

Assessment of the Suitability of Existing Irrigation Technologies in the Agriculture of Kermanshah Province Using the WASPAS Multi-Criteria Decision-Making Technique

Ameneh Abdi¹ , Ali Asghar Mirakzadeh^{1*} , Farzad Eskandari² 

¹ Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

² Department of Agricultural Economy, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran E-mail:

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 25 December 2025

Revised 08 March 2026

Accepted 18 March 2026

Published online 22 June 2026

Keywords:

Agriculture

Productivity

Technology Management

Sustainable Development

Water Crisis

ABSTRACT

Objective: The absence of a systematic approach and insufficient attention to the compatibility and selection of irrigation technologies based on multi-criteria decision-making methods have intensified the water crisis in agriculture. This study aimed to investigate the compatibility of irrigation technologies with farmers' conditions, with a primary focus on optimal water-resource management.

Methods: This research is applied in terms of purpose and survey-based in terms of data collection. The criteria were weighted using the CRITIC method, and irrigation technologies were ranked using the WASPAS multi-criteria decision-making method.

Results: The results showed that the final weight of technology compatibility with social conditions was 0.202, while the weight of farmer proficiency was 0.167. Furthermore, the final weights for technology compatibility with climatic conditions, system productivity, compatibility with farm conditions, technology level, and economic compatibility were 0.144, 0.128, 0.125, 0.119, and 0.115, respectively. Accordingly, the highest weight was assigned to technology compatibility with social conditions, while the lowest weight was assigned to economic compatibility. In addition, WASPAS analysis showed that the semi-fixed sprinkler irrigation system (7.49) had the highest compatibility with users' conditions. This was followed by tape drip irrigation (7.45), smart irrigation (6.83), subsurface irrigation (6.02), center pivot irrigation (5.69), rolling sprinkler irrigation (5.60), and gun reel irrigation systems (5.46), respectively.

Conclusion: The development and application of appropriate irrigation technologies are prerequisites for optimal water management. Achieving this requires optimal multi-criteria decision-making while considering ecological, technical, and socio-economic dimensions.

*Corresponding author, Email: amane.abdi@gmail.com

Cite this article: Abdi, A., Mirakzadeh, A.A., & Eskandari, F.(2026). Assessment of Appropriateness of Existing Irrigation Technologies in Kermanshah Province' Agriculture based on the WASPAS Multi-Criteria Decision-Making Technique *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(2), 125-151. <https://doi.org/10.22034/nawee.2026.562057.1180>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22034/nawee.2026.562057.1180>

Publisher: Gonbad Kavous University.

Introduction

Water, as a fundamental input, plays a critical role in the development of the agricultural sector. The critical state of water resources has created a major challenge for sustainable development. The absence of a systematic approach and inadequate attention to the suitability and selection of irrigation technologies based on multi-criteria decision-making have further intensified this challenge.

This study aimed to investigate the compatibility of irrigation technologies with farmers' conditions, with an emphasis on optimal water-resource management (De Amorim et al., 2018; Karandish, 2021). In this context, the application of multi-criteria decision-making methods is essential for effective water-resource management. By evaluating multiple criteria, these methods facilitate the selection of the most appropriate irrigation technology for farmers under local conditions in Kermanshah Province.

These approaches assist managers and policymakers in assessing diverse criteria to identify and select the most suitable irrigation technology from a range of alternatives (Munguia, 2021; Chooghakhori & Karami, 2019; Rezaeian & Rezaeian, 2016). Accordingly, this research evaluated the suitability of various irrigation technologies for agricultural practices in Kermanshah Province using multiple indicators.

Method

This research is applied in nature and employs a survey-based approach for data collection. The criteria were weighted using the CRITIC method, and irrigation technologies were ranked using the WASPAS multi-criteria decision-making method.

The study population consisted of farmers engaged in irrigated agriculture in Kermanshah Province. In the first phase, the sample was selected based on climatic diversity and geographical distribution. The counties of Kermanshah, Kangavar, Ravansar, Islamabad-e Gharb, and Sarpol-e Zahab were selected using cluster sampling. In each county, the rural district with the largest area under irrigated cultivation was selected.

In the second phase, 400 irrigated farmers were selected using simple random sampling. Selection was based on irrigation technology type and dominant cropping patterns in the region, including wheat, barley, rapeseed, corn, tomato, and potato, for the 2023–2024 crop year. Data were collected through multi-stage proportional allocation across rural districts and villages. Sample size was determined based on the Krejcie and Morgan table.

Data analysis was conducted using Excel, along with the CRITIC and WASPAS methods.

Results

The WASPAS method was used to rank irrigation technologies and evaluate their suitability under existing conditions.

The findings showed that the final weight for technology compatibility with social conditions was 0.202, while the weight for farmer proficiency was 0.167. The final weights for technology compatibility with climatic conditions, system productivity, compatibility with farm conditions, technology level, and economic compatibility were 0.144, 0.128, 0.125, 0.119, and 0.115, respectively.

Accordingly, the highest weight was assigned to compatibility with social conditions, while the lowest weight was assigned to economic compatibility.

WASPAS analysis further showed that the semi-fixed sprinkler irrigation system (7.49) had the highest compatibility with farmers' conditions, followed by drip tape irrigation (7.45), smart irrigation (6.83), classic sprinkler irrigation (6.42), subsurface irrigation (6.02), center pivot irrigation (5.69), rolling sprinkler irrigation (5.60), and gun reel irrigation (5.46).

The ranking results indicated that sprinkler irrigation technologies performed better than other alternatives, followed closely by drip tape irrigation. This superiority can be attributed to higher water-use efficiency, more uniform moisture distribution, and fertigation capability. Compared with traditional methods, these technologies significantly improve water conservation and enhance crop productivity.

Conclusions

The development and implementation of suitable irrigation technologies are essential prerequisites for effective water-resource management. This requires multi-criteria decision-making that simultaneously considers ecological, technical, economic, and social dimensions.

Since technical or economic advantages alone do not guarantee the success of new irrigation technologies, it is crucial to consider the socio-cultural context of the target farming communities. The findings of this study highlight the need for a multidimensional and socially oriented approach to the development and implementation of irrigation technologies.

Furthermore, developing a strategic framework for irrigation technology development and a roadmap for water-related technologies is essential. Such a framework can serve as a foundation for future decision-making in agricultural development programs in Kermanshah Province and other comparable regions.

Author Contributions

Ameneh Abdi: Preparation of samples, data collection, calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparation of draft article. Ali Asghar Mirakzadeh: Thesis supervisor, research design, supervision of research stages, review and control of results, correction, revision and finalization of the article. Farzad Eskandari: Thesis advisor, participation in research design, supervision of research, reading and reviewing the article.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors of the article would like to thank the regional water company of Kermanshah Province, faculty members, experts, and farmers who collaborated with the researchers at various stages of the work, especially in providing information.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

Financial support for this research was provided by Razi University, Faculty of Agriculture in the form of research for the first author's student thesis and research for other authors.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this Article.

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

During the preparation of this work, the author do not used AI and AI-assisted technologies in the writing process.



ارزیابی تناسب فناوری‌های موجود آبیاری در کشاورزی استان کرمانشاه براساس تکنیک

تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS

آمنه عبدی^۱، علی اصغر میرک زاده^{۱*}، فرزاد اسکندری^۲

^۱ گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

^۲ گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	هدف: فقدان رویکرد نظام‌مند و عدم توجه به تناسب و انتخاب فناوری‌های آبیاری بر مبنای تصمیم‌های چندمعیاره، موجب تشدید بحران آب در کشاورزی شده است. در این پژوهش مساله تناسب فناوری‌های آبیاری با شرایط کشاورزان با محوریت مدیریت بهینه منابع آب بررسی شد.
مقاله پژوهشی	مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها از نوع پیمایشی می‌باشد. معیارها به کمک روش کریتیک (CRITIC) وزن‌دهی، و رتبه‌بندی فناوری‌های آبیاری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره واسپاس (WASPAS) انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴	نتایج و بحث: نتایج نشان داد که وزن نهایی تناسب فناوری با شرایط اجتماعی برابر ۰/۲۰۲، و تسلط کشاورز برابر ۰/۱۶۷ است. همچنین وزن نهایی تناسب فناوری با شرایط اقلیمی، میزان بهره‌وری سیستم، تناسب فناوری با شرایط مزرعه، سطح فناوری، و تناسب فناوری با شرایط اقتصادی به ترتیب ۰/۱۴۴، ۰/۱۲۸، ۰/۱۲۵، ۰/۱۱۹، و ۰/۱۱۵ به دست آمد. بر این اساس بیشترین وزن مربوط به تناسب فناوری با شرایط اجتماعی و کمترین وزن به تناسب فناوری با شرایط اقتصادی اختصاص دارد. علاوه بر این، تحلیل روش واسپاس نشان داد سیستم آبیاری بارانی نیمه ثابت (۷/۴۹) بیشترین تناسب را با شرایط بهره‌برداران داشته است. پس از آن، سیستم‌های قطره‌ای نوار تیپ (۷/۴۵)، آبیاری هوشمند (۶/۸۳)، آبیاری زیرسطحی (۶/۰۲)، سنترپیوت مرکزی (۵/۶۹)، آبیاری بارانی غلطان (۵/۶۰) و قرقره‌های گان (۵/۴۶) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۷	نتیجه‌گیری: توسعه و کاربرد فناوری‌های مناسب آبیاری پیش زمینه مدیریت بهینه آب است و لازمه آن تصمیم بهینه چند شاخصه با در نظر گرفتن ابعاد اکولوژیکی، فنی و اقتصادی اجتماعی است.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۷	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	
بحران آب	
بهره‌وری	
توسعه پایدار	
کشاورزی	
مدیریت فناوری	

* نویسنده مسئول، Email: amane.abdi@gmail.com

استناد: عبدی، آ، میرک‌زاده، ع.؛ اسکندری، ف (۱۴۰۵). ارزیابی تناسب فناوری‌های موجود آبیاری در کشاورزی استان کرمانشاه براساس تکنیک

تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۵ (۲)، ۱۵۱-۱۲۵ <https://doi.org/>

10.22034/nawee.2026.562057.1180



مقدمه

آب به عنوان مهمترین نهاده در بخش کشاورزی به عنوان زیربنای توسعه‌ی دیگر بخش‌ها عمل می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۳). وابستگی شدید تولیدات کشاورزی ایران به آبیاری (بیش از ۹۲ درصد در برابر میانگین جهانی ۴۰ درصد) اهمیت مدیریت منابع آب را دو چندان کرده است. با وجود پیشرفت‌های فناورانه در حوزه آبیاری، بخش عمده‌ای بطور تقریبی بیش از ۸۵ درصد اراضی کشور همچنان با روش سطحی و سنتی آبیاری می‌شوند که راندمان آنها اغلب کمتر از ۳۰ درصد است. از سوی دیگر، این موضوع، همراه با خشکسالی‌های مکرر و هدررفت آب در شبکه‌های فرسوده انتقال و توزیع، شکاف بزرگی میان وضعیت موجود و وضعیت بهینه در مدیریت آب کشاورزی ایجاد کرده است و ضرورت گذار از روش‌های سنتی به نوین را برجسته می‌سازند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶؛ De Amorim et al, 2018). زیرا بحران‌های ناشی از کمبود منابع آب به عنوان تهدیدی جدی در توسعه پایدار، محیط زیست، سلامت و رفاه انسان‌ها مطرح می‌باشد، و این مساله با توجه به تغییرات جهانی اقلیم در آینده بحران‌های دیگری را پیش‌روی برنامه‌ریزان و سیاستگذاران قرار می‌دهد (حاجی آبادی و همکاران، ۱۴۰۴؛ پورغلام آمیجی، ۱۴۰۳؛ پاپلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Munguia et al, 2022). تصور بر این است که با افزایش راندمان آبیاری، می‌توان حجم قابل توجهی از منابع آب را به چرخه تولید بازگرداند و بخش بزرگی از نیازهای آب کشاورزی و سایر بخش‌ها را از این طریق برآورده کرد. زیرا راندمان آبیاری سطحی به روش سنتی ۴۵-۲۰ درصد، راندمان آبیاری سطحی به روش مدرن ۶۰-۲۵ درصد، راندمان آبیاری تحت فشار (بارانی) ۶۰-۸۰ درصد و راندمان آبیاری قطره‌ای ۹۵-۷۰ درصد است. این اختلاف راندمان آبیاری برمی‌گردد به تفاوت سطح فناوری‌های آبیاری که شامل سه دسته اصلی؛ سطح یک (فناوری‌های ساده و کم هزینه مانند آبیاری سنتی و نه‌های بتنی)، سطح دو (به فناوری روش‌های میانی مانند آبیاری بارانی متحرک و کلاسیک)، سطح سه (فناوری‌های پیشرفته مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و هوشمند) هستند (باقری و جواد، ۱۴۰۱؛ Fanadzo et al, 2011).

