	61.6	79.2	12.5	21.5	19	37.2	19.1	46.2	38.3	66.4
2012	198.5	141.8	148.2	49.3	76.6	61.7	100.8	112.2	69.5	76.1	79.9
2013	84.04	116.5	98	70.2	60.5	77.4	85.9	57.2	81.1	68.5	134.1
2014	57.4	46.7	116.8	53.9	41.4	71.8	43.7	105.4	54.9	53.5	134
2015	61.2	21.7	128.9	51.8	38.6	51.7	25.5	94.4	44.6	66.4	65
2016	55	29.2	72.9	33.5	23.7	41.8	30.3	54.8	24.3	32.3	84.6
2017	52.5	38	92.5	40.5	23.6	36.2	31.5	53.6	25	31.2	47.1
2018	154.5	83	128.4	68.7	71.5	63.8	42.2	81	85	89.3	62
2019	128.8	78	121.5	50.8	95.4	77.4	49.6	84.2	56.4	47.7	90
2020	72.4	62.3	216.3	77.9	51.3	147.2	55.7	65.4	91	135	173.1
2021	59.8	59.9	103.3	33.5	60.7	34.5	44.5	45.8	83.8	29	58.4
2022	78.8	92.5	124.4	51.8	119.6	124.6	77.3	67.4	79.5	150.8	151.2
2023	66.4	87.3	80.5	20.7	58.9	32.8	66.4	107.6	58.7	39.4	21.3
2024	96.7	35.2	113.5	44.4	75.9	97.3	55.3	120.8	110.1	80	17.3

جدول ۲- مجموع برداشت محصول در استان یزد

Table 2. Total harvest in Yazd Province

Year	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam	Sum
2010	127581	52372	73552	14681	13366	22484	19196	49648	25938	109888	508706
2011	136117	53833	74366	15421	14224	23346	19520	50778	24381	115685	527671
2012	152608	59673	82812	17639	18063	27188	24078	58317	30769	128274	599421
2013	155273	59067	83800	19481	18391	27843	26587	57956	31664	136440	616502
2014	117187	50999	74605	16015	14544	23647	19660	42308	24700	98010	481675
2015	116768	35233	73781	17391	26722	24181	25307	48008	31273	131858	530522
2016	118766	36285	75566	18191	27932	24134	27413	39122	32214	138141	537764
2017	117024	32309	71222	14235	25920	23177	24945	32825	28260	131530	501447
2018	152762	30709	70353	14070	29667	24756	24344	31710	24878	183544	586793
2019	161816	34632	70605	13542	29604	24684	29819	33005	26176	162517	586400
2020	142075	37352	80315	28419	31072	27172	31198	38435	34555	138931	589524
2021	115756	40164	74345	36330	43689	38013	16538	46019	29596	114985	555435
2022	133018	41255	74726	35243	48331	38350	16418	47455	33891	132834	601521
2023	134399	42163	53454	34676	29515	37831	11936	47987	34076	135911	561948
2024	138616	35069	39033	30468	23367	8327	6786	49366	8867	125546	465445

جدول ۳- نتایج آزمون (Run Test) داده‌های بارش در استان یزد

Table 3: Results of the (Run Test) of rainfall data in Yazd province

Result	Robat Posht-e Badam	Aghda	Gariz	Bafgh	Yazd	Mervast	Meybod	Bahabad	Mehriz	Abarkuh	Harat
Run Test	0.47	0.69	0.98	0.60	0.29	1.00	0.34	1.00	1.00	0.27	0.86

جدول ۴- نتایج آزمون (Run Test) داده‌های محصولات کشاورزی در استان یزد

Table 4. Results of the Run Test of agricultural product data in Yazd province

Result	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
Run Test	0.290	0.02	0.054	0.02	0.110	0.113	0.110	0.131	0.695	0.986

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، داده‌های بارش همگی صحت‌سنجی شدند؛ ولی با توجه به عدم‌موفقیت در صحت سنجی برخی داده‌های مرتبط با برداشت محصول کشاورزی، بنابراین نیاز است تا از طریق روشی دیگر، داده های ذکرشده صحت‌سنجی شوند. از دیگر روش‌های موسوم به آزمون (Run-test) روش غیرگرافیکی است [۳۱]. نتایج روش مذکور در جدول ۵ آمده است.

