The University of Tehran Press

Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research

Online ISNN: 2008-4838

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Key factors for improving water security in agricultural farming units in Hamedan Province

Mahsa Motaghed[1]✉ and Shahla Choobchian[2]

1. . Corresponding Author, Department of Planing and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Education and Extension Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: m.motaghed@areeo.ac.ir
2. Development, Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. Email: shchoobchian @modares.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 19 October 2025

Received in revised form: 30 December 2025

Accepted: 30 December 2025

Published online: Winter 2025

Keywords:

Climate change,

sustainable agricultural development,

water resources management.

ABSTRACT

Climate change significantly impacts water availability, making water security in agriculture crucial for sustainability. This study aimed to identify key factors for improving water security in agricultural farming units in Hamedan Province during 2022-2023. The statistical population consisted of 100 experts from the Hamedan Provincial Regional Water Company, Agricultural Jihad Organizations, and Rural Cooperatives. Using the Krejcie-Morgan table, a sample size of 80 was determined, and simple random sampling was employed. Data were collected via a questionnaire whose validity was confirmed by agricultural experts and faculty members, with reliability assessed through Cronbach's alpha coefficient. Data analysis was performed using Smart-PLS3 and SPSS25 software. Results indicated that the most critical factor explaining water security improvement was the "managerial-institutional indicator" with a path coefficient of 0.960. This indicator held greater priority and influence than the "economic indicator" (path coefficient: 0.873) and the "technical-infrastructural indicator" (path coefficient: 0.865). Overall, water security enhancement in Hamedan's agricultural units is predominantly influenced by managerial-institutional factors. Strengthening these factors plays a more decisive role in achieving agricultural sustainability compared to economic and technical-infrastructural dimensions. Therefore, prioritizing water security and its indicators emerges as an essential prerequisite for sustainable agricultural development and the sustainability of agro-ecosystems in Hamedan Province. Accordingly, policies for improving water security in Hamedan's agricultural sector should focus on: strengthening water governance, enhancing farmer participation in water-related decision-making, building institutional and educational capacity among farmers, and improving coordination mechanisms among water and agricultural management institutions.

Cite this article: Motaghed, M., Choobchian, Sh. (2025). Key factors for improving water security in agricultural farming units in Hamedan Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 56-2 (4), 251-270. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.404297.669393

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.404297.669393

Extended Abstract

Introduction

The body of an article always opens with an introduction. The introduction contains a succinct description of the issues being reported, their historical antecedents, and the study objectives. The introduction of an article frames the issues being studied. Climate change is impacting water availability, making water security in agriculture crucial for sustainability. Climate change has had significant impacts on Iran's agricultural sector, the most important of which include a sharp decline in agricultural products, a drop in farm yields, increased vulnerability of farmers to economic and environmental shocks, a threat to the livelihoods of rural communities, and an escalation of water tensions. These challenges have intensified, especially in small-scale units, which constitute more than 70 percent of the country's total agricultural farming units, and have made farmers particularly vulnerable to this phenomenon. In the west of the country, especially Hamedan Province, due to water stress, a decrease in average annual rainfall, drying up of canals, a decrease in spring flow, and the unusability of agricultural wells due to a drop in water levels, there is a shortage of water resources in rural areas, especially in agricultural farming units. In the face of the water resource scarcity crisis, the sustainable water management approach has been agreed upon as the dominant paradigm in scientific and policy circles. Within the framework of sustainable water resource management, water security is considered a key and multidimensional indicator. Accordingly, identifying and formulating the prerequisites for water security is an essential step. The prerequisites include resources, inputs, technology such as education, drought-resistant seeds, and modern irrigation. The present study, considering the problems of water insecurity in Hamedan province, analyzes the prerequisites for improving water security in agricultural farming units of Hamedan province and aims to provide an answer to the question: What are the key factors for improving water security at the level of agricultural farming units?

Method

This study employed a mixed-methods approach, with a predominance of quantitative methods. The research is applied in purpose, non-experimental in terms of control over variables, field-based in data collection, and descriptive-correlational in terms of data analysis. The research process began with a review of theoretical frameworks, followed by semi-structured interviews aimed at identifying key factors affecting water security. The target population consisted of 100 experts and specialists in the field of water management in Hamedan Province. This included professionals from the Agricultural Jihad Organization, rural cooperatives, and the Regional Water Joint-Stock Company. Using the Krejcie and Morgan sampling table, a sample of 80 participants was selected through simple random sampling to ensure representativeness. Based on the results of the literature review and interviews, relevant indicators were identified and categorized into three main dimensions, which were used to develop the research questionnaire: Economic indicators; institutional – Managerial indicators, Technical–Infrastructural indicators. These indicators formed the basis key factors for improving water security in agricultural farming units in Hamedan province has been conducted.

Results

The overall key factors for improving water security in the agricultural farming system were three structures: institutional-managerial with a path coefficient of 0.960, ranked first in terms of impact and from the respondents' perspective played the greatest role in explaining the key factors for improving water security in farming units in Hamedan province. The economic-environmental indicator with a path coefficient of 0.873 ranked second in importance and the indicator with a path coefficient of 0.865 ranked third in terms of impact. Overall, the improvement of water security in agricultural units in Hamedan Province is primarily influenced by managerial– institutional factors, and strengthening these factors plays a more decisive role in achieving agricultural sustainability compared to economic and technical–infrastructural dimensions

Conclusions

According to the findings of this study, improving water security in agricultural units in Hamedan province is influenced by three main groups of key factors: institutional-managerial, economic, and technical-infrastructural. In the area of institutional -managerial key factors, holding training workshops for users, encouraging the establishment of “water users’ cooperatives” for collective monitoring of water distribution, and also implementing regulations such as reducing fees for water-intensive crops (such as potatoes) are among the key measures. In the area of economic-environmental key factors, it is essential to create a balance between productivity and sustainability by simultaneously paying attention to financial justification and preserving ecosystems. Concrete examples of these key factors include paying subsidies to replace flood irrigation systems with energy-efficient methods (such as a drip irrigation model project in wheat fields with the participation of the Agricultural Bank), using treated wastewater from Hamedan city to irrigate green spaces and gardens, which in addition to reducing pressure on groundwater resources, reduces production costs, and imposing a tax

on unauthorized exploitation of wells in the eastern plains of the province, which has led to an increase in land subsidence. In the field of technical-infrastructural key factors, the use of technological innovations and optimization of infrastructure is vital to reduce the gap between water supply and demand. These measures include installing humidity sensors in model farms for intelligent monitoring of water needs and connecting them to automatic irrigation systems, constructing rainwater collection structures in livestock units to provide part of the required water, and restoring historical aqueducts in cooperation with the Cultural Heritage Organization and Jihad Keshavarzi as supplementary water sources.

Author Contributions

This article is an extract from a postdoctoral research project, the contribution and role of the first author was as the project leader, and the second author was as the project guide and host.

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

The authors would like to thank Tarbiat Modares University and the National Elite Foundation

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tarbiat Modares, The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲- ۵۶، شماره ۴

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵X-۲۴۲۳

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

عوامل کلیدی در بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان

مهسا معتقد [۱]✉ و شهلا چوبچیان [۲]

۱. نویسنده مسئول، گروه برنامه‌ریزی و توسعه کشاورزی، موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: m.motaghed@areeo.ac.ir

۲. گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران رایانامه: shchoobchian@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
دگرگونی اقلیمی، پایداری سامانه‌های کشاورزی، مدیریت یکپارچه منابع آبی.

چکیده

باتوجه به تأثیر تغییراتاقلیمی بر دسترسی و فراوانی منابع آبی، دستیابی و حفظ امنیت‌آبی در بخش کشاورزی امری حیاتی است. از این‌رو، ارتقای امنیت‌آبی یکی از ضرورت‌های کلیدی و عملی برای پایداری این بخش به شمار می‌رود. تحقیق حاضر با هدف شناسایی عوامل کلیدی در بهبود امنیت‌آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. جامعه‌آماری تحقیق ۱۰۰ نفر از کارشناسان شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان، سازمان‌های جهاد کشاورزی و تعاون روستایی استان همدان بودند. حجم نمونه با استفاده از جدول کرجسی–مورگان ۸۰ نفر محاسبه و نمونه‌گیری به روش تصادفی ساده انجام شد. ابزار تحقیق، پرسشنامه بود که روایی آن را گروهی از متخصصان کشاورزی و اعضای هیئت علمی تأیید و پایایی آن نیز با ضریب آلفای کرونباخ سنجیده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای Smart-PLS3 و SPSS25 انجام پذیرفت. براساس نتایج، کلیدی‌ترین عامل در تبیین بهبود امنیت‌آبی، «نشانگر مدیریتی–نهادی» با ضریب مسیر۰/۹۶ بود. این نشانگر نسبت به نشانگر «اقتصادی» با ضریب مسیر ۰/۸۷۳ و نشانگر «فنی–زیرساختی» با ضریب مسیر ۰/۸۶۵ از اولویت و تأثیر بیشتری برخوردار بود. در مجموع، بهبود امنیت‌آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان بیش از هر چیز متأثر از مؤلفه‌های مدیریتی–نهادی ارزیابی شد و تقویت این مؤلفه‌ها در مقایسه با ابعاد اقتصادی و فنی–زیرساختی، نقشی تعیین‌کننده‌تر در دستیابی به پایداری بخش کشاورزی ایفا می‌کند. بنابراین، محوریت قراردادن امنیت‌آبی و نشانگرهای آن، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در مسیر توسعه پایدار کشاورزی و در نهایت پایداری اکوسیستم‌های زراعی استان همدان شناخته می‌شود. براین اساس، پیشنهاد می‌شود سیاست‌های بهبود امنیت‌آبی در بخش کشاورزی استان همدان بر تقویت حکمرانی آب، ارتقای مشارکت بهره‌برداران کشاورزی در تصمیم‌گیری‌های آبی، توانمندسازی نهادی و آموزشی کشاورزان و بهبود سازوکارهای هماهنگی میان نهادهای متولی آب و کشاورزی متمرکز شود.

