Farmers' Perception of the Economic Value of Water and Its Impact on the Selection of Irrigation Methods: A Case Study of the Central District of Mahneshan County

Mehdi cheraghi[1]

1- Department of Geography, Faculty of Humanities, University of zanjan, Zanjan, Iran. mcheraghi@znu.ac.ir

Abstract

Water, as a vital resource for sustainable agriculture, plays a key role, especially in arid regions like the Central District of Mahneshan County. This descriptive-analytical correlational study investigated farmers' perception of the economic value of water and its impact on their selection of irrigation methods. The statistical population consisted of 1451 farmers from 14 selected villages (out of 56 villages) in 2025-2026. Using random cluster sampling and the Cochran formula, a sample of 306 individuals was selected. Data were collected via a questionnaire with confirmed content validity and reliability (Cronbach's alpha = 0.79) and analyzed using Pearson/Spearman correlation coefficients, multiple regression, and ANOVA. The findings revealed that 64.4% of farmers use traditional methods, 13.7% use modern methods, and 21.9% use combined methods. Modern methods demonstrated higher efficiency with lower water consumption (4200 m^3/hectare) and higher yield (3900 kg/hectare). Perception of the economic value of water (mean score of 4.10 for the importance of water) and education level (β=0.35) had a significant impact on the adoption of modern methods. However, financial (72.3%) and infrastructural (58.7%) constraints were major barriers to adoption. The overall conclusion indicates that enhancing awareness, education, and supportive policies can contribute to improved water management and agricultural sustainability. It is recommended to strengthen training, financial subsidies, and digital infrastructure development to promote drip irrigation and agricultural sustainability.

Keywords: Irrigation Methods, Sustainable Agriculture, Farmers' Perception, Digital Technology, Zanjan Province.

1-*Corresponding author

ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و تأثیر آن بر انتخاب روش‌های آبیاری، مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان ماه نشان

مهدی چراغی [۱] *

۱.گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. mcheraghi@znu.ac.ir

چکیده

آب به‌عنوان منبعی حیاتی در کشاورزی پایدار، به‌ویژه در مناطق خشک مانند بخش مرکزی شهرستان ماه‌نشان، نقش کلیدی دارد. این تحقیق توصیفی-تحلیلی با رویکرد همبستگی، ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و تأثیر آن بر انتخاب روش‌های آبیاری را بررسی کرد. جامعه آماری شامل ۱٤٥۱ کشاورز از ۱٤ روستای منتخب از میان ٥٦ روستا و در سال ۱٤۰٤ بود که با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی و فرمول کوکران، ۳۰٦ نفر انتخاب شدند. داده‌ها از طریق پرسشنامه با روایی محتوا و پایایی (آلفای کرونباخ ۰.۷۹) جمع‌آوری و با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون/اسپیرمن، رگرسیون چندگانه و تحلیل واریانس تجزیه‌وتحلیل شدند. یافته‌ها نشان داد ٦٤.٤٪ کشاورزان از روش‌های سنتی، ۱۳.۷٪ از روش‌های مدرن و ۲۱.۹٪ از روش‌های ترکیبی استفاده می‌کنند. روش‌های مدرن با مصرف آب کمتر (٤۲۰۰ مترمکعب/هکتار) و عملکرد بالاتر (۳۹۰۰ کیلوگرم/هکتار) کارایی بیشتری دارند. ادراک ارزش اقتصادی آب (میانگین ٤.۱۰ برای درک اهمیت آب) و تحصیلات (β=0.35) تأثیر معناداری بر پذیرش روش‌های مدرن دارند، اما موانع مالی (۷۲.۳٪) و زیرساختی (۵۸.۷٪) مانع پذیرش هستند. نتیجه‌گیری کلی نشان می‌دهد تقویت آگاهی، آموزش و سیاست‌های حمایتی می‌تواند به بهبود مدیریت آب و پایداری کشاورزی کمک کند. پیشنهاد می‌شود آموزش، یارانه مالی و توسعه زیرساخت دیجیتال برای ترویج آبیاری قطره‌ای و پایداری کشاورزی تقویت شود.

واژه‌های کلیدی: روش‌های آبیاری، کشاورزی پایدار، ادراک کشاورزان، فناوری دیجیتال، استان زنجان.

۱. مقدمه

آب به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین منابع در تولید کشاورزی و تأمین امنیت غذایی نقش کلیدی ایفا می‌کند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب یکی از موانع اصلی توسعه کشاورزی پایدار است که تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌کند (Nikolaou et al., 2021). به عنوان مثال، در منطقه شینجیانگ چین، محدودیت منابع آبی یکی از چالش‌های اساسی برای دستیابی به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود (Zhao et al., 2025). همچنین، در نپال، دسترسی به‌موقع به آب آبیاری یکی از دغدغه‌های اصلی کشاورزان است که بر تولید و بهره‌وری کشاورزی تأثیر می‌گذارد (Nepal et al., 2024). مدیریت ناکارآمد منابع آب می‌تواند به تشدید بحران‌های آبی منجر شود. برای نمونه، در برزیل، گسترش بی‌رویه مناطق تحت آبیاری ممکن است به کمبود آب در بیش از ۲٦ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی منجر شود (Multsch et al., 2020). علاوه بر این، کمبود اقتصادی آب، ناشی از محدودیت‌های نهادی و اقتصادی، حدود ۲٥ درصد از اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Rosa et al., 2020).

مدیریت پایدار منابع آب در کشاورزی نیازمند رویکردی چندجانبه است که نه‌تنها بهره‌وری آب را افزایش دهد، بلکه حفاظت از منابع آبی و محیط‌زیست را نیز تضمین کند. این امر مستلزم بهبود فناوری‌های آبیاری، مدیریت بهینه مصرف کود، ارزیابی دقیق تناسب اراضی و تقویت سیاست‌های حمایتی است (Hashemi et al., 2024; Nepal et al., 2024; Zhao et al., 2025). ارزش اقتصادی آب به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده در تصمیم‌گیری‌های کشاورزی در مناطق مختلف جغرافیایی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد. در مناطق کم‌آب مانند ایران و عربستان سعودی، ارزش بالای اقتصادی آب تأثیر قابل‌توجهی بر انتخاب روش‌های

کشاورزی و آبیاری دارد. در ایران، فشار بر منابع آب زیرزمینی به دلیل کمبود آب منجر به تنش‌های آبی شدید شده است (Hatami et al., 2025). در عربستان سعودی نیز، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا (IoT) برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی امری حیاتی است (Baljon, 2023).