همان‌طور که در جدول ۵ آمده است، داده‌های مرتبط با برداشت محصول کشاورزی نیز همانند داده های بارش صحت‌سنجی شدند. در این میان، نیاز است تا داده‌ها قبل از محاسبه همبستگی و ارزیابی ارتباط میان آن‌ها، با کمک نرم‌افزار SPSS استاندارد شوند. یکی از روش‌های پر کاربرد در زمینه نرمال‌سازی داده‌ها روش (z_score) است که فرمول آن در رابطه (۱) ارائه شده است [۳۲].

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \qquad (۱)$$

که در آن، Z = میزان استانداردشده؛ X = مقدار داده؛ μ = میانگین کل داده‌ها، و σ = انحراف معیار کل داده‌ها، هستند.

جدول ۶ داده‌های استانداردشده نزولات جوی و جدول ۷ داده‌های استانداردشده برداشت محصولات کشاورزی را در استان یزد نشان می‌دهد.

در ادامه برای فهم ارتباط میان داده‌های بارش و برداشت محصول و مشخص شدن رابطه میان آنها نیاز است تا از طریق روش همبستگی پیرسون نسبت به این مهم اقدام شود. روش پیرسون به‌منزله یک شاخص و ابزار است که میزان همستگی میان داده‌ها را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب همبستگی از ۱- تا ۱+ متغیر است و هرچه به عدد ۱+ نزدیک‌تر باشد، همبستگی قوی‌تری را بیان می‌کند. این شاخص از طریق رابطه (۲) به‌دست می‌آید [۳۳]:

$$r = \frac{n(\varepsilon xy) - (\varepsilon x)(\varepsilon y)}{\sqrt{[n(\Sigma x^2) - (\varepsilon x)^2][n(\varepsilon y^2) - (\Sigma y)^2]}} \qquad (۲)$$

ذکر دو نکته شایان توجه است، ابتدا این که با توجه به قطعی برق چاه آب‌های کشاورزی در استان یزد، میزان داده‌های به‌دست‌آمده برای سال ۲۰۲۴ به‌دلیل مسئله مذکور در محاسبات لحاظ نشده است.

دوم این‌که در قسمت داده‌های برداشت محصولات کشاورزی نام هر شهرستان بیان شده است، اما در قسمت داده‌های بارش نام یک ایستگاه بیان شده است و به غیر از ایستگاه‌های هم‌نام با شهرستان، ایستگاه‌های عقدا، گاریز، اشکذر و هرات به‌ترتیب با شهرستان‌های اردکان، تفت، یزد و خاتم مقایسه شده‌اند.

جدول ۸ مقادیر حاصل از محاسبه همبستگی پیرسون بین داده‌های برداشت محصول و نزولات جوی را نشان می‌دهد. میزان ناهمبستگی و همبستگی کامل یا ناقص مطابق رابطه (۳) تعیین می‌شود [۳۴]:

(۳)

همبستگی کامل مستقیم	$r = +1$
همبستگی ناقص مستقیم	$0 < r < +1$
ناهمبستگی	$r = 0$
همبستگی ناقص معکوس	$-1 < r < 0$
همبستگی کامل معکوس	$r = -1$

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، همگی نشانگر این هستند که همبستگی‌ها ناقص مستقیم و یا ناقص معکوس بوده و باید تا روشی دیگر در راستای بررسی همبستگی داده‌ها اعمال و استفاده شود.

یکی دیگر از روش‌های محاسبه همبستگی، روش ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن قلمداد می‌گردد. این روش از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌شود [۳۵]:

$$P_S = 1 - \frac{6\Sigma\, \mathrm{d}^2}{N^3 - N} \qquad (۴)$$

که در آن، P_s = ضریب همبستگی؛ d = تفاضل هر جفت رتبه متناظر و N = تعداد افراد جامعه، هستند.

ماحصل روش ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای داده‌های بارش و برداشت محصول در جدول ۹ آمده است.

