

Analysis of the efficiency of irrigation technologies in Kermanshah province based on the technology atlas model

Ameneh Abdi ¹, Ali Asghar Mirakzadeh ^{2✉}, and Farzad Eskandari ³

1. Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: amane.abdi@gmail.com

2. Corresponding author, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: Mirakzadeh@razi.ac.ir

3. Department of Agricultural Economy, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran E-mail: f.eskandari@uok.ac.ir

Article Info.

Article type:

Research Article

Article history:

Received 14 August 2025

Received in revised form 10
December 2025

Accepted 12 March 2026

Available online 23 september
2026

Keywords:

management,
technology assessment,
irrigation,
sustainable development.

ABSTRACT

Objective: The study evaluated the effectiveness of existing irrigation technologies in Kermanshah Province, Iran, focusing on the contribution of different technological dimensions. The Technology Atlas Model was used to identify the strengths and weaknesses of each dimension.

Method: The study used an applied survey design involving 90 farmers, agricultural experts, and professional association members selected through judgmental sampling. Data were collected using an adapted Technology Atlas Model questionnaire, whose validity was confirmed by experts and reliability by Cronbach's alpha ($\alpha = 0.78$). The Technology Atlas Method was then used to assess the relative importance, priority, and contribution of each technology component to water-use efficiency.

Results: The respective contribution of each technology dimension, including org-ware, tech-ware, human-ware, and info-ware, is equal: $O\beta O = 0.21$, $T\beta t = 0.20$, $H\beta h = 0.08$, and $I\beta i = 0.05$. Accordingly, the current prioritization of irrigation technology dimensions in Kermanshah Province was ranked as Orgaware > Technoware > Humanware > Infoware ($O > T > H > I$). The overall importance of all technological dimensions was measured using an index known as the Technology Contribution Coefficient (TCC), which was calculated to be 0.54.

Conclusions: This index, representing the aggregated status of the four technological dimensions, indicates that the overall level of attention and investment in the various dimensions of irrigation technologies in Kermanshah Province has currently reached only 54% of its optimal capacity. More than half of the potential capacity remains untapped. The findings of the study can be applied in the management, design, and development of irrigation technologies within the agricultural sector.

Cite this article: Abdi, A., Mirakzadeh, A.A., & Eskandari, F. (2026). Analysis of the efficiency of irrigation technologies in Kermanshah province based on the technology atlas model. *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 6(3), 74-99. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.12630.1186>



© The Author(s)

<https://doi.org/10.22126/atwe.2025.12630.1186>

Publisher: Razi University.

Introduction

Water is the most critical input in agricultural production. In many regions worldwide, especially arid and semi-arid areas, water scarcity poses a primary challenge to achieving sustainable agricultural development. In addition to this difficulty, insufficient attention to the appropriateness and efficiency of irrigation systems—stemming from the continued use of improper technologies—has become a fundamental barrier on the path to sustainable agricultural development. An accurate understanding of the current status of each system and its associated processes is a critical first step for informed decision-making and policy formulation to optimize technology management. This principle applies equally to decisions and investments concerning equipment, human resources, and knowledge related to irrigation-focused technologies. The integration of these factors within the context of technology implementation requires precise and strategic management. Effective management depends on thorough evaluation, comprehensive knowledge, and a deep understanding of the technology's condition and performance. Technology evaluation models are essential tools for effective technology management, enabling proper oversight of technology components and ensuring the overall success of the system. The current study seeks to examine and evaluate the irrigation technologies currently utilized in the agricultural sector of Kermanshah Province (Located in the west of Iran), with a specific focus on the unique role of each technological dimension.

Method

The Atlas Technology Model, leveraging its robust capabilities, was employed for this study. This research is applied in purpose and utilizes a survey-based approach for data collection. The study population consisted of three groups: farmers, experts, and trade associations (implementing companies and water-based technology design companies). Experts who were knowledgeable and experienced in the field of water and irrigation technologies, as well as two groups of designers and farmers who were recognized as competent by the regional water company (127 people). In the experts section; it included the Department of Agricultural Jihad, Regional Water Affairs of Kermanshah Province, faculty members of the Water Department of Razi University, and the Agricultural Jihad and Natural Resources Research Center. In the farmers section, the irrigated farmers of Kermanshah Province, according to different climates and geographical divisions, were the counties (Kermanshah, Kangavar, Ravansar, Islamabad Gharb, and Sarpol Zahab) with the largest area of irrigated cultivation according to the dominant cropping pattern (wheat, barley, rapeseed, corn, tomato, potato) in the 2023-2024 crop year, which were considered to be the leading farmers in terms of using irrigation technology. Therefore, the sample selection method was judgmental and in total, 90 questionnaires were completed for all three respondent groups without any statistical problems and analysis was conducted based on them ($n = 90$). The main data collection tool was the standard Atlas model questionnaire, which was adapted to the agricultural context. The content validity of the questionnaire was confirmed by experts and its reliability was also confirmed with the help of Cronbach's test ($\alpha = 0.78$). Data analysis was then performed using Excel software, the Critical Method, and the Atlas Technology Method.

Results

The Atlas Technology Model evaluated the contribution of each technological dimension individually. The contribution of each technological dimension—Orgaware ($O\beta O = 0.21$), Technoware ($T\beta t = 0.20$), Humanware ($H\beta h = 0.08$), and Infoware ($I\beta i = 0.05$)—was assessed for irrigation technologies in Kermanshah Province. Based on these contributions, the irrigation technology dimensions in Kermanshah Province are prioritized as follows: Orgaware > Technoware > Humanware > Infoware ($O > T > H > I$). The collective importance of the technological dimensions was assessed using the Technology Contribution Coefficient (TCC), a composite index, which yielded a value of 0.54. To compare the technological dimensions, the THIO diagram is utilized. The THIO diagram not only enables comparison of the four technological dimensions but also illustrates the gap between each dimension and the optimal level of 100% (Figure 1). The collective importance of the technological dimensions was evaluated using the Technology Contribution Coefficient (TCC), a composite index, which yielded a value of 0.54. The Technology Contribution Coefficient (TCC), a composite index reflecting the cumulative status of the four technological dimensions, indicates that the current attention and investment in irrigation technologies in Kermanshah Province have achieved only 54% of their optimal capacity. This indicates that over half of the potential capacity remains unrealized.

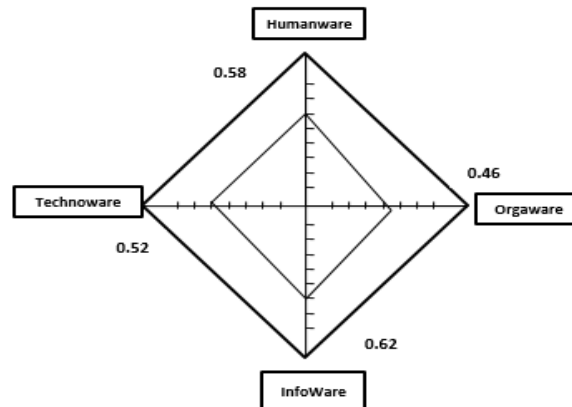


Figure1. THIO chart

Conclusions

The findings from the analysis conducted through the Atlas Technology method indicated a relatively positive evaluation of all factors by the respondents. However, from the respondents' perspective, some factors have greater importance in technology advancement. Technology is not merely a technical phenomenon; it is a four-dimensional system, each component of which has been individually examined and evaluated. Analyzing only a single dimension, even a critical one like hardware (e.g., irrigation systems), results in an incomplete understanding of the technology's status. The evaluation of the Infoware dimension reveals that the information, data, and tacit knowledge associated with the technology remain below

optimal levels. This may arise from challenges such as deficiencies in information infrastructure, limited access to consistent and updated training, or inefficiencies in agricultural information systems. The information gap may stem from inadequate knowledge exchange structures among stakeholders, deficiencies in transferring knowledge to farmers, or limited communication channels. Therefore, enhancing knowledge exchange infrastructure, developing knowledge-based networks, and providing ongoing user training are critical for improving the effectiveness of technological information.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

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

Ethical Considerations

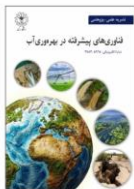
The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

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.



تحلیل کارایی فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه بر اساس مدل اطلس فناوری

آمنه عبدی^۱، علی اصغر میرک زاده^۲، و فرزاد اسکندری^۳

۱. گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: amane.abdi@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: Mirakzadeh@razi.ac.ir

۳. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: f.eskandari@uok.ac.ir

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	هدف: پژوهش حاضر بررسی و تحلیل کارایی فناوری‌های آبیاری موجود در کشاورزی استان کرمانشاه (واقع در غرب کشور ایران) با در نظر گرفتن نقش مجزای هریک از ابعاد فناوری بود، باتوجه به قابلیت‌های مدل اطلس فناوری در شناسایی دقیق و تفکیک شده نقاط ضعف و قوت در هر بعد از فناوری، از این مدل استفاده شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۳	روش پژوهش: حاضر از حیث هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها از نوع پیمایشی است. جامعه مورد مطالعه شامل سه بخش کشاورزان، کارشناسان و انجمن صنفی (شرکت‌های مجری و شرکت‌های طراح فناوری‌های آب محور) متخصص در این حوزه که به صورت نمونه‌گیری قضاوتی بر اساس جدول مورگان انتخاب شدند ($n=90$). ابزار اصلی گردآوری داده‌ها پرسش‌نامه استاندارد مدل اطلس بود که باتوجه به بستر کشاورزی مناسب‌سازی شده بود. روایی محتوایی پرسش‌نامه به تأیید خبرگان و کارشناسان رسیده و میزان پایایی آن نیز به کمک آزمون کرونباخ مورد تأیید قرار گرفت (۰/۷۸). با استفاده از مدل اطلس فناوری به بررسی میزان اهمیت و ارجحیت هر یک از اجزای فناوری و سهم هر کدام در میزان بهره‌وری آب پرداخته شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۹	یافته‌ها: سهم هر بعد فناوری که شامل سازمان‌افزار، فن‌افزار، انسان‌افزار، و اطلاعات‌افزار است به ترتیب برابر ۰/۲۱، ۰/۲۰، ۰/۲۰، ۰/۰۸، $I^{Bi}=0.05$ ، $H^{Bh}=0.08$ ، $T^{Bt}=0.20$ ، $O^{Bo}=0.20$ بود که نشان‌دهنده ارجحیتی است که در حال حاضر به هر یک از ابعاد فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه نسبت به یکدیگر داده می‌شود، و به این صورت $O > T > H > I$ است. میزان اهمیت کل ابعاد فناوری توسط شاخصی به نام ضریب کمک فناوری (TCC) محاسبه شد که برابر ۰/۵۴ است.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۱	نتیجه‌گیری: این شاخص که وضعیت تجمیعی چهار بعد فناوری را بازنمایی می‌کند بدین معناست که میزان کلی توجه و سرمایه‌گذاری روی ابعاد مختلف فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه در وضعیت کنونی تنها ۵۴ درصد ظرفیت مطلوب خود را محقق کرده است. بدین معنا که بیش از نیمی از ظرفیت‌های بالقوه هنوز بالفعل نشده‌اند. یافته‌های تحقیق می‌تواند در مدیریت، ساخت و توسعه فناوری‌های آبیاری در بخش کشاورزی به کار رود.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	
آبیاری،	
فناوری،	
توسعه پایدار،	
مدیریت،	
ارزیابی.	

استناد: عبدی، آمنه؛ میرک زاده، علی اصغر؛ و اسکندری، فرزاد. (۱۴۰۵). تحلیل کارایی فناوری‌های آبیاری در استان کرمانشاه بر اساس مدل اطلس فناوری.

فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب، ۶ (۳)، ۹۹-۷۴.

<https://doi.org/10.22126/atwe.2025.12630.1186>



© نویسندگان

شر: دانشگاه رازی.

مقدمه

آب به‌عنوان یکی از نهاده‌های اساسی در تولیدات بخش کشاورزی، از جایگاه ممتازی در توسعه این بخش برخوردار است. در دهه‌های اخیر با رشد جمعیت، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و همچنین توسعه صنعت و کشاورزی، برداشت از منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین تأمین‌کننده آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز به طور چشمگیری افزایش یافته و منجر به پیشی گرفتن تقاضا بر عرضه منابع آب و ایجاد بحران در اغلب این مناطق شده است. به‌طوری‌که طی سال‌های اخیر بهره‌برداری غیربهبینه از منابع آبی، خشکسالی و رشد جمعیت موجب گردیده تا نهاده آب به‌عنوان یک عامل محدودکننده تولید کشاورزی در تمام نقاط کشور ایفای نقش کند (محمدی و همکاران، ۲۰۲۴؛ خودایو و همکاران^۱، ۲۰۲۱؛ کرامت‌زاده و همکاران^۲، ۲۰۱۶؛ بلالی و همکاران^۳، ۲۰۱۱). همچنین مقایسه میانگین بارندگی سالانه کشور (۲۲۱ میلی متر) با میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین (۸۵۰ میلی متر) شاهد این ادعا است (فائو^۴، ۲۰۲۵). از طرفی باتوجه‌به اینکه آب‌های زیرزمینی از منابع طبیعی تجدید شونده محسوب می‌شوند که بهره‌برداری معقولانه و متعادل منجر به استفاده پایدار می‌شود. اما برداشت بی‌رویه در سال‌های اخیر، منجر به کاهش آب‌های زیرزمینی شده و پایداری آن‌ها را به خطر انداخته است. بی‌شک یکی از مهم‌ترین ابزارها در کنترل و مدیریت تقاضای منابع آب و کاهش بحران حاصل از آن، بهره‌گیری از ابزارهای اقتصادی و لحاظ نمودن ارزش اقتصادی آب در فعالیت‌های کشاورزی به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آن است. در این مسیر بهره‌گیری از فناوری‌های آبیاری به‌روز و سازگار یکی از مهم‌ترین عوامل کلیدی و اصلی مورد اشاره قرار گرفته است (بلالی و کسبیان لعل، ۱۴۰۰؛ ژانگ و همکاران^۵، ۲۰۱۹). مطالب ارائه شده حاکی از آن است که آب در کشاورزی نقش اساسی را در تأمین مواد غذایی در جهان دارد و جهت تأمین غذایی جمعیت در حال رشد مسلماً به آب بیشتری نیاز است. در واقع می‌توان گفت رابطه بین مصرف آب و تضمین امنیت غذایی در نگاه اول متناقض به نظر می‌رسد، چرا که از یک طرف برای حفظ محیط‌زیست و تضمین امنیت غذایی برای نسل‌های آینده باید آب کمتری مصرف گردد، از طرف دیگر استفاده بیشتر از آب در کشاورزی به معنی تولید بیشتر مواد غذایی است؛ بنابراین، حل این تناقض ظاهری، نیازمند بازنگری کامل در مورد چگونگی استفاده از آب و به‌کارگیری ابزارهای مناسب در بخش کشاورزی و داشتن نگاه سیستمی به عناصر موردنیاز در کشاورزی است (زاهدپور یگانه و همکاران، ۱۴۰۴؛ لاکخار و همکاران^۶، ۲۰۲۴). در واقع برای استخراج آب در منابع زیرزمینی و استفاده از آن برای تولید محصولات کشاورزی، فناوری به روز و مناسب نیاز است به‌طوری‌که می‌توان گفت این فناوری‌ها هستند که برای تولید مواد غذایی به هم پیوسته‌اند و اهمیت و کارکرد هر یک وابسته به وجود دیگری است.