استان کرمانشاه به عنوان یکی از قطب‌های اصلی تولیدات کشاورزی در غرب ایران، نقشی اساسی در تأمین امنیت غذایی و توسعه پایدار کشور ایفا می‌کند. کشاورزی مهم‌ترین منبع اشتغال و درآمد استان محسوب می‌شود و ساختار اقتصادی و اجتماعی بخش عمده‌ای از جمعیت آن بر این فعالیت استوار است. براساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه (۱۴۰۲)، مجموع اراضی کشاورزی استان حدود ۵۲۱'۴۸۷ هکتار است که از این میزان، ۱۰۵'۹۸۹ هکتار به‌صورت آبی (وابسته به منابع آب سطحی و زیرزمینی) و ۴۱۵'۴۹۸ هکتار به‌صورت دیم کشت می‌شود. غلبه کشت دیم در ساختار بهره‌برداری و ناپایداری بارش‌های سالانه، در کنار محدودیت منابع آبی، ضرورت برنامه‌ریزی جامع برای ارتقای راندمان مصرف آب در اراضی آبی را دو چندان ساخته است. محصولات عمده کشاورزی استان شامل گندم، جو، ذرت، کلزا، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی هستند که هر یک نیاز آبی و نظام آبیاری ویژه‌ای دارند. تنوع اقلیمی (از مناطق جلگه‌ای تا نواحی کوهستانی)، اقلیم نیمه‌خشک، و پراکندگی اراضی در مقیاس خرد سبب شده کارایی فناوری‌های آبیاری در نقاط مختلف استان متفاوت باشد. با وجود حاصل‌خیزی خاک و نیروی انسانی فعال در بخش کشاورزی، الگوی سنتی آبیاری هنوز در بخش قابل توجهی از زمین‌های آبی استان رواج دارد. کارایی پایین این سیستم‌ها در مقایسه با فناوری‌های نوین همچون آبیاری بارانی، قطره‌ای و هوشمند منجر به اتلاف بخش عمده‌ای از منابع محدود آب از طریق تبخیر، نفوذ عمقی و رواناب می‌شود. در نتیجه، انتخاب فناوری‌های مناسب و سازگار با ویژگی‌های بومی هر منطقه، به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در تحقق کشاورزی پایدار و مدیریت بهینه منابع آب اهمیت ویژه‌ای دارد (عبدی و میرک‌زاده، ۱۴۰۱؛ شفیعی‌نیا و حیدری، ۱۴۰۰؛ Taghvaeian & Neale, 2022). در این سیستم آبیاری هوشمند نوعی آبیاری خودکار و فناورانه است که با استفاده از حسگرها، اینترنت اشیا (IOT)، هوش مصنوعی یا نرم‌افزارهای کنترل از راه دور، عملیات آبیاری را دقیق و هدفمند انجام می‌دهد. این سیستم‌ها بطور چشمگیری موجب صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های انسانی و عملیاتی می‌شوند، و امکان ترکیب با سنسورهای هواشناسی، رطوبت خاک، نور و دما را فراهم می‌کنند که تصمیم‌گیری هوشمندانه‌تری را ممکن می‌سازد (Irrigation Association, 2021).

افزون بر این، استفاده بیش از حد و گاه غیرمنطقی از منابع آب برای افزایش تولید در بخش کشاورزی استان، تهدیدی جدی برای پایداری منابع طبیعی محسوب می‌شود. پایداری کشاورزی وابسته به آب، نیازمند اصلاح نظام آبیاری از طریق توسعه و

به‌کارگیری فناوری‌های نوین متناسب با شرایط بومی است (Billai et al, 2021; Chooghakhori and Karami, 2019). در این میان، اقلیم نیمه‌خشک، محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی و فشار روز افزون بر منابع طبیعی، ضرورت انتخاب فناوری‌های آبیاری هماهنگ با واقعیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی کشاورزان استان را برجسته می‌سازد. از طرفی، ساختار خرده‌مالکی زمین‌ها، توان مالی محدود بسیاری از بهره‌برداران، و سطح متوسط دانش فنی از جمله عواملی هستند که دامنه بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته آبیاری را در کرمانشاه محدود کرده‌اند. از این‌رو باید فناوری‌هایی مورد استفاده قرار گیرند که با چنین شرایطی سازگارتر باشند. پرسش اساسی آن است که کدام فناوری‌های نوین آبیاری - با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه‌ای چون هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، میزان صرفه‌جویی آب، مصرف انرژی، سازگاری با اقلیم و خاک منطقه، سهولت بهره‌برداری و پذیرش اجتماعی کشاورزان - بیشترین تناسب را با شرایط کشاورزی استان دارند. برای پاسخ به این پرسش، بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) امری اجتناب‌ناپذیر است، زیرا این روش‌ها امکان وزن‌دهی همزمان به معیارهای اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی را فراهم می‌سازند و به مدیران و سیاست‌گذاران کمک می‌کنند تا از میان گزینه‌های متنوع، مناسب‌ترین و کارآمدترین فناوری را انتخاب نمایند (رضاییان و رضاییان، ۱۳۹۵؛ Chooghakhori & Karami, 2021; Munguia, 2019). در واقع، چنین رویکردی ابزاری علمی برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی در مسیر بهینه‌سازی مصرف آب و توسعه پایدار کشاورزی در استان کرمانشاه فراهم می‌آورد.

در میان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش WASPAS¹ به عنوان یکی از جدیدترین و کارآمدترین تکنیک‌ها مطرح است. این روش با ترکیب دو مدل پرکاربرد یعنی روش مجموع وزنی (WSM) و روش حاصل ضرب وزنی (WPM)، شاخص ترکیبی متوازی ایجاد می‌کند که هم دقت رتبه‌بندی را افزایش داده و هم پایداری نتایج را تضمین می‌کند (Zavadskas et al, 2016). مطالعات مقایسه‌ای نشان داده‌اند که تکنیک WASPAS در مقایسه با روش‌های مشابه مانند TOPSIS یا AHP از قابلیت اطمینان و کارآمدی بالاتری برخوردار است و برای مسائل پیچیده‌ای نظیر مدیریت آب و کشاورزی نتایج معتبرتری ارائه می‌دهد. از سوی دیگر، وزن‌دهی معیارها در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره نقشی تعیین کننده است. در این مطالعه از روش CRITIC² استفاده شده است که ابزاری داده محور برای تعیین وزن معیارها براساس دو عامل اصلی یعنی پراکندگی داده‌ها (واریانس معیارها) و میزان همبستگی میان معیارها است. به این ترتیب معیارهایی که اطلاعات متمایزتر و غیرتکراری‌تری ارائه می‌دهند، وزن بیشتری کسب کرده و فرآیند وزن‌دهی از حالت ذهنی و مبتنی بر قضاوت فردی خارج می‌شود. این ویژگی، در مقایسه با روش‌های ذهنی مانند AHP، موجب افزایش عینیت و اعتبار نتایج می‌گردد.

نصرآبادی و حیاتی، (۱۳۹۳) در مطالعه خود در نیشابور نشان دادند که عواملی چون بازدید از مزارع نمایشی، ملاقات با مروجان، دسترسی به تسهیلات اعتباری، تحصیلات، و آگاهی از مزایا و معایب مشارکت، بیش از نیمی از تغییرات مربوط به مشارکت بهره‌برداران در توسعه شبکه‌های آبیاری جدید را تبیین می‌کنند. اسلامی و همکاران، (۱۳۹۴) فناوری‌های مدیریتی و تصمیم‌سازی را از اولویت‌دارترین ابزارها برای حل بحران آب دانستند و بر نقش کلیدی این فناوری‌ها در افزایش آگاهی نسبت به شرایط بحرانی، تحلیل علل و عواقب، و نهایتاً مدیریت جامع منابع آب تأکید کردند. در همین راستا، Iglesias and Garrote (2015) در مطالعه‌ای بر روی استراتژی‌های سازگاری در مدیریت آب کشاورزی اروپا تحت تغییرات اقلیمی، بهبود برنامه‌ریزی‌ها، تعیین اولویت‌های شفاف در مصرف آب، و افزایش تخصیص آب برای اکوسیستم‌ها را از مناسب‌ترین مکانیزم‌ها برای مدیریت منابع آب معرفی کردند.

Mousavi et al, (2019) در یک گام رو به جلو در ابزارهای تصمیم‌گیری، از روش‌های CRITIC و WASPAS برای انتخاب نرم‌افزار استفاده کردند. آن‌ها با یکپارچه‌سازی CRITIC برای وزن‌دهی عینی معیارها و WASPAS برای رتبه‌بندی گزینه‌ها، یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره کارآمد ارائه دادند که قابلیت اطمینان بالای خود را با تأیید عملیاتی و تحلیل حساسیت به نمایش گذاشت.

¹. Weighted Aggregated Sum Product Assessment

². Criteria Importance Through Intercriteria Correlation

در جدیدترین تحقیقات، رویکردهای جامع و یکپارچه برای مدیریت آب و کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. پورغلام آمیجی و همکاران (۱۴۰۳) با آسیب‌شناسی عدم اجرایی شدن طرح‌ها و پژوهش‌های فناورانه آب کشور، مهم‌ترین مشکلات را عدم سهولت در بهره‌برداری و بازده اقتصادی-فنی پایین فناوری‌ها دانستند. آن‌ها بر لزوم هدایت، حمایت و به‌کارگیری محصولات و فناوری‌های شرکت‌های نوپا و دانش‌بنیان برای حداکثرسازی اثرات اقتصادی و اجتماعی تأکید کردند. در زمینه بهینه‌سازی مصرف آب، اروندی (۱۴۰۳) سیستم‌های هوشمند آبیاری را در مناطق خشک ایران مؤثر در کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی دانست و عوامل اقلیمی را از مؤلفه‌های کلیدی در به‌کارگیری این سیستم‌ها معرفی کرد. Kamran et al (2024) در پژوهش خود با استفاده از تکنیک WASPAS، چارچوبی قوی برای شناسایی و اولویت‌بندی استراتژی‌های پایدار در کشاورزی دیم ارائه دادند که نه تنها بهره‌وری را افزایش می‌دهد، بلکه پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز تضمین می‌کند. در آینده نزدیک، Ecer et al, (2025) رویکرد نوین WASPAS-H را برای ارزیابی دقیق‌تر منابع آبی برای آبیاری زیتون با در نظر گرفتن ابهامات و دیدگاه‌های گروهی معرفی کرده‌اند که راهکارهای کارآمدی را برای مدیریت تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت و مسائل دارای معیارهای سلسله‌مراتبی ارائه می‌دهد.