استفاده از منابع آب غیرمتعارف، مانند پساب تصفیه‌شده، در برخی مناطق به دلیل ارزش بالای اقتصادی آب رواج یافته است، اما این روش ممکن است اثرات منفی بر کیفیت خاک و محصولات کشاورزی داشته باشد (Salem et al., 2020). در مقابل، در مناطقی مانند اسرائیل، شیرین‌سازی آب دریا و استفاده از پساب برای آبیاری از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه بوده و نشان‌دهنده ارزش بالای آب در این مناطق است (Slater et al., 2020). ارزش اقتصادی آب همچنین بر انتخاب الگوهای کشت و فناوری‌های آبیاری تأثیر می‌گذارد. در چین، بهبود فناوری‌های آبیاری به افزایش بهره‌وری آب منجر شده است، اما اثر بازگشتی آب نشان می‌دهد که این بهبودها به‌تنهایی برای حفاظت از منابع آب کافی نیستند و باید شرایط جغرافیایی هر منطقه در نظر گرفته شود (Fang et al., 2020).

روش‌های آبیاری، چه سنتی و چه مدرن، تأثیرات متفاوتی بر عملکرد محصول، بهره‌وری آب و پایداری کشاورزی دارند. روش‌های سنتی مانند آبیاری کرتی و جویچه‌ای، اگرچه هزینه اولیه کمی دارند، اما معمولاً از راندمان پایینی برخوردارند. در مقابل، روش‌های مدرن مانند آبیاری قطره‌ای و بارانی می‌توانند بهره‌وری آب را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهند. برای مثال، آبیاری قطره‌ای می‌تواند مصرف آب را تا ۵۰ درصد کاهش دهد، درحالی‌که عملکرد محصول را حفظ یا حتی بهبود می‌بخشد (Kassaye et al., 2020). در مناطق خشک، آبیاری قطره‌ای به دلیل بهره‌وری بالا در مصرف آب، انرژی و غذا عملکرد بهتری دارد (Taguta et al., 2022). با این حال، استفاده از روش‌های ترکیبی مانند ترکیب مالچ با آبیاری قطره‌ای می‌تواند نتایج بهتری به همراه داشته باشد (Hashemi et al., 2024). انتخاب روش آبیاری مناسب به عوامل متعددی از جمله شرایط اقلیمی، نوع محصول، منابع آب در دسترس و ملاحظات اقتصادی بستگی دارد. ترکیب روش‌های مدرن آبیاری با مدیریت بهینه مزرعه می‌تواند پایداری تولید در مناطق کشاورزی فشرده را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشد (Hashemi et al., 2024).

ادراک و نگرش کشاورزان نسبت به ارزش اقتصادی آب نقش مهمی در انتخاب روش‌های آبیاری ایفا می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که کشاورزانی با آگاهی بیشتر از اهمیت مدیریت پایدار منابع آب، تمایل بیشتری به استفاده از روش‌های آبیاری کارآمد و فناوری‌های پیشرفته دارند (Sujianto et al., 2022; Wann et al., 2024). برای مثال، کشاورزانی که تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب را بهتر درک می‌کنند، بیشتر به سمت روش‌های آبیاری تحت فشار و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری گرایش دارند (Nikolaou et al., 2020). عوامل مختلفی مانند جنسیت، دسترسی به فناوری‌های دیجیتال و سطح آموزش بر درک کشاورزان از ارزش آب تأثیر می‌گذارند. استفاده از فناوری‌های دیجیتال با جستجوی فعال اطلاعات در مورد شیوه‌های نوین کشاورزی ارتباط مثبت دارد (Wann et al., 2024). همچنین، کشاورزانی با آگاهی اکولوژیکی بالاتر تمایل بیشتری به مشارکت در مدیریت پایدار منابع آب نشان می‌دهند (Sun et al., 2024). در نهایت، تقویت آگاهی و دانش کشاورزان از طریق آموزش و ترویج فناوری‌های نوین می‌تواند به بهبود شیوه‌های آبیاری و دستیابی به کشاورزی پایدار کمک کند (Kumar et al., 2023; Nyam et al., 2020). شهرستان ماه‌نشان، به‌عنوان منطقه‌ای نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۲ میلی‌متر و قطب تولید زردآلو در استان زنجان، با چالش‌های جدی در مدیریت منابع آب مواجه است. وابستگی گسترده به روش‌های سنتی آبیاری، که با راندمان پایین و مصرف بالای آب همراه هستند، در کنار محدودیت منابع آبی، تهدیدی برای پایداری کشاورزی و تولید محصولات کلیدی منطقه محسوب می‌شود. این وضعیت ضرورت اصلاح شیوه‌های آبیاری و ترویج روش‌های مدرن و کارآمد مانند آبیاری قطره‌ای و بارانی را برجسته می‌کند تا

ضمن کاهش مصرف آب، بهره‌وری کشاورزی و پایداری زیست‌محیطی در این منطقه بهبود یابد. در همین راستا تحقیق حاضر جهت پاسخ گویی به سوالات زیر تدوین می شود:

۱. ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب چگونه بر انتخاب روش‌های آبیاری تأثیر می‌گذارد؟
۲. چه عواملی (مانند آموزش، فناوری، یا شرایط اقتصادی) بر درک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب اثر دارند؟
۳. چگونه روش‌های آبیاری مدرن (مانند آبیاری قطره‌ای) در مقایسه با روش‌های سنتی بر بهره‌وری آب و پایداری کشاورزی تأثیر می‌گذارند؟
٤. چه موانعی (اقتصادی، اجتماعی یا زیرساختی) بر پذیرش روش‌های آبیاری کارآمد توسط کشاورزان اثر می‌گذارند؟
٥. چگونه سیاست‌های حمایتی و آموزش می‌توانند درک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب را تقویت کرده و به پذیرش روش‌های آبیاری پایدار منجر شوند؟

مطالعات متعددی رابطه بین درک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و پذیرش روش‌های آبیاری کارآمد را بررسی کرده‌اند. در ایران، پژوهشی نشان داد که ارزش‌های حفاظت از آب (خودخواهانه، نوع‌دوستانه و زیست‌محیطی) تأثیر قابل‌توجهی بر رفتارهای مشارکتی کشاورزان در حفاظت از آب دارد. هنجارهای شخصی و احساس مسئولیت نیز در پیش‌بینی این رفتارها نقش مهمی ایفا می‌کنند (Valizadeh et al., 2020). در چین، مطالعه‌ای نشان داد که رضایت کشاورزان از امکانات آبیاری در مقایسه با سایر جنبه‌های تولید پایین‌تر است، که می‌تواند بر پذیرش روش‌های جدید آبیاری تأثیر بگذارد (Wan et al., 2020). در پاکستان، استراتژی‌های صرفه‌جویی در آب تا ۵۰ درصد مصرف آب را کاهش داده‌اند، اما اثرات اقتصادی این استراتژی‌ها نیازمند بررسی بیشتر است (Muzammil et al., 2020).