بنابراین، باتوجه‌به وجود مشکلات کم‌آبی زمین‌های زراعی در بیشتر مناطق کشور در زمان‌های مختلف، لازم است شیوه‌های مناسبی برای استفاده بهینه آب در بخش کشاورزی اتخاذ نمود. باتوجه‌به تغییرات آب‌وهوایی و مصرف بی‌رویه آب، جلوگیری از هدررفت آب نیازمند جستجوی راهکارهای مدیریتی مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از آب است. در این راستا به‌کارگیری سامانه‌های نوین آبیاری و کنترل برخط راه‌حلی مناسب برای بهره‌وری بهتر و تولید بیشتر به‌منظور پوشش جمعیت کشور می‌شود (لاخیار و همکاران، ۲۰۲۴؛ عبدی و میرک‌زاده، ۱۴۰۱). یکی از اقدامات ارزنده‌ای که در سال‌های اخیر در راستای بهبود بهره‌وری مصرف آب و سازگاری با اقلیم خشک ایران صورت گرفته توجه خاص به توسعه فناوری‌های آبیاری است. اما از نظر کمی هنوز راه نرفته زیادی در این زمینه در پیشرو است. در واقع در ایران به دلیل عدم توسعه فناوری‌ها و اهمیت اجرای آن، دقت کافی در توسعه فناوری‌ها به عمل نیامده و در اکثر موارد در عمل به جنبه‌های فنی کمتر توجه شده و توسعه فیزیکی در اولویت اصلی بوده است. این امر موجب شده که اهداف موردانتظار محقق نگردد (اعلم‌الهدی، ۱۳۹۴). در واقع، تداوم موج خشکسالی و محدودتر شدن منابع آبی موجب شده است که بخش کشاورزی برای بهره‌برداری بهینه‌تر از آب، به استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری روی بیاورد.

¹ Xudayev et al² Keramatzadeh et al³ Balali et al⁴ FAO⁵ Zhang et al⁶ Lakhiar et al

به طوری که با بهینه تر کردن مصرف آب راهکار مناسبی برای کشورهایی نظیر ایران باشد که دچار مشکل کم آبی هستند. بحران تأمین غذا از یک طرف و حفظ و پایداری تولید از طرف دیگر لزوم استفاده از فناوری های نوین را در این زمینه گوشزد می کند (باقری، ۱۳۹۹).

به طوری که می توان گفت فناوری با تغییر وسایل زندگی و راحتی کارها تغییر الگوهای رفتاری و شیوه های ارتباطی در جامعه را به دنبال داشته است و بهره برداری از طبیعت به صورتی بهتر امکان پذیر شده است و نهایتاً به لحاظ زمانی و ابزاری امکانات بیشتری را جهت تفحص و شناخت بیشتر در اختیار انسان قرار داده است؛ بنابراین، فناوری امروزه نه به عنوان یک انتخاب بلکه به عنوان یک ضرورت جلوه گر شده است؛ لذا، باتوجه به اهمیت علم و فناوری و اثرگذاری آن بر جوامع بشری لازم است، علم و فناوری به عنوان یک مسئله حیاتی و نیروی محرکه پیشرفت و توسعه پایدار و رسیدن به رفاه و استقلال واقعی جامعه در اولویت قرار گیرد. در این راستا، طراحی و ترویج روش های نوین علمی و فناورانه در مدیریت کارآمد فناوری های نوین آبیاری و به کارگیری و به روزرسانی های به موقع و متناسب با شرایط موجود می تواند جهت حفاظت از منابع آبی و نیز دستیابی به توسعه پایدار مؤثر واقع شود (شهمیرزادی و همکاران، ۱۳۹۸؛ میرعمادی، ۱۳۹۸؛ هرفوچه و همکاران^۱، ۲۰۲۵). بر همین اساس توجه به فناوری و برنامه ریزی صحیح در راستای به کارگیری آن در تولید محصولات از وظایف مهم مدیریت فناوری است که در سال های اخیر در کشور ما نیز لزوم توجه به این مبحث مورد توجه جدی قرار گرفته است. مدیریت بدون ارزیابی، نمی تواند دانش و شناخت کافی از وضعیت و عملکرد فناوری داشته باشد؛ لذا، یکی از بخش های مهم مدیریت فناوری بررسی و ارزیابی نقاط قوت و ضعف سیستم موجود و تعیین شکاف بین سطح قابلیت های موجود و سطح بهینه است (مونگیا و همکاران^۲، ۲۰۲۱). در اصل این رویه، متمرکز بر نقاط قوتی است که باید به آن ها تکیه کرد و در رفع نقاط ضعف کوشید. به طور کلی در ارزیابی فناوری، با نگاهی هدف دار تغییرات فناوری مدنظر است، و در صدد شناسایی وضعیت موجود در فناوری و کمک به مدیریت و توسعه آن است. در واقع، محدودیت منابع آب ما را بر آن می دارد تا با برنامه ریزی دقیق از منابع آب فصلی و سایر منابع به نحو صحیح استفاده نمود و از تکنیک ها و تجارب علمی نوین در سطح کشت آبی بهره جست. بحران های ناشی از کمبود منابع آب به عنوان تهدیدی جدی در توسعه پایدار، محیط زیست، سلامت و رفاه انسان ها مطرح است (نیکزاد و همکاران، ۱۴۰۴) و این مسئله باتوجه به تغییرات جهانی اقلیم در آینده بحران های دیگری را پیشروی برنامه ریزان و سیاست گذاران قرار می دهد؛ بنابراین یکی از گزینه های نو، مدیریت صحیح فناوری های نوین و شناخت و به روزرسانی و به کارگیری روش های نوین آبیاری به موقع و متناسب با شرایط است که از طریق ارزیابی عملکرد فناوری امکان پذیر است (مونگیا و همکاران، ۲۰۲۱). برای ارزیابی شرایط یا وضعیت موجود در یک بخش معین منطقه، مدل ممیزی بکار می رود. ممیزی فناوری تجزیه و تحلیلی است که برای شناسایی و نقاط قوت و ضعف فناوری های موجود بکار می رود و هدف از آن این است که موقعیت فناوری را در مقایسه با رقبا و بهترین حالت موجود ارزیابی کند (ویوی و همکاران^۳، ۲۰۲۱). به طور کل می توان گفت، علی رغم اهمیت روزافزون ارزیابی فناوری های آبیاری نوین و گستردگی مطالعات انجام شده در این حوزه، غالب تحقیقات پیشین عمدتاً بر پذیرش کلی فناوری یا کارایی تجمعی آن متمرکز بوده اند. این رویکرد کلی نگر، درحالی که اطلاعات ارزشمندی فراهم می کند، از تفکیک و تحلیل نقش مجزای مؤلفه های تشکیل دهنده فناوری غافل مانده و بنابراین تصویر کاملی از نقاط ضعف و قوت زیرساختی ارائه نمی دهد. اما پژوهش حاضر باهدف رفع این کاستی و تعمیق نگاه تحلیلی، دو نوآوری اساسی را در چارچوب خود جای داده است:

۱. تمرکز بر تحلیل ابعادی فناوری: این مطالعه فراتر از ارزیابی کلی، بر تحلیل جزئی و تفکیکی نقش مجزای هریک از ابعاد فناوری (مانند سخت افزار، انسان افزار، سازمان افزار و اطلاعات افزار) در کشاورزی استان کرمانشاه متمرکز است. این تفکیک امکان می دهد تا مشخص شود که در کدام بُعد، نیاز به مداخله و سیاست گذاری وجود دارد.

¹ Harfouche et al

² Munguia et al

³ Wiewie et al

۲. استفاده از مدل اطلس فناوری (TAM) برای نیل به این هدف جزئی‌نگر، از یک چارچوب نظام‌مند و ساختاریافته بین‌المللی یعنی مدل اطلس فناوری بهره گرفته شده است. این مدل، امکان تحلیل دقیق، جامع و مقایسه‌پذیر وضعیت فناوری‌های موجود را فراهم می‌آورد. این مدل تاکنون در ارزیابی تکنولوژی‌ها در بخش کشاورزی و به‌خصوص تکنولوژی‌های آبیاری استفاده نشده و پژوهش حاضر با مناسب‌سازی شاخص‌ها و مؤلفه‌های مدل در بخش کشاورزی زمینه کاربردی این مدل را برای فناوری‌های آب‌محور و سایر فناوری‌های بخش کشاورزی فراهم کرده است.

این تمایز روش‌شناختی، پژوهش حاضر را از تحلیل‌های عمومی پیشین متمایز ساخته و منجر به ارائه پیشنهاد‌های سیاستی متمایز و هدفمندی خواهد شد که دقیقاً بر ابعاد نیازمند توسعه در فناوری‌های آبیاری منطقه تمرکز دارند؛ بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور کمک به مدیریت مناسب فناوری در سطح سامانه‌های آبیاری کشاورزی استان کرمانشاه صورت گرفته و به کمک روش اطلس فناوری سعی شده با ارزیابی تمامی ابعاد فناوری، گزارشی مناسب از وضع فناوری و اجزای آن به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران ارائه شود.

ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

باوجود ادبیات نظری تقریباً گسترده در زمینه مسائل مربوط به فناوری‌ها به‌طور کلی و فناوری‌های نوین مؤثر در زمینه کشاورزی، تحقیقات میدانی محدودی در زمینه بهینه‌سازی این فناوری‌ها، چگونگی مدیریت صحیح کاربرد فناوری نوین جهت جلوگیری از هدررفت آب و بهبود کشاورزی انجام شده است. همچنین نوع نگاه به سامانه‌های آبیاری و عوامل مؤثر بر آن‌ها کلی بوده، و داده‌های تجربی در مورد طبیعت این مفهوم و ارزیابی ابعاد این فناوری‌های آب‌محور به طور جداگانه یافت نشده است. سوالی که اینجا پیش می‌آید این است که باوجود تحقیقات انجام شده در زمینه احداث و توسعه و بهسازی شبکه‌های آبیاری و فناوری‌های نوین آب، چرا مسئله بهره‌وری آب همچنان به قوت خود باقی است؟ فناوری‌های موجود توزیع آب در مزارع بر اساس ابعاد مختلف فناوری چگونه ارزیابی می‌شوند؟ پاسخ به این سؤال در جهت روشن شدن وضعیت فعلی فناوری و تناسب آن با شرایط کشاورزان بحث جدیدی در مدیریت بهینه آب و فناوری (حداقل در ادبیات موجود در ایران) است که در این تحقیق به آن پرداخته شده است. اینکه شاید بتوان گفت گرفتاری در این شرایط علاوه بر عدم مدیریت صحیح در به‌کارگیری فناوری‌های مناسب، تاکنون در این زمینه تحقیق انجام نشده که تمامی ابعاد فناوری را به طور مجزا مورد ارزیابی قرار دهد؛ بلکه تنها به‌طور کلی و شاید در نگاه عموم بعد سخت‌افزاری آن بیشتر موردتوجه قرار گرفته است.

در واقع برای استفاده بیشتر از آب در بخش کشاورزی در چارچوب مدیریت و ارزیابی فناوری پژوهش‌های زیادی انجام نشده و پژوهشی که ابعاد فناوری‌های آبیاری در کشاورزی را به طور جداگانه و با استفاده از مدل‌های ارزیابی مورد بررسی تاکنون انجام نشده است. بر همین اساس توجه به توسعه فناوری و ارزیابی آن در راستای به‌کارگیری فناوری در تولید محصولات از وظایف مهم مدیریت فناوری است که در سال‌های اخیر در کشور ما نیز لزوم توجه به این مبحث موردتوجه جدی قرار گرفته است؛ بنابراین در این مطالعه سعی شده است با تمرکز بر مدیریت بهینه آب در بخش کشاورزی با ارزیابی فناوری در انتخاب و به‌کارگیری فناوری‌های مناسب، این بعد از توسعه بخش کشاورزی استان کرمانشاه مورد کنکاش قرار گیرد. باتوجه به این مهم در این پژوهش به بررسی و ارزیابی فناوری‌های آبیاری موجود در کشاورزی استان کرمانشاه با در نظر گرفتن تمامی ابعاد آن پرداخته شده است. در این راستا برای اولین بار از روش اطلس فناوری برای ارزیابی فناوری‌های نوین آب‌محور در بخش کشاورزی جهت بهینه‌سازی مصرف منابع آب و میزان اهمیت اجزای فناوری‌های آبیاری انجام شده است. در واقع به‌کارگیری مدل اطلس جهت تجزیه و تحلیل و سنجش موقعیت کنونی و تعیین نقاط ضعف و قوت و سطح فناوری برای رسیدن به وضعیت مطلوب است، و اینکه به هر کدام از ابعاد فناوری‌های آبیاری به چه میزان اهمیت داده می‌شود؟ در واقع نهادینه‌سازی نگاه چندبعدی به فناوری و دنبال کردن اهداف چندگانه در کنش‌ها و اقدامات مدیریت کشاورزی چه در سطح سازمان‌های دولتی و چه در بین کشاورزان انگاره‌ای است که در این تحقیق دنبال گردیده است.

بررسی پیشینه پژوهش بحران آب در ایران و همین‌طور بررسی پیشینه پژوهشی مدیریت فناوری نشان می‌دهد تاکنون تحقیقی در زمینه بررسی ارزیابی ابعاد فناوری در رابطه با حوزه کشاورزی و به‌ویژه آب انجام نشده است. به‌طوری که خلأ پژوهشی جدی در بررسی نقاط ضعف و قوت فناوری‌های آبیاری و ارتباط آن با توسعه پایدار آب در بخش کشاورزی وجود دارد. باتوجه به اینکه در هیچ پژوهشی این مسائل را در کنار هم مورد بررسی قرار نداده، در ادامه سعی شده تا حد مقدور پژوهش‌های انجام شده مرتبط با این پژوهش آورده شوند.