استناد: معتقد، مهسا و چوبچیان، شهلا (۱۴۰۴). عوامل کلیدی در بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان. *مجلهٔ تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۶ (۴)، ۲۴۹-۲۲۹. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.404297.669393

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.404297.669393

مقدمه

تغییرات‌اقلیمی که یکی از جدی‌ترین تهدیدات جهانی و به‌طور خاص برای ایران به شمار می‌رود (Borhani et al.,2024) به‌صورت دگرگونی‌های پایدار و معنادار در پارامترهای آب‌وهوایی نظیر دما، بارش و الگوهای باد در بازه‌های زمانی چند دهه‌ای نمود پیدا می‌کند (Pérez-Arévalo, 2025). یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند تغییرات اقلیمی تأثیرات محسوسی بر بخش کشاورزی ایران گذاشته است؛ مهم‌ترین این تاثیرات کاهش شدید محصولات کشاورزی، افت بازدهی مزارع، افزایش آسیب‌پذیری کشاورزان در برابر تکانه‌های اقتصادی و محیطی، تهدید معیشت جامعه روستایی و تشدید تنش‌های آبی هستند (Karimi et al.,2024). این چالش‌ها به‌ویژه در واحدهای خرده‌مالکی و کوچک‌مقیاس که بیش از ۷۰ درصد از کل واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کشور را تشکیل می‌دهند، شدت بیشتری پیدا کرده و کشاورزان این بخش را در برابر این پدیده آسیب‌پذیرتر ساخته و آنان را با بحران کمبود منابع آبی روبرو ساخته است (Motaghed & Choobchian, 2024).

در مواجهه با بحران کمبود منابع آبی، رویکرد مدیریت پایدار آب اکنون به‌عنوان چارچوب اصلی در محافل علمی و سیاست‌گذاری پذیرفته شده است. این رویکرد چندبعدی، دو رکن اساسی توسعه کشاورزی پایدار و حفظ اکوسیستم‌های آبی را در بر می‌گیرد (Du, 2025; Espuny et al.,2025). در چارچوب مدیریت پایدار منابع آبی، امنیت آبی به‌عنوان یک شاخص مهم و چندبعدی مطرح می‌شود. امنیت آبی در یک تعریف به شرایطی اشاره دارد که در آن، نه تنها منابع آب به میزان کافی و باکیفیت مناسب برای مصارف مختلف فراهم است، بلکه دسترسی عادلانه به این منابع برای همگان امکان‌پذیر بوده و پایداری بلندمدت چرخه‌ی طبیعی آب نیز حفظ می‌شود (Jain et al.,2024). به بیان‌دیگر، امنیت آبی به‌عنوان رویکردی غالب در مدیریت منابع آبی بر چهار رکن اساسی مدیریت خردمندانه منابع آبی، کاهش مخاطرات آبی، توسعه متوازن منابع آب و حفظ کارکردهای اکولوژیک استوار است (Grigg, 2025; Espuny et al.,2025). بنابراین، دستیابی، حفظ و بهبود امنیت آبی در بخش کشاورزی حیاتی است. بهبود امنیت آبی به معنای توانمندسازی همه‌ی ذی‌نفعان، از جمله مدیران و استفاده‌کنندگان از آب، برای دسترسی منظم به آب با درنظر گرفتن چالش‌ها و محدودیت‌های موجود است (Ali et al., 2025). این فرآیند با تکیه بر محورهایی مانند کاهش فقر، ارتقای آموزش و استانداردهای زندگی، بهبود کیفیت زندگی، توسعه مشارکت پایدار و به‌کارگیری راهکارهای مهندسی، در راستای کاهش چالش‌های آبی و تحقق امنیت آبی پایدار عمل می‌کند. بر این اساس، شناسایی و تدوین علمی عوامل موثر، گامی ضروری برای دستیابی به این هدف به شمار می‌رود (Mokone & Gumede, 2025). عوامل موثر بر بهبود امنیت آبی طیف گسترده‌ای از عناصر شامل منابع، نهاده‌ها و فناوری‌ها (مانند آموزش، بذر مقاوم به خشکی و سیستم‌های آبیاری نوین) را دربر می‌گیرد. بطورکلی، از مهم‌ترین عوامل بهبود امنیت آبی می‌توان به تحول در نظام حکمرانی آب، بهینه‌سازی مصرف در بخش کشاورزی، مدیریت یکپارچه منابع آب، سیاست‌گذاری‌های کلان و توانمندسازی جوامع محلی اشاره کرد (Nsabiyeze et al., 2024).

از این‌رو، تحقیق حاضر با هدف تکمیل زنجیره دانش در حوزه مدیریت منابع آب کشاورزی و با تمرکز بر سطح خرد (واحدهای بهره‌برداری) انجام می‌شود. این تحقیق می‌تواند در کنار مطالعات پیشین که عمدتاً رویکردی منطقه‌ای داشته‌اند، بینش و دانش مناسبی در زمینه امنیت آبی در سطح مزرعه ارائه دهد. با توجه به چالش‌های ناامنی آبی در غرب کشور، این پژوهش به واکاوی عوامل اساسی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان می‌پردازد. هدف اصلی آن پاسخ به این پرسش است: عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در سطح واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کدامند؟

پرسش‌های فرعی تحقیق عبارتند از:

۱. کدام یک از نشانگرهای مدیریتی–نهادی بیشترین نقش را در تبیین امنیت آبی دارند؟

۲. کدام یک از نشانگرهای اقتصادی بیشترین نقش را در تبیین امنیت آبی دارند؟

۳. کدام یک از نشانگرهای فنی–زیرساختی بیشترین نقش را در تبیین امنیت آبی دارند؟

چارچوب نظری تحقیق

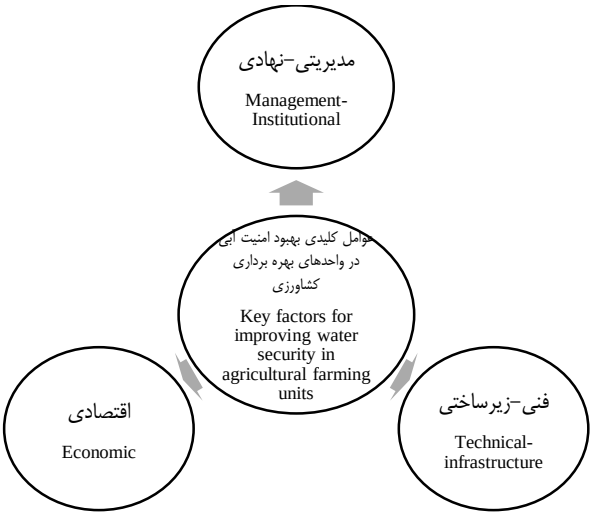
در سال‌های اخیر، پژوهشگران داخلی و خارجی تلاش‌های گسترده‌ای برای شناسایی عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی انجام داده‌اند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. پژوهشگران به مواردی مانند ذخیره‌سازی آب (Pereira et al.,2025; Reddy et al.,2025)، ارتباط بین سازمان‌های مرتبط با منابع آب و کشاورزان (EL-Gafy et al.,2025; Teferi et al., 2025)، مشارکت و آموزش کشاورزان برای اجرای برنامه‌های تأمین آب (Abdulameer et al.,2025; Vasquez Neyra et al.,2025)، تشکل‌های آب‌بران (Murei & Momba, 2025; Patil & Lodhe, 2025)، اصلاح قوانین استفاده از آب و جلوگیری از تخلفات قانونی (Thabane et al., 2025)، فرهنگ‌سازی مدیریت آب کشاورزی (Gholami et al.,2025)، تولید گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی (Ali et al., 2025)، اصلاح الگوی کشت (Esmaeilinejad et al.,2025)، بهبود مکانیزاسیون کشاورزی (Liu et al.,2025)، تأمین اعتبارات و تخصیص تسهیلات منابع آب برای کشاورزان (Naresh et al.,2025; Shah et al.,2024)، مشاوره‌های بهبود عملیات آبیاری (Taraky et al.,2024; Jamali et al.,2025) و گسترش کشت گلخانه‌ای (Naresh et al.,2024) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی اشاره کرده‌اند. بررسی پیشینه‌ی پژوهش نشان می‌دهد که با وجود پژوهش‌های متعدد درباره امنیت آبی و عوامل مؤثر بر آن، مطالعات اندکی به بررسی عوامل کلیدی امنیت آبی در سطح واحدهای بهره‌برداری در داخل کشور پرداخته‌اند. علاوه بر این، پژوهش‌های موجود قادر به ارائه مجموعه‌ای جامع از این عوامل در سطح خرد (مزرعه) نیستند. بنابراین، تحقیق حاضر به شناسایی و تدوین عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری استان همدان می‌پردازد.

در میان استان‌های غربی ایران، همدان به‌عنوان یکی از پایگاه‌های حیاتی تولیدات کشاورزی شناخته می‌شود که حدود چهار درصد از محصولات کشاورزی کشور را تامین کرده و در تحقق امنیت غذایی کشور پیشرو است (Kazemi Garajeh et al.,2024; Nouri Ghezeljeh, 2025). در این راستا و برای تامین امنیت غذایی، آب ستون فقرات و تعیین‌کننده اصلی ظرفیت تولید محسوب می‌شود (Piemontese et al.,2024). بااین‌حال، شواهد پژوهشی نشان می‌دهند منابع آبی استان تحت تاثیر چشمگیری از تغییرات اقلیمی قرارگرفته‌اند (Motaghed &Choobchian ,2025; Kazemi Garajeh et al.,2024). تحلیل پیامدهای تغییرات اقلیمی بر منابع آبی استان، تحولات نگران‌کننده‌ای را آشکار می‌کند که در قالب موارد زیر قابل تفکیک است:

- تغییرات هیدرولوژیک محسوس: کاهش ۲۵ تا۳۰ درصدی بارش‌های فصلی (به‌ویژه در زمستان و بهار)، تغییر الگوی بارش از برف به باران و کاهش ذخیره برف‌های زمستانی، افزایش ۱/۵ تا ۲ درجه‌ای میانگین دمای سالانه طی دودهه اخیر.
- اختلال در نظام هیدرولوژیک: جابجایی زمانی بارش‌ها و کوتاه شدن دوره ترسالی، افزایش ۱۵ تا۲۰ درصدی تبخیر و تعرق بالقوه، کاهش روان‌آب‌های سطحی و افت تغذیه آبخوان‌ها.
- تشدید فشارهای انسانی: توسعه بی‌رویه کشاورزی و تغییرکاربری اراضی حوضه‌های آبخیز، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی (کاهش سالانه حدود یک متر سطح سفره‌های آب)، کاهش۴۰ درصدی دبی چشمه‌ها و قنوات در یک دهه اخیر.
- پیامدهای ترکیبی: کاهش ۳۵ درصدی ظرفیت تولیدات کشاورزی، افزایش تنش آبی در بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی و افت کیفیت آب‌های زیرزمینی به‌دلیل پایین آمدن سطح و افزایش شوری (Motaghed & Choobchian, 2024; Safari Shad et al.,2017). بنابراین بخش کشاورزی استان از نظر امنیت آبی در وضعیت بحرانی و به‌عبارت دیگر، در شرایط «ناامنی آبی» قرار دارد (Damavandi et al., 2023).