داده‌های مذکور همانند داده‌های ماحصل روش پیرسون بوده و نشانگر این هستند که میان هیچ‌یک از آنان همبستگی کاملی وجود نداشته و به‌طور عمده، ناقص مستقیم و یا ناقص معکوس است.

در ادامه، روش دیگری اتخاذ می‌شود. با استفاده از داده‌های بارش و از طریق روش تفاضل از میانگین، میزان خشک‌سالی (SPI) محاسبه می‌شود [۳۱].

در انتها این داده‌ها با میزان برداشت محصول از طریق همبستگی پیرسون محاسبه می‌شوند.

جدول ۱۰ ماحصل داده‌های حاصل از روش تفاضل از میانگین را برای داده‌های بارش و جدول ۱۱ ماحصل مقایسه داده‌های مذکور را با داده‌های کشاورزی از طریق همبستگی پیرسون نشان می‌دهد.

جدول ۵- صحت‌سنجی داده‌های محصولات کشاورزی از طریق آزمون (Run Test)

Table 5. Verification of agricultural product data through (Run Test)

Result	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
Sum of series	6	4	7	6	5	5	5	5	7	9
Numeric range	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13	3-13
Run Test	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random

جدول ۶- داده‌های استانداردشده بارش استان یزد

Table 6. Standardized precipitation data for Yazd province

Year	Station										
	Robat Posht-e Badam	Aghda	Gariz	Bafgh	Yazd	Mervast	Meybod	Bahabad	Mehriz	Abarkuh	Harat
2010	-0.54	-0.84	-0.84	-1.52	-0.76	-1.11	-0.46	-1.56	-1.37	0.20	-0.14
2011	0.31	-0.13	-0.97	-1.67	-1.27	-1.22	-0.71	-1.71	-0.62	-0.80	-0.39
2012	2.61	2.23	0.96	0.22	0.70	-0.06	2.23	1.25	0.27	0.24	-0.09
2013	-0.11	1.48	-0.44	1.29	0.13	0.36	-0.50	-0.50	0.71	0.03	1.10
2014	-0.75	-0.57	0.08	0.46	-0.56	0.21	-0.41	1.04	-0.29	-0.38	1.09
2015	-0.66	-1.31	0.42	0.35	-0.66	-0.33	-1.25	0.69	-0.68	-0.03	-0.42
2016	-0.81	-1.09	-1.14	-0.59	-1.19	-0.60	-1.03	-0.57	-1.46	-0.97	0.01
2017	-0.87	-0.83	-0.60	-0.23	-1.20	-0.75	-0.98	-0.61	-1.43	-1.00	-0.81
2018	1.56	0.50	0.40	1.22	0.52	-0.01	-0.48	0.26	0.86	0.60	-0.49
2019	0.95	0.35	0.21	0.30	1.37	0.36	-0.14	0.36	-0.23	-0.54	0.13
2020	-0.40	-0.11	2.86	1.69	-0.20	2.25	0.14	-0.24	1.09	1.86	1.95
2021	-0.70	-0.18	-0.30	-0.59	0.13	-0.80	-0.37	-0.86	0.82	-1.06	-0.56
2022	-0.24	0.78	0.29	0.35	2.24	1.64	1.15	-0.17	0.65	2.29	1.47
2023	-0.54	0.62	-0.93	-1.25	0.07	-0.85	0.64	1.11	-0.14	-0.77	-1.38
2024	0.18	-0.91	-0.01	-0.03	0.68	0.90	0.13	1.53	1.82	0.34	-1.47