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در توسعه فناوری‌های آبیاری هنوز شکاف‌هایی در ارائه یک چارچوب جامع برای ارزیابی و انتخاب بهینه‌ترین فناوری‌ها با در نظر گرفتن شرایط بومی وجود دارد که در این پژوهش مدنظر بوده و با بررسی تناسب فناوری‌های مختلف آبیاری با شرایط منطقه مورد مطالعه با بهره‌گیری از روش‌های CRITIC و WASPAS دنبال شده است. در واقع هدف، ارائه یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره جامع و یکپارچه برای ارزیابی و انتخاب بهینه‌ترین فناوری‌های نوین آب‌محور متناسب با شرایط است که تاکنون در تحقیقات مشابه ارائه نشده است. این پژوهش با تلفیق سیستماتیک ابعاد مختلف ارزیابی در یک مدل MCDM اختصاصی برای شرایط ایران، و فراتر رفتن از مطالعات پیشین که غالباً بر جنبه‌های مجزای فناوری تمرکز داشته‌اند، به دنبال ارائه روشی علمی و عملی برای مدیران، طراحان فناوری و سیاست‌گذاران است تا بتوانند فناوری‌هایی را انتخاب کنند که ضمن کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری، پایداری بلند مدت و پذیرش اجتماعی را نیز تضمین نمایند؛ این رویکرد، چارچوب قابل توجهی در تصمیم‌گیری‌های پیچیده بخش مدیریت منابع آب ارائه کرده است.

پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر جنبه‌های فنی فناوری‌های نوین آبیاری متمرکز بوده‌اند و کمتر به تحلیل همزمان چند معیار مختلف و تناسب این فناوری‌ها با شرایط واقعی کشاورزان در مقیاس منطقه‌ای پرداخته‌اند. این خلأ پژوهشی اهمیت بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را برجسته می‌سازد. این روش‌ها به سیاست‌گذاران و مدیران کمک می‌کند تا معیارهای متنوع و گاه متعارض را در فرآیند انتخاب فناوری لحاظ کرده و گزینه‌ای متوازن‌تر و واقع‌بینانه‌تر را برگزینند (Munguia, 2021; Chooghakhori & Karami, 2019). با توجه به این مهم در این پژوهش به بررسی تناسب فناوری‌های مختلف آبیاری در کشاورزی استان کرمانشاه با در نظر گرفتن شاخص‌های چندگانه پرداخته شده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تناسب فناوری‌های مختلف آبیاری؛ برای اولین بار در ایران (و به طور خاص در استان کرمانشاه) از ترکیب روش‌های CRITIC و WASPAS بهره می‌گیرد تا ضمن رتبه‌بندی فناوری‌ها براساس معیارهای چندگانه، شفافیتی علمی برای سیاست‌گذاران و کشاورزان در مسیر گذار از آبیاری سنتی به فناوری‌های نوین فراهم آورد. دستاورد این مطالعه می‌تواند نه تنها به ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی در کرمانشاه کمک کند، بلکه الگویی برای سایر مناطق با شرایط مشابه در کشور ارائه دهد. همچنین در این پژوهش طیف وسیعی از معیارهای اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی، ساختاری مؤثر در انتخاب متناسب فناوری‌های آبیاری با تمرکز ویژه بر شرایط بومی کشاورزان کرمانشاه بطور همزمان مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با رویکرد کمی و با هدف رتبه‌بندی فناوری‌های آبیاری استان کرمانشاه با استفاده از تکنیک‌های کریتیک (CRITIC) و واسپاس (WASPAS) انجام شد. پژوهش از نظر میزان کنترل متغیرها از نوع غیرآزمایشی می‌باشد، از لحاظ نحوه گردآوری داده‌ها میدانی و با توجه به اینکه نتایج پژوهش به برنامه‌ریزان و کشاورزان در تصمیم‌گیری به منظور انتخاب و بکارگیری

فناوری مناسب آبیاری از لحاظ جلوگیری از هدر رفت آب و پایداری کشاورزی کمک می‌کند از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. جامعه مورد مطالعه کشاورزان آبی کار استان کرمانشاه بودند. نمونه مورد مطالعه در مرحله اول از میان کشاورزان آبی کار استان کرمانشاه طبق اقلیم‌های متفاوت و تقسیمات جغرافیایی، شهرستان‌هایی (کرمانشاه، کنگاور، روانسر، اسلام آباد غرب و سرپل ذهاب) به روش خوشه‌ای انتخاب، که از بین این شهرستان‌ها برای هر کدام دهستانی که دارای بیشترین سطح زیرکشت آبی است انتخاب شد. در مرحله بعد، برای تعیین تعداد بهره‌برداران براساس نوع فناوری‌های آبیاری و محصولات مورد مطالعه طبق الگوی کشت غالب منطقه (گندم، جو، کلزا، ذرت، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، از روش انتساب متناسب چند مرحله‌ای در هر بخش و روستا استفاده شد. سپس با بهره‌گیری از جدول کرجسی و مورگان، تعداد ۴۰۰ بهره‌بردار آبی کار به صورت تصادفی ساده انتخاب و اطلاعات مورد نیاز گردآوری گردید. دلیل انتخاب محصولات طبق الگوی کشت غالب استان کرمانشاه، آن است که این محصولات علاوه بر آن که از نظر اقتصادی و معیشتی اهمیت بالایی برای خانوارهای کشاورزی دارند، با توجه به اینکه سیستم‌های آبیاری در این پژوهش مدنظر است، این محصولات بیشترین سطح زیرکشت آبی استان را به خود اختصاص داده‌اند. به ویژه گندم و جو به عنوان محصولات استراتژیک نقش اصلی در امنیت غذایی ایفا می‌کنند، و کلزا نیز در راستای سیاست‌های کشت جایگزین و اقتصاد مقاومتی مورد توجه است. همچنین تنوع نیاز آبی در این محصولات (از جو با نیاز آبی نسبتاً پایین تا ذرت، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی با نیاز آبی بالا) امکان بررسی جامع‌تر کارایی فناوری‌های آبیاری را فراهم می‌سازد. علاوه بر این پراکندگی کشت این محصولات در مناطق مختلف اقلیمی استان سبب می‌شود نتایج پژوهش قابلیت تعمیم‌پذیری بالاتری داشته باشد و بتواند مبنای تصمیم‌گیری‌های کلان در مدیریت منابع آب و کشاورزی منطقه قرار گیرد. بطور کل سطح زیرکشت برای هر کدام از سیستم‌های آبیاری در جدول شماره (۱) ارائه شده است (سازمان جهاد کشاورزی، ۱۴۰۴). در اینجا، منظور از آبیاری هوشمند، سیستم‌های هوشمند (مبتنی بر سنسور و داده) مانند کنترلرهای مبتنی بر اینترنت اشیا (IOT Controllers) هستند که می‌توانند بدون حضور فیزیکی در مزرعه و از راه دور با موبایل یا وب، مدیریت شوند (حاجی‌راد، ۱۴۰۴؛ پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۴۰۳). در این پژوهش، سیستم هوشمند مورد ارزیابی از نوع سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه ثابت با آبپاش‌های متحرک بود. هدف از هوشمندسازی این سیستم، دستیابی به بهینه‌سازی مصرف آب، کاهش تلفات ناشی از آبیاری غیرضروری، و افزایش یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه بوده است. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق ساخته بود. به منظور طراحی پرسشنامه از مبانی نظری، مشاهدات میدانی و مشورت با افراد صاحب نظر و دارای تجربه در این زمینه استفاده شد که در نهایت منتج به طراحی پرسشنامه‌ای بر اساس هدف پژوهش شد. جهت اعتبار بخشی به پرسشنامه تدوین شده از روش بررسی روایی محتوایی استفاده شد. بدین صورت که پرسشنامه در اختیار برخی اساتید مرتبط در موضوع و کارشناسان مربوطه جهاد کشاورزی و آب منطقه‌ای استان کرمانشاه قرار گرفت و با بررسی دیدگاه‌های آن‌ها برای اصلاح و رفع ابهام پرسشنامه اقدام شد. پرسشنامه مورد استفاده در این بخش به صورت جدول ماتریسی چندمعیاره تدوین گردید و شامل گویه‌هایی با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز از ۱ تا ۱۰) بود. در ادامه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل، روش کریتیک و روش واسپاس انجام شد.

جدول ۱- میزان سطح زیرکشت سیستم‌های مختلف آبیاری در استان کرمانشاه

سیستم‌های آبیاری	بارانی نیمه ثابت	قطره‌ای نوار تیپ	قرقره‌ای گان	بارانی ویل موو	سنتر پیپوت	زیرسطحی	آبیاری هوشمند*
سطح زیرکشت (هکتار)	۷۳۸۵۷	۷۶۹۶	۲۰۰	۵۰	۴۰	۱۰	۳۰۰

(منبع: سازمان جهاد کشاورزی کرمانشاه، موسسه آب و خاک، ۱۴۰۴)

* منظور از سیستم هوشمند، سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه ثابت با آبپاش‌های متحرک است که مجهز به تجهیزات هوشمند شده است.

معیارها و نحوه سنجش آنها

اولین مرحله در شاخص‌سازی یا همان تعیین معیارها مرور ادبیات مرتبط با موضوع است که در این پژوهش برای تعیین معیارها از روش مصاحبه نیز کمک گرفته شد. در اینجا برای سنجش تناسب فناوری‌های آبیاری ۷ معیار اصلی تناسب فناوری با شرایط اقتصادی کشاورزان، تناسب فناوری با شرایط اجتماعی کشاورزان، تناسب فناوری با شرایط اقلیمی منطقه، تناسب فناوری با شرایط ساختاری و فنی مزرعه، میزان تسلط کشاورز، سطح فناوری، و تأثیر فناوری در بهبود بهره‌وری منابع آب استخراج گردید. جهت سنجش متغیرها، پرسشنامه‌ای محقق ساخته طراحی شد که حاوی گویه‌هایی با مقیاس فاصله‌ای (نمره‌دهی یک تا ده) بود. در جدول شماره (۲) معیارها، منابع و مقیاس آمده است.

جدول ۲- ابعاد، معیارها و نحوه سنجش آنها

معیار	مقیاس	منبع
تناسب تکنولوژی با شرایط اقتصادی	فاصله‌ای	پورغلام آمیجی و همکاران (۱۴۰۲)، محمدیان و همکاران (۱۳۹۹)، Munguia et al, 2021
تناسب تکنولوژی با شرایط اجتماعی	فاصله‌ای	شاه‌ولی و همکاران (۱۳۹۸)، Arús, 2020; Kuchne et al, 2017
تناسب تکنولوژی با شرایط اقلیمی	فاصله‌ای	ملائی و همکاران (۱۴۰۳)
تناسب تکنولوژی با شرایط مزرعه	فاصله‌ای	Raghuwanshi & Goel, (2014)
میزان تأثیر در بهره‌وری سیستم آبیاری	فاصله‌ای	پورغلام آمیجی و همکاران (۱۴۰۳)، معتقد و چوپچیان (۱۴۰۳)، Preite et al, (2023)
میزان تسلط کشاورز	فاصله‌ای	نصرآبادی و حیاتی (۱۳۹۳)، Raghuwanshi & Goel, (2014)
سطح تکنولوژی	فاصله‌ای	اعلم الهدی (۱۳۹۴)

منبع (یافته‌های پژوهش)

وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش CRITIC

در فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت اولویت‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری ابتدا وزن‌دهی بایستی انجام شود. وزن معیارها از دیدگاه ذهنی تصمیم‌گیرندگان تأثیر می‌پذیرد. وزن‌دهی معمولاً توسط تصمیم‌گیرندگان براساس تجربه، دانش و درک مسئله انجام می‌شود. با این وجود با بیشتر شدن تعداد معیارها، احتمال خطاهای انسانی و ایجاد شک و تردید در مورد قابلیت اطمینان نتایج نیز افزایش می‌یابد. برای غلبه بر چنین مشکلاتی، رویکردهای ارزش‌گذاری عددی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Golghamat, Rad et al, 2019).