در یک جمع‌بندی، استان همدان به‌دلیل تنش آبی، کاهش میانگین بارش‌های سالانه، خشک شدن قنوات، کاهش دبی چشمه‌ها و غیرقابل استفاده‌شدن چاه‌های کشاورزی ناشی از افت سطح آب، با کمبود منابع‌آبی در مناطق روستایی و به‌ویژه در واحدهای

بهره‌برداری کشاورزی مواجه است (Motaghed & Choobchian, 2024). از همین‌رو، تحقیق حاضر باهدف کلی بررسی عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان انجام شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند به تدوین مجموعه‌ای از عوامل کلیدی برای بهبود امنیت آبی در این واحدها بیانجامد.



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

ماخذ: نگارنده

Figure 1. Conceptual model of the research
Source: Author

باتوجه به موارد مذکور می‌توان گفت که بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی نیازمند همگرایی مجموعه‌ای از مولفه‌ها در سطوح مختلف، کنشگری، تقسیم‌بندی و تعامل آن‌ها با یکدیگر است. ازاین‌رو، این پژوهش برآن است تا عوامل موثر بر بهبود امنیت آبی را براساس چارچوب امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی بررسی کند. نوآوری این تحقیق، آزمون مدل مفهومی از دیدگاه کارشناسان و خبرگان برای دستیابی به یک مدل کاربردی است که بتواند با نیازها و مسائل امنیت آبی در استان همدان و استان‌های مشابه منطبق باشد. باتوجه به یافته‌های تحقیقات پیشین، می‌توان به برخی از عوامل مهم (مدیریتی–نهادی، فنی–زیرساختی و اقتصادی) در قالب یک مدل مفهومی (شکل۱) اشاره کرد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف واکاوی عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان انجام شد. روش تحقیق پژوهش به لحاظ رویکرد کمّی از لحاظ هدف کاربردی، از لحاظ میزان نظارت و درجه کنترل متغیرها غیرآزمایشی، از لحاظ نحوه گردآوری داده‌ها میدانی و از لحاظ تحلیل داده‌ها توصیفی–همبستگی بود. در این تحقیق، ابتدا نشانگرهای تأثیرگذار بر وضعیت امنیت آبی از طریق بررسی مبانی نظری شناسایی شدند. نشانگرها در قالب پرسشنامه و در سه مولفه مدیریتی–نهادی (۸ نشانگر)، فنی–زیرساختی (۱۴ نشانگر)، اقتصادی (۸ نشانگر) تقسیم‌بندی شدند (جدول۱).

جدول ۱. عوامل کلیدی مؤثر در بهبود امنیت آبی

Table 1. Key factors influencing water security improvement

نشانگرهای مدیریتی-نهادی	Management-institutional indicators	منابع Resources
ذخیره‌سازی آب	Water storage	Reddy et al.(2025); Pereira et al. (2025)
ارتباط متقابل بین ارگان‌های مرتبط با مدیریت آب و بهره‌برداران	Mutual communication between water management related organizations and users	et al.(2025) EL-Gafy et al. (2025); Teferi
افزایش مشارکت و آموزش بهره‌برداران و اجتماعات مردم‌نهاد جهت اجرای برنامه‌های تأمین، توزیع و انتقال آب	Increasing participation and training of users and non-governmental organizations to implement water supply, distribution, and transportation programs	Abdulameer et al. (2020); Vasquez Neyra et al.(2025)
ایجاد تشکل‌های آب‌بران	Creating water-using organizations	Patil & Lodhe (2025)
یکپارچه‌سازی اراضی	Land consolidation	Onyena & Sam (2025)
اصلاح قوانین بهره‌برداری از آب و جلوگیری از تخلفات قانونی	Amending water use laws and preventing legal violations	Thabane et al. (2025)
فرهنگ‌سازی در زمینه مدیریت آب کشاورزی (افزایش آگاهی و دانش کشاورزان)	Building a culture in the field of agricultural water management (increasing farmers' awareness and knowledge)	Gholami et al. (2025)
تولید گونه‌های گیاهی مقاوم به تنش‌های محیطی و خشکسالی	Production of plant species resistant to environmental stresses and drought	Ali et al. (2025)
نشانگرهای فنی-زیرساختی	Technical-infrastructure indicators	**منابع**Resources
توسعه فناوری‌های ظرفیت ذخیره‌سازی رطوبت خاک	Development of soil moisture storage capacity technologies	Wang et al. (2025)
کاهش مشکلات شوری در مزرعه	Reducing salinity problems on the farm	Jin et al. (2025)
کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر	Reducing the area under cultivation of water-intensive crops	Maher et al. (2025)
اصلاح الگوی کشت	Crop pattern modification	Velilla et al. (2025); Zhang et al. (2024)
استفاده و توسعه روش‌های نوین آبیاری	Use and development of new irrigation methods	Borhani et al. (2025)
ترمیم آب‌بندان‌ها و مهار آب‌های سطحی	Repairing dams and controlling surface water	Jamali et al. (2025)
بهبود راندمان انتقال آب	Improving water transfer efficiency	et al. (2025); Naresh et al. (2024) Muñoz
ایجاد سیستم‌های تغذیه مصنوعی آب در مناطق مناسب	Creating artificial water supply systems in appropriate areas	Mansoor (2025)
تجهیز و نوسازی اراضی	Land development and renovation	Nie et al. (2025)
استفاده از بذرهای اصلاح‌شده، گیاهان مقاوم به‌خشکی	Use of modified seeds, drought-resistant plants	Ali et al. (2025)
گسترش کشت گلخانه‌ای	Expansion of greenhouse cultivation	Naresh et al. (2024)
استفاده از فناوری‌های کاهش مصرف آب در مزارع	Using water-saving technologies on farms	Yang et al. (2025); William et al. (2023)
توسعه مکانیزاسیون کشاورزی	Development of agricultural mechanization	Liu et al. (2025)
حمایت دولت از نگهداری و حفاظت از شبکه‌های آبیاری	Government support for the maintenance and protection of irrigation networks	Owens et al. (2022); Wu et al. (2024)
نشانگرهای اقتصادی	Economic indicators	**منابع**Resources
کاهش هدررفت آب در مزرعه	Reducing water waste on the farm	Patil & Lodhe (2025)
ارایه مشاوره‌های بهبود راندمان آبیاری	Providing advice on improving irrigation efficiency	Taraky et al. (2024); Jamali et al. (2025); Thabane et al. (2025)
تأمین اعتبارات و تخصیص تسهیلات مناسب مدیریت آب به کشاورزان	Providing funds and allocating appropriate water management facilities to farmers	Shah et al. (2024); NR et al. (2025)
تعیین قیمت و تعرفه واقعی و مناسب آب در بخش کشاورزی	Determining realistic and appropriate water prices and tariffs in the agricultural sector	Afridi (2025)
حمایت از صنایع وابسته به کشت‌های کم‌آب مثل پنبه و گیاهان دارویی	Supporting industries dependent on water-intensive crops such as cotton and medicinal plants	Yatawatta & Sridarran (2024); Sharafi et al. (2024)
تشویق سرمایه‌گذاری توسط بخش دولتی و خصوصی	Encouraging investment by the public and private sectors	Irannezhad et al. (2022)
نشانگرهای زیست محیطی-زراعی	Agro-environmental markers	**منابع**Resources
استفاده مجدد از پساب‌ها و زه آب‌ها	Reuse of wastewater and drains	Manjari et al. (2024)
بهبود یا اصلاح ظرفیت ذخیره‌سازی رطوبت خاک	Improving or modifying soil moisture storage capacity	Wang et al. (2025); Jin et al. (2025)