جدول ۷- داده‌های استانداردشده برداشت محصولات کشاورزی در استان یزد

Table 7. Standardized data on agricultural harvest in Yazd province

Year	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
2010	-0.45	0.98	0.18	-0.82	-1.28	-0.51	-0.35	0.57	-0.33	-1.08
2011	0.09	1.13	0.25	-0.73	-1.19	-0.40	-0.31	0.70	-0.58	-0.80
2012	1.14	1.72	1.00	-0.47	-0.81	0.11	0.37	1.59	0.42	-0.19
2013	1.31	1.66	1.08	-0.26	-0.78	0.20	0.74	1.55	0.56	0.20
2014	-1.11	0.84	0.27	-0.66	-1.16	-0.36	-0.29	-0.30	-0.53	-1.66
2015	-1.13	-0.76	0.20	-0.50	0.04	-0.29	0.55	0.37	0.50	-0.02
2016	-1.01	-0.66	0.36	-0.41	0.16	-0.29	0.86	-0.68	0.65	0.28
2017	-1.12	-1.06	-0.02	-0.87	-0.04	-0.42	0.50	-1.43	0.03	-0.04
2018	1.15	-1.22	-0.10	-0.89	0.33	-0.21	0.41	-1.56	-0.50	2.48
2019	1.72	-0.83	-0.08	-0.95	0.33	-0.22	1.22	-1.40	-0.30	1.47
2020	0.47	-0.55	0.78	0.78	0.47	0.11	1.43	-0.76	1.01	0.32
2021	-1.20	-0.26	0.25	1.69	1.72	1.55	-0.75	0.14	0.24	-0.84
2022	-0.10	-0.15	0.28	1.57	2.18	1.59	-0.77	0.31	0.91	0.03
2023	-0.02	-0.06	-1.59	1.50	0.32	1.52	-1.43	0.37	0.94	0.18
2024	0.25	-0.78	-2.86	1.01	-0.29	-2.39	-2.20	0.53	-3.00	-0.33

جدول ۸- نتایج محاسبات همبستگی پیرسون

Table 8. Results of Pearson correlation calculations

Method	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
Pearson	0.316	-0.050	0.008	0.518	0.199	0.162	0.484	0.602	0.214	-0.097

جدول ۹- نتایج محاسبات همبستگی اسپیرمن

Table 9 Results of Spearman correlation calculations

Method	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
Spearman	0.493	-0.061	-0.030	0.461	0.319	0.084	0.261	0.402	0.311	0.246

جدول ۱۰- نتایج روش تفاضل از میانگین

Table 10. Results of the difference from the mean method

Year	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Harat	Meybod	Gariz	Aghda
2010	7.50	-21.10	-21.1	-35.80	-29.60	-49.00	-6.50	-9.80	-29.90	-28.30
2011	-29.10	-35.5	-35.5	-16.20	-32.40	-53.70	-17.70	-15.30	-34.60	-4.40
2012	8.70	19.6	19.6	7.10	4.40	39.40	-4.20	48.30	34.40	75.80
2013	1.10	3.5	3.5	18.70	25.30	-15.60	50.00	33.40	-15.80	50.50
2014	-13.90	-15.6	-15.6	-7.50	9.00	32.60	49.90	-8.80	3.00	-19.30
2015	-1.00	18.4	-18.4	-17.80	6.90	21.60	-19.10	-27.00	15.10	-44.30
2016	-35.10	-33.3	-33.3	-38.10	-11.40	-18.00	0.50	-22.20	-40.90	-36.80
2017	-36.20	-33.4	-33.4	-37.40	-4.40	-19.20	-37.00	-21.00	-21.30	-28.00
2018	21.90	14.5	14.5	22.60	23.80	8.20	-22.10	-10.30	14.60	17.00
2019	-19.70	38.4	38.4	-6.00	5.90	11.40	5.90	-2.90	7.70	12.00
2020	67.60	-5.7	-5.7	28.60	33.00	-7.40	89.00	3.20	102.50	-3.70
2021	-38.40	3.7	3.7	21.40	-11.40	-27.00	-25.70	-8.00	-10.50	-6.10
2022	83.40	62.6	62.6	17.10	6.90	-5.40	67.10	24.80	10.60	26.50
2023	-28.00	1.9	1.9	-3.70	-24.20	34.80	-62.80	13.90	-33.30	21.30
2024	21.60	18.9	18.9	47.70	-0.05	48.00	-66.80	2.80	-0.03	-30.80

جدول ۱۱- نتایج همبستگی داده‌های خشک‌سالی با برداشت محصول

Table 11: Results of correlation between drought data and crop harvest

Result	Abarkuh	Ashkezr	Yazd	Mehriz	Bafgh	Bahabad	Taft	Meybod	Ardakan	Khatam
Pearson	0.325	-0.089	-0.144	0.57	0.199	-0.0169	0.386	0.599	0.325	-0.05

۵- نتیجه‌گیری

از نتایج روش‌های ارائه‌شده و مصاحبه با کارشناسان صاحب نظر در حوزه کشاورزی، هم‌چنین وجه تشابه با سایر مقالات معتبر در مقیاس‌های گوناگون در این حوزه، می توان نتیجه گرفت که کشاورزی در استان یزد وابسته به نزولات جوی نبوده و برپایه منابع آب سفره‌های زیرزمینی و استحصال از طریق چاه‌های عمیق استوار است.