در تانزانیا، استفاده از روش آبیاری متناوب خشک و مرطوب (AWD) در مقایسه با غرقاب دائم، بهره‌وری آب را ۸.۳ درصد افزایش داده و تا ۳٤.۳ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرده است (Mboyerwa et al., 2021). این یافته نشان‌دهنده تمایل بیشتر کشاورزان به پذیرش روش‌های کارآمد با درک ارزش اقتصادی آب است. در چین، تجارت حقوق آب کشاورزی به بهبود کارایی مصرف آب کمک کرده، اما نیازمند جبران خسارت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی است (Lv et al., 2021). سیاست‌های صرفه‌جویی در آب در استان جیانگسو چین، ضریب بهره‌وری آب را از ۰.۵۹ در سال ۲۰۱٤ به ۰.٦۱٤ در سال ۲۰۱۹ افزایش داده است (Yang et al., 2022). در هند، یارانه برای آبیاری قطره‌ای سود مزرعه را افزایش داده و انتقال آب زیرزمینی به قطعات مجاور را تسهیل کرده، اما تأثیری بر پمپاژ آب زیرزمینی نداشته است (Fishman et al., 2023).

در مالی، سیستم‌های آبیاری خورشیدی بیش از ٤۰ درصد به درآمد خانوارهای کشاورزی در فصل خشک افزوده‌اند (Birhanu et al., 2023). در آفریقای جنوبی، عدم دسترسی به سیستم‌های آبیاری کارآمد و زیرساخت‌های ذخیره آب از موانع اصلی بهبود بهره‌وری آب در میان کشاورزان خرده‌مالک است (Morepje et al., 2024). مطالعه‌ای در تامیل نادو هند نشان داد که روش آبیاری متناوب خشک و مرطوب (AWDI) مصرف آب را ٤۹ درصد کاهش داده و عملکرد برنج را افزایش داده است (S.k et al., 2025). در شینجیانگ چین، تحلیل ردپای آب نشان داد که درک اثرات اقتصادی و کارایی مصرف آب، عوامل کلیدی در تغییر الگوهای مصرف آب هستند (Zhang et al., 2025). در اتیوپی، دسترسی به خدمات ترویجی و اندازه زمین بر پذیرش روش‌های نوین کشاورزی تأثیرگذار بوده است (Gashu et al., 2025).

مطالعه‌ای در ایران نشان داد که نگرش و هنجارهای ذهنی کشاورزان بر پذیرش روش‌های پایدار مانند ورمی‌کمپوست تأثیر دارد (Rastegari et al., 2023). در چین، فناوری‌های صرفه‌جویی در آب مانند بازیافت آب و آبیاری بارانی کارایی مصرف آب را

بهبود بخشیده‌اند (Yasmeen et al., 2023). مطالعه‌ای در آفریقای جنوبی نشان داد که عوامل اجتماعی–اقتصادی مانند تحصیلات و اندازه مزرعه بر پذیرش سیستم‌های مدیریت آب تأثیر دارند (Morepje et al., 2024). در اتیوپی، دسترسی به اعتبارات خرد پذیرش فناوری‌های کشاورزی را تسهیل کرده است (Waje, 2024 & Shano). استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا نیز تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرده است (Padhiary et al., 2025). با این حال، چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه، پذیرش اجتماعی و ملاحظات سیاستی موانع اصلی گسترش این فناوری‌ها هستند (Boopathi, 2024; Kamakaula, 2024). متا–تحلیل انجام‌شده توسط Boufous et al. (2023) نشان داد که عوامل اجتماعی–اقتصادی مانند تحصیلات، دسترسی به اطلاعات، و هنجارهای اجتماعی تأثیر قابل‌توجهی بر تمایل کشاورزان به پذیرش شیوه‌های کشاورزی پایدار دارند.

تحقیقات پیشین در حوزه مدیریت پایدار منابع آب در کشاورزی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، بر جنبه‌های فنی و اقتصادی تمرکز داشته‌اند، اما نوآوری تحقیق حاضر در ترکیب ادراک کشاورزان با عوامل محلی و فناوری‌های دیجیتال برجسته است. برای مثال، مطالعه (Valizadeh et al,2020) بر ارزش‌های حفاظتی آب (خودخواهانه، نوع‌دوستانه و زیست‌محیطی) و تأثیر آن بر رفتارهای مشارکتی تأکید کرد، اما بدون تمرکز بر تحلیل حساسیت و مسیر در سطح محلی.

۲. روش شناسی تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی است، زیرا هدف آن ارائه راهکارهایی برای بهبود مدیریت منابع آب و انتخاب روش‌های آبیاری پایدار در بخش مرکزی شهرستان ماه‌نشان است، که می‌تواند در عمل برای سیاست‌گذاری و بهبود شیوه‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. تحقیق حاضر توصیفی–تحلیلی با رویکرد همبستگی است. این مطالعه به توصیف ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و بررسی رابطه آن با انتخاب روش‌های آبیاری می‌پردازد و از تحلیل‌های آماری برای شناسایی عوامل مؤثر و موانع پذیرش روش‌های آبیاری کارآمد استفاده می‌کند. جامعه آماری این تحقیق شامل ۱٤۵۱ کشاورز از ۱٤ روستای بخش مرکزی شهرستان ماه‌نشان است که به‌صورت تصادفی خوشه‌ای از میان ٥٦ روستا انتخاب شده‌اند. این کشاورزان از انواع مختلف روش‌های آبیاری (سنتی و مدرن) استفاده می‌کنند. روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی به کار گرفته شده است. در این روش، ابتدا ٥٦ روستای بخش مرکزی به‌عنوان خوشه‌ها در نظر گرفته شدند و سپس ۱٤ روستا به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. در مرحله بعد، از کشاورزان این روستاها به‌صورت تصادفی ساده نمونه‌گیری انجام می‌شود. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران محاسبه شده است. با فرض سطح اطمینان ۹۵٪ (z=1.96)، خطای نمونه‌گیری ۵٪ (d=0.05)، و نسبت موفقیت و شکست ۵۰٪ (p=q=0.5)، بنابراین، حجم نمونه ۳۰٦ نفر خواهد بود. در جدول یک متغیرها و تعریف عملیاتی آنها انجام شده است.