۱. مطالعات داخل کشور

محمدیان و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود با عنوان بررسی کاربرد فناوری‌های نوآورانه شناسایی شده بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار دریافتند که وزن شاخص‌های توسعه پایدار، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نشان می‌دهد که برای پیاده‌سازی پروژه‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء در کشاورزی (فناوری‌های نوین) بیشتر به پایداری اقتصادی اهمیت داده می‌شود. اعلم‌الهدی (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان آب و فناوری اطلاعات: بررسی و احصای فناوری‌های راهبردی آب بر اساس مدل مفهومی به این نتایج دست یافتند که فناوری‌های از جنس مدیریتی و تصمیم‌سازی از مهم‌ترین و با اولویت‌ترین فناوری‌ها در حل بحران آب بوده و نقش بسزایی در این زمینه دارند. این بدان معنی است که به‌کارگیری فناوری از جنبه‌های جدید به‌ویژه از جنبه مدیریتی، تصمیم‌سازی و نیز مدیریت اطلاعات و شبیه‌سازی، نقش کلیدی در افزایش آگاهی‌ها نسبت به شرایط ریسک و بحرانی، تحلیل علت‌ها و عواقب و به دنبال آن مدیریت جامع منابع آب را در پی خواهد داشت. باقری و جوادی (۱۴۰۱) در پژوهشی باهدف ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی کشاورزی ایران در نتایج خود عنوان می‌کنند که سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی زراعی ۲ و ۳ و سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی باغی ۱ به دست آمد. همچنین سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی دامی ۲ و ۳ بود. فناوری‌های سطح ۳ مورد استفاده بیشتر وارداتی بودند. باوجود پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه توسعه فناوری در کشاورزی، سطح فناوری در تولید آبزیان نیز ۱ به دست آمد. بالاین‌حال، هنوز سطح فناوری در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در تولید آبزیان و محصولات باغی بسیار پایین است. همچنین بیشتر فناوری‌های سطح ۳، از خارج از کشور تأمین می‌شود؛ بنابراین، برنامه‌ریزی برای بهبود فناوری‌های سطح ۱ به سطح ۲ و فناوری‌های سطح ۲ به سطح ۳ و همچنین فراهم آوردن زمینه تولید محصولات فناورانه سطح ۳ در داخل کشور ضروری است. عبدی و میرک‌زاده (۱۴۰۱) در پژوهشی به‌عنوان آینده فناوری‌های آب محور در کشاورزی استان کرمانشاه در نتایج خود نشان دادند که استان کرمانشاه از لحاظ میزان بهره‌وری آب کشاورزی در دسته استان‌های با بهره‌وری پایین قرار دارد و توسعه فناوری‌های آب محور و ارزیابی و به‌روزرسانی آن‌ها را کلید حل بحران آب و افزایش بهره‌وری عنوان می‌کنند. همچنین یکی از گزینه‌های نو، مدیریت صحیح فناوری‌های نوین، شناخت، به‌روزرسانی و به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری به‌موقع و متناسب با شرایط است که لازمه این امر ارزیابی فناوری‌های موجود باتوجه به کاربری و کارایی آنها است. به همین جهت توسعه فناوری‌های آب محور بایستی به طور مستمر و با دید آینده‌پژوهانه مورد بررسی قرار گیرد.

پورغلام آمیجی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان آسیب‌شناسی و شناخت عوامل عدم اجرایی‌شدن طرح‌ها، پروژه‌ها، فناوری‌ها و پژوهش‌های فناورانه آب کشور؛ به این نتایج دست یافتند که آسیب‌شناسی عدم اجرایی‌شدن طرح‌ها و پژوهش‌های فناورانه آب کشور، می‌تواند در جهت حل مشکل و رفع نقاط ضعف قدم برداشت. مهم‌ترین مشکلات مربوط به عدم سهولت در بهره‌برداری از فناوری‌ها و بازده اقتصادی - فنی پایین و خارج‌شدن از چرخه کاربرد آنها است.

رجا و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهش خود به بررسی اثربخشی راهکارهای مدیریتی کاهش مصرف آب کشاورزی با استفاده از مدل AquaCrop پرداختند نتایج به‌دست‌آمده نشان داده در بسیاری از مواقع می‌توان بدون رفتن زیر بار هزینه‌های کلان برای تأمین امکانات و تجهیزات مدرن، در شرایط مدیریتی برتر موجود در منطقه با اعمال سناریوهای مختلف از جمله بهبود راندمان، تغییر تاریخ کاشت و کم آبیاری در مصرف آب آبیاری مورد نیاز صرفه جویی قابل توجهی کرد. طبیعتاً سهم هر کشت در میزان صرفه جویی متناسب با متوسط آب مصرفی در هکتار و سطح اراضی تحت هر کشت است.

۲. مطالعات خارج از کشور

هلویگ و آدامز^۱ (۲۰۰۹) مطالعه‌ای با عنوان کاربرد مدل تولید مرزی برای مطالعه رشد بهره‌وری، تغییر فناوری و تغییر کارایی در صنعت بوده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که رشد بهره‌وری در طی دوره زمانی مورد مطالعه قابل توجه بوده و تغییر فناوری بیشترین و تغییر مقیاس کمترین تأثیر را در این رشته داشته‌اند، ضمن اینکه تغییر کارایی تأثیر اندک و منفی در رشد بهره‌وری داشته است.

برنت و همکارانش^۲ (۲۰۱۱) در پژوهشی، مبحث ترازنامه فناوری پایدار و چارچوب ارزیابی فناوری با رویکرد پایداری و نظام‌مند را مطرح کردند. آنان در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که راه‌حل‌های مشکلات پایداری را می‌توان از طریق استفاده از فناوری جدید که ضایعات را کاهش داده و فرصت‌های توسعه را فراهم می‌کند به دست آورد، و برای ارزیابی سریع فناوری و فرایند پیاده‌سازی در این پژوهش از دیدگاه کیفی با استفاده از معیارهای توسعه یافته از طریق مشارکت ذی‌نفعان و عوامل فنی از طریق نظرات خبرگان بهره گرفت.

مونگویا و همکاران^۳ (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان درک‌پذیرش نوآوری‌ها در کشاورزی که عوامل مربوط به پذیرنده و عوامل مرتبط با فناوری را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که بهره‌برداران در صورتی فناوری نوینی را بکار می‌گیرند و جایگزین می‌کنند که در جهت منافع آن‌ها باشد، اما برخلاف فرایندهایی که منجر به جذب اولیه نوآوری‌های کشاورزی می‌شوند، فرایندهایی که استفاده مداوم از آن‌ها را هدایت کند به طور گسترده مورد تحقیق قرار نگرفته است.

پریت و همکاران^۴ (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان فناوری‌هایی برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی: بررسی سیستماتیک پایداری به این نتایج دست یافتند که این استراتژی‌های نوآورانه پتانسیل کاهش مصرف آب را دارند، اما تحقیقات بیشتری برای درک کامل اثربخشی و معاوضه‌های بالقوه آن‌ها مورد نیاز است؛ بنابراین، برای به حداکثر رساندن صرفه‌جویی در مصرف آب، باید عوامل برون‌زا و درون‌زا را در نظر گرفت.

باتوجه به پژوهش‌های مورد مطالعه، استفاده از فناوری امری اجتناب‌ناپذیر است و بحران آب نیز یکی از مهم‌ترین مسائلی است که جهان با آن روبرو است. در هر کدام از این پژوهش‌ها به برخی از عوامل مؤثر در استفاده و به‌کارگیری فناوری‌های نوین آبیاری از جمله عوامل اقتصادی، اجتماعی، اقلیمی و عوامل فنی اشاره شده است. اما باتوجه به بررسی منابع صورت گرفته هیچ پژوهشی تمامی ابعاد فناوری که شامل فن‌افزار، انسان‌افزار، دانش و اطلاعات افزار، و عوامل محیطی و سازمانی است را مورد توجه قرار نداده؛ اینکه آیا این فناوری برای مناطق مورد مطالعه مناسب است یا خیر، و کدام بعد آن نادیده گرفته شده، از این‌رو قبل از ورود و به‌کارگیری هرگونه فناوری جدید در منطقه بایستی شرایط فعلی فناوری‌های مورد استفاده و تمامی ابعاد آن فناوری به‌درستی مورد بررسی قرار گیرد تا مطمئن شد که فناوری معرفی شده متناسب با شرایط کشاورزان و اراضی منطقه باشد؛ بنابراین باتوجه به مرور مطالعات انجام شده و مصاحبه‌های صورت گرفته می‌توان به یک جمع‌بندی جامع از ارزیابی ابعاد آن رسید که جهت بررسی مسئله مدیریت فناوری‌های آب محور می‌بایست تمامی ابعاد فناوری را مورد بررسی قرارداد.

روش پژوهشی

در این پژوهش از مدل اطلس فناوری (SCAPE) استفاده شده است. این مدل از مدل‌های ارزیابی فناوری است که بر جنبه‌های مختلف آن تمرکز دارد. بر اساس روش اطلس فناوری، چهار جزء در تعیین فناوری افزوده و سطح فناوری دخالت دارند. این چهار جزء عبارت‌اند از: فن‌افزار، انسان‌افزار، اطلاعات افزار و سازمان‌افزار؛ سطح فناوری یک واحد را نشان می‌دهد.

پژوهش حاضر با رویکرد کمی و باهدف بررسی و تحلیل فناوری‌های آبیاری موجود در کشاورزی استان کرمانشاه با بهره‌گیری از روش اطلس فناوری و تکنیک کریتیک^۴ انجام شد. پژوهش از نظر میزان کنترل متغیرها از نوع غیرآزمایشی است، از لحاظ نحوه

^۱ Helvoigt and Adams

^۲ Brent et al

^۳ Preite et al

^۴ CRITIC

گردآوری داده‌ها میدانی و باتوجه به اینکه نتایج پژوهش به برنامه‌ریزان و کشاورزان در تصمیم‌گیری به‌منظور انتخاب و به‌کارگیری فناوری مناسب آبیاری از لحاظ جلوگیری از هدررفت آب و پایداری کشاورزی کمک می‌کند از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. جامعه مورد مطالعه شامل سه بخش کشاورزان، کارشناسان و انجمن صنفی (شرکت‌های مجری و شرکت‌های طراح فناوری‌های آب محور) بود کارشناسانی که در زمینه تکنولوژی‌های آب و آبیاری صاحب‌نظر و صاحب‌تجربه بودند و همچنین در دو جامعه طراحان و کشاورزان که توسط شرکت آب منطقه‌ای ذی‌صلاح تشخیص داده شدند (۱۲۷ نفر). در بخش کارشناسان؛ اداره جهاد کشاورزی، امور آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، اعضای هیئت‌علمی گروه آب دانشگاه رازی و مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی را در بر گرفت. در بخش کشاورزان، کشاورزان آبی کار استان کرمانشاه طبق اقلیم‌های متفاوت و تقسیمات جغرافیایی، شهرستان‌هایی (کرمانشاه، کنگاور، روانسر، اسلام‌آباد غرب و سرپل ذهاب) با بیشترین سطح زیر کشت آبی باتوجه به الگوی کشت غالب (گندم، جو، کلزا، ذرت، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود که از نظر استفاده از تکنولوژی آبیاری کشاورزان پیشرو قلمداد می‌شدند. از این رو، نحوه انتخاب نمونه به‌صورت قضاوتی بود و در مجموع هر سه گروه پاسخگو در نهایت ۹۰ پرسش‌نامه بدون ایراد احصاء و تحلیل بر مبنای آن انجام شد ($n=90$). ابزار اصلی گردآوری داده‌ها پرسش‌نامه استاندارد مدل اطلس بود که باتوجه به بستر کشاورزی مناسب‌سازی شده بود. روایی محتوایی پرسش‌نامه به تأیید خبرگان و کارشناسان رسیده و میزان پایایی آن نیز به کمک آزمون کرونباخ مورد تأیید قرار گرفت ($\alpha = 0.78$). در ادامه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل، روش کریتیک و روش اطلس فناوری انجام شد.

۱. ابعاد فناوری و نحوه سنجش آن‌ها

به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در بخش مربوط به مدل اطلس از پرسش‌نامه استاندارد اطلس فناوری که از سوی اسکاپ^۱ ارائه شده و شامل ۴ بخش برای سنجش چهار بعد تشکیل‌دهنده فناوری است (اطلاعات افزار، فن‌افزار، انسان‌افزار، مدیریت و سازمان افزار) استفاده شد (ارشادی سیس و همکاران، ۱۳۹۳). در این پرسش‌نامه شاخص‌ها و زیرشاخص‌هایی برای اندازه‌گیری و تحلیل اجزای فناوری ما بین کنشگران مختلف، اندازه‌گیری شد که ارزیابی محتوی فناوری باهدف اندازه‌گیری سهم هر یک از اجزای فناوری در میزان بهره‌وری آب انجام شد. پرسش‌نامه به سنجش مدیریت و سازماندهی، نیروی انسانی، سامانه‌های اطلاعاتی، و بخش فنی پرداخته و شاخص‌های هر بخش در جدول (۱) بیان گردیده است.

جدول ۱. ابعاد فناوری در مدل ممیزی اطلس (مروستی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵)

اطلاعات افزار	فن افزار	انسان افزار	مدیریت و سازمان افزار
مکانیزه بودن سامانه‌ها	دامنه فعالیت‌ها فناوری	ابتکار عمل در کشاورزان	رهبری و ایجاد انگیزه در کشاورزان
به‌روزرسانی اطلاعات در بین کشاورزان	دقت مورد نیاز فناوری	گرایش به موفقیت در کشاورزان	استقلال کشاورز در به‌کارگیری فناوری
جامعیت اطلاعات در اختیار کشاورزان	استفاده مورد نیاز از فناوری	گرایش به همکاری در بین کشاورزان	حس جهت‌یابی
گردش اطلاعات بین کشاورزان مختلف	میزان کنترل	گرایش به جدی بودن/میزان جدیت کشاورزان در محیط کار	میزان درگیری بهره‌وران در تصمیم‌گیری
	قابلیت‌های فنی فناوری	ظرفیت قبول خطر یا قدرت پذیرش ریسک در کشاورزان	گرایش به متعهد بودن کشاورزان در
		گرایش به وقت‌شناسی	فضای مناسب نوآوری
			درستی در اعمال کشاورزان

^۱ Economic and Social Commission for Asia and Pacific (ESCAP)

در ادامه به تفصیل، محاسبات مربوط به هر یک از ابعاد و روش جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه شده است

۲. محاسبه سهم فن افزار

به منظور سهم فن افزار (مشخصات عملکرد، برای ماشین و تجهیزات و ابزار فنی) برای هر کدام از شاخص‌ها حالت‌های ممکن در نظر گرفته شد و بین صفر تا ده امتیازدهی گردید و در نهایت میانگین امتیازات هر مرحله مورد محاسبه قرار گرفت. سپس دو حد پیچیدگی که یکی مربوط به حد پایین پیچیدگی ماشین‌آلات هر مرحله و دیگری مربوط به حد بالای پیچیدگی ماشین‌آلات هر مرحله از فرایند تعیین شد، و برای هر مرحله وزنی تعیین و در نهایت سهم فن افزار به صورت رابطه (۱) محاسبه شد.

$$T_i = \frac{1}{9} \left[LL + \frac{ST(UL-LL)}{10} \right] \quad (1)$$

$$T = \sum T_i * W_i$$

که در این رابطه (۱)، LL = حد پایین پیچیدگی فن افزار مرحله i ام، UL = حد بالای پیچیدگی فن افزار مرحله i ام، ST = میانگین امتیاز شاخص‌های مرحله i ام، و W_i = وزن مرحله i ام است. لازم به ذکر است که W_i بر اساس نظر کارشناسان متخصص مورد بررسی، تعیین گردید. T نیز همان مقدار سهم کل فن افزار است (کریمی و بهرامی، ۲۰۱۶).