به‌عنوان مثال در پژوهشی با عنوان بررسی و آشکارسازی تأثیرات خشک‌سالی و تولید محصولات کشاورزی بر سطح آب‌های زیرزمینی در سراسر ایالات متحده اذعان داشتند که در ایالات متحده کاهش سطح آب زیرزمینی بیش‌تر ناشی از برداشت برای کشاورزی است تا بارش مستقیم؛ یعنی این‌که کشاورزی بیش‌تر متکی بر منابع آب زیرزمینی است [۳۵].

در پژوهشی دیگر با عنوان برداشت آب و تغذیه آب های زیرزمینی: مروری جامع و جمع‌بندیِ روش‌های رایج بیان می‌کنند که در مناطق خشک آفریقا و آسیا، کشاورزی بر برداشت آب زیرزمینی متکی است و بارش به‌تنهایی پاسخگوی نیازها نیست [۳۶].

در تحقیقی داخلی با عنوان بررسی اثرات توسعه کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیابان زائی منطقه طشک (استان فارس) زهتابیان و اسفندیاری اذعان داشتند که بخش وسیعی از کشور ایران را نواحی اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در بر می‌گیرد که در این مناطق، کشاورزی متکی به آب‌های زیرزمینی است [۳۷].

تحقیق حاضر نیز هم‌راستا با موارد ذکرشده است و می توان نتیجه گرفت که در قلمرو پژوهش حاضر یعنی استان یزد، کشاورزی متکی بر منابع آب سفره‌های زیر زمینی بوده است.

از آنجا که استان یزد دارای اقلیمی خشک است، بنابراین نیاز است تا مقوله بهره‌وری آب مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی با توجه شرایط اقلیمی و به‌ویژه تداوم خشک‌سالی‌ها و در راستای افزایش بهره‌وری آب و زمین، توصیه می‌شود برای بهره‌وری در حوزه کشاورزی به توسعه و روی آوردن به سامانه‌های آبیاری مدرن، بهبود راندمان انتقال آبیاری و غیره، بیش‌تر توجه شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید ایشان است.

مشارکت نویسندگان

سیدرضا هاشمی محاسبات را انجام دادند. محمدصادق طالبی روش‌های تحلیلی را تایید کردند. محمدصادق طالبی بر یافته‌های این پژوهش نظارت داشتند و نتایج را بحث نمودند و در نسخه نهایی مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک هزینه خاصی دریافت نکرده است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به‌خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Chukwuemeka NK, Ulusow AH, Sylvanus OM. Climate change, causes, economic impact and mitigation. International Journal of Scientific Research Updates. 2024; 8(1):001–008. doi: 10.53430/ijsru.2024.8.1.0043.

[2] Wescoat Jr JL. Water resources and hydrological management. In: Richardson D, Castree N, Goodchild MF, Kobayashi A, Liu W, Marston RA, editors. International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2017. p. 1-23. doi: 10.1002/9781118786352.wbieg0620

[3] Çetinkaya BK, Aslandoğan E. A brief review on water resources and climate change. Journal of Global Climate Change. 2022; 1(1):1-6. doi: 10.56768/jytp.1.1.01.

[4] Gahamanyi TN, Tchouassi G. Is food security impacted by price dynamics? Proof from African nations. Journal of Agriculture and Food Research. 2025; 20: 102063. doi: 10.1016/j.jafr.2025.102063.

[5] Paziresh H, Nazari B, Sotoodehnia A. Evaluation of water productivity improvement strategies in upstream and downstream regions of Qazvin irrigation network. Journal of Water and Irrigation Management. 2023; 13(1): 141-156 [In Persian]. doi: 10.22059/jwim.2022.342528.987.