Table 1: Research Variables and Indicators

Variable	Variable Type	Measurement Indicators	Source
Farmers' Perception of the Economic Value of Water	Independent	Understanding the importance of water in agricultural production, awareness of the economic costs of water scarcity, recognition of water's value compared to other inputs, willingness to invest in water-saving technologies, perception of environmental impacts of water consumption, understanding water's value in long-term farm sustainability, understanding risks associated with water scarcity (such as declining groundwater levels), awareness of water pricing policies (impact of local/national policies), perception of water's value compared to other natural resources (such as land or labor)	Valizadeh et al., 2020; Wann et al., 2024; Sun et al., 2024; Hatami et al., 2025; Rosa et al., 2020
Factors Affecting the	Independent	Farmers' education level, access to educational and extension programs, access to digital technologies,	Wann et al., 2024; Kumar et al., 2023;

Perception of Economic Value of Water		household income, influence of social norms and peers, access to advisory services, influence of local culture and traditional beliefs (impact of regional beliefs), access to climate information (awareness of climate change), personal experience with water crises (such as drought experiences)	Gashu et al., 2025; Valizadeh et al., 2020; Maharjan et al., 2024; Nikolaou et al., 2020
Irrigation Methods (Modern vs. Traditional)	Dependent	Type of irrigation method (traditional: border, furrow; modern: drip, sprinkler), water consumption per hectare, crop yield per hectare, irrigation costs, environmental sustainability of the method (such as reduced soil erosion), ease of implementation and maintenance of the method, flexibility of the irrigation method against climate changes (adaptation to drought or irregular rainfall), impact of irrigation methods on product quality (such as taste or shelf life), degree of energy dependence (energy needs of modern methods)	Kassaye et al., 2020; Hashemi et al., 2024; S.k et al., 2025; Taguta et al., 2022; Nikolaou et al., 2021
Barriers to Adopting Efficient Irrigation Methods	Independent	Initial investment costs, access to infrastructure (such as irrigation systems), awareness and social acceptance, policy support and subsidies, farmers' technical knowledge, access to irrigation technology markets, cultural resistance to new technologies (preference for traditional methods), uncertainty about new technologies (concerns about reliability), impact of farm size (economic feasibility in small farms)	Morepje et al., 2024; Boopathi, 2024; Fishman et al., 2023; Kamakaula, 2024; Sujianto et al., 2022

برای اطمینان از روایی پرسشنامه، از روش روایی محتوا استفاده می‌شود. پرسشنامه توسط پانلی از متخصصان (شامل کارشناسان کشاورزی، مدیریت منابع آب، و روش‌شناسی تحقیق) بررسی و تأیید می‌شود تا اطمینان حاصل شود که شاخص‌ها به‌طور دقیق متغیرها را پوشش می‌دهند. همچنین، روایی صوری از طریق بازخورد کشاورزان در مرحله پیش‌آزمون بررسی شد. پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه می‌شود. در مرحله پیش‌آزمون، پرسشنامه روی نمونه‌ای کوچک (۳۰ نفر) از کشاورزان آزمایش شده است که مقدار آلفای کرونباخ برابر با ۰/۷۹ بدست امده است. برای توصیف ویژگی‌های جامعه آماری (مانند میانگین، انحراف معیار، و توزیع روش‌های آبیاری) از جداول و نمودارها استفاده شده است و برای بررسی رابطه بین ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و انتخاب روش‌های آبیاری، از ضریب همبستگی پیرسون یا اسپیرمن (بسته به نرمال بودن داده‌ها) استفاده می‌شود، همچنین برای تحلیل تأثیر عوامل مختلف (آموزش، فناوری، شرایط اقتصادی) بر ادراک ارزش اقتصادی آب و پذیرش روش‌های آبیاری، مدل‌های رگرسیون چندگانه و تحلیل حساسیت به کار می‌روند، جهتمقایسه عملکرد روش‌های آبیاری مدرن و سنتی از نظر مصرف آب و عملکرد محصول استفاده می‌شود. جهت مقایسه عملکرد روش‌های آبیاری مدرن و سنتی از نظر مصرف آب و عملکرد محصول استفاده می‌شود. رگرسیون چندگانه برای مدل‌سازی تأثیر همزمان متغیرها انتخاب شد، زیرا اجازه بررسی روابط پیچیده را می‌دهد و فرض خطی بودن و استقلال مشاهدات را دارد. فرمول استاندارد $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_p X_p + \varepsilon$: که Y وابسته، βضرایب) مانند=β ۰.۶۲ برای ادراک(، و ε خطا است. علت استفاده: برآورد دقیق تأثیر چندجانبه، با روش حداقل مربعات (OLS) برای حداقل‌سازی خطاها. در SPSS پیاده‌سازی شد: داده‌ها نرمال‌سازی، مدل فیت، و آزمون‌های F/tبرای معناداری>p) ۰.۰۱ در جدول ٦) بررسی گردیدند. تحلیل حساسیت (جدول ۱۱) تغییرات β را نشان داد، مانند ۱۵٪ افزایش پذیرش با بهبود ادراک. این روش با مطالعات علمی همخوانی دارد، جایی که رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی روابط در داده‌های اجتماعی–اقتصادی رایج است.

ضریب پیرسون برای داده‌های پیوسته و نرمال مناسب است، زیرا روابط خطی را اندازه‌گیری می‌کند. فرمول - $r = \Sigma((X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)) / \sqrt{(\Sigma(X_i - \mu_X)^2 * \Sigma(Y_i - \mu_Y)^2)}$، با مقادیری از −۱ تا +۱. علت استفاده: حساس به روابط خطی، مانند بین ادراک و عملکرد محصول، با فرض نرمالیتی (آزمون کلموگروف–اسمیرنوف). اسپیرمن ناپارامتریک است، برای داده‌های رتبه‌ای یا غیرنرمال ($rs = 1 - (6 \Sigma d_i^2) / (n(n^2 - 1))$، بر اساس تفاوت رتبه‌ها .(d_i) تفاوت: اسپیرمن مقاوم به outliersو غیرخطی، اما قدرت کمتری برای روابط خطی دارد. برای بررسی روابط مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای تحصیلات و دسترسی دیجیتال بر پذیرش روش‌های آبیاری مدرن با نقش میانجی ادراک ارزش آب، از تحلیل مسیر استفاده شد. مدل شامل سه مسیر بود: اثر مستقیم تحصیلات، اثر مستقیم دسترسی دیجیتال، و اثر غیرمستقیم از طریق ادراک. برازش مدل با نرم‌افزار AMOS 24انجام شد. شاخص‌های برازش $\chi^2/df < 3$؛ $CFI > 0.95$، $TLI > 0.95$، $RMSEA < 0.08$، $SRMR < 0.08$. آزمون بوت‌استرپ (۵۰۰۰ نمونه) برای معناداری اثرات غیرمستقیم به‌کار رفت. ضرایب استانداردشده (β) گزارش شدند. نتایج برازش مطلوب بود.