۳. محاسبه سهم انسان افزار

به منظور سهم انسان افزار (نیازهای کفایتی برای توانایی‌های انسانی) در فناوری ابتدا نیروی انسانی به طبقات مختلفی از جمله مدیران، کارشناسان، کشاورزان تقسیم‌بندی شد و سپس برای هر طبقه شاخص‌هایی در رابطه با عواملی از قبیل ابتکار و نوآوری، تمایل به مسئولیت‌پذیری تعیین گردید. سپس سؤالاتی به منظور کمی کردن این عوامل تعیین و امتیازدهی شد که دو حد بالا و پایین برای پیچیدگی توانایی‌های هر کدام از طبقات نیروی انسانی مشخص و در نهایت با استفاده از رابطه (۲) سهم انسان افزار تعیین گردید.

$$H_i = \frac{1}{9} \left[LL + \frac{SH_i(UL-LL)}{10} \right] \quad (2)$$

$$H = \sum H_i W_i$$

در رابطه (۲)، LL = حد پایین پیچیدگی انسان افزار مرحله i ام، UL = حد بالای پیچیدگی انسان افزار مرحله i ام، SH = میانگین امتیاز شاخص‌های مرحله i ام، و W_i = وزن مرحله i ام است. لازم به ذکر است که W_i بر اساس نظر کارشناسان متخصص مورد بررسی، تعیین گردید.

۴. محاسبه سهم اطلاعات افزار

سهم اطلاعات افزار (نیازهای کفایتی برای اطلاعات یا افزار اطلاعاتی) در سطح کل مورد بررسی محاسبه شد. برای تعیین سهم اطلاعات افزار ابتدا شاخص‌هایی از قبیل جامعیت اطلاعات، به روز بودن اطلاعات، شبکه‌ای بودن سامانه اطلاعات تعیین و امتیازدهی گردید. در نهایت با استفاده از جدول مربوط به درجه پیچیدگی اطلاعات افزار در دو حد بالا و پایین برای اطلاعات افزار در واحد مورد بررسی تعیین و سهم اطلاعات افزار از رابطه (۳) محاسبه گردید.

$$I = \frac{1}{9} \left[LL + \frac{SI(UL-LL)}{10} \right] \quad (3)$$

در این رابطه (۳)، LL = همان حد پایین پیچیدگی اطلاعات افزار مرحله i ام، UL = حد بالای پیچیدگی اطلاعات افزار مرحله i ام، SI = میانگین امتیاز شاخص‌های مرحله i ام است.

۵. محاسبه سهم سازمان افزار

سازمان افزار (معیارهای کارایی برای سازماندهی و مدیریت یا افزار سازمانی) نیز مانند اطلاعات افزار در سطح کل مورد بررسی محاسبه شد. به منظور سهم سازمان افزار ابتدا شاخص‌هایی در رابطه با عواملی از قبیل توانایی ایجاد انگیزه، آینده‌نگری تعیین گردید

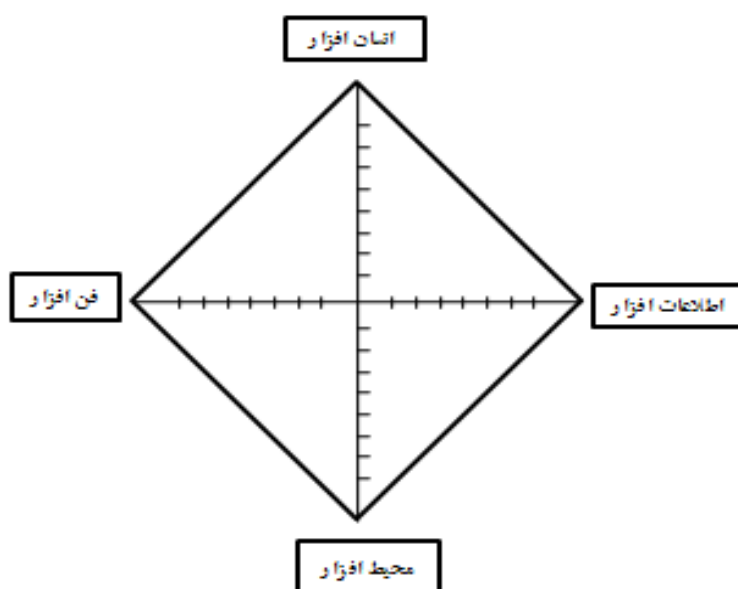
و سؤالات مرتبط با هر کدام امتیازدهی و محاسبه گردید و در نهایت باتوجه به جدول مربوط به پیچیدگی سازمان افزار حد بالا و پایین تعیین و سهم سازمان افزار از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$O = \frac{1}{9} \left[LL + \frac{SO (UL - LL)}{10} \right] \quad (4)$$

در این رابطه (۴)، LL = همان حد پایین پیچیدگی سازمان افزار مرحله i ام، UL = حد بالای پیچیدگی سازمان افزار مرحله i ام، SO = میانگین امتیاز شاخص های مرحله i ام است

۶. نمودار THIO

در گام بعدی، نتایج این تحلیل و بررسی ها بر روی نمودار $THIO^1$ نشان داده شد. شکل (۱) دارای چهار محور است که هر کدام، یک جزء از فناوری را نشان می دهد. بیشترین مقدار یک و کمترین مقدار صفر است. به این ترتیب میزان اختلاف هر جزء با حالت ایده آل (یعنی ۱) و همچنین تفاوت اجزا با یکدیگر مشخص خواهد شد. این مورد به برنامه ریزان در تصمیم گیری برای توسعه و تغییر فناوری کمک شایانی می کند.



نمودار ۱. نمودار THIO

۷. ضریب کمک فناوری^۲ TCC

هر کدام از اجزا طبق اطلاعات به دست آمده از فرمول های فوق دارای رتبه بین صفر تا یک خواهند بود، عدد صفر بیانگر بدترین حالت آن جزء فناوری در تناسب با فناوری کلی و عدد یک بهترین وضعیت آن جز را نشان می دهد. هنگامی که نقش هر یک از چهار جزء فناوری به صورت کمی به دست می آید باید ارزش واحدی که نشان دهنده نقش کل این چهار جزء باشد، برآورد گردد تا بتوان یک شاخص کلی به دست آورد. برای انجام این کار از تابع توانی به نام ضریب کمک فناوری (TCC) استفاده شد. بیان ریاضی این تابع به صورت رابطه (۵) است که با حاصل ضرب چهار بعد اصلی فناوری که طبق استاندارد اسکاپ این ابعاد فناوری عبارتند از چهار بخش فن افزار، انسان افزار، اطلاعات افزار و سازمان افزار با نمادهای T, H, I, O ، و توان β مربوط به شدت تأثیر هر یک از اجزاء روی ضریب کمک فناوری است. در واقع هر کدام از اجزا در فرایند تولید دارای درجه اهمیتی هستند که در اینجا جهت به دست آوردن آن از روش کریتیک استفاده شد.

¹ ابزاری مقایسه ای جهت تحلیل وضعیت همزمان مولفه های فناوری که مخفف: Technoware, Humanware, Infoware, Orgaware است

² Technology Contribution Coefficient

$$TCC = T^{\beta t} \cdot H^{\beta h} \cdot I^{\beta i} \cdot O^{\beta o} \quad (5)$$

۸. وزن‌دهی ابعاد با استفاده از روش کریتیک^۱ (CRITIC)

در فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت اولویت‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری ابتدا وزن‌دهی بایستی انجام شود. وزن معیارها از دیدگاه ذهنی تصمیم‌گیرندگان تأثیر می‌پذیرد. وزن‌دهی معمولاً توسط تصمیم‌گیرندگان بر اساس 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 (گل‌قامت راد و همکاران، ۱۳۹۸).

روش کریتیک، روشی عینی برای تعیین وزن معیارهاست که شامل شدت تضاد و ناسازگاری بین اجزای یک مسئله 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 است. این روش توسط کاندوس و دبرا به سال ۲۰۱۰ معرفی شده است (علی‌نژاد و خلیلی^۲، ۲۰۱۹).

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 مرتبط معیارهای تدوین شده را وزن‌دهی 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 (علی‌نژاد و خلیلی، ۲۰۱۹).
گام دوم در این روش نرمال‌سازی ماتریس تصمیم است. برای نرمال‌سازی از رابطه (۶) استفاده شد. با استفاده از این رابطه ماتریس تصمیم نرمال شد و کلیه درایه‌های آن در بازه صفر تا ۱ قرار گرفت.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (6)$$

در رابطه (۶)، x_{ij} مربوط به مقدار مشاهده شده سطر (i) و ستون (j) خاص در مجموعه داده‌ها، $x_j^{\min}$ حداقل مقدار ممکن برای ویژگی ستون (j) مورد نظر در مجموعه داده‌ها، و $x_j^{\max}$ حداکثر مقدار ممکن، پس مقدار اطلاعات قابل استخراج از معیار را محاسبه، این مقدار را با C_j نشان می‌دهیم و از رابطه (۷) محاسبه شد.

$$r_j = \sigma_j \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (7)$$

σ_j انحراف معیار j امین معیار است و r_{ij} همبستگی بین دو معیار i و j است. بر اساس 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 مسئله تصمیم‌گیری مورد توجه بیشتری است.

و در گام سوم وزن معیارها با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد.

$$w_{ij} = \frac{C_j}{\sum_{i=1}^m C_i} \quad (8)$$

¹ Criteria Importance Through Intercriteria Correlation

² Alinezhad & Khalili

یافته های پژوهش

در این بخش پژوهش، یافته های حاصل از تحلیل داده ها بر اساس مدل اطلس در دو بخش شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر ارتقای سطح فناوری و ارزیابی ابعاد فناوری ارائه می شود.

۱. عوامل مؤثر بر ارتقای فناوری

بر اساس یافته های جدول (۲) کارشناسان اداره جهاد کشاورزی، امور آب منطقه ای استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، و اساتید گروه آب ۳۵ نفر از جامعه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده، انجمن صنفی (شرکت های مجری و شرکت های طراح فناوری های آب محور) ۲۵ نفر از جامعه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند، و در این بخش کشاورزان آگاه و فعال در زمینه به کارگیری فناوری های نوین آبیاری که مورد مطالعه قرار گرفتند شامل ۳۰ نفر بودند.

جدول ۲. فراوانی جامعه مورد مطالعه برحسب گروه های مختلف انسانی

گروه انسانی	فراوانی	درصد
کارشناس	۳۵	۳۸/۹
طراح	۲۵	۲۷/۸
کشاورز	۳۰	۳۳/۳
کل	۹۰	۱۰۰

۲. رتبه بندی عوامل مؤثر بر ارتقای فناوری

به منظور بررسی تفاوت معنادار میان اهمیت عوامل مؤثر بر ارتقای فناوری آبیاری کشاورزی از منظر پاسخ دهندگان، از آزمون فریدمن استفاده شد که گزارش آن در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳. نتیجه آزمون فریدمن

تعداد	آماره آزمون	درجه آزادی (df)	سطح معناداری (مقدار p)
۹۰	۳۸/۳۱	۳/۴۵	۰/۰۰۰۱

باتوجه به مقدار $p = ۰/۰۰۰۱$ که کمتر از $۰/۰۵$ است، نشان دهنده تفاوت معنادار در رتبه بندی گویه ها از نظر پاسخ دهندگان است. به عبارت دیگر، پاسخ دهندگان به برخی عوامل مؤثر در ارتقای فناوری اهمیت بیشتری داده اند و این تفاوت از لحاظ آماری معنادار است.

در ادامه به آمار توصیفی عوامل مؤثر بر ارتقای فناوری در بخش کشاورزی در جدول (۴) پرداخته شده است. تحلیل گویه ها نشان داد که میانگین پاسخ ها در بازه ۳/۳۷ تا ۳/۷۴ قرار دارد که نشان دهنده ارزیابی نسبتاً مثبت پاسخ دهندگان نسبت به همه عوامل است. اما از دیدگاه پاسخ دهندگان، برخی عوامل در ارتقای فناوری اهمیت بیشتری دارند. به طوری که گرایش به همکاری کشاورزی در به کارگیری فناوری با بالاترین میانگین ۳/۷۴ و رتبه اول، به عنوان مهمترین عامل شناسایی شده است. به ترتیب قدرت مالی کشاورزان و دسترسی به امکانات اولیه و مورد نیاز فناوری رتبه های دوم و سوم را دارند که بیانگر اهمیت منابع مالی و لزوم ایجاد زیرساخت های مناسب در فرایند ارتقا و به کارگیری فناوری های جدید است. در مقابل عواملی مانند قدرت پذیرش ریسک در بین کشاورزان، وجود رهبری برای ایجاد انگیزه، خلاقیت بالقوه در کشاورزان در رتبه های پایین تری قرار دارند.

جدول ۴. عوامل مؤثر بر ارتقای فناوری‌های نوین آبیاری در بخش کشاورزی

رتبه	انحراف معیار	میانگین	گویه‌ها
۱۰	۰/۹۶	۳/۴۵	جامع بودن اطلاعات در خصوص فناوری
۷	۱/۳۱	۳/۵۴	سیاست‌گذاری بلندمدت در مدیریت کلان کشاورزی
۵	۱/۱۴	۳/۶۶	به‌روز بودن اطلاعات در حوزه فناوری‌های کشاورزی
۳	۱/۰۱	۳/۷۱	دسترسی به امکانات اولیه و مورد نیاز فناوری‌ها
۴	۰/۹۷	۳/۷۰	موقعیت مناسب برای به‌کارگیری فناوری‌ها
۱۱	۱/۱۶	۳/۴۴	خلاقیت بالقوه و گرایش به موفقیت در کشاورزان
۲	۱/۰۸	۳/۷۲	قدرت مالی کشاورزان
۱	۱/۰۳	۳/۷۴	گرایش به همکاری در کشاورزان در به‌کارگیری فناوری
۱۲	۱/۱۶	۳/۴۱	قدرت پذیرش ریسک در بین کشاورزان
۶	۰/۹۷	۳/۶۵	میزان حدیث کشاورزان در فعالیتهای کشاورزی
۱۳	۱/۳۰	۳/۳۷	وجود رهبری جهت ایجاد انگیزه در کشاورزان
۹	۱/۳۶	۳/۴۶	میزان تعهد کشاورزان به منابع در دسترس
۸	۱/۰۵	۳/۴۷	استقلال در بخش کشاورزی (در بعد برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری)

یافته‌های حاصل از جدول (۴) نتایج یافته‌های پیشین (تحلیل میانگین گویه‌ها) را تقویت می‌کند، زیرا نشان می‌دهد که تفاوت مشاهده شده در رتبه‌ها تصادفی نبوده و مبنای آماری دارد. تا اینجا میزان اهمیت عوامل مؤثر بر ارتقا و به‌کارگیری فناوری‌های آبیاری به‌طور کلی مورد بررسی قرار گرفت؛ اما ارزیابی جامع از فناوری، به‌ویژه در حوزه‌های پیچیده‌ای مانند کشاورزی مستلزم در نظر گرفتن ابعاد چندگانه و مکمل فناوری است. بر اساس مدل‌های نوین تحلیل فناوری، فناوری نه فقط یک پدیده فنی بلکه یک منظومه چهار وجهی است که تمامی ابعاد آن به طور جداگانه در شرایط کنونی در ادامه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

۳. ارزیابی ابعاد مختلف فناوری

در این بخش باتوجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه تجزیه و تحلیل مربوط به هر یک از چهار جزء فناوری بیان می‌شود.