روش CRITIC، روشی عینی برای تعیین وزن معیارهاست که شامل شدت تضاد و ناسازگاری بین اجزای یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری است. این دو مقوله در آمار به وسیله ضرایب همبستگی و انحراف معیار صورت می‌گیرد. در واقع، انحراف معیار مربوط به مقادیر خود معیار بوده و ضریب همبستگی مربوط به جفت معیارها می‌باشد. این روش توسط کاندوس و دبرا به سال ۲۰۱۰ معرفی شده است (Alinezhad and Khalili, 2019).

اولین گام در این روش تشکیل ماتریس تصمیم است که در آن ستون‌ها از معیارها و سطرها از گزینه‌ها تشکیل شده است. معیارهای تدوین شده به منظور اعتبارسنجی و وزن‌دهی به متخصصان ارسال شد. ۱۰ متخصص شامل ۲ نفر از اعضای هیئت علمی گروه آب دانشگاه رازی کرمانشاه، ۴ نفر از اعضای هیئت علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، ۲ نفر از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه و ۲ نفر کارشناس شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، معیارهای تدوین شده را وزن دهی نمودند. معیار اصلی محاسبه‌ی شاخص‌های تدوین شده متوسط متغیرها و در برخی موارد درصد پاسخگویی در نظر گرفته شد. در این روش مثبت و منفی بودن معیارها دخیل نیست. لازم به ذکر است به منظور مقایسه‌ی معیارها مقیاس آنها یکسان گردید. بدین منظور اختلاف موجود بین معیارها در مقیاس آنها و عدم تجانس آنها از طریق ضرب در وزن معیار و تقسیم بر میانگین صورت گرفت. این فرمول برای خالی از مقیاس کردن شاخص‌ها بکار می‌رود (Golghamat, Rad et al, 2019; Alinezhad & Khalili, 2019).

گام دوم در این روش نرمال سازی ماتریس تصمیم است. برای نرمال سازی از رابطه‌ی (۱) استفاده شد. با استفاده از این رابطه ماتریس تصمیم نرمال شد و کلیه درایه‌های آن در بازه صفر تا ۱ قرار گرفت.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

سپس مقدار اطلاعات قابل استخراج از معیار محاسبه شده و با نماد C_j نمایش داده می‌شود. محاسبه این مقدار براساس رابطه‌ی (۲) صورت می‌گیرد.

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

σ_j انحراف معیار z امین معیار است و r_{ij} همبستگی بین دو معیار i و j می‌باشد. براساس تحلیل فوق، می‌توان نتیجه گرفت که ارزش بالاتری از C_j مقدار بیشتری از اطلاعات را از معیار داده شده ارائه می‌دهد. بنابراین اهمیت نسبی معیار برای یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری مورد توجه بیشتری است.

و در گام سوم وزن معیارها با استفاده از رابطه‌ی (۳) محاسبه شد.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{i=1}^m C_i} \quad \text{رابطه (۳)}$$

رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش WASPAS

در این هدف از تکنیک WASPAS که یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره است برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود. در واقع یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند شاخصه برای انتخاب بهترین گزینه یا همان گزینه مطلوب است. استفاده از دو مدل ضرب موزون (WPM^1) و جمع موزون (WSM^2) مهم‌ترین وجه تمایز این روش با سایر روش‌های مشابه آن می‌باشد. روش ضرب موزون و جمع موزون به صورت جداگانه نیز برای ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شوند اما در روش واسپاس به صورت همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش نیز مانند بسیاری دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه توسط (Zavadskas et al, 2016) ارائه شد. این روش طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

مرحله اول: نخستین گام در این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم در این روش شامل جدول است که ستون‌های آن را معیارها یا زیرمعیارها و سطرها آن را گزینه‌ها تشکیل می‌دهند.

مرحله دوم: در گام دوم بایستی ماتریس بی مقیاس شود (نرمال سازی)، که این تکنیک نرمال سازی بروش خطی صورت می‌گیرد.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

اگر شاخص‌ها از نوع مثبت باشد از رابطه (۴) استفاده می‌شود.

اگر شاخص‌ها از نوع منفی باشد از رابطه (۵) استفاده می‌شود.

مرحله سوم: وزن دهی ماتریس تصمیم‌گیری؛ در این مرحله، وزن هر معیار در مقادیر مربوطه ضرب می‌شود تا ماتریس تصمیم وزن دار به دست آید.

$$U_{ij} = \bar{x}_{ij} * w_j \quad \text{رابطه (۶)}$$

مرحله چهارم: محاسبه مقدار بهینه گزینه‌ها ($Q_i^{(1)}, Q_i^{(2)}$)

در اینجا از ترکیب دو معیار؛ مدل جمع وزن دار و مدل ضرب وزن دار برای گزینه بهینه محاسبه می‌شود؛

- مدل جمع وزن دار

¹. Weighted Product Model

². Weighted Product Model

نخستین معیار بهینگی گزینه‌ها روش جمع وزن‌دار (WSM) است. برای این کار وزن هر معیار باید در عناصر ستون خود در ماتریس نرمال ضرب شود (رابطه ۷). این روش همان میانگین موزن است.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j \quad \text{رابطه ۷}$$

- مدل ضرب وزن‌دار

دومین معیار بهینگی با روش ضرب وزن دار (WPM) بدست می‌آید (رابطه ۸). که یک روش مستقل است و کاربرد آن به عنوان یک روش مستقل با کاربردی که زاوادیاسکاس در تکنیک واسپاس معرفی کرده است متفاوت می‌باشد. در مدل WPM باید گزینه‌ها دو به دو براساس مقادیرشان و نسبت به هم تعیین اولویت شوند.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad \text{رابطه ۸}$$

مرحله پنجم: مرحله تعیین مقدار عملکرد یکپارچه؛ در این مرحله با رابطه (۹) دو امتیاز حاصل از جمع وزن‌دار هر گزینه و ضرب وزن‌دار ترکیب می‌شوند و وزن نهایی با روش واسپاس محاسبه خواهد شد.

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)} \quad \text{رابطه ۹}$$

رابطه (۹) توسط Zavadskas et al (2012) و همچنین در کتاب Alinezhad & Khalili, (2019) ارائه شده است. معمولاً λ برای وزن مساوی WSM و WPM برابر با ۰/۵ لحاظ می‌شود.

مرحله ششم: رتبه‌بندی؛ گزینه ترجیحی برتر یک گزینه اصلی با حداکثر مقدار می‌باشد، و گزینه‌ای که بیشترین مقدار Q_i را داشته باشد به عنوان گزینه ترجیحی انتخاب می‌شود که نشان دهنده شرایط مطلوب‌تر و سطح بهینه مورد نظر است در واقع روش WASPAS با استفاده از یک رویکرد ترکیبی، امکان تصمیم‌گیری دقیق‌تر در مسائل چندمعیاره را فراهم می‌کند و به پژوهشگران و تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد تا گزینه‌های بهینه را با اطمینان بیشتری شناسایی کنند (Zavadskas et al, 2016).

نتایج و بحث

تعیین اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری

پس از جمع‌آوری داده‌های عددی حاصل از امتیازدهی خبرگان، ماتریس داده‌های خام تشکیل گردید. در ادامه، براساس مراحل روش CRITIC، ابتدا نرمال‌سازی داده‌ها انجام گرفت (جدول ۳). سپس مقادیر انحراف معیار معیارهای نرمال شده محاسبه شد تا میزان پراکندگی و قدرت تبیین هر معیار در مجموعه داده‌ها استخراج گردد. علاوه بر آن، با محاسبه ضریب همبستگی میان معیارها، میزان تکرارپذیری اطلاعات در نظر گرفته شد. در نهایت، وزن‌دهی معیارها بصورت کاملاً عینی و داده محور و براساس شاخص‌های آماری به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۳- ماتریس داده‌های خام و نرمال معیارها

پاسخگو	میزان تسلط کشاورز	تناسب تکنولوژی با شرایط مزرعه	تناسب با شرایط اقلیمی	تناسب با شرایط اقتصادی	تناسب تکنولوژی با شرایط اجتماعی	تأثیر در بهره‌وری	سطح تکنولوژی
	خام	نرمال	خام	نرمال	خام	نرمال	خام
۱	۰/۴	۵	۰/۸	۴	۰/۶	۱	۶
۲	۰/۴	۶	۱	۶	۰/۶	۲	۴
۳	۰/۴	۴	۰/۶	۳	۰/۴	۳	۵
۴	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰
۵	۰/۸	۶	۱	۵	۰/۶	۴	۰/۸
۶	۰/۶	۴	۰/۶	۵	۰/۶	۵	۰/۸
۷	۱	۵	۰/۸	۶	۰/۶	۶	۱
۸	۰/۶	۳	۰/۴	۳	۰/۴	۲	۴
۹	۰/۸	۶	۱	۶	۱	۶	۵
۱۰	۰/۶	۴	۱	۶	۰/۶	۴	۴
S.D.	۰/۲۸۰	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۷	۰/۲۸۶	۰/۳۲۹	۰/۳۲۲

جدول ۴- وزن‌های معیارها با استفاده از روش CRITIC

معیارها	میزان تسلط کشاورز	تناسب تکنولوژی با شرایط مزرعه	تناسب تکنولوژی با شرایط اقلیمی	تناسب تکنولوژی با شرایط اقتصادی	تناسب تکنولوژی با شرایط اجتماعی	تأثیر در بهره‌وری	سطح تکنولوژی
وزن اولیه (C)	۱/۲۳	۰/۹۲	۱/۰۵	۰/۸۵	۱/۴۹	۰/۹۲	۰/۸۸
وزن نهایی (w)	۰/۱۶۷	۰/۱۲۵	۰/۱۴۴	۰/۱۱۵	۰/۲۰۲	۰/۱۲۸	۰/۱۱۹

همانطور که جدول نشان می‌دهد؛ معیار با بیشترین میزان وزن نهایی در تناسب فناوری با شرایط اجتماعی ۰/۲۰۲ می‌باشد، بدین معنا که از دیدگاه خبرگان موفقیت فناوری‌های نوین آب‌محور در کرمانشاه بیش از همه به پذیرش اجتماعی و انطباق فرهنگی آن وابسته است. وزن نهایی در میزان تسلط کشاورز به فناوری ۰/۱۶۷، و تناسب فناوری با شرایط اقلیمی ۰/۱۴۴ به دست آمد که معیارهای با اهمیت متوسط به بالا در پذیرش و بکارگیری فناوری‌های آبیاری هستند. تأثیر در میزان بهره‌وری (۰/۱۲۸) و تناسب فناوری با شرایط مزرعه (۰/۱۲۵) به عنوان معیارهای با اهمیت متوسط، نسبت به معیارهای قبل نقش کمتری در انتخاب و بکارگیری فناوری‌های آبیاری دارند. در نهایت وزن نهایی سطح فناوری (۰/۱۱۹) و تناسب فناوری با شرایط اقتصادی (۰/۱۱۵) معیارهای با اهمیت پایین‌تر در انتخاب فناوری‌های آبیاری هستند. در مجموع می‌توان گفت عامل اجتماعی و تسلط کشاورز نقش کلیدی در انتخاب فناوری آبیاری مناسب دارند، یعنی بعد انسانی و نگرشی نسبت به بعد فناورانه غالب است. بطور کل، یافته‌های این پژوهش نشان داد که معیارهای اجتماعی، بیشترین وزن را در فرآیند انتخاب و بکارگیری فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه به خود اختصاص داده‌اند. این نتیجه در نگاه نخست ممکن است به معنای کمرنگ‌بودن نقش عوامل اقتصادی و سیاستی تلقی شود، اما تحلیل عمیق‌تر نتایج در بستر نهادی و حکمرانی آب در ایران نشان می‌دهد که حمایت‌های دولتی و سیاست‌های یارانه‌ای به‌طور غیرمستقیم در دل معیارهای اجتماعی و اقتصادی مستتر شده‌اند و همین موضوع موجب کاهش وزن آشکار معیار اقتصادی در مدل CRITIC شده است. بطوری که می‌توان گفت در نظام کشاورزی ایران، انتخاب و گسترش فناوری‌های آبیاری به‌طور تاریخی و ساختاری وابستگی بالایی به سیاست‌های دولتی، یارانه‌های بلاعوض، تسهیلات بانکی، طرح‌های توسعه‌ای وزارت جهاد کشاورزی و پروژه‌های تجهیز و نوسازی اراضی داشته است. در چنین شرایطی، تصمیم کشاورز الزاماً بازتاب‌دهنده محاسبات اقتصادی مستقل نیست، بلکه اغلب در چارچوب فناوری‌های مورد حمایت دولت شکل می‌گیرد. به بیان دیگر، ریسک اقتصادی و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه فناوری‌های آبیاری، تا حد زیادی از طریق حمایت‌های دولتی

اجتماعی سازی شده است و همین امر باعث می شود کشاورزان معیار اقتصادی را به عنوان یک عامل تعیین کننده مستقل کمتر برجسته سازند.