یافته های تحقیق

جدول ۲ توزیع روش‌های آبیاری مورد استفاده توسط ۳۰۶ کشاورز در بخش مرکزی شهرستان ماه‌نشان را نشان می‌دهد. اکثریت کشاورزان (٦٤/٤٪) از روش‌های سنتی مانند کرتی و جویچه‌ای استفاده می‌کنند، در حالی که ۱۳/۷٪ روش‌های مدرن (قطره‌ای و بارانی) و ۲۱/۹٪ روش‌های ترکیبی را به کار می‌برند. این توزیع نشان‌دهنده تسلط روش‌های سنتی در منطقه است که ممکن است به دلیل هزینه‌های پایین‌تر یا عادت‌های فرهنگی باشد.

Table 2: Distribution of Irrigation Methods

Irrigation Method	Number (People)	Percentage (%)
Traditional (Border, Furrow)	197	64.4
Modern (Drip, Sprinkler)	42	13.7
Combined	67	21.9

جدول ۳ میانگین و انحراف معیار شاخص‌های ادراک ارزش اقتصادی آب را در مقیاس ۱ تا ۵ نشان می‌دهد. میانگین بالای شاخص‌هایی مانند درک اهمیت آب (٤/۱۰) و آگاهی از هزینه‌های کمبود آب (۳/۸۰) حاکی از آگاهی نسبی کشاورزان است، اما تمایل به سرمایه‌گذاری (۳/۲۰) پایین‌تر است که می‌تواند به دلیل محدودیت‌های مالی یا عدم دسترسی به فناوری‌های مدرن باشد.

Table 3: Mean and Standard Deviation of Farmers' Perception of the Economic Value of Water

Indicator	Mean	Standard Deviation
Understanding the importance of water in production	4.10	0.85
Awareness of the economic costs of water scarcity	3.80	0.92
Willingness to invest in water-saving technologies	3.20	1.05
Perception of environmental impacts of water consumption	3.50	0.90
Understanding the value of water in long-term farm sustainability	3.75	0.88
Understanding risks associated with water scarcity (such as declining groundwater levels)	3.90	0.83
Awareness of water pricing policies (impact of local/national policies)	3.10	1.12
Perception of water's value compared to other natural resources (such as land or labor)	3.65	0.95
Recognition of water's value compared to other inputs	3.85	0.87

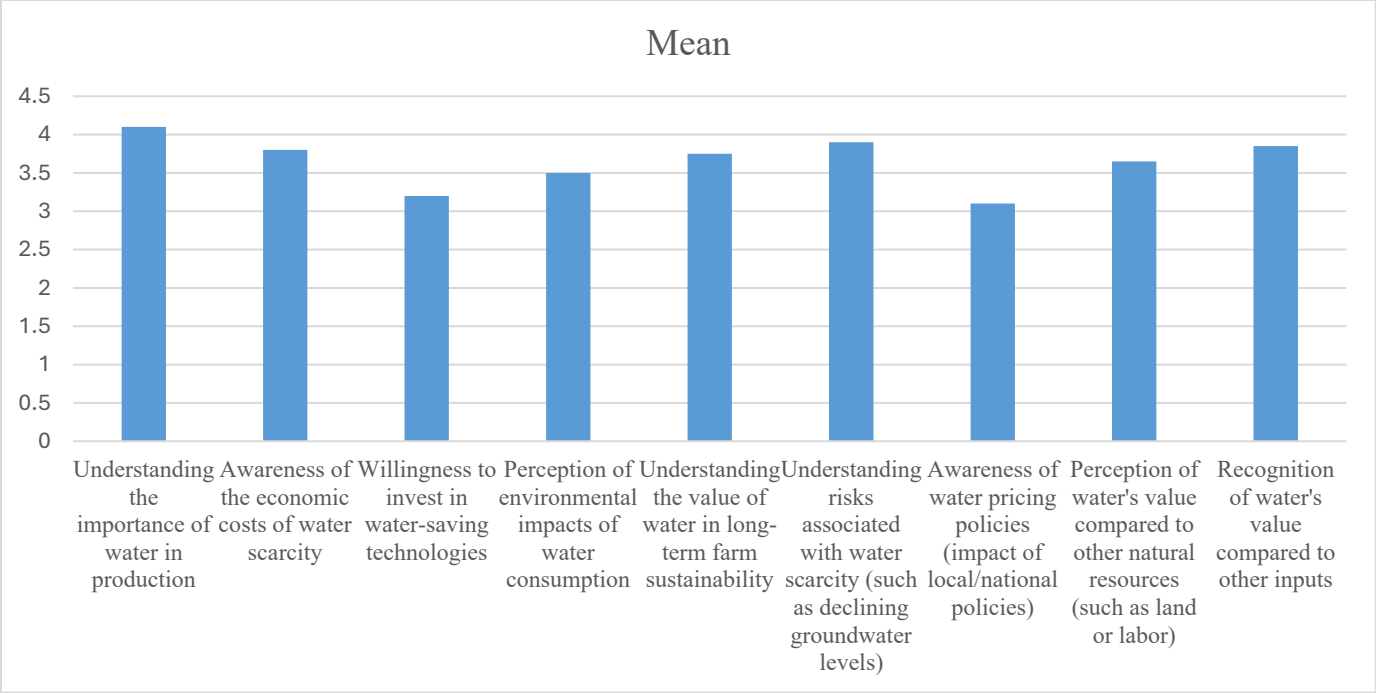

Figure 1: Average Perception of the Economic Value of Water

جدول ٤ توزیع سطح تحصیلات کشاورزان را نشان می‌دهد. اکثریت (٣٧.٦٪) دارای تحصیلات متوسطه هستند، در حالی که ١٦.٣٪ بی‌سواد و ١٥.٠٪ دارای تحصیلات دانشگاهی هستند. این توزیع می‌تواند بر ادراک ارزش اقتصادی آب و پذیرش فناوری‌های مدرن تأثیر بگذارد، زیرا تحصیلات بالاتر معمولاً با آگاهی و پذیرش فناوری مرتبط است.

Table 4: Distribution of Education Levels

Education Level	Number (People)	Percentage (%)
Illiterate	50	16.3
Elementary	95	31
Secondary	115	36.7
University	46	15

فناوری‌های دیجیتال به ابزارها و تکنولوژی‌هایی اشاره دارد که کشاورزان می‌توانند از آن‌ها برای دسترسی به اطلاعات، مدیریت منابع، یا بهبود شیوه‌های کشاورزی استفاده کنند، جدول ٥ نشان می‌دهد که تنها ٢٩.٤٪ از کشاورزان به فناوری‌های دیجیتال دسترسی دارند، در حالی که ٧٠.٦٪ فاقد این دسترسی هستند. این محدودیت می‌تواند مانع از کسب اطلاعات به‌روز در مورد روش‌های آبیاری مدرن و کاهش تمایل به پذیرش فناوری‌های پیشرفته شود.