[6] Kompas T, Che TN, Grafton RQ. Global impacts of heat and water stress on food production and severe food insecurity. Scientific Reports. 2024; 14(1): 14398. doi: 10.1038/s41598-024-65274-z.

[7] Ozcelik N, Rodríguez M, Lutter S, Sartal A. Indicating the wrong track? A critical appraisal of water productivity as an indicator to inform water efficiency policies. Resources, Conservation and Recycling. 2021; 168: 105452. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105452.

[8] Shahnazari A, Sadeghi S. Optimization of cropping pattern criteria based on sustainable development and increasing agricultural water productivity in the Tajan basin. Soil and Water Sciences. 2023; 27(2):163-177. [In Persian]. doi: 10.47176/jwss.27.2.52731.

[9] Nazari B, Kanani E, Sepehri S. Assessment of water productivity improvement strategies using system dynamics approach. Applied Water Science. 2023; 13(12): 240. doi: 10.1007/s13201-023-02044-8.
[10] Cheng M, Song N, Penuelas J, McCabe MF, Jiao X, Lv Y, Sun C, Jin X. A framework of crop water productivity estimation from UAV observations: A case study of summer maize. Agricultural Water Management. 2025; 317: 109621. doi: 10.1016/j.agwat.2025.109621.
[11] Bajwa P, Singh S, Kafle A, Saini R, Trostle C. Effect of planting dates and seeding densities on growth, physiology, and yield of industrial hemp. Crop Science. 2025; 65(2): e70017. doi: 10.1002/csc2.70017.
[12] Pasand F, Moradi Nasb H, Ehyaei MA. Application of thermal comfort indicators in climate design (Case study: Yazd Township). International Journal of Applied Arts Studies. 2023; 8(2): 29-48.
[13] Rizvi YS. Reviewing the concepts of productivity management. International Journal of Management and Humanities. 2024; 10(8): 1-8. doi: 10.35940/ijmh.H1702.10080424.
[14] Makombe G. The food security concept: Definition, conceptual frameworks, measurement, and operationalization. Africa Development / Afrique et Développement. 2023; 48(4): 53-80. doi: 10.57054/ad.v48i4.5574.
[15] Jafarvand E, Abdollahi Z, Edalati S, Niknam MH, Jalali M. Food security threats for the world and Iran. Journal of Culture and Health Promotion. 2022; 6(3): 443-451 [In Persian]. doi: 10.22034/6.3.9.
[16] Haqezi Moghaddam SA, Abbasi F, Naseri A, Varjavand P, Dehghanian SE, Ghasemi MM, et al. Determination of irrigation water and water productivity in barley production in the country. Water and Soil. 2023; 37(5): 659-672 [In Persian]. doi: 10.22067/jsw.2023.82302.1284.
[17] Jafari Telokalai M, Shahnazari A, Nouri Khajeh-Bolagh R. Analysis of physical water productivity and energy indices of major agricultural products in the Tajan Plain. Water Research in Agriculture. 2024; 38(1): 51-62 [In Persian]. doi: 10.22092/jwra.2023.363890.1016.
[18] Ayalew MW, Teferi ET, Wassie SB, Mhiret DA, Aakle AT, Dagnew DC, et al. Enhancing household food security through soil and water conservation practices: A case study in semi-arid areas of Ethiopia. Sustainable Futures. 2025; 17: 100830. doi: 10.1016/j.sftr.2025.100830.
[19] Wood JM, Lindberg R, Booth AO, Margerison C. "A little bit to spare on food" food security challenges affecting refugee populations during early resettlement in Australia: settlement service provider perspectives. Appetite. 2025; 209: 108198. doi: 10.1016/j.appet.2025.108198.
[20] Yang R, Xu H. Does agricultural water-saving policy improve food security? Evidence from the Yellow River Basin in China. Water Policy. 2023; 25(3): 253-268. doi: 10.2166/wp.2023.217.
[21] Talebi MS. Architecture in consistent with climate (case study: Yazd). Research Square [Preprint]. 2023 Mar 16 [cited 2026 Apr 18]. doi: 10.21203/rs.3.rs-2690185/v1.
[22] Shirgholami MR. Investigating spatial-temporal changes in the tourism climate of Yazd province by comparing the tourism climate index (TCI) and the holiday climate index (HCI). Climatological Research. 2022; 13(52): 207-222 [In Persian].
[23] Zareyan MJ. The effects of climate change on temperature and precipitation in Yazd province based on the combined output of CMIP6 models. Water and Soil Sciences. 2022; 26(2): 91-105 [In Persian]. doi: 10.47176/jwss.26.2.31501.
[24] Morouj Al-Ahkami B, Ikrami M, Zare S, Vazhashenas MR, Esmailzadeh Hosseini SA, Rahimian MH. Optimization of the cultivation pattern of major agricultural and horticultural crops in Yazd province. Iranian Irrigation and Water Engineering. 2025; 15(3): 104-125 [In Persian]. doi: 10.22125/iwe.2023.383494.1707.
[25] Bonyad L, Zare Shahabadi A, Parsamehr M. Pathology of water governance in Yazd. Water and Sustainable Development. 2022; 9(3): 57-72 [In Persian]. doi: 10.22067/jwsd.v9i3.2204.1137.
[26] Abedi S. Water resources management and food security: an analytical approach to water governance challenges. Economic Analysis and Thoughts. 2024; 1(3): 1-30 [In Persian]. doi: 10.22034/eaai.2025.2039737.1037.
[27] Yazd Province Water and Meteorology Department. Annual Statistical Report of Yazd Province (2022-2023). Yazd, Iran: Yazd Province Water and Meteorology Department; 2023 [In Persian].
[28] Yazd Province Agricultural Jahad Organization. [Annual Agricultural Statistics Report of Yazd Province (2022-2023)]. Yazd, Iran: Yazd Province Agricultural Jahad Organization; 2023 [In Persian].