ارزیابی نیروی انسانی

در این بخش که مربوط به ارزیابی بعد انسان‌افزار فناوری است. در جدول (۵) میانگین امتیاز شاخص‌های انسان‌افزار بر حسب گروه‌های مختلف نیروی انسانی به همراه طبقات آن بیان شده است.

جدول ۵. میانگین امتیاز شاخص‌های بعد انسان‌افزار بر حسب گروه‌های نیروی انسانی

کشاورزان	طراحان	کارشناسان	میانگین امتیاز شاخص‌ها
۳/۶۴	۳/۶۱	۳/۶۲	گرایش به موفقیت
۳/۶۱	۳/۷۳	۳/۵۰	گرایش به کار دسته‌جمعی
۳/۵۲	۳/۵۹	۳/۲۶	ابتکار بالقوه
۷/۴۸	۶/۹۳	۷/۰۴	تمایل به وقت‌شناسی
۶/۵۸	۶/۹۶	۶/۵۶	تمایل به ریسک‌پذیری
۷/۱۰	۷/۱۹	۵/۹۳	تمایل به مسئولیت‌پذیری
۶/۶۷	۶/۴۰	۵/۷۱	تمایل به یادگیری

باتوجه به جدول (۵) به وضوح می‌توان دریافت که طراحان و کشاورزان در مجموع، نسبت به کارشناسان در شاخص‌های انسان‌افزار عملکرد بهتری دارند. طراحان در اکثر شاخص‌ها نظیر کار گروهی، ابتکار، ریسک‌پذیری و مسئولیت‌پذیری دارای میانگین بالاتر از سایر گروه‌ها هستند. این نشان می‌دهد که از نظر ظرفیت‌های نرم‌افزاری انسانی، گروه طراحان وضعیت نسبتاً مطلوب‌تری دارند، با ماهیت شغلی آنان که مستلزم خلاقیت، تعامل بین‌بخشی و نوآوری است همخوانی دارد. در واقع طراحان از منظر توانمندی حرفه‌ای در بعد انسان‌افزار پیشرو هستند. کشاورزان در شاخص‌هایی چون وقت‌شناسی، یادگیری و مسئولیت‌پذیری عملکرد بالایی

دارند. این مسئله نشان می‌دهد که علیرغم مسئولیت‌های ساختاری، کشاورزان از نظر نگرش‌های فردی و انگیزه‌های درونی، آمادگی بالایی برای به‌کارگیری فناوری دارند. به‌ویژه تمایل بالای آن‌ها به یادگیری و وقت‌شناسی بسیار معنادار است، چرا که نشان‌دهنده ظرفیت تطبیق و توسعه‌پذیری فناوری در سطح مزرعه است. اما کارشناسان در بیشتر شاخص‌ها (به‌ویژه ابتکار، یادگیری، مسئولیت-پذیری) پایین‌ترین میانگین را دارند. شاید بتوان گفت دلیل این مسئله را باید در نوع وظایف اداری یا در نظام سازمانی رسمی جست و جو کرد؛ نظامی که مانع بروز ابتکار و یادگیری تطبیقی می‌شود.

در خصوص تصمیم‌گیری در مورد نیروی انسانی جدول (۶) با توجه به امتیازات به‌دست‌آمده از نیروی انسانی و سطوح پیچیدگی نیروی انسانی، امتیاز جزء انسان افزار را نشان می‌دهد.

جدول ۶. سهم بعد انسان افزار در محتوای فناوری برحسب گروه‌های انسانی

طبقات نیروی انسانی	میانگین امتیاز (SH)	پایین‌ترین حد پیچیدگی (LL)	بالاترین حد پیچیدگی (UL)	وزن هر طبقه (W _i)	سهم انسان افزار (H _i)	سهم کل (H _i .W _i)
کشاورزان	۵/۵۱	۱	۹	۰/۳۴	۰/۶۰	۰/۲۱
طراحان	۵/۴۸	۱	۹	۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۲۰
کارشناسان	۵/۰۸	۱	۹	۰/۳۱	۰/۵۶	۰/۱۷

کشاورزان با مقدار ۰/۶۰ بیشترین سهم انسانی در پیچیدگی فناوری را دارند. برتری نسبی کشاورزان از نظر سهم انسان افزار نشان می‌دهد که درک عملی و تجربی کشاورزان از فناوری نقش محوری دارد، و کشاورزان عامل مهمی در انطباق‌پذیری فناوری با بستر انسانی هستند. طراحان با سهم پیچیدگی ۰/۵۹ و سهم کل ۰/۲۰ در رتبه دوم قرار دارند. این نزدیکی به سهم کشاورزان نشان می‌دهد که طراحان نقش موثرتری در تجسم نیازهای انسانی در طراحی فناوری دارند و نسبت بالای آن گویای آگاهی از بعد انسانی در فرایند طراحی و توسعه فناوری است. کارشناسان با کمترین میزان سهم انسانی در محتوای فناوری را دارند، هم در میانگین امتیاز ۵/۰۸ و هم در سهم کل ۰/۱۷، این وضعیت می‌تواند نشانگر این باشد که نگرش کارشناسان بیشتر معطوف به ساختارهای رسمی و تخصص‌های فناورانه غیرانسان محور است. مشارکت مستقیم آن‌ها در جنبه‌های انسانی در فناوری ضعیف‌تر است. در مجموع سهم بعد انسان افزار ۰/۵۸ است. در واقع بیانگر آن است که تمایل به مسئولیت‌پذیری از طریق یادگیری تطبیقی عمل می‌کند که کشاورزان تجربیات را با فناوری تطبیق می‌دهند، اما دلیل پایین بودن آن در بین کارشناسان می‌تواند بخاطر ساختار اداری و مکانیسم سازمانی محدود کننده باشد.

ارزیابی بعد فن افزار

برای ارزیابی این بعد که مربوط به بعد فنی فناوری است. جدول (۷) در خصوص تصمیم‌گیری در مورد بعد سخت‌افزاری فناوری با توجه به امتیازات به‌دست‌آمده در مورد پیچیدگی بعد فن افزار، امتیاز جزء فن افزار را نشان می‌دهد.

جدول ۷. سهم بعد فنی فناوری

شاخص‌ها	میانگین امتیاز (ST)	پایین‌ترین حد پیچیدگی (LL)	بالاترین حد پیچیدگی (UL)	وزن هر طبقه (W _i)	سهم انسان افزار (T _i)	سهم کل (T _i .W _i)
مواد	۴/۷۷	۱	۹	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۱۷
موقعیت مزارع	۴/۶۰	۱	۹	۰/۳۲	۰/۵۲	۰/۱۶
تجهیزات	۵/۰۱	۱	۹	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۱۹

با توجه به جدول (۷) شاخص تجهیزات عامل کلیدی در فن افزار است طوری که با بیشترین امتیاز (۵/۰۱) و بیشترین سهم کل (۰/۱۹) مهم‌ترین مؤلفه در بعد فنی ارزیابی شده است. این داده بیانگر آن است که در حال حاضر به زیرساخت و تجهیزات فنی مزارع به‌عنوان مهم‌ترین نیاز فنی برای توسعه فناوری در بخش کشاورزی اهمیت بیشتری داده می‌شود. از آنجایی که تجهیزات مستقیماً با بهره‌وری، دقت و مقیاس‌پذیری عملیات مرتبط هستند این یافته از لحاظ کاربردی بسیار معنادار است. شاخص مواد

(۴/۷۷) و موقعیت مزارع (۴/۶۰) دارای نقش کمتری نسبت به تجهیزات هستند. در حال حاضر مجموع سهم بعد فن افزار ۵۲ درصد است.

ارزیابی دانش فنی و اطلاعات

برای ارزیابی وضعیت دانش فنی و اطلاعات باتوجه به ضوابط ارائه شده در مدل از شاخص‌های وضعیت سامانه‌های اطلاعاتی، به‌روز بودن آن‌ها و جامعیت اطلاعات، نگهداری و دسترسی اطلاعات، گردش اطلاعات استفاده شده است. جدول شماره (۸) میانگین امتیازات به‌دست‌آمده از هر کدام را نشان می‌دهد، و جدول (۹) سهم اطلاعات افزار را در تولید نشان می‌دهد.

جدول ۸. خلاصه شاخص‌های وضعیت دانش فنی و اطلاعات

شاخص‌ها	جامعیت اطلاعات	وضعیت سامانه‌های اطلاعاتی	به‌روز بودن اطلاعات	نگهداری و دسترسی	گردش اطلاعات	میانگین کل
امتیاز میانگین	۴/۴۶	۴/۲۴	۴/۱۴	۴/۱۲	۲/۸۸	۳/۹۶

باتوجه به جدول (۸) امتیاز شاخص‌ها همگی در بازه نسبتا میانه تا نسبتا بالا (بین ۴/۱ تا ۴/۵) قرار دارند به جز گردش اطلاعات که با امتیاز ۲/۸۸ در سطح پایین‌تری قرار گرفته است.

جدول ۹. سهم اطلاعات افزار در محتوای فناوری

	میانگین امتیاز (SI)	پایین‌ترین حد پیچیدگی (LL)	بالاترین حد پیچیدگی (UL)	وزن هر طبقه (W _i)	سهم اطلاعات افزار (I _i)	سهم کل (I _i .W _i)
امتیازات	۳/۹۶	۱	۹	۱	۰/۴۶	۰/۴۶

عدد ۳/۹۶ در جدول (۹) نشان‌دهنده آن است که کشاورزان سطح متوسطی از دانش و آگاهی اطلاعاتی مرتبط با فناوری را دارا هستند؛ اما این عدد هنوز از آستانه مطلوب (مثلا ۵ یا بالاتر) پایین‌تر است. همچنین سهم اطلاعات افزار در محتوای فناوری‌های آبیاری معادل ۰/۴۶ برآورد شده که بیانگر آن است اطلاعات، داده‌ها و دانش ضمنی مرتبط با فناوری هنوز به سطح بهینه نرسیده است.

ارزیابی محیط به‌کارگیری فناوری

در ارزیابی مدیریت و سازماندهی که در این پژوهش بنا به موضوع بسترسازی شده و به‌عنوان عوامل محیطی به‌کارگیری فناوری معادل‌سازی شده از ۵ شاخص در طی ۱۶ سوال استفاده شده است که لیست شاخص‌ها و میانگین آنها در جدول شماره (۱۰) ارائه شده است. در ادامه باتوجه به میانگین امتیازات سهم سازمان افزار یا همان محیط به‌کارگیری فناوری در محتوای فناوری در جدول (۱۱) بیان گردیده است.

جدول ۱۰. میانگین امتیازات شاخص‌های محیطی (سازمانی)

شاخص‌ها	جهت‌یابی	میزان درگیر بودن	رهبری جهت‌انگیزه	فضای مناسب	استقلال داخلی	میانگین کل
امتیاز میانگین	۶/۲۸	۶/۵۱	۶/۶۷	۴/۳۹	۵/۳۱	۵/۸۳

باتوجه به جدول (۱۰) میانگین کل شاخص‌های محیطی معادل ۵/۸۳ از ۱۰ است که نشان می‌دهد وضعیت این بعد تا در سطح نسبتا مطلوب اما نه ایده‌آل قرار دارد. این مقدار نشان‌دهنده آن است که سازمان‌ها و ساختارهای نهادی تا حدی زمینه‌ساز استقرار فناوری بوده‌اند ولی هنوز تا توسعه یافتگی کامل فاصله وجود دارد.

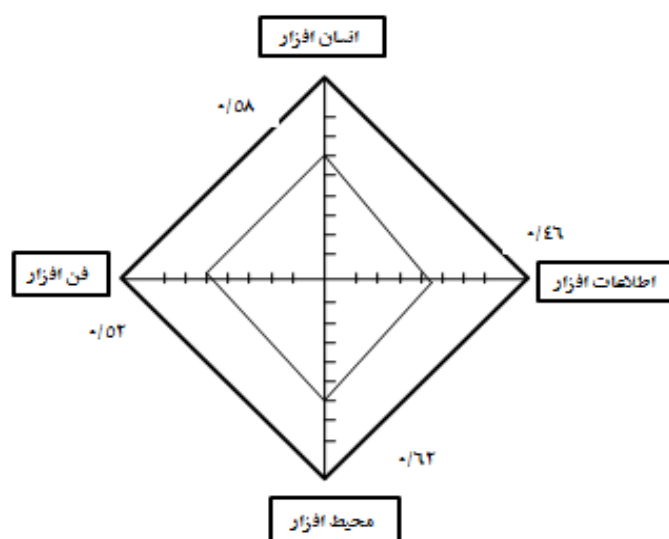
جدول ۱۱. سهم محیط (سازمان) افزار در محتوای فناوری

میانگین امتیاز (SO)	پایین ترین حد پیچیدگی (LL)	بالاترین حد پیچیدگی (UL)	وزن هر طبقه (W _i)	سهم اطلاعات افزار (O _i)	سهم کل (O _i , W _i)
۵/۸۳	۱	۹	۱	۰/۶۲	۰/۶۲

عدد ۵/۸۳ در جدول (۱۱) نشان دهنده ارزیابی نسبتاً مطلوب کاربران از مولفه های محیطی و سازمانی اثرگذار بر فناوری است. سهم ۶۲ درصدی این بعد در محتوای فناوری بسیار قابل توجه است. این مقدار بیشترین سهم را در میان ابعاد چهارگانه فناوری است. این یافته ها بیانگر آن است که موفقیت در استقرار و ارتقای فناوری به ویژه در حوزه هایی مانند آبیاری بیش از آنکه به تجهیزات یا اطلاعات فنی وابسته باشد، متکی به عوامل سازمانی و مدیریتی است.

۴. نمودار THIO

به منظور مقایسه اجزای فناوری با یکدیگر از نمودار THIO استفاده می شود. این نمودار علاوه بر آنکه امکان مقایسه چهار جزء فناوری را با یکدیگر فراهم می سازد، فاصله هر یک از اجزا را با سطح مطلوب یا همان بهترین وضعیت که می تواند ۱۰۰ درصد باشد نشان می دهد. شکل (۲) این پژوهش با توجه به اطلاعات به دست آمده به قرار زیر است.