برای اندازه‌گیری وضعیت هریک از عوامل کلیدی، نشانگرها در قالب یک طیف لیکرت پنج سطحی در پرسشنامه تنظیم و داده‌های لازم برای دستیابی به هدف پژوهش جمع‌آوری شد. جامعه آماری تحقیق شامل۱۰۰ نفر از کارشناسان و متخصصان حوزه مدیریت آب استان همدان بود که بر اساس تحصیلات مرتبط و سابقه کاردر ادارات مربوطه انتخاب شدند. این افراد از بین کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی (۳۵ نفر)، اداره تعاون روستایی (۳۵ نفر) و شرکت سهامی آب منطقه‌ای (۳۰ نفر) تشکیل شدند. از این جامعه آماری، تعداد۸۰ نفر به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و بر اساس جدول کرجسی–مورگان انتخاب شدند. برای بررسی برازش مدل، از سه روش پایایی شاخص، روایی همگرا و روایی واگرا استفاده شد. پایایی شاخص با سه معیار آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و ضرایب بارهای عاملی سنجیده شد. جدول (۲) مقادیراین معیارها را برای سازه‌های مدل معادلات ساختاری نشان می‌دهد که همگی بالاتر از حد آستانه ۰/۷ قرار دارند و پایایی مدل را تایید می‌کنند. همچنین، شاخص پایایی ترکیبی (CR) برای همه متغیرهای پنهان بالاتر از ۰/۷ بود. مقادیر بارهای عاملی و ضرایب مسیر نیز در شکل (۲) ارائه شده است. نتایج این سه شاخص حاکی از پایایی و روایی مناسب تمامی متغیرهای نهفته (سازه‌ها) در مدل پیشنهادی است. روایی همگرا با معیار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) ارزیابی شد که نشان‌دهنده میانگین واریانس مشترک بین هرسازه با شاخص‌های خود است. درواقع هرچه همبستگی مشاهده‌شده بیشتر باشد، برازش مدل نیز بیشتر خواهد بود. نتایج ارزیابی نیکویی برازش مدل در جدول (۲) ارائه شده است. روایی واگرا نیز با روش فورنل و لارکر مورد ارزیابی قرار گرفت. این نوع روایی نشان می‌دهد که سؤالات یک عامل تا چه اندازه با سؤالات سایر عوامل تفاوت دارند. روایی واگرا زمانی در سطح قابل قبول قرار می‌گیرد که مقدار AVE برای هرسازه، از مجذور ضرایب همبستگی بین آن سازه با سایر سازه‌های مدل بیشتر باشد. براین اساس، روایی واگرای قابل قبول در یک مدل اندازه‌گیری نشان می‌دهد که یک سازه، ارتباط قوی‌تری با نشانگرهای خود در مقایسه با سازه‌های دیگر دارد. در روش حداقل مربعات جزئی و مدل‌سازی معادلات ساختاری، این امر از طریق یک ماتریس بررسی می‌شود که در آن، خانه‌های ماتریس حاوی ضرایب همبستگی بارهای عاملی بین سازه‌ها و قطر اصلی ماتریس، جذر مقادیر AVE مربوط به هرسازه است (Henseler et al.,2016). پس از تعیین روایی ابزارهای اندازه‌گیری و شناسایی روابط بین متغیرها، مرحله بعدی ورود به تحلیل مسیر است. برای تحلیل ساختار درونی پرسشنامه و کشف عوامل تشکیل‌دهنده هرسازه، روایی سازه با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی بررسی شد (Rezazadeh & Davari, 2014). در این پژوهش، برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های توصیفی و استنباطی استفاده شد. تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای SPSS25 و Smart-PLS3 انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش

ارزیابی مدل تحقیق در دو گام انجام شد. درگام نخست، تحلیل‌ها برمبنای میانگین سازه‌ها صورت پذیرفت و درگام دوم، بر پایه‌ی بارهای عاملی متقاطع[1]پیش رفت. براین اساس، متغیرهای آشکار با بارعاملی کمتراز ۰/۵ از مدل حذف شدند، چرا که برازش آن را تضعیف می‌کردند. این متغیرهای حذف شده عبارت بودند از:

عوامل اقتصادی: نشانگرهای ENVC2، ECOF2، ECOF3، ECOF4 وECOF5

عوامل مدیریتی–نهادی: نشانگرهایMSO3، MSO4 و MSO6

عوامل فنی–زیرساختی: نشانگرهایITEC1، ITEC2، ITEC4، ITEC5، ITEC6، ITEC7، ITEC10، ITEC11 و ITEC12

سایر نشانگرها در مدل باقی ماندند. نتایج کامل این مرحله در جدول (۲) ارائه شده است.

[1]-CROSS LOADING

جدول ۲. نتایج برازش مدل عوامل کلیدی بهبود امنیت‌آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی

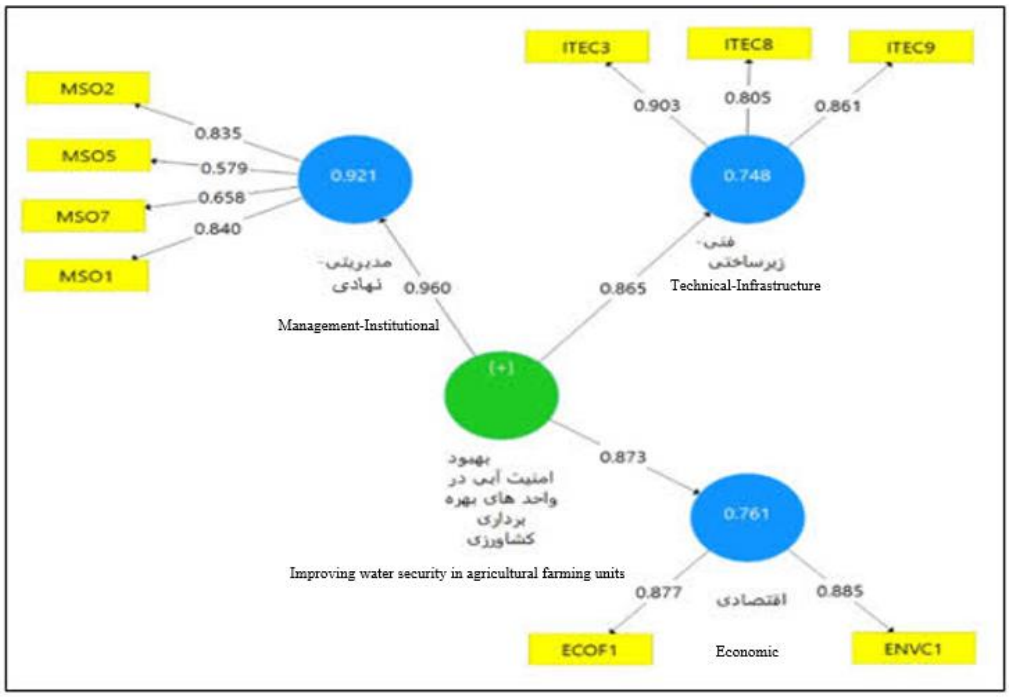
Table 2. Results of fitting the model of key factors for improving water security in agricultural farming units

عوامل کلیدی Key factors	نماد هر گویه در مدل Symbol of each item in the model	مولفه‌ها Components	بار عاملی Factorial load	"t" value**	خطای استاندارد Standard error	ضریب تعیین (R^2) Coefficient of determination	ضریب پایایی ترکیبی(CR) Composite reliability coefficient	متوسط واریانس استخراج شده (AVE) Average extracted variance	آلفای کرونباخ (α) Cronbach's alpha
مدیریتی- نهادی Management-Institutional	MSO1	ارتباط متقابل بین ارگان‌های مرتبط با مدیریت آب و بهره‌برداران Mutual communication between water management related organizations and users	۰/۸۴۰ 0.840	۲۹/۴۸۴ 29.484	۰/۰۲۸ 0.028	۰/۹۲۱ 0.921	۰/۸۲۳ 0.823	۰/۵۴۳ 0.543	۰/۷۱۳ 0/713
	MSO2	افزایش مشارکت و آموزش بهره‌برداران و اجتماعات مردم‌نهاد جهت اجرای برنامه‌های تأمین، توزیع و انتقال آب Increasing participation and training of users and non-governmental organizations to implement water supply, distribution, and transportation programs	۰/۸۳۵ 0.835	۲۵/۳۹۹ 25.399	۰/۰۳۲ 0.032				
	MSO5	اصلاح قوانین بهره‌برداری از آب و جلوگیری از تخلفات قانونی Amending water use laws and preventing legal violations	۰/۵۷۹ 0/579	۳/۴۴۲ 3.442	۰/۱۶۸ 0.168				
	MSO7	اعطای امتیاز و فرصت به کشاورزان برای شرکت در کمیته‌های تصمیم‌گیری آب Granting farmers privileges and opportunities to participate in water decision-making committees	۰/۶۵۸ 0.658	۵/۲۸۶ 5.286	۰/۱۲۴ 0/124				
اقتصادی Economic	ECOF1	کاهش هدررفت آب در مزرعه	۰/۸۷۷ 0/877	۱۹/۵۳۷ 19.537	۰/۰۴۴ 0.044	۰/۷۶۱ 0/761	۰/۸۷۴ 0.874	۰/۷۷۷ 0.777	۰/۷۱۲ 0.712

عوامل کلیدی Key factors	نماد هر گویه در مدل Symbol of each item in the model	مولفه‌ها Components	بار عاملی Factorial load	"t" value**	خطای استاندارد Standard error	ضریب تعیین (R^2) Coefficient of determination	ضریب پایایی ترکیبی(CR) Composite reliability coefficient	متوسط واریانس استخراج شده (AVE) Average extracted variance	آلفای کرونباخ (α) Cronbach's alpha
	ENVC1	Reducing water waste on the farm استفاده مجدد از پساب‌ها و زه آب‌ها Reuse of wastewater and drains	۰/۸۸۵ 0.885	۲۷/۳۴۸ 27.348	۰/۰۳۲ 0.032				
فنی-زیرساختی Technical-Infrastructure	ITEC3	کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر Reducing the area under water-intensive crops	۰/۹۰۳ 0/903	۲۷/۸۸۶ 27.886	۰/۰۳۲ 0.032	۰/۷۴۸ 0.748	۰/۸۹۲ 0.892	۰/۷۳۵ 0.735	۰/۸۱۹ 0.819
	ITEC8	استفاده از بذرهای اصلاح‌شده و گیاهان مقاوم به خشکی Use of improved seeds and drought-resistant plants	۰/۸۰۵ 0.805	۲۲/۷۳۶ 22.736	۰/۰۳۵ 0.035				
	ITEC9	استفاده از فناوری‌های کاهش مصرف آب در مزارع Using water-saving technologies on farms	۰/۸۶۱ 0.861	۱۶/۷۹۵ 16.795	۰/۰۵۱ 0.051				