Table 5: Access to Digital Technology

Access to Digital Technology	Number (People)	Percentage (%)
Has	90	29.4
Does not have	216	70.6

جدول ٦ مقایسه مصرف آب و عملکرد محصول بین روش‌های آبیاری را نشان می‌دهد. روش‌های مدرن با مصرف آب کمتر (٤٢٠٠ مترمکعب/هکتار) و عملکرد بالاتر (٣٩٠٠ کیلوگرم/هکتار) نسبت به روش‌های سنتی و ترکیبی برتری دارند، که نشان‌دهنده کارایی بالاتر این روش‌ها در مدیریت منابع آب و افزایش بهره‌وری است.

Table 6: Comparison of Water Consumption and Crop Yield

Irrigation Method	**Water Consumption (m^3/hectare)**	**Crop Yield (kg/hectare)**

Traditional	8800	3100
Modern	4200	3900
Combined	6500	3500

یافته‌های تحقیق نشان داد پذیرش روش‌های آبیاری مدرن در منطقه با موانع متعدد و چندلایه‌ای مواجه است که از منظر آماری و اجتماعی قابل تحلیل هستند. بر اساس جدول ۱۲، هزینه اولیه بالا با میانگین ٤.٣٢ (از ٥) و انحراف معیار ۰.۸۱، قوی‌ترین مانع شناسایی شد. این امر ناشی از ماهیت خرده‌مالکی کشاورزی منطقه است که در آن اکثر کشاورزان (بیش از ٪۸۰) دارای زمین‌های زیر ۵ هکتار هستند و توان مالی خرید تجهیزات قطره‌ای یا بارانی را ندارند.

Table 7: Descriptive Findings of Barriers to Adopting Modern Irrigation Methods

Row	Barriers to Adopting Modern Irrigation Methods	Mean (out of 5)	Standard Deviation	Rank
1	High initial cost	4.32	0.81	1
2	Lack of infrastructure (water, electricity, network)	4.05	0.93	2
3	Cultural resistance and habit to traditional methods	3.68	1.02	3
4	Lack of technical knowledge and education	3.41	1.11	4

جدول ۸ نتایج مدل رگرسیون چندسطحی را نشان می‌دهد که تأثیر ادراک ارزش اقتصادی آب، سطح تحصیلات، و دسترسی به فناوری دیجیتال بر انتخاب روش‌های آبیاری را بررسی می‌کند. ضرایب مثبت و معنادار ($p<0.01$) نشان‌دهنده تأثیر قوی این متغیرها بر پذیرش روش‌های مدرن است، در حالی که واریانس بین‌روستایی (۰.۱۵) تفاوت‌های منطقه‌ای را تأیید می‌کند.

Table 8: Multilevel Regression Model (The Impact of Perceived Water Value on the Selection of Irrigation Methods)

Independent Variable	**β**	**SE**	**z-value**	**p-value**	**95% Confidence Interval**
Perceived Water Value	0.62	0.12	5.17	<0.001	[0.38, 0.86]
Education Level	0.35	0.10	3.50	0.001	[0.15, 0.55]
Digital Technology	0.28	0.09	3.11	0.002	[0.10, 0.46]
Between-Village Variance	0.15	0.05	-	-	[0.05, 0.25]

جدول ۹ نتایج تحلیل مسیر را نشان می‌دهد که روابط مستقیم و غیرمستقیم بین تحصیلات، فناوری دیجیتال، ادراک ارزش آب، و پذیرش روش‌های مدرن را بررسی می‌کند. اثر غیرمستقیم تحصیلات از طریق ادراک ارزش آب ($\beta=0.22$) نشان‌دهنده نقش میانجی ادراک در پذیرش فناوری‌های مدرن است.

Table 9: Path Analysis (The Impact of Factors on Perception and Acceptance of Modern Methods)

Path	Path Coefficient (β)	SE	p-value	95% Confidence Interval
Education → Perceived Water Value	0.40	0.08	<0.001	[0.24, 0.56]
Digital Technology → Perceived Water Value	0.32	0.07	0.001	[0.18, 0.46]
Perceived Water Value → Acceptance of Modern Methods	0.55	0.10	<0.001	[0.35, 0.75]
Indirect Effect (Education → Perception → Acceptance)	0.22	0.06	0.002	[0.10, 0.34]

جدول ۱۰ نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) را برای مقایسه مصرف آب بین روش‌های سنتی، مدرن، و ترکیبی نشان می‌دهد. مقدار F بالا (٤٥.٣٢) و p-value کمتر از ۰.۰۰۱ تأیید می‌کند که تفاوت‌های معناداری بین گروه‌ها وجود دارد، با اندازه اثر متوسط ($\eta^2=0.23$).

Table 10: One-way Analysis of Variance (Comparison of Water Consumption)

Variable	F-value	df	p-value	η^2 (Effect Size)

Water Consumption (m³/hectare)	45.32	2/303	<0.001	0.23

جدول ۱۱ نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه عملکرد محصول را نشان می‌دهد. تفاوت معنادار بین روش‌های آبیاری ($p<0.001$) و اندازه اثر متوسط ($\eta^2=0.16$) نشان می‌دهد که روش‌های مدرن عملکرد محصول را به‌طور قابل‌توجهی بهبود می‌بخشند.

Table 11: One-way Analysis of Variance (Comparison of Crop Yield)

Variable	F-value	df	p-value	η² (Effect Size)
Crop Yield (kg/hectare)	28.15	2/303	<0.001	0.16

جدول ۱۲ موانع اصلی پذیرش روش‌های آبیاری مدرن را نشان می‌دهد. هزینه‌های اولیه بالا (۷۲.۳٪) و کمبود زیرساخت (۵۸.۷٪) به‌عنوان مهم‌ترین موانع شناسایی شده‌اند که نشان‌دهنده نیاز به حمایت‌های مالی و زیرساختی برای ترویج روش‌های مدرن است.