شکل ۲. نمودار THIO

همان طور که در شکل (۲) مشاهده می شود بالاترین وزن متعلق به بعد محیط افزار (۰/۶۲) است. این نشان می دهد که در حال حاضر شرایط محیطی از آمادگی نسبی برخوردار است. دومین بعد در اینجا بعد انسان افزار با ۰/۵۸، بیانگر آن است که نیروی انسانی یا دانش بهره برداران وضعیت در حد متوسطی دارد و نیازمند بهبود است. همین طور بعد فن افزار با مقدار ۰/۵۲ وضعیت متوسطی دارد و تجهیزات به کار رفته نیاز به ارتقا و توسعه دارند. اما کمترین مقدار و زیر متوسط مربوط به بعد اطلاعات افزار (۰/۴۶) است، این ضعف در سامانه های اطلاعاتی و مدیریت دانش را نشان می دهد که می تواند مانعی برای توسعه اثربخش فناوری های آبیاری باشد. به طور کل می توان گفت فرم نامقارن نشان دهنده عدم توازن میان ابعاد مختلف فناوری آبیاری است. بیشترین ضعف در زمینه اطلاعات افزار می تواند باعث ناکارآمدی در تصمیم گیری، پیش بینی نیاز آبی، یا استفاده بهینه از منابع شود. در اینجا اهمیت سرمایه گذاری در حوزه اطلاعاتی و ایجاد زیرساخت های نرم افزاری و هوشمندسازی برجسته تر می گردد. در واقع این عدم تعادل عملکرد کلی سامانه های آبیاری را تحت تأثیر قرار می دهد.

باتوجه به اینکه هر کدام از اجزای فناوری در فرایند تولید دارای درجه اهمیتی هستند، در اینجا جهت به دست آوردن آن از روش کریتیک استفاده شد؛ زیرا باتوجه به ماهیت چندبعدی ارزیابی فناوری‌ها، استفاده از روش کریتیک امکان می‌دهد تا شاخص‌هایی که دارای تنوع اطلاعاتی بالاتر و کمترین هم‌پوشانی با سایر شاخص‌ها هستند، وزن بیشتری دریافت نمایند. این ویژگی قدرت تحلیل را در شناسایی فناوری‌های برتر افزایش و از تأثیر نامتناسب شاخص‌های همبسته جلوگیری می‌کند.

۵. وزن ابعاد فناوری با استفاده از روش CRITIC

در این بخش پژوهش با استفاده از روش کریتیک ابعاد فناوری در اختیار خبرگان قرار داده شد تا بر اساس اهمیتشان در به کارگیری فناوری‌های آبیاری نسبت به مرتب‌سازی آن‌ها اقدام شود. در ادامه اهمیت نسبی هر بعد نسبت به بعد بالاتر از خود تعیین شد و در نهایت با استفاده از میزان اهمیتی که خبرگان برای هر بعد در نظر گرفتند، وزن نهایی و میزان اهمیت هر یک از ابعاد به دست آمد. بدین ترتیب و بر اساس مراحل گفته شده به تحلیل نتایج این روش پرداخته شد. مراحل گام به گام وزن‌دهی به ابعاد باتوجه به توضیحاتی که در مورد روش کریتیک در بخش مواد و روش‌ها آمده در اینجا به یافته‌های آن پرداخته شد. جدول (۱۲) حاوی اطلاعات عددی از ۴ بعد فناوری برای فناوری‌های مختلف آبیاری از دیدگاه متخصصین است. در مرحله بعدی استاندارد کردن ماتریس وضع موجود باتوجه به ابعاد برای هر کدام از گزینه‌های مورد مطالعه انجام شد که نتایج آن نیز در جدول (۱۲) نشان داده شده است. سپس در مرحله بعدی محاسبات، انحراف معیار مقادیر ابعاد نرمالیزه شده اولیه برآورد شد که نتایج آن در جدول (۱۲) آورده شده است.

جدول ۱۲. ماتریس داده‌های خام و نرمال ابعاد

پاسخگو	فن افزار		انسان افزار		اطلاعات افزار		محیط افزار	
	خام	نرمال	خام	نرمال	خام	نرمال	خام	نرمال
۱	۶	۱	۷	۱	۶	۱	۵	۰/۶۶
۲	۵	۰/۶۶	۶	۰/۵	۶	۱	۵	۰/۶۶
۳	۶	۱	۷	۱	۶	۱	۵	۰/۶۶
۴	۶	۱	۷	۱	۵	۰/۶۶	۴	۰/۳۳
۵	۴	۰/۳۳	۷	۱	۶	۱	۴	۰/۳۳
۶	۳	۰	۵	۰	۳	۰	۳	۰
۷	۵	۰/۳۳	۷	۱	۶	۱	۵	۰/۶۶
۸	۴	۰/۳۳	۷	۱	۶	۱	۵	۰/۶۶
۹	۵	۰/۶۶	۷	۱	۶	۱	۶	۱
۱۰	۵	۰/۶۶	۷	۱	۶	۱	۵	۰/۶۶
S.D.	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۷			

در نهایت در گام آخر وزن اولیه و وزن نهایی و میزان اهمیت هر یک از معیارها به دست آمد که نتایج آن به شرح جدول (۱۳) است.

جدول ۱۳. وزن‌های ابعاد با استفاده از روش CRITIC

معیارها	فن افزار	انسان افزار	اطلاعات افزار	محیط افزار
وزن اولیه (C)	۱/۳۷	۰/۴۹	۰/۴۲	۱/۱۸
وزن نهایی (w)	۰/۳۹	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۴

همان طور که اطلاعات مندرج در جدول (۱۳) نشان می دهد فن افزار با وزن ۰/۳۹ مهم ترین بعد در ارزیابی فناوری محسوب می شود. محیط افزار با وزن ۰/۳۴ نیز اهمیت بالایی دارد، اما انسان افزار و اطلاعات افزار به ترتیب با وزن ۰/۱۴ و ۰/۱۲ نسبتاً کم اهمیت تر در این ارزیابی هستند.

۶. ضریب کمک فناوری TCC

همان طور که در بخش روش پژوهش در رابطه با این ضریب صحبت شد، یک شاخص کلی به دست می دهد که نشان دهنده نقش کلی چهار جزء فناوری است؛ بنابراین، در نهایت بر اساس شکل شماره (۲) و وزن به دست آمده برای هر بعد سازمان افزار، فن افزار، انسان افزار و اطلاعات افزار که سهم هر کدام به ترتیب در ادامه آمده؛ $O^{\beta O} = 0.21$ ، $T^{\beta T} = 0.20$ ، $H^{\beta H} = 0.08$ ، $I^{\beta I} = 0.05$ که ارجحیت یا همان میزان بهایی که در حال حاضر به هر یک از ابعاد فناوری های آبیاری در استان کرمانشاه داده می شود نسبت به یکدیگر به این صورت $O > T > H > I$ است؛ بنابراین بیشترین اهمیت به بعد محیطی و سازمانی، و پس از آن به بعد فن افزار داده می شود، اما بعد نیروی انسانی و اطلاعات با وزن های به مراتب پایین تر زیاد مورد توجه قرار نگرفته اند که نشان دهنده نادیده گرفته شدن ابعاد سیاسی و اطلاعاتی است. باتوجه به امتیازهای به دست آمده ضریب کمک فناوری برابر است با:

$$TCC = T^{\beta T} * H^{\beta H} * I^{\beta I} * O^{\beta O}$$

$$TCC = 0.52^{0.39} * 0.58^{0.14} * 0.46^{0.12} * 0.62^{0.34}$$

$$TCC = 0.77 * 0.92 * 0.91 * 0.84 = 0.54$$

به عبارت دیگر میزان اهمیتی که به کل ابعاد فناوری های آبیاری در کشاورزی استان کرمانشاه داده می شود در حد ۰/۵۴ است، بدین معناست که میزان کلی توجه و سرمایه گذاری روی ابعاد مختلف فناوری های آبیاری در استان کرمانشاه در وضعیت کنونی تنها ۵۴ درصد ظرفیت مطلوب ارزیابی می شود.

بحث

آب در کنار نقش مهمی که در کشاورزی دارد و منجر به توسعه پایدار می شود؛ اما استفاده نادرست و بی رویه از این منبع تجدیدناپذیر مشکلات زیادی را به وجود آورده است. استان کرمانشاه نیز از قطب های اصلی تولید کشاورزی کشور است و می تواند نقش مهمی در توسعه پایدار کشور داشته باشد؛ اما استفاده بیش از حد و نامناسب از آب در استان کرمانشاه جهت تولید مواد غذایی بیشتر، رفتاری غیرمنطقی است که در بخش کشاورزی با آن روبه رو هستیم که تبعات منفی این پدیده به خود حوزه کشاورزی برمی گردد. به طوری که کاهش آب های زیرزمینی و ایجاد دشت های ممنوعه شده را در این استان به دنبال داشته است؛ بنابراین باتوجه به نقش آب در کشاورزی و اینکه بخش کشاورزی بایستی بتواند غذای کافی برای جمعیت حال و آینده تأمین نماید (رضاییان و رضاییان، ۱۳۹۵؛ ری و همکاران^۱، ۲۰۱۳)، و مسئله اصلی کشاورزی کمبود آب است که باید آن را مدیریت نمود. از آنجایی که پایداری بخش کشاورزی وابسته به آب، مستلزم اصلاح نظام آبیاری از طریق توسعه فناوری های نوین آبیاری و به کارگیری فناوری های نوین متناسب با شرایط از طریق ارزیابی عملکرد فناوری است (بیلابی و همکاران، ۲۰۲۱)؛ لذا این پژوهش باهدف کلی بررسی و تحلیل فناوری های آبیاری موجود در کشاورزی استان کرمانشاه با بهره گیری از روش اطلس فناوری و تکنیک کریتیک (CRITIC) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد.

یافته های حاصل از تحلیل صورت گرفته بر اساس روش اطلس فناوری نشان دهنده تأثیر کلیه عوامل بر توسعه کاربرد فناوری های نوین در بخش آب و آبیاری در استان کرمانشاه است. اما از دیدگاه پاسخ دهندگان، برخی عوامل در ارتقای فناوری اهمیت بیشتری دارند. به طوری که گرایش به همکاری کشاورزی در به کارگیری فناوری های آبیاری در کشاورزی استان کرمانشاه به عنوان مهم ترین عامل شناسایی شده است. زیرا همکاری از طریق تعامل موقعیتی عمل می کند که کشاورزان از تجربیات همتایان می آموزند و ریسک را تقسیم می کنند. اولویت همکاری با مطالعه سعادت و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد که اعتماد و مشارکت را کلیدی می دانند. این نشان دهنده نقش کلیدی تعامل و همکاری فعالانه کشاورزی در فرایند به کارگیری و توسعه فناوری است. این یافته

¹ Ray et al

² Billai et al

بیشتر ناظر بر تاثیر بیشتر عوامل غیر فنی بر نسبت به عوامل فنی در به‌کارگیری و ارتقای فناوری‌های آب محور در بخش کشاورزی است. این یافته در کنار تأکید ویژه پاسخگویان بر قدرت مالی کشاورزان و دسترسی به امکانات اولیه و موردنیاز فناوری به‌عنوان عوامل دوم و سوم، بیانگر محوریت نقش کشاورز در طراحی و تولید فناوری‌های آب محور است. یافته با نتایج تحقیق زاهدپور یگانه و همکاران (۱۴۰۴)، لایخار و همکاران (۲۰۲۴) که معتقد بر لزوم دیدگاه سیستمی در تولید و طراحی فناوری‌ها می‌باشند همخوانی دارد؛ لذا تحلیل اکولوژی انسانی کشاورزان که ابعاد انسانی و غیر انسانی را در بر گرفته و راهبر رفتارهای کشاورز است شرط اساسی موفقیت طراحان و مدیران فناوری در بخش کشاورزی است. در تأیید این یافته عواملی مانند قدرت پذیرش ریسک در بین کشاورزان، وجود رهبری برای ایجاد انگیزه، خلاقیت بالقوه در کشاورزان در رتبه‌های بعدی قرار دارند که به نوعی لزوم مدیریت و برنامه‌ریزی چالش در حوزه‌های فرهنگی، روانشناختی یا رهبری در فرایند ارتقای فناوری می‌باشد. از این رو بعد فنی و تخصصی فناوری‌های آب محور میبایست مکمل زیست بوم پایدار کشاورزی بوده و این مهم در اکولوژی‌های انسانی متفاوت انعطاف‌پذیری و ارزیابی مدام طراحان و مدیران توسعه فناوری در کشاورزی را می‌طلبد. در مجموع می‌توان گفت که ابعاد اجتماعی و اقتصادی مانند همکاری، قدرت مالی، و دسترسی به امکانات فیزیکی در اولویت اول برای ارتقای فناوری آبیاری کشاورزی قرار دارند. این مسئله می‌تواند جهت‌گیری سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان در زمینه توسعه فناوری‌های آبیاری را مشخص‌تر نماید. این نتایج با برخی مطالعات پیشین همسو است. همچنین با پژوهش سعاد و همکاران (۱۳۹۵) که از اعتماد متقابل و مشارکت گروهی به‌عنوان عوامل تسهیل‌کننده ارتقای فناوری یاد می‌کند همخوانی دارد، مطالعه پرتی^۱ (۱۹۹۵) در مطالعات خود نشان داده که پذیرش جمعی فناوری اغلب مقدم بر پذیرش فردی است. مطابق با نتایج پژوهش‌های پیشین، تأثیرپذیری انتخاب فناوری از عوامل اجتماعی به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده مطرح شده است (پنل و همکاران^۲، ۲۰۰۶؛ راجرز^۳، ۲۰۰۷). به‌ویژه در حوزه فناوری‌های کشاورزی، تطابق اجتماعی-فرهنگی، میزان مشارکت بهره‌برداران و سطح آموزش، نقش بسزایی در انتخاب و استفاده مستمر از فناوری‌های جدید دارد (معتقد و چوپچیان^۴، ۲۰۲۴). تفاوت‌ها نیز به‌احتمال زیاد ناشی از ویژگی‌های زمینه‌ای منطقه، میزان توسعه نهادی و نوع فناوری‌های موردنظر است.