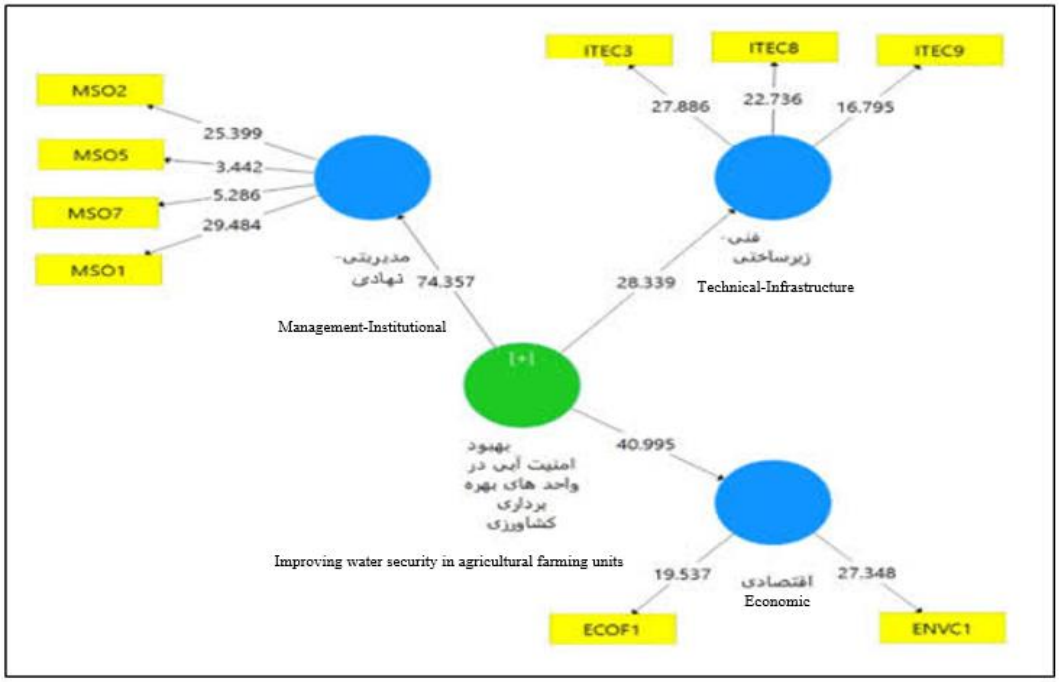
ماخذ: یافته‌های تحقیق (**: با توجه به اینکه همه مقادیر **t** بالاتر از ۲/۵۶ هستند، همگی در سطح ۱درصد معنی دارند).

برای ارزیابی کیفیت مدل در راستای تحلیل عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی استان همدان، ازمعادلات ساختاری استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد تحلیل عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در این واحدها، تحت تاثیر سه سازه‌ی اصلی اقتصادی، مدیریتی–نهادی و فنی–زیرساختی قرار دارد. این سه‌سازه درکنار یکدیگر می‌توانند عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی را تبیین کرده و توسعه دهند. براساس شکل‌های (۲ و ۳) و باتوجه به مقادیر بارعاملی، معناداری آماره t و نیز بالاتر بودن میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) از حد استاندارد ۰/۵، می‌توان گفت نشانگرهای به‌کاررفته برای سنجش هرسازه، از دقت لازم برای اندازه‌گیری سازه متناظر برخوردار بوده و به‌درستی انتخاب‌شده‌اند.



شکل ۲. ضرایب مسیر و تبیین سازه‌های[۱] مدل عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی

Figure 2. Path coefficients and explanation of the model constructs of key factors for improving water security in agricultural farming units



شکل۳. معناداری سازه‌های مدل عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی

Figure 3. Significance of the constructs of the key factors model for improving water security in agricultural farming units

۱. شاخص‌هایی که در شکل حضور ندارند، در تحلیل عاملی به دلیل کمک ضعیف به سازه مدنظر از تحلیل حذف شده‌اند.

شاخص فورنل و لارکر نشان داد نشانگرهای منتخب برای اندازه‌گیری سازه‌های موردنظر از روایی تشخیصی یا واگرای خوبی برخوردارند جدول (۳). این نتیجه از آن‌جا ناشی می‌شود که جذر میانگین واریانس استخراج شده برای هر سازه در قطر ماتریس، از تمامی ضرایب همبستگی آن سازه با سایر عوامل بزرگتر است.

جدول ۳. مقایسه ریشه دوم میانگین واریانس استخراج شده با همبستگی‌های موجود (معیار فورنل و لارکر)

Table 3. Comparison of the square root of the extracted mean variance with existing correlations (Fornell and Larker criterion)

		۱ 1	۲ 2	۳ 3
عوامل اقتصادی	Economic factors	۰/۸۸۱ 0.881		
عوامل فنی-زیرساختی Technical-infrastructural factors		۰/۶۳۴ 0.634	۰/۸۵۷ 0.857	
عوامل مدیریتی- نهادی Management-Institutional Factors		۰/۸۶۸ 0/868	۰/۸۲۵ 0/825	۰/۷۳۷ 0.737

ماخذ: یافته‌های تحقیق

روایی تشخیصی نیز با شاخص HTMT ارزیابی شد. مقادیر کمتر از ۰/۸۵ برای این شاخص، نشان‌دهنده مطلوب بودن روایی تشخیصی است (Hair et al.,2021). بر اساس نتایج مندرج درجدول (۴)، روایی تشخیصی سازه‌ها در سطح قابل قبولی قرار دارد.

جدول ٤. مقادیر HTMT

Table 4. HTMT values

متغیر **Variable**	عوامل اقتصادی Economicfactors	عوامل فنی-زیرساختی Technical-infrastructural factors	عوامل مدیریتی- نهادی Management-Institutional Factors
عوامل اقتصادی Economic factors			
عوامل فنی-زیرساختی Technical-infrastructural factors	۰/۸۰۵ 0.805		
عوامل نیازهای مدیریتی- نهادی Management-Institutional Factors	۰/۶۷۷ 0.677	۰/۷۶۱ 0.761	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. ضرایب مسیر در عوامل کلیدی بهبود امنیت‌آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی

Table 5. Path coefficients in key factors for improving water security in agricultural farming units

مبدا مسیر Route origin	مقصد مسیر Route destination	ضریب مسیر β Path coefficient	مقدار t t-value
عوامل کلیدی بهبود امنیت‌آبی در واحدهای بهره‌برداری Key factors for improving water security in farming units	اقتصادی Economic	۰/۸۷۳ 0.873	۴۰/۹۹۵** **40.995
	مدیریتی-نهادی Management-Institutional	۰/۹۶۰ 0.960	۷۴/۳۵۷** **74.357
	فنی-زیرساختی Technical-Infrastructure	۰/۸۶۵ 0.865	۲۸/۳۳۹** **28.339

ماخذ: یافته‌های تحقیق (**معنی داری در سطح یک درصد)

ضرایب مسیر و مقادیرمتناظر آماره t نشان‌دهنده معناداری کلیه این ضرایب در سطح اطمینان یک درصد هستند. ضریب مسیر وجود یک رابطه علّی خطی را بین دو متغیر پنهان نشان می‌دهد و بزرگی آن بیانگر شدت و جهت این رابطه است. هرچه مقدار این ضرایب بالاتر باشد، تأثیر متغیر موردنظر نیز بیشتر خواهد بود. براساس جدول (۵)، اثر عوامل مدیریتی–نهادی بر بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی برابربا ۰/۹۶ برآورد شده است. سطح معناداری مقدار t برای این پارامتر بالاتر از ۰/۰۱ است (t = ۷۴/۳۵۷). بنابراین، دلیل کافی برای رد فرض صفر وجود دارد و باتوجه به معناداری این ضریب می‌توان گفت عوامل مدیریتی–نهادی اثر آماری معناداری بر بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی دارند. براین اساس، فرضیه مربوط به تأثیر معنادار عوامل مدیریتی–نهادی پذیرفته می‌شود. همچنین، مطابق جدول (۵) ضریب مسیر اثرعوامل اقتصادی بر بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی برابر با ۰/۸۷۳ تخمین زده شده است. سطح معناداری مقدار t برای این پارامتر نیز بالاتر از ۰/۰۱ است (t = ۴۰/۹۹۵) که دلیل کافی برای رد فرض صفر به شمار می‌رود. با توجه به معناداری این ضریب، می‌توان نتیجه گرفت عوامل اقتصادی نیز اثر آماری معناداری بر بهبود کلان امنیت آبی در این واحدها دارند و فرضیه مربوط به آن تأیید می‌شود. لازم به ذکر است ضریب مسیر اثر عوامل فنی–زیرساختی بر بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی برابر با ۰/۸۶۵ برآورد شده است. سطح معناداری مقدار t برای این پارامتر بالاتر از ۰/۰۱ است (t = ۲۸/۳۳۹)؛ در نتیجه، دلیل کافی برای رد فرض صفر وجود دارد. با توجه به معناداری این ضریب، می‌توان گفت عوامل فنی–زیرساختی نیز اثر آماری معناداری بر بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی دارند و فرضیه مرتبط با آن پذیرفته می‌شود. در یک جمع‌بندی غلبه بعد مدیریتی–نهادی در امنیت آبی کشاورزی همدان لزوماً ناشی از کمبود فیزیکی آب نیست، بلکه نتیجه ضعف حکمرانی آب است که خود شامل ضعف دراجرای مقررات، گسستگی نهادی و سطح پایین مشارکت و اعتماد بهره‌برداران می‌شود. در چنین شرایطی، نظام مدیریتی–نهادی، اثرگذاری ابعاد فنی–زیرساختی و اقتصادی را درعمل تعدیل می‌کند. ضریب مسیر۰/۹۶ نشان می‌دهد تقریباً تمام اثر سایر ابعاد بر امنیت آبی از مجرای مدیریتی–نهادی عبور می‌کند. بنابراین، سرمایه‌گذاری‌های صرفاً فنی یا اقتصادی، بدون اصلاح نظام حکمرانی، بازده معناداری در بهبود امنیت آبی همدان نخواهد داشت. پیامد سیاستی اصلی این یافته آن است که در استان همدان، اولویت سیاست‌ها باید از توسعه صرف زیرساخت‌ها به سمت اصلاح حکمرانی آب، تقویت مشارکت ذی‌نفعان و افزایش اعتماد و کارایی نهادی تغییر کند.