در مرحله بعد، به کمک روش واسپاس تحقق پذیری بکارگیری فناوری های آبیاری براساس سنجش وضع موجود در قالب ماتریس محاسبه می شود و رتبه بندی فناوری های آبیاری بر مبنای آن جهت بهینه سازی مصرف منابع آب صورت می گیرد.

رتبه بندی فناوری های آبیاری براساس میزان مطلوبیت

به منظور اولویت بندی و انتخاب فناوری های آبیاری مطلوب و متناسب با شرایط کشاورزان از روش WASPAS استفاده گردید. در این راستا، با در نظر گرفتن ارزیابی وضعیت موجود هر یک از معیارها در گزینه های مورد بررسی، ماتریس موجود تشکیل شد. در نهایت با استفاده از وزن اختصاصی شاخص ها که از روش CRITIC حاصل شد، اقدام به اولویت بندی و تعیین جایگاه فناوری های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر گردید. برای این کار، در ابتدا براساس معیارهای پژوهش داده های وضع موجود گردآوری و سپس از ترکیب معیارها و گزینه ها، ماتریس وضع موجود تنظیم گردید که در جدول شماره (۵) آمده است.

جدول ۵- ماتریس وضع موجود

تکنولوژی های آبیاری	تاثیر در بهره وری (درصد)	سطح تکنولوژی	میزان تسلط کشاورز	تناسب تکنولوژی با شرایط مزرعه	تناسب تکنولوژی با شرایط اقلیمی	تناسب تکنولوژی با شرایط اقتصادی	تناسب تکنولوژی با شرایط اجتماعی
سیستم های آبیاری بارانی نیمه ثابت ^۱	۳۶/۸۰	۲	۴/۸۹	۴/۶۷	۴/۵۱	۴/۶۷	۴/۴۲
سیستم های آبیاری قطره ای نوار تیپ	۳۶/۹۰	۲	۴/۰۹	۴/۷۴	۴/۶۰	۴/۱۰	۴/۱۹
قرقره های گان	۱۹/۴۰	۲	۱/۸۳	۲/۴۲	۳/۴۷	۲/۱۷	۲/۴۰
آبیاری بارانی غلطان (ویل موو)	۲۱/۴۰	۲	۱/۵۷	۲	۳/۵۸	۱/۸۹	۲/۲۷
سیستم آبیاری دوار مرکزی (سنتر پیوت)	۲۲/۳۰	۲	۱/۶۳	۲/۰۸	۳/۵۷	۱/۹۷	۲/۲۷
زیرسطحی	۲۴/۹۰	۳	۱/۴۸	۲/۷۹	۴/۱۷	۱/۸۴	۲/۴۱
سیستم های آبیاری هوشمند	۳۳/۵۰	۳	۱/۵۳	۳/۲۹	۴/۰۸	۱/۹۲	۲/۲۷
بهترین حالت	۳۶/۹۰	۳	۴/۸۹	۴/۷۴	۴/۶۰	۴/۷۸	۲/۷۸
W	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۰

منبع: یافته های پژوهش

جدول (۴) بهترین حالت برای هر معیار طبق فناوری های آبیاری مورد نظر بیان شده به این صورت که برای بهره وری مقدار مطلوبی که در گزارشات شرکت آب منطقه ای بیان شده، عدد ۰/۷ معیار مطلوب بهره وری برای سیستم های آبیاری بارانی نیمه ثابت با نازل های جابجا شونده است اما نمی تواند مبنای سایر روش ها قرار گیرد. بنابراین با توجه به اینکه معیار مطلوب برای روش های مختلف آبیاری متفاوت است در این پژوهش معیار مطلوب همان بالاترین مقدار بدست آمده طبق نظر متخصصین در نظر گرفته شد، برای سطح مطلوب فناوری نیز در مقالات عدد ۳ بیان شده (باقری و جواد، ۱۴۰۰) در زمینه ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبری کشاورزی ایران که به فناوری ها از لحاظ پیشرفتی اعداد از سطح یک تا سه اختصاص داده)،

^۱. سیستم آبیاری بارانی نیمه ثابت با آب پاش های متحرک

و برای سایر معیارها نیز طبق بیشترین مقداری که متخصصین پاسخ داده‌اند بیان شده است (اسلامی، ۱۳۹۴؛ پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۴۰۳؛ Preite et al, 2023).

به منظور رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های فناوری آبیاری، ابتدا محاسبه واریانس‌های Q_1 و Q_2 محاسبه شد. مقادیر محاسبه شده برای هر فناوری آبیاری در این مرحله از محاسبات در جدول شماره (۶) ارائه شد. محاسبه مرحله نهایی (Q_i) در واقع جهت مشخص کردن گزینه‌هایی است که بهترین وضعیت را با توجه به معیارها دارند. در این مرحله، برای رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها مقدار Q_1 و Q_2 برای هر گزینه طبق فرمول‌هایی که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد به دست آمد، و در نهایت طبق آنها Q_i بدست آمد که با توجه به مقدار آن رتبه نهایی هر گزینه مشخص شد. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که سیستم آبیاری نیمه‌ثابت با آبپاش‌های متحرک بالاترین امتیاز $Q_i = 7/490$ را کسب کرده و در رتبه نخست قرار گرفته است. پس از آن، سیستم آبیاری قطره‌ای نواری تیپ با $Q_i = 7/451$ در رتبه دوم قرار دارد. این دو فناوری به دلیل راندمان بالای مصرف آب، یکنواختی مناسب در توزیع رطوبت خاک و قابلیت تلفیق عملیات کودآبیاری از کارایی فنی بالاتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار بوده‌اند. نتایج به روشنی بیانگر آن است که این فناوری‌ها، با توجه به شرایط منطقه‌ای و الگوی کشت غالب استان کرمانشاه، بیشترین انطباق را با الزامات فنی و محیطی منطقه دارند. بعد از آن‌ها فناوری‌هایی مانند سیستم‌های هوشمند (از نوع آبیاری نیمه‌ثابت با آبپاش‌های متحرک) در رتبه سوم قرار گرفت. هرچند فناوری هوشمند از نظر فنی پیشرفته‌تر است، اما عواملی نظیر هزینه اولیه بالا، نیاز به زیرساخت ارتباطی و تخصص فنی بهره‌برداران مانع از کسب رتبه بالاتر آن شده است. در مقابل، فناوری‌های قرقره‌های گان، بارانی غلتان (ویل موو) و مرکزی سنتر پیوت پایین‌ترین رتبه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. دلایل اصلی این موضوع عبارت‌اند از: محدودیت در مقیاس اجرا به دلیل کوچک بودن قطعات اراضی، هزینه زیاد نگهداری، و تطابق کمتر با الگوی کشت غالب (به‌ویژه کشت گندم). در نتیجه، کاربرد این سامانه‌ها در واحدهای خرد و پراکنده کشاورزی استان از نظر اقتصادی و اجرایی توجیه‌پذیر نیست.

به‌طور کلی، برتری فناوری‌های آبیاری نیمه‌ثابت با آبپاش‌های متحرک و سیستم قطره‌ای نواری تیپ را می‌توان به مجموعه‌ای از عوامل از جمله کارایی بالای مصرف آب، کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی، قابلیت اجرا در سطح مزارع کوچک، و سهولت بهره‌برداری توسط کشاورزان محلی نسبت داد. افزون بر آن، این دو فناوری از پذیرش اجتماعی بیشتری نیز برخوردارند؛ زیرا با دانش و توان فنی فعلی کشاورزان منطقه سازگاری بیشتری دارند و به سرمایه‌گذاری نسبتاً کمتری نیاز دارند. بنابراین، تحلیل نهایی بر اساس شاخص Q_i نشان می‌دهد که در شرایط فعلی کشاورزی استان کرمانشاه، فناوری‌های آبیاری نیمه‌ثابت و نواری تیپ به عنوان گزینه‌های بهینه و قابل توسعه پیشنهاد می‌شوند، زیرا ضمن تأمین بهره‌وری مناسب آب، با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فنی کشاورزان منطقه بیشترین انطباق را دارند.

جدول ۶- مقادیر محاسبه شده واریانس‌ها برای تمام گزینه‌ها

رتبه	Q_i	Q_2	Q_1	
۱	۷/۴۹۰	۷/۵۷۳	۷/۴۰۶	سیستم آبیاری نیمه‌ثابت
۲	۷/۴۵۱	۷/۵۳۲	۷/۳۷۸	سیستم آبیاری نواری تیپ
۷	۵/۴۶۲	۶/۹۷۹	۳/۹۴۵	قرقره‌های گان
۶	۵/۶۰۵	۶/۹۳۵	۴/۲۷۵	آبیاری بارانی غلتان (ویل موو)
۵	۵/۶۹۹	۶/۹۵۷	۴/۴۴۲	مرکزی سنتر پیوت
۴	۶/۰۲۷	۷/۰۷۲	۴/۹۸۳	زیرسطحی
۳	۶/۸۳۹	۷/۱۴۶	۶/۵۳۲	سیستم‌های آبیاری هوشمند

بطور کلی، یافته‌های حاصل از تحلیل صورت گرفته از طریق تکنیک واسپاس نشان داد که فناوری‌های دارای انطباق اجتماعی بالاتر، در رتبه‌بندی کلی در سطوح بالاتری قرار گرفتند. در واقع، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که معیارهای اجتماعی، بیشترین وزن و اهمیت را در میان شاخص‌های مورد بررسی داشتند و نسبت به معیارهای میزان بهره‌وری سیستم، شرایط مزرعه، سطح فناوری، شرایط اقتصادی، شرایط اقلیمی و زیست‌محیطی نقش برجسته‌تری در فرآیند انتخاب و بکارگیری فناوری‌های آبیاری ایفا کردند. این یافته‌ها بیانگر اهمیت عوامل اجتماعی در موفقیت یا عدم موفقیت استقرار فناوری‌های آبیاری جدید در استان کرمانشاه است. کشاورزان به عنوان کاربران اصلی این فناوری‌ها، زمانی پذیرای فناوری‌های نوین می‌شوند که با فرهنگ (که در این تحقیق به همخوانی با سایر کشاورزان و اطمینان از عدم شکست در بکارگیری و پرهیز از هزینه‌های اقتصادی و به خصوص اجتماعی تفسیر می‌شود)، نیازها و ظرفیت‌های اجتماعی آنها همخوانی داشته باشد. در مقابل، صرف مزایای اقتصادی یا ویژگی‌های فنی بدون توجه به ابعاد اجتماعی، منجر به پذیرش محدود یا حتی شکست در پیاده‌سازی می‌شود. برجستگی بعد اجتماعی در تصمیم به بکارگیری فناوری آبیاری به نوعی بیانگر اهمیت تصمیم جمعی نوآوری می‌باشد. در شرایط فعلی عدم آگاهی کشاورزان از فناوری‌های به روز جهانی به واسطه عدم ارتباط و نداشتن آموزش و گاهی عدم احساس نیاز به بهبود شرایط آبیاری و همچنین عدم امکان تهیه و بکارگیری فناوری‌های مدرن توسط عامه کشاورزان چه به لحاظ شرایط اقتصادی و چه به لحاظ شرایط فنی و ساختار مزرعه به نوعی رضایتی جمعی را حاصل نموده است به خصوص اینکه هم کشاورزان و هم مسئولان دولتی شرایط فعلی را از شرایط قبل که عمدتاً آبیاری غرقابی و سنتی بود بهتر می‌بینند و به سطحی از رضایت رسیده‌اند که عمدتاً این رضایت ماهیتی اجتماعی دارد.