یافته‌های تحقیق در خصوص بررسی ابعاد فناوری نشان‌دهنده نقش برتر کشاورزان و طراحان در بعد انسان افزار نسبت به کارشناسان برای هر دو گروه مذکور کارایی و تناسب تکنولوژی با زیست‌بوم کشاورزی به معنای پایداری شغلی و در نهایت موفقیت در ابعاد مختلف توسعه کشاورزی است و بدیهی است که با حساسیت بیشتر در بعد انسان‌افزار تکنولوژی‌های آب محور نقش ایفا کنند. اما کارشناسان در بیشتر شاخص‌ها (به‌ویژه ابتکار، یادگیری، مسئولیت‌پذیری) پایین‌ترین میانگین را دارند. این مسئله ممکن است به دلیل نوع وظایف اداری یا ساختار بوروکراتیک باشد که ابتکار عمل و یادگیری تطبیقی را محدود می‌کند. به عبارتی به‌احتمال زیاد تغییر تکنولوژی در کشاورزی به طور مستقیم نفعی به کارشناسان دولتی نمی‌رساند و بعلاوه بر وظایف شغلی آنها نیز ممکن است بیفزاید؛ لذا با شرایط موجود تکنولوژی‌های آب محور در کشاورزی مشکل‌چندانی ندارند و همچنین نقش آنها در بعد انسان‌افزار کمتر از دو گروه دیگر است.

یافته‌های تحقیق بهتر بودن بعد محیط افزار (۰/۶۲) را نسبت به انسان افزار با ۰/۵۸، و بعد فن افزار با مقدار ۰/۵۲ در استان نشان داده است. چرایی عدم هماهنگی ابعاد مختلف فناوری در استان مساله‌ای است که نیاز به تحقیق بیشتری دارد. به نظر می‌رسد محیط افزار فناوری تحت تاثیر پیشرفت فناوری‌ها در سایر ابعاد زندگی کشاورزان قرار گرفته است و محیط شرایط بهتری برای پذیرش فناوری‌های نوین از خود نشان می‌دهد. این یافته می‌تواند نقطه مثبت و شروعی برای اصلاحات اساسی در فناوری‌های کشاورزی استان باشد. در کنار این بعد وضعیت انسان‌افزار و فن‌افزار نیز از متوسط بالاتر و می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های توسعه تکنولوژی موردتوجه باشد. اما کمترین مقدار که از متوسط مقادیر پایین‌تر بوده، مربوط به بعد اطلاعات افزار (۰/۴۶) است، این ضعف در سامانه‌های اطلاعاتی و مدیریت دانش را نشان می‌دهد که می‌تواند مانعی برای توسعه اثربخش فناوری‌های آبیاری باشد.

¹ Pretty² Pannell et al³ Rogers⁴ Mo'taqed & Choobchian

به‌ویژه در شرایط فعلی که هوش‌های مصنوعی در کنار پارادایم فکری مربوط به کشاورزی دقیق تعیین کننده و راهبر توسعه کشاورزی در کل دنیا است، عدم توجه به این یافته و عدم اقدام مؤثر در تشکیل پایگاه داده‌های فناوری در بخش کشاورزی منجر به عقب افتادگی ساختاری و فرایندی در فناوری‌های بخش کشاورزی به طور عام خواهد شد. به طور کل می‌توان گفت فرم نامقارن نشان دهنده‌ی عدم توازن میان ابعاد مختلف فناوری آبیاری است. براین اساس، توسعه شبکه‌های اطلاع‌رسانی، آموزش‌های کاربردی، و انتقال دانش بومی و فناورانه به کشاورزان می‌تواند به ارتقای سهم اطلاعات افزار و در نتیجه پایداری بیشتر فناوری کمک کند. زیرا این می‌تواند یکی از گلوگاه‌های اصلی در به‌کارگیری مؤثر فناوری‌های آبیاری باشد، و این شکاف اطلاعاتی می‌تواند به دلیل نبود ساختار مناسب برای تبادل دانش بین ذی‌نفعان، ضعف در انتقال دانش به کشاورزان یا محدود بودن کانال‌های ارتباطی باشد. از این‌رو، ارتقای زیرساخت‌های تبادل دانش، توسعه شبکه‌های دانش‌بنیان، و آموزش مداوم کاربران برای افزایش اثربخشی اطلاعات فناورانه ضروری است. علاوه عدم مطالعه در ابعاد مختلف مدیریت فناوری و نوآوری در کشاورزی مدیران و مسئولان مربوطه را از اهمیت پرداختن به ساماندهی مدیریت اطلاعات و تشکیل پایگاه داده‌ها باز داشته است. به عبارتی توسعه تکنولوژی در چارچوب برنامه‌ای بلندمدت و استراتژیک که بتواند همگام با تغییرات ابعاد مختلف نظام‌های اقتصادی و اجتماعی حاکم بر کشاورزی به توسعه و تقویت تکنولوژی‌های به‌روز بپردازد، عمل نمی‌کند.

نتیجه‌گیری

فناوری همواره به‌عنوان ابزار بهره‌وری بیشتر از منابع در توسعه ابعاد مختلف نقش ایفا کرده است. نقصان اساسی در منابع آب کشاورزی استان از یک سو و ازسوی دیگر ضعف توسعه فناوری و نبود نظام جامع مدیریت فناوری در کشاورزی دلیل اصلی انجام این تحقیق در استان کرمانشاه بوده است. از آنجاکه توسعه فناوری نیازمند نگرش چندبعدی و تصمیم‌گیری بر اساس معیارهای مختلف است چارچوب اصلی تحقیق بر مدل اطلس فناوری به‌عنوان یکی از مدل‌های جامع بررسی و ارزیابی فناوری قرار گرفته است. این مدل در این پژوهش برای اولین بار در فناوری‌های بخش کشاورزی مناسب‌سازی و بکار رفته است و تحقیق در این بعد هم در زمینه روش‌شناسی و هم در بعد مبانی نظری نوآوری داشته است. تحقیق به‌طور کلی نشان می‌دهد که اطلاعات، داده‌ها و دانش ضمنی مرتبط با فناوری هنوز به سطح بهینه نرسیده است. چنین وضعیتی می‌تواند ناشی از چالش‌هایی چون ضعف در زیرساخت‌های اطلاعاتی، عدم دسترسی پایدار به آموزش‌های به‌روز، یا ناکارآمدی سامانه‌های اطلاعات کشاورزی باشد. براین اساس، توسعه شبکه‌های اطلاع‌رسانی، آموزش‌های کاربردی، و انتقال دانش بومی و فناورانه به کشاورزان می‌تواند به ارتقای سهم اطلاعات افزار و در نتیجه پایداری بیشتر فناوری کمک کند. زیرا این می‌تواند یکی از گلوگاه‌های اصلی در به‌کارگیری مؤثر فناوری‌های آبیاری باشد، و این شکاف اطلاعاتی می‌تواند به دلیل نبود ساختار مناسب برای تبادل دانش بین ذی‌نفعان، ضعف در انتقال دانش به کشاورزان یا محدود بودن کانال‌های ارتباطی باشد. از این‌رو، ارتقای زیرساخت‌های تبادل دانش، توسعه شبکه‌های دانش‌بنیان، و آموزش مداوم کاربران برای افزایش اثربخشی اطلاعات فناورانه ضروری است. از نظر نقش در بعد انسان‌افزاری، کشاورزان و طراحان تأثیرگذارترین گروه‌ها هستند، بنابراین سیاست‌های فناورانه بایستی به‌صورت دوسویه میان طراحان و کشاورزان تنظیم شود، و نقش کارشناسان بایستی بازتعریف و تقویت گردد تا شکاف میان نظریه و عمل در فرایند انتقال فناوری کاهش یابد. در ارزیابی عوامل محیطی پایین‌بودن و نارضایتی از فضای مناسب سازمانی گویای فقدان زیرساخت‌ها و فضای حمایتی کافی برای نهادینه‌سازی فناوری‌های نوین است؛ لذا تقویت فضای نهادی، تسهیل قوانین، افزایش استقلال محلی و توسعه زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری از پیش‌شرط‌های حیاتی برای تحقق کارآمدی فناوری‌های آبیاری به شمار می‌رود. پژوهش رضایی، حسینی و شعبانعلی فمی (۱۳۸۸) درباره موانع توسعه آبیاری نوین در غرب کشور نیز تأکیدی بر نتایج این پژوهش است؛ زیرا به این نتیجه دست یافتند که گرچه زیرساخت‌های فنی و سازوکاری توسعه یافته‌اند، اما نبود آموزش مستمر، عدم دسترسی به اطلاعات فنی و مقاومت کاربران به دلیل ناآگاهی مهم‌ترین موانع اثربخشی فناوری‌ها به شمار می‌آیند. باین حال برخلاف این شواهد، ارزیابی ما از وضعیت کنونی استان کرمانشاه نشان می‌دهد که بعد انسانی و اطلاعاتی کمترین وزن را در تحلیل به خود اختصاص داده است. این موضوع را می‌توان به ضعف در طراحی سیاست‌های یکپارچه، کم‌توجهی به دانش بومی، و عدم سرمایه‌گذاری هدفمند

در ارتقای مهارت بهره‌برداران نسبت داد. همچنین نتایج وزن‌دهی ابعاد با روش کریتیک نیز گویای آن است که در وضعیت فعلی اولویت اصلی در توسعه فناوری‌های آبیاری به بعد سخت‌افزار اختصاص یافته، درحالی که میزان اهمیت به انسان افزار و اطلاعات افزار بیانگر کم‌توجهی به زیرساخت‌های اطلاعاتی و فناوری‌های دیجیتال در مدیریت منابع آب است. این تحلیل بیانگر نیاز مبرم به بازنگری در سیاست‌گذاری‌های فناورانه باهدف تقویت هوشمندسازی، آموزش نیروی انسانی و هماهنگ‌سازی ابعاد مختلف آبیاری است.

بنابراین، می‌توان چنین استنتاج کرد که؛ اگرچه سرمایه‌گذاری بر ابعاد ساختاری و فناورانه در استان کرمانشاه در حال انجام است، اما عدم توجه به مؤلفه‌های نرم‌افزاری از قبیل آموزش، دانش فنی، مدیریت اطلاعات و انگیزه بهره‌برداران مانع اصلی تحقق کامل ظرفیت‌ها محسوب می‌شود. به‌طوری که این عدم توازن، منجر به کاهش اثربخشی سیاست‌ها، نرخ فرسودگی تجهیزات، و افت بهره‌وری آب کشاورزی در میان مدت و بلندمدت خواهد شد. در نتیجه سیاست‌گذاران بایستی از رویکردهای تک‌بعدی (متمرکز بر سخت‌افزار یا ساختار نهادی) فاصله گرفته و به سمت سیاست‌های جامع‌نگر با محوریت ظرفیت‌سازی انسانی و توسعه زیرساخت‌های دانشی حرکت کنند.

در مجموع، مطالعه حاضر نه تنها وضعیت کنونی فناوری‌های آبیاری در یکی از مناطق حساس کشور را ترسیم می‌کند، بلکه با ارائه چارچوبی تحلیلی، امکان تصمیم‌گیری داده‌محور و باز طراحی استراتژی‌های بهبود بهره‌وری منابع آب در بخش کشاورزی را فراهم می‌آورد. به‌طوری که می‌تواند مبنایی برای رصد پیشرفت فناوری‌های آبیاری، سیاست‌گذاری هدفمند، و طراحی چارچوب‌های ارزشیابی بومی در سایر مناطق با شرایط اقلیمی و ساختاری مشابه باشد.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهادهای زیر در راستای به‌کارگیری فناوری آبیاری مناسب و افزایش سطح بهینه ارائه می‌شود:

پیشنهادهای کاربردی

تقویت بعد اطلاعاتی و دانش‌افزاری: با توجه به پایین‌ترین امتیاز این بعد، توسعه زیرساخت‌های تبادل دانش، سامانه‌های اطلاعات کشاورزی (AIS) و ابزارهای هوشمندسازی از ضرورت‌های اصلی است. ایجاد پایگاه داده منطقه‌ای برای اطلاعات آبیاری و اتصال آن به شبکه‌های ملی می‌تواند به ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری و کاهش خطاها کمک کند.

ظرفیت‌سازی انسانی و ارتقای نقش کشاورزان و طراحان: نتایج نشان داد که کشاورزان و طراحان بیشترین سهم را در بعد انسان‌افزار دارند؛ بنابراین تدوین برنامه‌های آموزشی و مهارتی هدفمند برای این گروه‌ها می‌تواند در افزایش سرعت پذیرش فناوری‌های نوین و بهبود بهره‌برداری از آنها نقش کلیدی ایفا کند.

بازتعریف جایگاه کارشناسان سازمانی: به دلیل میانگین پایین شاخص‌های انسان‌افزار در میان کارشناسان، لازم است ساختار وظایف و مشوق‌های شغلی بازنگری شود. برگزاری دوره‌های ضمن خدمت، ارتقای انگیزش سازمانی و تقویت نقش کارشناسان به‌عنوان حلقه واسط انتقال فناوری از طراحان به کشاورزان پیشنهاد می‌شود.

تمرکز بر بهبود تجهیزات و فن‌افزار: نتایج روش CRITIC نشان داد فن‌افزار مهم‌ترین بعد در وضعیت کنونی است. ارتقای تجهیزات آبیاری تحت فشار، نوسازی سامانه‌های قدیمی و فراهم‌سازی دسترسی کشاورزان به فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه از اقدامات ضروری در این حوزه است.

پایش دوره‌ای سطح فناوری آبیاری: استفاده منظم از شاخص TCC و مدل اطلس فناوری به صورت دوره‌ای (مثلاً هر سه سال یک‌بار) می‌تواند ابزاری برای رصد پیشرفت‌ها، سنجش اثربخشی سیاست‌ها و بازطراحی استراتژی‌های توسعه فناوری باشد.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده

ترکیب مدل اطلس فناوری با روش‌های پویایی سیستم‌ها: برای درک اثرات بلندمدت مداخلات سیاستی، ترکیب مدل اطلس فناوری با شبیه‌سازی‌های پویایی سیستم‌ها می‌تواند دیدی جامع‌تر در اختیار سیاست‌گذاران قرار دهد.

بررسی نقش فناوری‌های دیجیتال و هوشمندسازی: پژوهش‌های آینده می‌توانند بر کاربرد اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی و سامانه‌های پیش‌بینی نیاز آبی در بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی تمرکز کنند.

تحلیل اجتماعی-فرهنگی پذیرش فناوری های آب و آبیاری: ضعف نسبی در شاخص های ریسک پذیری و انگیزش کشاورزان ضرورت مطالعه جامعه شناختی و روان شناختی پذیرش فناوری های نوین آبیاری را برجسته می سازد. مدل سازی اثر تغییر اقلیم: بررسی تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر کارایی فناوری های آبیاری و توسعه فناوری های مناسب می تواند رویکردی آینده نگرانه در مدیریت منابع آب ارائه دهد. تحلیل سیاست های حمایتی و اقتصادی: پژوهش های آتی می توانند رابطه میان ابزارهای حمایتی (یارانه ها، تسهیلات اعتباری، بیمه کشاورزی) و میزان پذیرش فناوری های نوین آبیاری را به طور تجربی بررسی کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

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

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 پایان نامه 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 ارایه اطلاعات با محققان همکاری داشته اند کمال تشکر را دارند.