بحث

با توجه به موارد مذکور در مدل ساختاری نهایی، عوامل کلیدی بهبود کلان امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی در قالب سه سازه قرار می‌گیرند. سازه مدیریتی–نهادی با ضریب مسیر۰/۹۶ دررتبه اول تأثیرگذاری قرارگرفت و از دیدگاه پاسخ‌دهندگان بیشترین نقش را در تبیین این عوامل در استان همدان دارد. پس از آن، سازه اقتصادی با ضریب مسیر ۸۷۳ /۰ رتبه دوم و سازه فنی–زیرساختی با ضریب مسیر ۰/۸۶۵ رتبه سوم را به خود اختصاص دادند. از میان نشانگرهای دارای ماهیت مدیریتی–نهادی، «ارتباط متقابل بین ارگان‌های مدیریت آب و بهره‌برداران»، «افزایش مشارکت و آموزش بهره‌برداران و جوامع محلی برای اجرای برنامه‌های تأمین، توزیع و انتقال آب» و «اصلاح قوانین بهره‌برداری از آب و جلوگیری از تخلفات قانونی» دارای بیشترین اولویت بودند. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌هایی مانند (Lema et al., 2025) هم‌خوانی دارد. ارتباط و همکاری مؤثر بین نهادهای ذی‌ربط و بهره‌برداران، زمینه تبادل اطلاعات و تجربیات را فراهم می‌کند و با بهینه‌سازی مدیریت آب، بهره‌وری و امنیت آبی را افزایش می‌دهد. این تعامل می‌تواند تنش‌های ناشی از رقابت بر سر منابع آب را کاهش داده و به توسعه پایدار در این بخش کمک کند. به عبارت دیگر، تعامل مستقیم نهادهایی مانند وزارت نیرو و جهاد کشاورزی با کشاورزان، امکان تخصیص آب را براساس نیاز واقعی و ظرفیت منطقه فراهم می‌آورد. دریافت بازخورد از کشاورزان، اجرای سریع‌تر برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی (مانند کشت محصولات مقاوم) را ممکن می‌سازد و در شرایط خشکسالی، کمیته‌های مشترک

تصمیم‌گیری می‌توانند در اولویت‌بندی توزیع آب نقش مؤثری ایفا کنند. در مجموع، ارتباط مؤثر از طریق هماهنگی، آموزش و نظارت جمعی، عوامل کلیدی بهبود امنیت آبی را تقویت می‌نماید و به مدیریت پایدار منابع آب، افزایش بهره‌وری و کاهش ریسک بحران منجر می‌شود.

با توجه به محدودیت ذاتی آب به عنوان یک منبع حیاتی، تعادل بین عرضه و تقاضا عامل مهمی به‌شمار می‌رود که حمایت و مداخله دولت را می‌طلبد (Yang et al., 2024). در این راستا، مدیریت مشارکتی آب با درگیر ساختن بهره‌برداران در فرآیند تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری، مؤثرترین روش برای مدیریت منابع آبی و تحقق امنیت‌آبی شناخته می‌شود (Lema et al., 2025). این رویکرد با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا از طریق حکمرانی مشترک، مسئولیت‌پذیری اجتماعی، رسمیت‌بخشی به تشکل‌های محلی و بهره‌گیری از دانش بومی، چارچوبی پایدار ارائه می‌دهد. به بیان دقیق‌تر، مدیریت مشارکتی با درگیر کردن ذی‌نفعان محلی، چهار رکن اصلی امنیت آبی دسترسی پایدار، کیفیت آب، انعطاف‌پذیری در برابر بحران و حکمرانی شفاف را تقویت می‌کند.

جلوگیری از تخلفات قانونی در حوزه آب نیز رویکردی چندجانبه نیاز دارد که باید آلودگی آب، حفاری غیرمجاز چاه و هرگونه فعالیت مخرب دیگر را هدف قرار دهد (Angi et al., 2025). به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای مدیریت هوشمند منابع آبی می‌تواند راهکاری مؤثر در کاهش این تخلفات باشد. همچنین، جلوگیری از آلودگی آب توسط کشاورزان و حفظ کیفیت آن، اقدامی حیاتی است که به رویکردی جامع و همکاری بین تمام ذی‌نفعان وابسته است. این اقدامات شامل ترویج کشاورزی پایدار، کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، مدیریت صحیح پسماندها و آموزش کشاورزان می‌شود. اتخاذ این رویکرد، حفظ کیفیت منابع آب، تضمین امنیت‌آبی و تحقق توسعه پایدار کشاورزی را در پی خواهد داشت.

براساس نتایج، از میان نشانگرهای اقتصادی، «ارائه مشاوره برای بهبود راندمان آبیاری»، «حمایت از صنایع وابسته به کشت‌های کم‌آب» و «استفاده مجدد از پساب و زه‌آب» دارای بیشترین اولویت بودند. با توجه به افزایش جمعیت، کاهش بارش‌ها و خشکسالی‌های اخیر که سطح منابع آب زیرزمینی و سطحی را کاهش داده، بشر ناگزیر به جستجوی منابع آبی جدید است. در این شرایط، استفاده مجدد، بازچرخانی و استحصال پساب به‌عنوان روش‌هایی برای مدیریت منابع آبی و افزایش امنیت آبی مطرح می‌شوند (Soltani Kazemi & Derikond, 2019). تصفیه و بازیافت فاضلاب، امکان استفاده از آن را به عنوان منبعی پایدار فراهم می‌کند؛ راهکاری که به‌ویژه در مناطق مواجه با کم‌آبی از اهمیت بیشتری برخوردار است و می‌تواند به کاهش مصرف آب شیرین و جلوگیری از آلودگی کمک کند. حمایت از کشت کم‌آب‌بر نیز به دلیل کاهش مصرف آب، افزایش بهره‌وری، حفظ منابع آب زیرزمینی و سازگاری با تغییرات اقلیمی، به تأمین پایدار غذا و آب یاری می‌رساند. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌هایی (Jamali et al., 2025; Zhang et al., 2025; Yaqoob & Dahri, 2025; Riediger et al., 2025) هم‌خوان است. برای بهبود راندمان آبیاری و امنیت آبی، مشاوره در زمینه به‌کارگیری سیستم‌های نوین آبیاری، مدیریت بهینه منابع آب، اصلاح روش‌های کاشت و استفاده از فناوری‌های نوین ضروری به نظر می‌رسد.

در میان نشانگرهای فنی–زیرساختی، «استفاده از بذرهای اصلاح‌شده و گیاهان مقاوم به خشکی»، «حمایت دولت از نگهداری و حفاظت شبکه‌های آبیاری» و «کاهش مشکلات شوری در مزرعه» بیشترین اثرگذاری را داشتند. استفاده از بذرهای اصلاح‌شده و گیاهان مقاوم به خشکی به دلیل مقاومت بالا در برابر کم‌آبی، تنش‌های محیطی و بیماری‌ها، نقش مهمی در بهبود امنیت آبی و عملکرد کشاورزی ایفا می‌کند (Latifmanesh et al., 2024). این رویکرد با کاهش نیاز آبی، به حفظ منابع آبی و پایداری تولید کمک می‌نماید. بنابراین، به‌کارگیری این روش‌ها می‌تواند امنیت آبی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش داده و به پایداری تولید محصولات کشاورزی بینجامد. اگرچه سازه مدیریتی—نهادی با ضریب مسیر ۰/۹۶ مهم‌ترین پیش‌نیاز امنیت آبی است، این به معنای بی‌اهمیت بودن سرمایه‌گذاری در ابعاد فنی—زیرساختی یا اقتصادی نیست. ضرایب ۰/۸۷۳ و ۰/۸۶۵ نشان می‌دهند این دو بعد نیز اثرگذاری بالایی دارند، اما اثر آن‌ها مشروط و وابسته به کارکرد بُعد مدیریتی—نهادی است. زیرا حتی سرمایه‌گذاری فنی مستلزم وجود ساختاری مدیریتی–نهادی توانمند است. تعامل بین سازه‌ها به این صورت است که بعد مدیریتی—نهادی نقش تسهیل‌گر و میانجی را ایفا می‌کند؛ به‌عبارت‌دیگر، سیاست‌ها و سرمایه‌گذاری‌های

فنی و اقتصادی تنها در صورتی به بهبود امنیت آبی منجر می‌شوند که درچارچوب حکم‌رانی کارآمد، پذیرش اجتماعی و هماهنگی نهادی اجرا شوند. بنابراین، رابطه بین سازه‌ها تعاملی و غیرخطی است، نه صرفاً سلسله‌مراتبی. در نتیجه، یافته‌ها از رویکرد «یا این یا آن» حمایت نمی‌کنند، بلکه بر ضرورت هم‌افزایی ابعاد مختلف با تقدم اصلاحات مدیریتی–نهادی تأکید دارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به یافته‌های این پژوهش، بهبود امنیت آبی در واحدهای کشاورزی استان همدان متأثر از سه گروه اصلی عوامل مدیریتی–نهادی، اقتصادی–زیست‌محیطی و فنی–زیرساختی است. درحوزه عوامل مدیریتی–نهادی، برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای بهره‌برداران، تشویق به ایجاد «تعاونی‌های آب‌بران» برای نظارت جمعی بر توزیع آب و اعمال مقرراتی مانند کاهش حق‌آبه برای محصولات پرآب‌بر (مانند سیب‌زمینی) از جمله اقدامات کلیدی به شمار می‌روند. در بخش عوامل اقتصادی–زیست‌محیطی، ایجاد تعادل بین بهره‌وری و پایداری از طریق توجه همزمان به توجیه مالی و حفظ اکوسیستم‌ها ضروری است. نمونه‌های عینی عبارتند از: پرداخت یارانه برای جایگزینی سیستم‌های آبیاری غرقابی با روش‌های کم‌مصرف (مانند پروژه الگویی آبیاری قطره‌ای در مزارع گندم با مشارکت بانک کشاورزی)، استفاده از پساب تصفیه‌شده شهر همدان برای آبیاری فضای سبز و باغات که علاوه بر کاهش فشار بر منابع زیرزمینی، هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد و اعمال مالیات بر بهره‌برداری غیرمجاز از چاه‌ها در دشت‌های شرقی استان که با فرونشست زمین همراه شده است. در زمینه عوامل فنی–زیرساختی، به‌کارگیری نوآوری‌های فناورانه و بهینه‌سازی زیرساخت‌ها برای کاهش شکاف بین عرضه و تقاضای آب امری حیاتی است. از جمله این اقدامات می‌توان به نصب سنسورهای سنجش رطوبت در مزارع نمونه برای پایش هوشمند نیاز آبی و اتصال به سیستم‌های آبیاری خودکار، احداث سازه‌های جمع‌آوری آب باران در واحدهای دامداری برای تأمین بخشی از آب موردنیاز و احیای قنات‌های تاریخی با همکاری سازمان میراث فرهنگی و جهاد کشاورزی به عنوان منابع مکمل آب اشاره نمود.