Table 12: Barriers to Adoption of Modern Methods

Barrier	Percentage (%)	Rank
High Initial Costs	72.3	1
Lack of Infrastructure	58.7	2
Cultural Resistance	45.1	2
Lack of Technical Knowledge	38.2	4

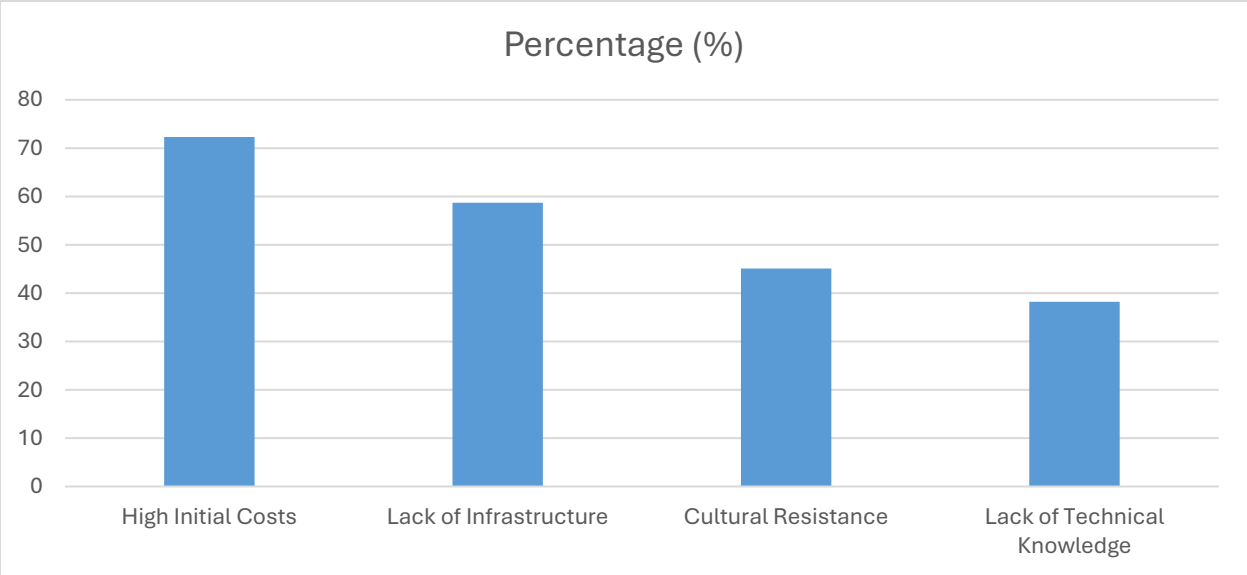

Figure 2: Chart of Barriers to Adoption of Modern Methods

تحلیل حساسیت انجام‌شده (جدول ۱۳) نشان می‌دهد که ادراک ارزش اقتصادی آب با ضریب پایه $\beta= 0/62$، حساس‌ترین متغیر در انتخاب روش‌های آبیاری مدرن در بخش مرکزی شهرستان ماه‌نشان است. افزایش یک انحراف معیار (۰/۸۵) در ادراک ارزش آب، احتمال انتخاب روش‌های مدرن را تا ۱۵٪ افزایش می‌دهد، در حالی که کاهش آن ۱۲٪ کاهش می‌یابد. سطح تحصیلات ($\beta=0/35$)و دسترسی به فناوری دیجیتال ($\beta=0/28$) نیز به ترتیب با تغییرات ۸–۱۰٪ و ۶–۸٪ در احتمال انتخاب روش مدرن، تأثیر قابل‌توجهی دارند. اثر غیرمستقیم تحصیلات از طریق ادراک ارزش آب ($\beta=0/22$) تغییرات کمتری (۴–۵٪) ایجاد می‌کند. این نتایج تأیید می‌کنند که ادراک ارزش آب، به‌ویژه در ترکیب با تحصیلات و فناوری دیجیتال، عامل کلیدی در ترویج روش‌های آبیاری پایدار است، اما موانع مالی و زیرساختی (جدول ۱۳) همچنان نیازمند سیاست‌های حمایتی هستند.

Table 13: Sensitivity Analysis of the Impact of Independent Variables on the Selection of Modern Irrigation Methods

Independent Variable	Base Value (β)	Change	Changed Value (β)	Change in Probability of Selecting Modern Method (%)	95% Confidence Interval
Perceived Economic Value of Water	0.62	+1 SD (+0.85)	0.74	+15%	[0.50, 0.98]
Perceived Economic Value of Water	0.62	-1 SD (-0.85)	0.50	-12%	[0.26, 0.74]
Education Level	0.35	+10% (+0.035)	0.385	+10%	[0.18, 0.59]
Education Level	0.35	-10% (-0.035)	0.315	-8%	[0.12, 0.51]
Access to Digital Technology	0.28	+10% (+0.028)	0.308	+8%	[0.13, 0.49]
Access to Digital Technology	0.28	-10% (-0.028)	0.252	-6%	[0.08, 0.42]

نتایج و بحث

برای پاسخ به سوال اول تحقیق، یافته‌های تحقیق نشان داد میانگین ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب ٤.١٠ از ٥ است که بالاترین امتیاز مربوط به «درک اهمیت آب» و پایین‌ترین مربوط به «تمایل به سرمایه‌گذاری» است (جدول ٢). تحلیل حساسیت (جدول ١١) نشان داد افزایش یک انحراف معیار در این ادراک (٠.٨٥)، احتمال پذیرش روش‌های آبیاری مدرن را تا ١٥٪ افزایش می‌دهد (ضریب پایه $\beta=0/62$). مدل رگرسیون چندسطحی (جدول ٦) نیز تأیید کرد ادراک ارزش آب تأثیر مستقیم، مثبت و معناداری بر انتخاب روش‌های مدرن دارد ($p<0.001$). این رابطه قوی نشان می‌دهد کشاورزانی که آب را به‌عنوان منبعی باارزش اقتصادی درک می‌کنند، به‌دلیل آگاهی از هزینه‌های پنهان کمبود و اثرات زیست‌محیطی، تمایل بیشتری به تغییر روش‌های سنتی به سمت فناوری‌های کارآمد مانند قطره‌ای دارند.

برای پاسخ به سوال دوم تحقیق، نتایج نشان داد سطح تحصیلات و دسترسی به فناوری دیجیتال مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ادراک ارزش اقتصادی آب هستند. تحلیل رگرسیون چندسطحی (جدول ٦) نشان داد تحصیلات با ضریب $\beta=0/35$ و $p<0.001$ و دسترسی دیجیتال با $\beta=0/28$ و $p=0.002$، تأثیر مثبت و معناداری دارند. تحلیل مسیر (جدول ٧) تأیید کرد تحصیلات اثر غیرمستقیم از طریق ادراک ارزش آب دارد ($=\beta$٠.٢٢)، یعنی آموزش رسمی درک اقتصادی از آب را تقویت می‌کند. همچنین، 70٪ کشاورزان فاقد دسترسی به فناوری دیجیتال هستند (جدول ٤) که مانع از دریافت اطلاعات به‌روز و آگاهی از روش‌های بهینه می‌شود. این محدودیت، ادراک ارزش آب را کاهش می‌دهد. توزیع تحصیلات (جدول ٣) نشان داد تنها ١٥٪ دارای تحصیلات دانشگاهی هستند که با ادراک بالاتر همبستگی دارد. این یافته‌ها با Wann et al. (٢٠٢٤) هم‌راستا است که سواد اطلاعاتی را عامل کلیدی تصمیم‌گیری کشاورزان دانستند. بنابراین، سیاست‌های آموزشی و توسعه زیرساخت دیجیتال می‌توانند به‌طور مؤثری ادراک ارزش آب را ارتقا دهند.