[29] Bujang MA, Sapri FE. An application of the runs test to test for randomness of observations obtained from a clinical survey in an ordered population. The Malaysian Journal of Medical Sciences. 2018; 25(4): 146-153. doi: 10.21315/mjms2018.25.4.15.
[30] Behrouzi A, Nazem-e-Sadat SMJ, Pishvaei MR. Evaluating the trend of precipitation changes in long-term time series of Shiraz. Drought and Climate Change Research. 2023; 1(1): 19-32 [In Persian]. doi: 10.22077/jdcr.2023.5856.1001.
[31] Alizadeh A. Applied hydrology. 20th revised ed. Mashhad, Iran: Ferdowsi University of Mashhad Press; 2018 [In Persian].
[32] Henderi H, Wahyuningsih T, Rahwanto E. Comparison of Min-Max normalization and Z-Score normalization in the K-nearest neighbor (kNN) algorithm to test the accuracy of types of breast cancer. International Journal of Informatics and Information Systems. 2021; 4(1): 13-20. doi: 10.47738/ijiis.v4i1.73.
[33] Talebi MS, Hashemi SR. Assessing the resilience of drinking water resources in Yazd city using the Delphi method. Water Resources and Climate Change. 2025; 1(3): 13-22. [In Persian]. doi: 10.22091/WRCC.2025.13149.1017
[34] Mahdavi M, Taherkhani M. Application of statistics in geography. 4th ed. Qom, Iran: Qoms Publishing; 2018 [In Persian].
[35] Singh NK, Saia SM, Bhattacharya R, Ajami H, Borrok DM. Unraveling the causal influences of drought and crop production on groundwater levels across the contiguous United States. PNAS Nexus. 2025; 4(5): pgaf129. doi: 10.1093/pnasnexus/pgaf129.
[36] Gebreslassie H, Berhane G, Gebreyohannes T, Hagos M, Hussien A, Walraevens K. Water harvesting and groundwater recharge: a comprehensive review and synthesis of current practices. Water. 2025; 17(7): 976. doi: 10.3390/w17070976.
[37] Zehtabian G, Esfandiari M. Investigating the effects of agricultural development and exploitation of groundwater resources on desertification in Tashk region (Fars province). Khoshkboom. 2010; 1(2): 1-8 [In Persian].