باتوجه به نتایج مذکور، پیشنهادهای زیر به منظور بهبود امنیت آبی در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی ارائه می‌شود:

همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان: همکاری نهادهای دولتی، بخش خصوصی و مراکز علمی با شرکت‌های دانش‌بنیان برای توسعه فناوری‌های نوین آبیاری، راهبردی هوشمند و رکنی اصلی برای خروج از بحران آب است. این همکاری می‌تواند با سرعت بخشیدن به توسعه و انتشار فناوری‌های کارآمد، به بهبود چشمگیر امنیت آبی بینجامد.

حمایت از طرح‌های پایلوت: دولت با حمایت و ارائه تسهیلات از طرح‌های پایلوت در استان، مانند طرح‌های نوین آبیاری با هدف ترویج سیستم‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی)، می‌تواند به کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی کمک کند.

اجرای برنامه‌های الگوسازی: اجرای برنامه پایلوت «کشاورزی حفاظتی» یا ایجاد «مزارع الگویی» در روستاهای شاخص هر شهرستان (مانند رزن یا فامنین) برای نمایش عملی مزایای کم‌آبیاری و خاک‌ورزی حفاظتی پیشنهاد می‌شود. این روستاها می‌توانند الگویی برای سایر مناطق باشند.

استقرار سامانه پایش هوشمند: نصب کنتورهای هوشمند و راه‌اندازی سامانه پایش هوشمند برداشت آب زیرزمینی در دشت‌های بحرانی (مانند کبودرآهنگ) برای مدیریت بلادرنگ، داده‌محور و کنترل برداشت بی‌رویه پیشنهاد می‌شود.

طرح‌های تشویقی جایگزینی ارقام: اجرای طرح تشویقی جایگزینی ارقام مقاوم به خشکی و پرداخت تسهیلات کم‌بهره به کشاورزانی که به صورت مشارکتی و داوطلبانه محصولات آب‌بر را با ارقام کم‌نیاز آبی جایگزین می‌کنند، می‌تواند به بهبود امنیت‌آبی در بخش کشاورزی استان کمک نماید.

این پژوهش با محدودیت‌هایی نیز همراه بود که مهم‌ترین آن، محدود بودن جامعه آماری به کارشناسان ستادی دولتی در سطح استان و عدم حضور کارشناسان شهرستانی بود. اگرچه این کارشناسان از دیدجامع و تجربه استانی برخوردارند، تعمیم نتایج به سطح تمامی شهرستان‌ها و سایر استان‌ها باید با احتیاط صورت گیرد. بنابراین، انجام پژوهش‌های آتی در سایر استان‌ها یا حتی در استان همدان با جامعه‌آماری گسترده‌تر شامل کشاورزان و سایر کنشگران فعال بخش کشاورزی و مدیریت آب و نیز با تعداد بیشتری از نشانگرها در ذیل هر سازه که تبیین دقیق‌تری از موضوع ارائه دهد، پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

Abdulameer, L., Al-Khafaji, M. S., Al-Awadi, A. T., Al Maimuri, N. M., Al-Shammari, M., & Al-Dujaili, A. N. (2025). Artificial Intelligence in Climate-Resilient Water Management: A Systematic Review of Applications, Challenges, and Future Directions. *Water Conservation Science and Engineering*, 10 (1), 44. https://doi.org/10.1007/s41101-025-00371-2.

Afridi, M. K. (2025). Environmental challenges in Pakistan: assessing impacts and exploring solutions. Contemporary *Journal of Social Science Review*, 3(1), 2079-2092. https://doi.org/10.12345/m713r848.

Ali, M., Shi, L., Khan, M. A., Ali, A., Hu, S., & Shen, J. (2025). Auxin biodynamics and its integral role in enhancing plant resilience to environmental cues. *Physiologia Plantarum*, 177(2), e70165. https://doi.org/10.1111/ppl.70165.

Angi, J. C. W., Al Mukarramah, N. H., & Maskun, M. (2025). Mitigating water depletion through wastewater management law in Indonesia's textile sector: Evaluating compliance and alignment with national environmental standards. In *BIO Web of Conferences*, 155,06017. EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/bioconf/202515506017.

Borhani, F., Pourezzat, A. A., & Ehsani, A. H. (2024). Spatial distribution of particulate matter in Iran from internal factors to the role of western adjacent countries from political governance to environmental governance. *Earth Systems and Environment*, *8*(1), 135-164. https://doi.org/10.1007/s41748-023-00365-x. (In Persian).

Choobchian, S., & Motaghed, M. (2025). Ripples of change: exploring water security in farming systems—insights from Hamedan province, Iran. *Sustainable Water Resources Management*, 11(2), 1-14. https://doi.org/10.1007/s40899-025-01219-2. (In Persian).

Damavandi, A., Saadi, H., Naderi Mahdi-e, K., and Malekian, A. (2023). Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components. *Journal of Water and Sustainable Development*, *10*(1), 45-56. https://doi.org/10.22067/jwsd.v10i1.2207-1165. (In Persian).

Du, W. (2025). Internationalization strategy of Chinese agriculture: fostering sustainable development and promoting global food security. http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/54484.

EL-Gafy, I., Mohamady, S., Grigg, N., & Al Zayed, I. S. (2025). A Policy Framework to Mainstream the Water–Food–Energy–Environment Nexus In to Water Resources Management. *World Water Policy*. https://doi.org/10.1002/wwp2.12251.

Esmaeilinejad, H., Joda, F., & Bararzadeh Ledari, M. (2025). Integrated resource management subsequent to climate change: a nexus approach for energy, water and food security. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s13762-025-06402-8. (In Persian).

Espuny, M., Reis, J. S. D. M., Giupponi, E. C. B., Rocha, A. B. T., Costa, A. C. F., Poltronieri, C. F., & Oliveira, O. J. D. (2025). The role of the triple helix model in promoting the circular economy: Government-led integration strategies and practical application. *Recycling*, 10(2), 50. https://doi.org/10.3390/recycling10020050.

Gholami, M., Heidary, B., Afkhami, M., & Kiani, M. A. (2025). Strategies for Enhancing Water Security in Iran's Agricultural Sector under Climate Change. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 0-0. https://jast.modares.ac.ir/article-23-74606-en.pdf. https://jast.modares.ac.ir/article-23-74606-fa.html. (In Persian).

Grigg, N. S. (2025). Integrated Water Resources Management After 2030: An Agenda for Educators. Water, 17(2), 189. https://doi.org/10.3390/w17020189.

Hair Jr., J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., Ray, S. et al. (2021). Evaluation of Reflective Measurement Models. *In Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*. Classroom Companion: Business (pp. 75-90). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7_4.

Henseler, J., Ringle, C., Sinkovice, R. (2016). The use of partial least square path modeling in international marketing. Advint Market, 20 (29), pp277-319. http;//dx.doi.org/10.1108/s1474-

7979(2009)0000020014.
Irannezhad, M., Ahmadi, B., Liu, J., Chen, D., & Matthews, J. H. (2022). Global water security: A shining star in the dark sky of achieving the sustainable development goals. *Sustainable Horizons*, *1*, 100005. https://doi.org/10.1016/j.horiz.2021.100005. (In Persian).
Jain, S., Srivastava, A., Khadke, L., Chatterjee, U., & Elbeltagi, A. (2024). Global-scale water security and desertification management amidst climate change. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(49), 58720-58744. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-34916-0.
Jamali, M., Yazdian, H., Bahman, G., & Eslamian, S. (2025). Water agriculture nexus a system dynamics approach for the next three decades. *Scientific Reports*, 15(1), 5946. https://doi.org/10.1038/s41598-025-90728-3. (In Persian).
Jin, D., Wei, Y., & Zhang, K. (2025). The research on soil water utilization mechanism in drought-resistant crops based on big data. *Advances in Resources Research*, 5(1), 329-349. https://doi.org/10.50908/rdj.4.0_126.
Karimi, M., Tabiee, M., Karami, S., Karimi, V., & Karamidehkordi, E. (2024). Climate change and water scarcity impacts on sustainability in semi-arid areas: Lessons from the South of Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 24, 101075. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.101075.
Kazemi Garajeh, M., Haji, F., Tohidfar, M., Sadeqi, A., Ahmadi, R., & Kariminejad, N. (2024). Spatiotemporal monitoring of climate change impacts on water resources using an integrated approach of remote sensing and Google Earth Engine. *Scientific reports*, 14(1), 5469. https://www.nature.com/articles/s41598-024-56160-9. (In Persian).
Latif Manesh, H., Dadi, H., Soleimani, S., Masoumi Asl, A., Moradi, A. (2023). The role of emerging technologies in reducing the effects of drought stress in crop plants, *Quarterly Journal of Life Sciences and Emerging Fields*, 1 (1), 11-55. (In Persian).
Lema, M. W. (2025). Sustaining Rural Livelihoods Through Participatory Water Governance: A Review of Community-Driven Water Resource Management Models in East and Central Africa. *Environmental Quality Management*, 34(3), e70023. https://doi.org/10.1002/tqem.70023.
Liu, J., Yasir, H., Tahir, H., & Awan, A. G. (2025). Full mechanization: a path to increased farm income, food security, and environmental quality in developing countries. *Environment, Development and Sustainability*, 1-22. https://doi.org/10.1007/s10668-024-05720-0.
Maher, T., Antar, C., Alshrari, A., & Ali, H. (2025). Advancing Environmental Sustainability and Consumption Security through Wastewater Reuse in Arid Regions. *European Journal of Sustainable Development*, 14(2), 797.
Manjari, M., Verma, K., Pranesh, A. T., Marigoudar, S. R., Hoysall, C., & Rao, L. (2024). Achieving water security in India through sustainable wastewater reuse: The roles of policy, politics, and people. *Utilities Policy*, 90, 101814. https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101814
Mansoor, S. (2025). Pakistan's Water Security Crisis: Challenges and the Case for Integrated Water Resource Management. *NUST Journal of International Peace & Stability*, 30-47. https://njips.nust.edu.pk/index.php/njips/article/view/184.
Mokone, N., & Gumede, V. (2025). Towards an approach for enhancing water security: The case of South Africa. *Journal of Local Government Research and Innovation*, 6, 228. https://doi.org/10.4102/jolgri.v6i0.228.
Motaghed, M., & Choobchian, Sh. (2024). Investigation and identification of indicators for measuring water security in agricultural exploitation units of Hamadan province. *Journal of Research on Agricultural Economics and Development, Iran*, 55 (2), 331-349. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.358622.669217 .(In Persian).
Muñoz, R., Santos, M. J., Castro-Álvarez, M. A., Mamani-Tapia, M. W., Miranda-Manrique, V., & Huggel, C. (2025). The role of livelihood assets in shaping water security in mountain regions. *Environmental Research Letters*, 20(5), 054015. https://doi.org/10.1088/1748-9326/adc750.
Murei, A., & Momba, M. N. B. (2025). SIMRA: An interactive web-based tool for single integrated microbial risk assessment and management within the national water security framework

(NWSF). *Environmental Modelling & Software*, 185, 106304. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106304.