از دیگر نکات قابل توجه، اختلاف میان فناوری‌های ارزیابی شده در زمینه معیارهای فنی و زیست‌محیطی بود که نسبت به شاخص‌های اجتماعی کمتر معنادار بود. این موضوع نشان می‌دهد که حتی در صورت برتری فنی یک فناوری، عدم توجه به ملاحظات اجتماعی می‌تواند بکارگیری آن را با چالش مواجه کند. این نتایج با برخی یافته‌های پژوهش‌های پیشین همسو است. در این راستا رستگار و همکاران، (۱۴۰۰)، و علی‌توکی و سعدی (۱۴۰۴) در مطالعه خود بر اهمیت بعد اجتماعی در موفقیت فناوری‌های نوین کشاورزی تأکید کرده‌اند. همچنین رستمی و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که بدون توجه به بسترهای اجتماعی و فرهنگی، احتمال شکست پروژه‌های فناوری در بخش کشاورزی افزایش می‌یابد. در مطالعات بین‌المللی نیز این موضوع مورد تأکید قرار گرفته است؛ به طوری که Meijer et al, (2015) بر اهمیت درک فرآیندهای اجتماعی در انتخاب و بکارگیری فناوری‌های کشاورزی نوین تأکید نموده‌اند. همچنین Kuehne et al (2017) خاطر نشان کرده‌اند که فناوری‌های موفق، الزاماً فناوری‌هایی نیستند که از نظر فنی بهتر باشند، بلکه آنهایی هستند که از نظر اجتماعی قابل پذیرش‌تر هستند. در رابطه با تناسب فناوری با شرایط اقلیمی، وزن به دست آمده (۰/۱۴۴) نشان دهنده اهمیت متوسط به بالای این معیار است که پس از عوامل اجتماعی و تسلط کشاورز قرار می‌گیرد. استان کرمانشاه با اقلیم نیمه خشک نیازمند فناوری‌هایی است که در برابر باد، گرما و شیب زمین مقاوم باشند. فناوری‌های بارانی نیمه ثابت و نوار تیپ به دلیل یکنواختی توزیع و کاهش تبخیر در شرایط گرمسیری، انطباق بالایی نشان دادند. این یافته با اسلامی و همکاران، (۱۳۹۵) همخوانی دارد که در مناطق خشک ایران، آبیاری بارانی نیمه ثابت را به دلیل راندمان ۷۵-۸۵ درصدی در برابر تبخیر و سازگاری با اقلیم محلی برتر گزارش شده بود. همچنین پورغلا آمیجی و همکاران (۲۰۲۴) در غرب ایران بر سازگاری اقلیمی نوار تیپ با الگوهای بارش نامنظم و خاک‌های سبک تأکید کرده‌اند. در مقابل Dayioglu & Turker, (2021) در اقلیم مدیترانه‌ای ترکیه، سیستم‌های بزرگ مقیاس را به دلیل حساسیت به باد و دمای بالا، نامناسب دانسته‌اند که با رتبه پایین سنترپیوت و قرقره‌های گان در مطالعه حاضر مطابقت دارد. بطور کل در رابطه با نتیجه معیار تناسب با شرایط اقتصادی بدست آمده در این پژوهش می‌توان گفت اگر چه انتظار می‌رفت معیار اقتصادی نقش تعیین‌کننده‌تری در پذیرش و بکارگیری فناوری‌های آبیاری داشته باشد، اما وزن بدست آمده برای این معیار پایین‌تر از سایر شاخص‌ها بود. حتی در شرایطی که حمایت دولتی یا یارانه‌ای وجود نداشته است، این موضوع را می‌توان ناشی از غلبه عوامل اجتماعی - فرهنگی، رضایت نسبی کشاورزان از شرایط موجود، محدودیت‌های آموزشی و شناختی، ناهمگنی اقتصادی بهره‌برداران و همپوشانی آماری معیار اقتصادی با سایر شاخص‌ها دانست.

نکته قابل تأمل در رابطه با وزن پایین معیار تناسب فناوری با شرایط اقتصادی (۰/۱۱۵) را نباید به معنای بی‌اهمیت بودن اقتصاد در تصمیم کشاورزان تفسیر کرد؛ بلکه این نتیجه تا حد زیادی بازتاب‌دهنده ساختار یارانه‌ای و مداخله‌گرایانه دولت در بخش آبیاری است. در واقع، اقتصاد فناوری آبیاری در ایران، اقتصاد بدون دولت نیست و حذف یا تغییر جهت حمایت‌های دولتی می‌تواند به‌طور اساسی نتایج چنین رتبه‌بندی‌هایی را دگرگون سازد. بطوری که می‌توان گفت شاید دلیل برتری فناوری‌هایی نظیر سیستم آبیاری بارانی نیمه‌ثابت و نوار تیپ، علاوه بر انطباق اجتماعی و سهولت بهره‌برداری، به میزان بالایی ناشی از سابقه طولانی این فناوری‌ها در برنامه‌های حمایتی دولت، در دسترس بودن خدمات فنی، تجربه موفق همسایگان و اطمینان نهادی ایجاد شده پیرامون آنهاست. از سوی دیگر، فناوری‌های پیشرفته‌تری مانند سیستم‌های آبیاری هوشمند یا زیرسطحی، علی‌رغم مزایای فنی و زیست‌محیطی قابل توجه، به دلیل نبود یا ضعف حمایت‌های هدفمند دولتی، هزینه اولیه بالا، نبود سازوکارهای بیمه‌ای، و کمبود خدمات پشتیبانی، نتوانسته‌اند جایگاه بالاتری در رتبه‌بندی نهایی کسب کنند. در این راستا توجه به این نکته مهم است که ساختار اصلی کشاورزی گرچه خصوصی است ولی به‌طور عمده با تدابیر و سیاست‌های دولتی مدیریت می‌گردد و به خصوص در مساله فناوری‌ها سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی تصویر کلی تکنولوژی و همچنین سطح مکانیزاسیون کشاورزی را تعریف میکند. بنابر این تغییر نگاه از حاکمیت تجویزی و دستوری در پناه حمایت‌های تشویقی میبایست به حکمرانی تکنولوژی و یا تغییر رویکرد به مدیریت مشارکتی تکنولوژی و با باز تعریف نقش دولت از عامل به حامی، ناظر و تسهیلگر مدیریت تکنولوژی ضروری به نظر میرسد. این یافته نشان می‌دهد عدم توازن در سیاست‌های حمایتی می‌تواند به‌طور مستقیم الگوی انتخاب فناوری را منحرف کرده و مانع گذار به فناوری‌های کارا تر از منظر صرفه‌جویی آب شود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر تأکید دارد که مزایای صرف فنی یا اقتصادی نمی‌تواند موفقیت فناوری‌های نوین آبیاری را تضمین کند و در مقابل، توجه و انطباق با بستر اجتماعی-فرهنگی جامعه هدف، و در کنار آن عوامل اقلیم نقش کلیدی و تعیین‌کننده‌ای دارد. بطوری که تحلیل وزن نهایی براساس روش کریتیک تأیید می‌کند که بیشترین اهمیت به تناسب فناوری با شرایط اجتماعی (۰/۲۰۲) و کمترین آن به تناسب فناوری با شرایط اقتصادی (۰/۱۱۵) اختصاص داده شده است. مطالعات اخیر نیز بر این نکته تأکید دارند که عوامل اجتماعی و تعاملات اجتماعی نقش مهمی در پذیرش فناوری‌های آبیاری دارند.

بر اساس رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری با روش واسپاس، سیستم آبیاری بارانی نیمه‌ثابت با آپاش‌های متحرک با امتیاز ۷/۴۹ از ده بیشترین تناسب را با شرایط بهره‌برداران استان کرمانشاه داشته و به عنوان مطلوب‌ترین گزینه شناسایی شده است. پس از آن، سیستم قطره‌ای نوار تیپ ۷/۴۵، آبیاری هوشمند ۶/۸۳ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، و سیستم قرقره‌های گان با ۵/۴۶ کمترین سطح مطلوبیت را از لحاظ معیارها به خود اختصاص داده است. این اولویت‌بندی نشان‌دهنده آن است که سیستم‌های بارانی نیمه‌ثابت و قطره‌ای نوار تیپ، به دلیل توزیع یکنواخت آب شبیه به باران طبیعی، سازگاری با اکثر خاک‌ها و محصولات، قابلیت استفاده در زمین‌های شیب‌دار، کاهش تبخیر و تعرق (به ویژه در سیستم نوار تیپ برای مناطق گرمسیری)، کنترل بهتر علف‌های هرز و انعطاف‌پذیری در آبیاری محصولات تابستانه، از سوی بهره‌برداران ترجیح داده می‌شوند. از دیگر نکات انتخاب فناوری‌های آبیاری بارانی نیمه‌ثابت با آپاش‌های متحرک و سیستم آبیاری قطره‌ای نوار تیپ، به‌عنوان گزینه‌های بهینه و قابل توسعه، ریشه در انطباق اجتماعی بالا، سهولت بهره‌برداری، تجربه عملی کشاورزان و مهم‌تر از همه سابقه و تداوم حمایت‌های دولتی از این فناوری‌ها دارد.

کسب رتبه سوم توسط سیستم‌های آبیاری هوشمند (۶/۸۳) نوید خوبی که نشان‌دهنده حساسیت و پیگیری کشاورزان برای دنبال کردن فناوری‌هایی است که به هر نحو آب کمتری را در شرایط فعلی کشاورزی با حفظ سطح تولید بکار گیرند. اما از طرفی، هزینه نصب و تجهیز بالاست و نیاز به دانش فنی برای راه‌اندازی و نگهداری می‌باشد که کشاورز باید با فناوری آشنا باشد یا نیروی متخصص در دسترس داشته باشد زیرا خطر اختلال نرم افزاری یا خرابی سخت افزار بالاست. گسترش فناوری اطلاعات و کاربری آن در بیشتر امور زندگی روزمره کشاورزان را مجاب ساخته است که می‌توان آن را در مدیریت مزرعه و آب و آبیاری

بکارگرفت. به این منظور نقش نهادهای دولتی و خصوصی در تولید و توسعه فناوری در این سطح و آموزش و پژوهش مناسب تعیین کننده خواهد بود.