منابع

- ارشادی سیس، مهدی، خدایی محمودی، رضا، و خضروی اقدم، رضا. (۱۳۹۳). بررسی و ارزیابی اجزای فناوری با کمک مدل اطلس فناوری (مطالعه موردی: شرکت طراحی مهندسی و ساخت تجهیزات و ابزارآلات سایپا). فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۱۱ (۲۲)، ۲۰-۹. <https://dor.sc.ac/dor.9-20.45-65>
- اعلم‌الهدی، علی‌اصغر. (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. <https://www.sid.ir/FileServer/SF/6871394H01325>
- باقری، نیکروز، و جوادی، ارژنگ. (۱۴۰۱). ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی کشاورزی ایران. فصلنامه توسعه فناوری کشاورزی، ۱۲ (۱)، ۳۳-۴۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26765403.1401.20.47.4.0>
- باللی، حمید، و کسبیلان لعل، فرزانه. (۱۴۰۰). ارزی‌گذاری اقتصادی منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی (مطالعه موردی: دشت همدان-بهار). فصلنامه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۵ (۱)، ۱۵۳-۱۳۵. <https://www.sid.ir/paper/1057390/fa>
- پورغلام آمیجی، مسعود، نجفیان، داود، و سعدی، توفیق. (۲۰۲۳). آسیب‌شناسی و شناخت عوامل عدم اجرایی‌شدن طرح‌ها، پروژه‌ها، فناوری‌ها و پژوهش‌های فناورانه آب کشور. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۹ (۲)، ۱۶۵-۱۹۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764531.1401.9.2.12.5>
- رضایی، روح‌اله، حسینی، محمود، شعبانعلی فمی، حسین، و صفاء، لیل (۱۳۸۸). شناسایی و تحلیل موانع توسعه نانو در بخش کشاورزی ایران. فصلنامه علمی پژوهشی سیاست علم و فناوری، ۲ (۱)، ۱۶-۲۸. <https://dor.sc.ac/dor/20.1001.1.20080840.1388.2.1.3.6>
- رضاییان، احد، و رضایان، علی‌حسین. (۱۳۹۵). آینده پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی. مجله اکوهیدرولوژی، ۳ (۱)، ۱۷-۱. <https://doi.org/10.22059/ije.2016.59185>
- زاهدپوریگانه، حسین، خورسند، افشین، رجا، امید، و کنعانی، الهه. (۱۴۰۴). تکنولوژی‌های هوشمند در کشاورزی: مدیریت آب و منابع در عصر تغییرات اقلیمی. نشریه فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب، ۵ (۳)، ۴۳-۲۰. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.11765.1155>
- سعادت، سارا، رضانی دارابی، حمید، و چرمچیان لنگرودی، مهدی. (۱۳۹۵). نقش سرمایه اجتماعی بر فرایند پذیرش نوآوری‌ها از دیدگاه توتون‌کاران استان مازندران. ششمین کنگره ملی علوم ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. https://icaenr.areeo.ac.ir/articles?_action=article&au=136529
- شهمیرزادی، طیبه، حریری، نجلا، فهیم‌نیا، فاطمه، باب الحوانجی، فهیمه، و مطلبی، داریوش. (۱۳۹۸). واکاوی شاخص‌های سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دو فصلنامه علمی دانشگاه شاهد، پژوهش‌های علم سنجی، ۱۵ (۱)، ۴۶-۴۷. <https://doi.org/10.22070/rsci.2018.639>
- عبدی، آمنه، و میرک‌زاده، علی‌اصغر. (۱۴۰۱). آینده فناوری‌های آب محور در کشاورزی استان کرمانشاه. سومین همایش ملی کم آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در مناطق خشک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. <https://civilica.om/doc/1666247>
- کریمی، محمدرضا، و بهرامی، سمیه. (۲۰۱۶). ارزیابی و تحلیل محتوای تکنولوژی به کمک روش اطلس تکنولوژی (مطالعه موردی واحد تولیدی نوار آبیاری از پلی‌اتیلن در بندعباس). دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، کوالالامپور، مالزی. <https://elmnet.ir/doc/20422916-22551>
- گل‌قامت‌راد، نیما، رضوی، سیداحمد، صفوی، سیدعباس، غلامی، جواد، و غفار پور، رضا. (۱۳۹۸). رتبه‌بندی مجموعه‌های نگهداری و تعمیرات هواپیماهای نظامی بر اساس عملکرد عامل انسانی با استفاده از روش هیبریدی CRITIC-VIKOR. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی دفاعی، دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین (ع)، تهران، ایران. <https://civilica.com/doc/1258180>
- محمودی، یزدان، قمرنیا، هوشنگ، و جوزی، مهدی. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر سطوح ایستابی کم عمق و شور بر عملکرد و کارایی مصرف آب کینوا (Chenopodium Quinoa Willd) در محیط گلخانه. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱ (۱۸)، ۱۷۲-۱۵۵. https://idj.aid.ir/article_193195.html

- محمدیان، ایوب،، حیدری دهویی، جلیل، و قربانی، علیرضا. (۱۳۹۹). اولویت بندی کاربردهای اینترنت اشیاء در کشاورزی با استفاده از شاخص های توسعه پایدار. *نشریه حقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۵۱ (۴)، ۷۹۷-۷۴۷. <https://www.sid.ir/paper/524964/fa>
- میرعمادی، سیدایمان. (۱۳۹۸). نظام ملی نوآوری و نقش آن در بهبود سیاست های علم، فناوری و نوآوری. فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست علم و فناوری، ۱۲ (۲)، ۱۵۴-۱۳۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080840.1398.12.2.10.5>
- نیکزاد، مینا، مرادی، حمیدرضا، و جلیلی، خلیل. (۱۴۰۴). ارزیابی کمی منابع آب زیرزمینی و ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی و عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: دشت چمچال). *نشریه فناوری های پیشرفته در بهره وری آب*، ۵ (۳)، ۱۱۳-۹۲. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.12081.1164>

References

- 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. <https://www.sid.ir/FileServer/SF/6871394H01325> [In Persian]
- Abdi, A., & Mirkzadeh, A. A. (2022). The future of water-oriented technologies in agriculture in Kermanshah Province. In *Proceedings of the 3rd National Conference on Deficit Irrigation and the Use of Non-conventional Waters in Arid Regions*, Razi University, Kermanshah, Iran. <https://civilica.com/doc/1666247> [In Persian]
- Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM). *Springer*, Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9>
- Amini, J., Darvishi, M., & Khaledian, Y. (2020). A comprehensive framework for assessing the technological maturity of irrigation systems in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 239, 106267. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020>
- Bagheri, N., & Javadi, A. (2022). Assessing technology level in the production of strategic agricultural products in Iran. *Journal of Agricultural Technology Development*, 12 (1), 23–40. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26765403.1401.20.47.4.0> [In Persian]
- Balali, H., & Kasbian Laleh, F. (2021). Economic valuation of groundwater resources in the agricultural sector: A case study of Hamedan–Bahar Plain. *Agricultural Economics and Development*, 35 (1), 135–153. <https://www.sid.ir/paper/1057390/en> [In Persian]
- Balali, H., Fami, H. S., Rezvanfar, A., & Sajjadi, S. M. (2011). Analysis of sustainable water resource management in agriculture: A case from Iran. *Journal of Sustainable Development*, 4 (1), 160–168. <https://doi.org/10.5539/jsd.v4n1p160>
- 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>
- Bjornlund, H., Nicol, L. A., & Klein, K. K. (2009). The adoption of improved irrigation technology and management practices – A study of two irrigation districts in Alberta, Canada. *Agricultural Water Management*, 96 (1), 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.07.007>
- Brent, A. C., Labuschagne, C., & Van Erck, R. P. G. (2011). Technology assessment in support of sustainable development: A framework for sustainable technology identification and assessment considering the triple bottom line. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 447–456. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.004>
- Ershadi Sis, M., Khodaei Mahmoudi, R., & Khezrloei Aghdam, R. (2014). Investigation and evaluation of technology components using the technology atlas model (Case study: Saipa Equipment and Tool Design and Manufacturing Company). *Quarterly Journal of Industrial Technology Development*, 11(22), 9–20. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26765403.1392.11.22.2.5> [In Persian]
- Food and Agriculture Organization & The World Bank. (2025). Iran –Average precipitation in depth (mm per year). In *World Development Indicator*. Washington, DC, USA. <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.PRCP.MN>
- Golghamat Rad, N., Razavi, S. A., Safavi, S. A., Gholami, J., & Ghaffarpour, R. (2019, July 7). Ranking of military aircraft maintenance and repair complexes based on human factor performance using the hybrid CRITIC-VIKOR method. Paper presented at the 5th National Conference on Defense Sciences and Engineering, *Imam Hossein University*, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1258180> [In Persian]
- Harfouche, A., Merhi, M. I., Albizri, A., Dennehy, D., & Thatcher, J. B. (2025). Sustainable Development Through Technological Innovations and Data Analytics. *Information Systems Frontiers*, 26, 1989–1996. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-024-10570-2>
- Helvoigt, T. L., & Adams, D. M. (2009). Using a Productivity frontier to evaluate regional efficiency of the forest products industry in the western United States. *Forest Policy and Economics*, 11 (5-6), 308–313. <https://doi.org/10.1016/i.forpol.2009.01.001>

- Karimi, M. R., & Bahrami, S. (2016). Technology content evaluation and analysis using the technology atlas method (Case study: Polyethylene irrigation tape production unit in Bandar Abbas). *Paper presented at the 2nd International Conference on Modern Research's in Management, Economics & Accounting*, Kuala Lumpur, Malaysia. <https://elmnet.ir/doc/20422916-22551> [In Persian]
- Keramatzadeh, A., Momeni, M., & Sadeghi, S. H. R. (2016). Assessment of groundwater depletion due to agricultural overuse in semi-arid regions of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 75 (12), 1043. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5877-x>
- Khosravi, H., & Akbari, M. (2019). Adoption and impacts of smart irrigation technologies: A case study of preciside irrigation in Iran. *Water Policy*, 21 (3), 602-617. <https://doi.org/10.2166/wp.2019.123>
- Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25-48. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919206000224>
- Lakhari, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., and Chauhdary, J. N. (2024). A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology under Changing Climate for Enhancing Water Use Efficiency, Crop Yield, and Environmental Footprints. *Agriculture*, 14(7), 1141. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071141> MDPI
- Miremadi, S. I. (2019). National innovation system and its role in improving science, technology, and innovation policies. *Scientific-Research Journal of Science and Technology Policy*, 12(2), 135-154. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080840.1398.12.2.10.5> [In Persian]
- Mohammadi, Y., Ghamarnia, H., & Jowzi, M. (2024). Investigating the effect of shallow and saline water table levels on the yield and water use efficiency of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) in a greenhouse environment. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 18(1), 155-172. https://idj.iaid.ir/article_193195.html [In Persian]
- Mohammadian, A., Heidari Dehavi, J., & Ghorbani, A. (2020). Prioritizing applications of the Internet of Things in agriculture using sustainable development indicators. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 51(4), 747-797. <https://www.sid.ir/paper/524964> [In Persian]
- Mo'taqed, M., & Choobchian, Sh. (2024). Analyzing Indicators of Adaptive Capacity of Agricultural Units in Water Insecurity Conditions in Hamedan Province. *Journal of Water and Sustainable Development*, 11(2), 1-14. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v11i2.2402-1312>
- Munguía, L., Escalante, J. C., & Robles Belmont, E. (2021). The management of scientific and technological infrastructures: The case of the Mexican National Laboratories. *arXiv preprint arXiv:2203.04878*. https://doi.org/10.1162/qss_a_00230
- Nikzad, M., Moradi, H. R., & Jalili, K. (2025). Quantitative assessment of groundwater resources and its relationship with land use changes and climatic factors (Case study: Chamchal Plain). *Advanced Technologies in Water Productivity*, 5(3), 92-113. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.12081.1164> [In Persian]
- Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N., Curtis, A., Vancley, F., & Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407-1424. <https://doi.org/10.1071/EA05037>
- Pourgholam Amiji, M., Najafian, D., & Saadi, T. (2023). Diagnosing and identifying factors behind the non-implementation of national water projects, technologies, and research. *Water Management in Agriculture*, 9 (2), 165-190. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764531.1401.9.2.12.5> [In Persian]
- Preite, L., Solari, F., & Vignali, G. (2023). Technologies to Optimize the Water Consumption in Agriculture: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(7), 5975. <https://doi.org/10.3390/su15075975>
- Pretty, J. (1995). Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. *Earthscan Publications*, London. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3105021>
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLOS ONE*, 8(6), e66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
- Rezaei, R., Hosseini, M., Shabaanalifami, H., & Safa, L. (2009). Identifying and analyzing barriers to nanotechnology development in Iran's agricultural sector. *Science and Technology Policy Quarterly*, 2 (1), 16-28. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080840.1388.2.1.3.6>[In Persian]

- Rezaeian, A., & Rezaian, A. H. (2016). Future studies on Iran's water crisis using scenario planning. *Ecohydrology*, 3 (1), 1–17. <https://doi.org/10.22059/ije.2016.59185> [In Persian]
- Rogers, E. M. (2007). *Diffusions* (5th ed). Free Press, New York, USA. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2007.07.001>
- Saadat, S., Ramezani Darabi, H., & Charmchian Langaroudi, M. (2016). The role of social capital in the process of innovation adoption from the perspective of tobacco farmers in Mazandaran Province. *The Sixth National Congress on Agricultural Extension and Education and Natural Resources*, Shiraz University, Shiraz, Iran. https://icaeenr.areeo.ac.ir/articles?_action=article&au=136529 [In Persian]
- Shahmirzadi, T., Hariri, N., Fahimnia, F., Babalhavangi, F., & Matlabi, D. (2019). Analyzing indicators for measuring and evaluating science, technology, and innovation in the Agricultural Research, Education and Extension Organization. *Shahed University Scientific Bi-quarterly, Scientometric Researches*, 5(1), 47-66. <https://doi.org/10.22070/rsci.2018.639> [In Persian]
- Wiewie, S., Lin, Z., & Haibo. (2021). Technology audit and innovation efficiency: Evidence from manufacturing industries in China. *Journal of Engineering and Technology Management*, 60, 101633. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2021.101633>
- Xudayev, A., Jalilov, S. M., & Rasulov, M. (2021). Water resource management in arid regions: Challenges and adaptation strategies. *Journal of Water and Climate Change*, 12 (4), 1182–1195. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.001>
- Zahedpoor Yeganeh, H., Khorsand, A., Raja, O., & Kanaani, E. (2025). Smart technologies in agriculture: Water and resource management in the era of climate change. *Advanced Technologies in Water Productivity*, 5(3), 20-43. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.11765.1155> [In Persian]
- Zhang, X., Huang, M., VanLoocke, A. & Zhang, Q. (2019). Modeling the effects of irrigation on land surface fluxes and crop productivity over the U.S. Midwest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 89-105. <http://doi.org/j.agrformet.2019.02.030>