Naresh, R., Jadav, S. K., Singh, M., Patel, A., Singh, B., Beese, S., & Pandey, S. K. (2024). Role of hydroponics in improving water-use efficiency and food security. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(2), 608-633. https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23976.

Nie, T., Jiang, X., Deng, C., Cai, W., Lei, Y., & Gao, S. (2024). Analysis of the evolution of water culture and water security in the Weihe River Basin over a 100 year-period. *Science of the Total Environment*, 920, 171066. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171066.

Nouri Ghezeljeh, Gh. (2025). Hamedan, the strategic hub of food security and agricultural exports of Iran, Radio and Television News Agency. Available at: https://www.iribnews.ir/fa/news/5550670/%D9%87%D9%85%D8%AF%D8%A7%D9%86. (In Persian).

Nsabiyeze, A., Ma, R., Li, J., Luo, H., Zhao, Q., Tomka, J., & Zhang, M. (2024). Tackling climate change in agriculture: A global evaluation of the effectiveness of carbon emission reduction policies. *Journal of Cleaner Production*, 142973. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142973.

Onyena, A. P., & Sam, K. (2025). The blue revolution: sustainable water management for a thirsty world. Discover *Sustainability*, 6 (1), 1-19. https://doi.org/10.1007/s43621-024-00631-6.

Owens, K., Carmody, E., Grafton, Q., O'Donnell, E., Wheeler, S., Godden, L., ... & Quiggin, J. (2022). Delivering global water security: Embedding water justice as a response to increased irrigation efficiency. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, *9*(6), e1608. https://doi.org/10.1002/wat2.1608.

Patil, P. V., & Lodhe, A. D. (2025). Innovative Approaches to Water Conservation In Rajasthan: Challenges And Solutions. *Journal of Scientific Research and Technology*, 5-16.

Pereira, B., Medeiros, P., Neto, A. A. M., de Araújo, J. C., & Sivapalan, M. (2025). Advancing Water Security in Brazilian Semi-arid: Expansion of Water Storage Infrastructure and Human-Water System Co-evolution. Authorea Preprints. https://doi.org/10.22541/essoar.173940268.81287640/v1.

Pérez-Arévalo, R., Jiménez-Caldera, J. E., Serrano-Montes, J. L., Rodrigo-Comino, J., Ortiz Royero, J. C., & Caballero-Calvo, A. (2025). Impacts of Urban Morphology on Micrometeorological Parameters and Cyclonic Phenomena in Northern Colombian Caribbean. *Climate*, 13(5), 87. https://doi.org/10.3390/cli13050087.

Piemontese, L., Terzi, S., Di Baldassarre, G., Menestrey Schwieger, D. A., Castelli, G., & Bresci, E. (2024). Over-reliance on water infrastructure can hinder climate resilience in pastoral drylands. *Nature Climate Change*, 14(3), 267-274. https://doi.org/10.1038/s41558-024-01929-z.

Reddy, D. S., Venkatasubramanian, V., Savitha, M. S., Ramesh, P. R., Pappireddy, M., & Bhandi, N. H. (2025). Climate Resilience through Inclusive Water Management: A Decade-long Case Study in Karnataka. Rainfed Agriculture: Building Pathways for Resilience & Sustainable Livelihoods, 1.

Rezazadeh, Arash and Davari, Ali (2014). *Structural Equation Modeling with PLS Software*, Jahad Daneshgahi Publications. Available at: https://www.gisoom.com/book/.(In Persian).

Riediger, P. I., Marques, G. F., Dalcin, A. P., Jardin, P. F., Magalhães Filho, F. J. C., & Persson, K. M. (2025). Improving sanitation strategies through coordinated investment on wastewater treatment reuse and water supply at the watershed scale: A Brazilian view of water security. *Water Policy*, wp2025168. https://iwaponline.com/wp/article/27/2/182/107022/Improving-sanitation-strategies-through.

Safari Shad, M., Habibnejad Roshan, M.,Soleimani, K., Ildarmi, A., Zeinivand, H. (2017). Potential impact of climate change on river flow in the Hamedan-Bahar watershed. *Journal of Hydrogeomorphology*, 4 (10), 81-98. https://civilica.com/doc/1592298. (In Persian).

Shah, W. U. H., Hao, G., Yasmeen, R., Yan, H., & Qi, Y. (2024). Impact of agricultural technological innovation on total-factor agricultural water usage efficiency: Evidence from 31 Chinese Provinces. *Agricultural Water Management*, 299, 108905. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108905.

Sharafi, S., Nahvinia, M. J., & Salehi, F. (2024). Assessing the Water Footprints (WFPs) of

Agricultural Products across Arid Regions: Insights and Implications for Sustainable Farming. *Water*, *16* (9), 1311. https://doi.org/10.3390/w16091311. (In Persian).

Soltani Kazemi, Hossein, and Derikond, Ehsan (2019). Reuse of treated sanitary wastewater and agricultural drainage water as alternative sources for irrigation of vegetables in Dasht-e Aghili Plain. *Journal of Water Engineering*, 228-237. https://journals.iau.ir/article_675778_bc919e73f7ca392e6b36f833325002e3.pdf. (In Persian).

Taraky, Y. M., McBean, E., Binns, A., & Gharabaghi, B. (2024). Advancing Water Security and Agricultural Productivity: A Case Study of Transboundary Cooperation Opportunities in the Kabul River Basin. *Environments*, 11(11), 253. https://doi.org/10.3390/environments11110253.

Teferi, E., Kassawmar, T., Bewket, W., Zeleke, G., Ayele, G. T., O'Donnell, G., & Walsh, C. (2025). Rainfed agriculture in Ethiopia: a systematic review of green water management pathways to improve water and food security. Frontiers in Agronomy, 7, 1418024. https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1418024.

Thabane, V. N., Agholor, I. A., Ludidi, N. N., Morepje, M. T., Mgwenya, L. I., Msweli, N. S., & Sithole, M. Z. (2025). Irrigation Water and Security in South African Smallholder Farming: Assessing Strategies for Revitalization. *World*, 6(1), 32. https://doi.org/10.3390/world6010032.

Vasquez Neyra, J. M., Cequea, M. M., & Schmitt, V. G. H. (2025). Current practices and key challenges associated with the adoption of resilient, circular, and sustainable food supply chain for smallholder farmers to mitigate food loss. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1484933. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1484933.

Velilla, E., Snethlage, J., Poelman, M., van der Meer, I. M., van der Werf, A., Deolu-Ajayi, A. O., & van Belzen, J. (2025). Too salty to farm: rethinking coastal land use in response to soil salinization. *Restoration Ecology*, e70006. https://doi.org/10.1111/rec.70006.

Wang, R., Yang, Q., Deng, Z., & Nian, W. (2025). The research on soil-plant-climate interactions: An integrated assessment of water management and drought resilience. *Advances in Resources Research*, 5(1), 456-476. https://doi.org/110.1109/ICCPCT58313.2023.10245020.

Wu, D., Zheng, L., Wang, Y., Gong, J., Li, J., & Chen, Q. (2024). Dynamics in construction land patterns and its impact on water-related ecosystem services in Chengdu-Chongqing urban agglomeration, China: A multi-scale study. *Journal of Cleaner Production*, 469, 143022. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143022.

Yang, J., Li, J., van Vliet, M. T., Jones, E. R., Huang, Z., Liu, M., & Bi, J. (2024). Economic risks hidden in local water pollution and global markets: A retrospective analysis (1995–2010) and future perspectives on sustainable development goal 6. *water research*, 252, 121216. https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121216.

Yaqoob, N., & Dahri, Z. H. (2025). Assessing Water Use Efficiency of Cotton Crop in Pakistan: Impact of Geo-climatic and Socio-economic Factors. *Journal of Economic Sciences*, 21-36. https://doi.org/10.55603/jes.v4i1.a2.

Yatawatta, Y. J. M., & Sridarran, P. (2024). Investigating the barriers and strategies for establishing desalination plants to mitigate water scarcity in Sri Lankan dry zones. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 15(6), 1408-1441. https://doi.org/10.1108/SAMPJ-09-2023-0625.

Zhang, H., Zhang, H., Liu, Y., & Dong, G. (2024). Accounting for ecosystem service flows in water security assessment: A case study of the Yiluo River Watershed, China. *Applied Geography*, 172, 103421. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103421.

Zhang, L., Yu, Y., Guo, Z., Ding, X., Sun, L., He, J., ... & Yu, R. (2025). Integrating the Water Footprint and DPSIR Model to Evaluate Agricultural Water Sustainability in Arid Regions: A Case Study of the Turpan–Hami Basin. *Agronomy*, 15(6), 1393. https://doi.org/10.3390/agronomy15061393.