بطور کل ترکیبی از این عوامل می‌تواند مانع یا مشوق استفاده از آبیاری مدرن شود. در برخی موارد سیستم‌های نصب شده به دلیل عدم نگهداری درست، ناکارآمد شده که این موضوع به ضعف پشتیبانی فنی و عدم امنیت برمی‌گردد. نقش جامعه محلی و فرهنگ سنتی کشاورزی نیز نباید نادیده گرفته شود چرا که کشاورزان هنوز اعتماد کافی به سیستم‌های مدرن را ندارند یا ترجیح می‌دهند از روش‌های آبیاری متداول استفاده کنند. اینجاست که می‌توان گفت علت عدم انتخاب و بکارگیری فناوری‌های آبیاری به‌روز و مطلوب توسط کشاورزان می‌تواند به شناخت کم آنان با این فناوری‌ها برگردد. چرا که بسیاری از سیستم‌های آبیاری که اکنون توسط کشاورزان بکار گرفته می‌شود در گذشته طراحی و ساخته شده‌اند یعنی زمانی که مصرف بهینه آب مانند اکنون از اهمیت آنچنان برخوردار نبود، زیرا کمبود آب اینگونه احساس نمی‌شد و مشکل به بحران جدی تبدیل نشده بود. بنابراین بازنگری در سیاستگذاری و برنامه‌ریزی در این حوزه اهمیت بالایی دارد چرا که سیستم‌های بارانی علی‌رغم توجه‌ای که به آنها شده است در شرایط گرمسیری و فصول گرم سال از تبخیر قابل توجهی برخوردار است. این ادعا با این پشتوانه تقویت می‌گردد که نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد عدم بکارگیری و توسعه فناوری‌های نوین آبیاری تا حدود زیادی معلول مدیریت ضعیف و عدم ارزیابی این فناوری‌ها در مکان‌ها و زمان‌های متفاوت و همچنین عدم برنامه‌ریزی و آینده‌نگری مناسب جهت کاربرد فناوری‌های مناسب آبیاری و به‌روز رسانی آنها، کار نکردن روی کشاورزان و بخش‌هایی که می‌توانست بهره‌وری آب را بالا ببرد. در ضمن با توجه به اینکه اصلی‌ترین و مهمترین عامل در مدیریت مصرف آب، کشاورزان محسوب می‌شوند. بنابراین، هرگونه فرآیند و اقدامی در سیستم‌های آبیاری بدون توجه به نقش کشاورزان، اهمیت و بازدهی مطلوب را نخواهد داشت. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که در طراحی، معرفی و ترویج فناوری‌های آبیاری جدید در مناطق مختلف، توجه به عوامل اجتماعی نه تنها ضروری، بلکه حیاتی است. بی‌توجهی به این ابعاد می‌تواند موجب اتلاف منابع و عدم تحقق اهداف توسعه‌ی پایدار در بخش کشاورزی گردد.

پیشنهادهای پژوهش

- براساس نتایج پژوهش، پیشنهادهای زیر در راستای بکارگیری فناوری آبیاری مناسب و افزایش سطح بهینه ارائه می‌شود:
- تدوین برنامه‌های آموزشی و ترویجی ویژه برای ملموس نمودن نیاز نامللموس بهره‌وری آب و ارتقاء آگاهی بهره‌برداران نسبت به نقش فناوری‌های نوین آبیاری برای برطرف نمودن این نیاز
 - مطالعه و بهسازی سیستم‌های موجود مورد استفاده به منظور گذار نرم از این فناوری‌ها به سیستم‌های پیشرفته. در این خصوص می‌توان به هوشمندسازی سیستم‌های آبیاری فعلی پرداخت تا ضمن بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده زمینه انتقال کشاورزان استان به عصر کشاورزی دقیق فراهم گردد.
 - پیش مطالعات و ارزیابی‌های اجتماعی فناوری جدید، به عنوان یک الزام در فرآیند تصمیم‌گیری، در این راستا توسعه مطالعات آینده‌نگر و برنامه‌ای استراتژیک غیر قابل چشم پوشی است.
 - توسعه فناوری‌های آبیاری با مشارکت فعال جوامع محلی و مبتنی بر نیازسنجی دقیق اجتماعی و فنی.
 - توسعه و تقویت شرکت‌های دانش بنیان مدیریت فناوری آب و آبیاری در سطح استان به منظور تدوین سند توسعه فناوری‌های آب و آبیاری.

- سیاست‌گذاری بر مبنای مشارکت فعال بهره‌برداران در تصمیم‌گیری‌های مربوط به فناوری‌های آبیاری.
- در کل، یافته‌های پژوهش حاضر بر ضرورت رویکردی چند بعدی و اجتماعی‌محور در فرآیند توسعه و استقرار فناوری‌های آبیاری و همچنین تدوین سند استراتژیک توسعه فناوری و نقشه راه فناوری‌های آب محور صحنه می‌گذارد که می‌تواند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های آتی در برنامه‌های توسعه بخش کشاورزی استان کرمانشاه و سایر مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، معیار حمایت و سیاست‌های دولتی به‌عنوان یک شاخص مستقل در کنار معیارهای فنی، اقتصادی و اجتماعی وارد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شود. همچنین تحلیل سناریوهای مختلف (کاهش

یارانه، هدفمندسازی حمایت‌ها، یا انتقال حمایت از فناوری‌های متداول به فناوری‌های هوشمند) می‌تواند تصویر واقع‌بینانه‌تری از پایداری انتخاب فناوری‌ها در بلندمدت ارائه دهد.

محدودیت‌های پژوهش

با وجود تلاش پژوهش حاضر برای ارائه تحلیلی جامع از تناسب فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره CRITIC و WASPAS، لازم است برخی محدودیت‌ها و کاستی‌ها مورد توجه قرار گیرند؛ کمبود داده‌های آماری به ویژه در سطح دهستان و روستا موجب شد بخشی از اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه و برداشت میدانی تکمیل شود. این موضوع می‌تواند دقت برخی برآوردها، به ویژه در مقایسه بین شهرستان‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. محدودیت دیگر این پژوهش، وزن‌دهی معیارهای اقتصادی صرفاً براساس داده‌های پرسشنامه‌ای و شاخص عمومی انجام شد. تأثیر احتمالی حمایت‌های مالی دولت، یارانه‌ها و سیاست‌های اعتباری بر تصمیم کشاورزان در انتخاب فناوری به طور مستقیم در مدل لحاظ نشد. این امر می‌تواند باعث انحراف نسبی در وزن معیارهای اقتصادی شود. نقش حمایت‌های دولتی، یارانه‌ها، تسهیلات مالی و سیاست‌های ترویجی به صورت یک معیار مستقل در مدل تصمیم‌گیری وارد نشده و اثر آن به طور ضمنی در معیارهای اجتماعی و اقتصادی منعکس شده است. این موضوع می‌تواند منجر به کم‌برآوردی وزن واقعی سیاست‌های دولتی در انتخاب فناوری‌های آبیاری شود. از این‌رو، نتایج این مطالعه باید با این ملاحظه تفسیر گردد که تغییر در سطح یا جهت حمایت‌های دولتی می‌تواند به طور معناداری رتبه‌بندی فناوری‌ها را دگرگون سازد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنهادیه مقاله.

استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله. استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه رازی، دانشکده کشاورزی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانه برای سایر نویسندگان انجام شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از اعضای هیات علمی، کارشناسان و کشاورزانی که در مراحل مختلف کار و به خصوص آرایه اطلاعات با محققان همکاری داشته‌اند کمال تشکر را دارند.

منابع

- اروندی، س. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر سیستم‌های هوشمند آبیاری در بهینه‌سازی مصرف آب در مناطق خشک ایران. نشریه مهندسی آب و انرژی، ۳ (۱). https://wee.ihu.ac.ir/article_209685.html
- اسلامی، ع. ر.، دانش کار آراسته، پ.، اعلم‌الهدی، ع. ا. (۱۳۹۴). آب و فناوری اطلاعات: بررسی و احصای فناوری‌های راهبردی آب بر اساس مدل مفهومی. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- اعلم‌الهدی، ع. ا. (۱۳۹۴). آب و فناوری اطلاعات: بررسی و احصای فناوری‌های راهبردی آب بر اساس مدل مفهومی. فصلنامه فناوری آب و مدیریت منابع، ۱۲ (۲)، ۴۵-۶۵.
- باقری، ن.، جوادی، ا. (۱۴۰۱). ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی کشاورزی ایران. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۲۰ (۴۷)، ۴۱-۵۴. [10.22034/jtd.2022.252585](https://doi.org/10.22034/jtd.2022.252585)
- پاپلی یزدی، م. ح.، جمعه‌پور، م.، مهدی‌زاده اردکانی، م. (۱۳۹۶). بررسی پیامدهای اجتماعی بحران کمبود منابع آب در مناطق کویری (مطالعه موردی: شهرستان اردکان). فصلنامه علوم اجتماعی.
- پورغلام آمیچی، م.، نجفیان، د.، سعدی،. (۱۴۰۳). آسیب‌شناسی و شناخت عوامل عدم اجرایی‌شدن طرح‌ها، پروژه‌ها، فناوری‌ها و پژوهش‌های فناورانه آب کشور. مدیریت آب در کشاورزی، ۹ (۲)، ۱۶۵-۱۹۰. <https://civilica.com/doc/1686448>
- حاجی آبادی، ف.، حسن‌پور، ف.، یعقوب‌زاده، م.، حمامی، ح. (۱۴۰۴). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی کشاورزی به کمک شاخص SMDI در رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۴ (۱)، ۷۲-۸۴. [doi: 10.22034/nawee.2025.486306.1116](https://doi.org/10.22034/nawee.2025.486306.1116)
- حاجی‌راد، ا. (۱۴۰۴). شناخت روش‌ها و ابزارهای مدیریت هوشمند آبیاری و تأثیر آن‌ها در بهینه‌سازی مصرف آب آبیاری. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۲ (۲)، ۱۵۹-۱۷۶.
- حسینی، س. م.، سعیدی مطلق، م. ح.، فارابی، س. ث.، برزو جیرندهی، ف.، کبیری، ش.، قیاسی، ب. (۱۴۰۳). گردشگری آب، راه حلی برای توسعه پایدار و حفاظت از منابع آب استان قزوین. نشریه رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۳ (۱)، ۱۹۰-۲۰۵. [doi: 10.22034/nawee.2024.463234.1089](https://doi.org/10.22034/nawee.2024.463234.1089)
- رستگار، م.، نظری، ع.، محمدی، س. (۱۴۰۰). بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های نوین کشاورزی در میان کشاورزان استان همدان. فصلنامه تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی/ایران، ۱۷ (۱)، ۶۵-۸۰.
- رستمی، ح.، طاهری، م.، صادقی (۱۳۹۹). تحلیل اجتماعی-فرهنگی پذیرش فناوری‌های آبیاری تحت فشار در استان کرمان. فصلنامه پژوهش‌های کشاورزی پایدار، ۲۹ (۲)، ۱۲۳-۱۳۶. <http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.vbi4.2017.1064>
- سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه (۱۴۰۴). سالنامه آماری کشاورزی استان کرمانشاه ۱۴۰۲-۱۴۰۴. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، موسسه آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه.
- شاه‌ولی، م.، عاطفت‌دوست، آ.، فاطمی (۱۳۹۸). روش‌شناسی متعالی الگوی پذیرش فناوری‌های نوین کشاورزی. فصلنامه سیاست‌نامه علم و فناوری، ۹ (۳)، ۴۵-۴۹. <https://civilica.com/doc/1002127/>
- شفیعی‌نیا، ر.، حیدری، ع. (۱۴۰۰). اثر پراکندگی اراضی و ناهمگونی اقلیمی بر پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری. فصلنامه علوم و مهندسی آب/ایران، ۱۴ (۲)، ۹۰-۱۰۵.
- عباسی، ف.، عباسی، ن.، توکلی، ع. (۱۳۹۶). بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. ژورنال آب و توسعه پایدار، ۴ (۱)، ۱۴۱-۱۴۴. <https://doi.org/10.22067/JWSD.V4I1.6712>
- عبدی، آ.، میرک‌زاده، ع. ا. (۱۴۰۱). آینده فناوری‌های آب‌محور در کشاورزی استان کرمانشاه. در مجموعه مقالات سومین همایش کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در مناطق خشک. <https://civilica.com/doc/1666247>
- علی توکلی، ف.، سعدی، ح. (۱۴۰۴). راهبردها و سناریوهای کاربردی مشارکت بهره‌برداران در مدیریت پایدار منابع آب با تأکید بر روش‌های ترویجی در حوضه آبخیز جیرفت. نشریه رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۴ (۱)، ۱۰۶-۱۲۸. [doi: 10.22034/nawee.2025.490288.1119](https://doi.org/10.22034/nawee.2025.490288.1119)

- محمدیان، ا.، حیدری دهویی، ج.، قربانی، ع. (۱۳۹۹). بررسی کاربرد فناوری‌های نوآورانه شناسایی شده براساس شاخص‌های توسعه پایدار در بخش کشاورزی: تاکید بر فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیا. فصلنامه توسعه پایدار و فناوری در کشاورزی / ایران، ۱۲ (۴)، ۱۰۵-۱۲۲.
- معتقد، م.، چوبچیان، ش. (۱۴۰۳). واکاوی نشانگرهای ظرفیت سازگاری واحدهای بهره‌برداری کشاورزی در شرایط ناامنی آبی در استان همدان. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۱ (۲). <https://doi.org/10.22067/jwsd.v11i2.2402-1312>
- ملائی، ه.، اردستانی، م.، نبی‌هندی، غ. (۱۴۰۳). تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از الگوی مشارکتی بهره‌برداران (دشت کهورستان هرمزگان). ژورنال مدیریت آب و آبیاری، ۱۴ (۴). <https://civilica.com/doc/2196413>
- نصرآبادی، ح.، حیاتی، د. (۱۳۹۳). سازه‌های مؤثر بر مشارکت بهره‌برداران در توسعه‌ی شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی: کاربرد تحلیل مسیر. علوم ترویج و آموزش کشاورزی/ایران، ۱۰ (۱)، ۸۹-۱۰۰. <https://civilica.com/doc/1534139/>
- Abbasi, F., Abbasi, N., Tavakkoli, A., 2017. *Water productivity in the agricultural sector: Challenges and prospects*. Journal of Water and Sustainable Development, 4(1), 141–144. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/JWSD.V4I1.6712>
- Abdi, A., Mirkazadeh, A. A., 2022. *The future of water-based technologies in Kermanshah agriculture*. In Proceedings of the 3rd Conference on Deficit Irrigation and Use of Unconventional Waters in Arid Regions. (In Persian) <https://civilica.com/doc/1666247>
- Alinezhad, A., Khalili, J., 2019. New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM) (Vol. 277, International Series in Operations Research & Management Science). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9>
- AliTavakoli, F., Saedi, H., 2025. Strategies and applied scenarios for user participation in sustainable water resource management with an emphasis on promotional methods in the Jiroft watershed. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 4(1), 106–128. doi: 10.22034/nawee.2025.490288.1119 (In Persian)
- A'lamolhoda, A. A., 2015. Water and information technology: Reviewing and identifying strategic water technologies based on the conceptual model. *Water Technology and Resource Management Quarterly*, 12 (2), 45–65. (in Persian)
- Arvandi, S., 2024. *The impact of intelligent irrigation systems on optimizing water consumption in arid regions of Iran*. *Water and Energy Engineering Journal*, 3(1). (In Persian) https://wee.ihu.ac.ir/article_209685.html
- Bagheri, N., Javadi, A., 2022. Evaluation of technology level in the production of strategic agricultural products in Iran. *Industrial Technology Development*, 20(47), 41–54. <https://doi.org/10.22034/jtd.2022.252585>. (In Persian)
- Billaii, A., Akram, A., Ahmad, S., Hassan, S., 2021. Assessment of modern irrigation technologies for sustainable agricultural water management. *Journal of Water and Climate Change*, 12(3), 764–776. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.123>
- Chooghakhori, M., Karami, M., 2019. Evaluating knowledge-based start-up companies' technology commercialization performance using fuzzy best-worst method. *Journal of Technology Development Management*, 7(2), 129–159.
- Dayioğlu, M. A., Turker, U., 2021. Digital transformation for sustainable future-agriculture ۴/۰: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(4), 373–399.
- De Amorim, M.J.B., Lin, S., Schlich, K., Navas, J.M., Brunelli, A., Neubauer, N., Vilsmeier, K., Costa, A.L., Gondikas, A., Xia, T., Galbis, L., Badetti, E., Marcomini, A., Hristozov, D., Kammer, F.V., Hund-Rinke, K., Scott-Fordsmand, J.J., Nel, A., Wohlleben, W., 2018. Environmental Impacts by Fragments Released from Nanoenabled Products: A Multiassay, Multimaterial Exploration by the SUN Approach. *Environmental Science & Technology*, 52(3), 1514–1524.
- Ecer, F., Şenyigit, H. Y., Turkan, M. V., Erdem, M., Güler, M. G., 2025. A New Multi-granular 2-Tuple WASPAS-H Approach for Evaluating Water Resources for Olive Tree Irrigation under Group Decision-Making. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007>
- Eslami, A. R., Daneshkar Arasteh, P., A'lam ol-Hoda, A. A., 2015. *Water and information technology: Identification of strategic water technologies based on a conceptual model*. *National Congress on Irrigation and Drainage of Iran*, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Fanadzo, M., Chiduzo, C., Mkeni, P. N. S., 2011. Overview of smallholder irrigation schemes in South Africa: Relationship between farmer crop management practices and performance. *African Journal of Agricultural Research*, 5(25), 3514–3523.

- Gholghamat RAD, n., Razavi, S.A., Safavi, S.A., Ghaffarpour, R., 2019. Ranking of military aircraft maintenance centers based on human factor performance using CRITIC-VIKOR hybrid method. The 5th National Conference on Defense Science and Engineering
- HajiaBadi, F., HassanPour, F., Yaghoubzadeh, M., Hamami, H., 2025. Evaluation of climate change effect on agricultural drought using the SMDI index in different irrigation regimes. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 4(1), 72–84. doi: 10.22034/nawee.2025.486306.1116 (In Persian)
- Hajirad, I., 2025. Identification of Smart Irrigation Management Methods and Tools and Their Impact on Optimizing Irrigation Water Consumption. *Journal of Water and Sustainable Development*, 12(2), 159-176. doi: 10.22067/jwsd.v12i2.2412-1389. (In Persian)
- Hosseini, S. M., Saeidi Motlagh, M. H., Farabi, S. S., Barzo Jirandahi, F., Kabiri, Sh., Ghiaasi, B., 2024. Water tourism, a solution for sustainable development and water resource conservation in Qazvin Province. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(1), 190–205. doi: 10.22034/nawee.2024.463234.1089 (In Persian)
- Iglesias, A., Garrote, L., 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- Irrigation Association., 2021. Smart irrigation takes on new meaning in 2021. Irrigation Today. <https://irrigationtoday.org/features/smart-irrigation-takes-on-new-meaning-in-2021>
- Kamran, M. H., Soltanian, A., Fereydooni, M., Kazemi, M., 2024. Identifying the Best Strategies for Improving and Developing Sustainable Rain-Fed Agriculture: An Integrated SWOT-BWM-WASPAS Approach. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-03525-4>
- Kuehne, G., Llewellyn, R., Pannell, D., Wilkinson, R., Dolling, P., Ouzman, J., Ewing, M., 2017. Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agricultural Systems*, 156, 115-125.
- Meijer, S. S., Catacutan, D., Ajayi, O. C., Sileshi, G. W., Nieuwenhuis, M., 2015. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(1), 40-54.
- Mohammadian, E., Heydari Dehouei, J., Ghorbani, A., 2020. Application of innovative technologies identified based on sustainable development indicators in agriculture: Emphasis on IOT-based technologies. *Sustainable Development and Technology in Iranian Agriculture Quarterly*, 12 (4), 105–122. (in Persian)
- Molaei, H., Ardestani, M., Nabi-Hendi, Gh., 2024. *Developing an optimal water allocation model using participatory methods (Kahurestan Plain, Hormozgan)*. *Journal of Water Management and Irrigation*, 14(4). (In Persian) <https://civilica.com/doc/2196413>
- Mo'taqed, M., Choobchian, Sh., 2024. *Exploring indicators of adaptive capacity in agricultural production units under water insecurity in Hamedan Province*. *Journal of Water and Sustainable Development*, 11(2). (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jwsd.v11i2.2402-1312>
- Mousavi, Z., Hamidi, S. B., Mousavi, M., 2019. The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/332048671_The_new_combination_with_CRITIC_and_WASPAS_methods_for_the_time_and_attendance_software_selection_problem
- Munguía, L., Escalante, J. C., Robles Belmont, E., 2022. The management of scientific and technological infrastructures: The case of the Mexican National Laboratories. arXiv preprint arXiv:2203.04878.
- Nasrabadi, H., Hayati, D., 2014. *Structural factors affecting farmers' participation in the development of irrigation and drainage networks: A path analysis*. *Iranian Journal of Agricultural Extension and Education Research*, 10(1), 89–100. (In Persian) <https://civilica.com/doc/1534139/>
- Papoli Yazdi, M. H., Jomehpour, M., Mahdizadeh Ardakani, M., 2017. *Social consequences of water scarcity crisis in desert regions (Case study: Ardakan County)*. *Social Sciences Quarterly*. (In Persian) <https://doi.org/10.22054/qjss.2017.7922>
- Pourgholam Amiji, M., Najafian, D., Sa'di, T., 2024. *Diagnosing the factors behind the non-implementation of national water-related projects, technologies, and research*. *Agricultural Water Management*, 9(2), 165–190. (In Persian) <https://civilica.com/doc/1686448>
- Preite, L., Solari, F., Vignali, G., 2023. Technologies to Optimize the Water Consumption in Agriculture: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(7), 5975.
- Raghuvanshi, C. S., Goel, A. K., 2014. Farmers' knowledge of irrigation management: A determinant of farm income. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 69(3), 345–356.
- Rastegar, M., Nazari, A., Mohammadi, S., 2021. *Factors influencing the adoption of modern agricultural technologies among farmers in Hamedan Province*. *Iranian Journal of Agricultural Extension and Education Research*, 17(1), 65–80. (In Persian)
- Rogers, E.M., 2003. *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.

- Rostami, H., Taheri, M., Sadeghi, P., 2020. *Socio-cultural analysis of adoption of pressurized irrigation technologies in Kerman Province*. Journal of Sustainable Agricultural Research, 29(2), 123–136. (In Persian) <http://dx.doi.org/1022067/jwsd.vbi4.2017.1064>
- Shafi'inia, R., Heidari, A., 2021. Analysis of the effect of land fragmentation and climatic heterogeneity on the adoption of modern irrigation technologies. *Iranian Water Science and Engineering Quarterly*, 14(2), 90–105.
- Shahouli, M., Atefdoost, A., Fatemi, M., 2019. *A transcendental methodology for modeling the adoption of modern agricultural technologies*. Science and Technology Policy Quarterly, 9(3), 45–49. (In Persian) <https://civilica.com/doc/1002127/>
- Taghvaeian, S., Neale, C. M. U., 2022. Adapting irrigation technologies to climatic and topographic diversity in arid and semi-arid areas. *Water Resources Management*, 36(9), 3281–3300
- Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., Hincapié, C. A., 2023. Smart irrigation systems in agriculture: A systematic review. *Agronomy*, 13(2), Article 342. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020342>
- Zavadskas, E. K., Kalibatas, D., Kalibatiene, D., 2016. A multi-attribute assessment using WASPAS for choosing an optimal indoor environment. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16(1), 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.10.001>