برای پاسخ به سوال سوم تحقیق، مقایسه روش‌های آبیاری نشان داد روش‌های مدرن (قطره‌ای و بارانی) به‌طور چشمگیری کارآمدتر از روش‌های سنتی هستند. بر اساس جدول ٥، روش‌های مدرن ٤٢٠٠ مترمکعب آب در هکتار مصرف می‌کنند (٥٢.٣٪ کمتر از سنتی با ٨٨٠٠ مترمکعب) و عملکرد محصول ٣٩٠٠ کیلوگرم در هکتار دارند (٢٥.٨٪ بیشتر از سنتی با ٣١٠٠ کیلوگرم). تحلیل واریانس یک‌طرفه (جدول ٨) تأیید کرد تفاوت مصرف آب معنادار است ($=F$٤٥.٣٢، $p<0.001$، $=\eta^2$٠.٢٣) و (جدول ٩) تفاوت

عملکرد محصول نیز معنادار است ($F=۳۲.۱۸$، $p<0.001$، $\eta^2=۰.۱۶$). این نتایج نشان می‌دهد روش‌های مدرن با کاهش شدید مصرف آب و افزایش قابل‌توجه عملکرد، بهره‌وری آب را بیش از دو برابر می‌کنند. این کارایی، فشار بر منابع زیرزمینی را کاهش داده و پایداری کشاورزی را در منطقه نیمه‌خشک ماه‌نشان تقویت می‌کند. یافته‌ها با Kassaye et al. (۲۰۲۰) و S.k et al. (۲۰۲۵) هم‌راستا است که آبیاری قطره‌ای و متناوب را تا ٪۵۰ صرفه‌جو معرفی کردند. بنابراین، روش‌های مدرن ابزار مؤثری برای دستیابی به کشاورزی پایدار هستند.

برای پاسخ به سوال چهارم تحقیق، یافته‌ها نشان داد موانع متعددی پذیرش روش‌های آبیاری کارآمد را محدود می‌کنند. بر اساس جدول ۱۰، هزینه اولیه بالا با ٪۷۲.۳ مهم‌ترین مانع است، زیرا کشاورزان خرده‌مالک توان مالی خرید تجهیزات قطره‌ای ندارند. کمبود زیرساخت (٪۵۸.۷) مانند شبکه توزیع آب و برق پایدار، مانع دوم است. مقاومت فرهنگی (٪٤٥.١) ناشی از عادت به روش‌های سنتی و عدم اعتماد به فناوری‌های جدید و کمبود دانش فنی (٪۳۸.۲) به‌دلیل فقدان آموزش عملی، موانع بعدی هستند. توزیع روش‌های آبیاری (جدول ۱) نشان داد ٪٦٤.٤ همچنان از روش‌های سنتی استفاده می‌کنند که با این موانع هم‌خوانی دارد. این نتایج با Morepje et al. (۲۰۲٤) در آفریقای جنوبی هم‌راستا است که هزینه و زیرساخت را موانع اصلی دانستند. همچنین، ٪۷۰.٦ فاقد دسترسی دیجیتال (جدول ٤) هستند که آموزش آنلاین را غیرممکن می‌کند. این موانع نشان می‌دهند پذیرش فناوری‌های مدرن نیازمند رفع همزمان چالش‌های مالی، زیرساختی، فرهنگی و آموزشی است تا کشاورزان به سمت روش‌های پایدار حرکت کنند.

برای پاسخ به سوال پنجم تحقیق، تحلیل مسیر (جدول ۷) نشان داد تحصیلات اثر غیرمستقیم از طریق ادراک ارزش آب دارد ($\beta=۰.۲۲$) و دسترسی دیجیتال اثر مستقیم بر پذیرش دارد ($\beta=۰.۲۸$). رگرسیون چندسطحی (جدول ٦) تأیید کرد تحصیلات ($\beta=۰.۳۵$، $p<0.001$) و دسترسی دیجیتال ($\beta=۰.۲۸$، $p=0.002$) تأثیرات قوی دارند. تحلیل حساسیت (جدول ۱۱) نشان داد ترکیب این عوامل با افزایش ادراک، احتمال پذیرش روش‌های مدرن را تا ٪۲۳ افزایش می‌دهد. این مکانیزم نشان می‌دهد آموزش رسمی درک اقتصادی آب را تقویت کرده و سیاست‌های زیرساختی دیجیتال (مانند مراکز دسترسی به اینترنت اشیا) آگاهی را ارتقا می‌دهند. در حال حاضر، فقط ٪۲۹.٤ دسترسی دیجیتال دارند (جدول ٤) که نشان‌دهنده نیاز به سرمایه‌گذاری زیرساختی است. این یافته‌ها با Fishman et al. (۲۰۲۳) و Yang et al. (۲۰۲۲) هم‌راستا است که یارانه و آموزش را عوامل کلیدی پذیرش دانستند. بنابراین، سیاست‌های آموزشی هدفمند و حمایت‌های مالی-زیرساختی با تقویت ادراک، پذیرش روش‌های پایدار مانند قطره‌ای را تسهیل کرده و به مدیریت پایدار منابع آب کمک می‌کنند.

سیاست‌های حمایتی، مانند یارانه‌های گزارش‌شده در هند(Fishman et al., 2023) ، می‌توانند موانع مالی را کاهش دهند. در این مطالعه، واریانس بین‌روستایی (۰.۱۵) در جدول ٦ نشان‌دهنده تفاوت‌های منطقه‌ای است که با یافته‌های Zhao et al. (2025) در شینجیانگ چین همخوانی دارد، جایی که شرایط جغرافیایی بر کارایی مصرف آب تأثیر می‌گذارد. این موضوع بر اهمیت سیاست‌های محلی و متناسب با شرایط منطقه تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که ادراک کشاورزان از ارزش اقتصادی آب تأثیر قابل‌توجهی بر انتخاب روش‌های آبیاری دارد، به‌ویژه زمانی که با تحصیلات بالاتر و دسترسی به فناوری دیجیتال همراه باشد. روش‌های مدرن آبیاری، مانند قطره‌ای و بارانی، کارایی بیشتری در مصرف آب و عملکرد محصول دارند، اما موانع مالی، زیرساختی و فرهنگی پذیرش آنها را محدود می‌کند. تقویت آگاهی، آموزش و سیاست‌های حمایتی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب و پایداری کشاورزی در منطقه کمک کند.

پیشنهادات اجرایی

۱. **تقویت برنامه‌های آموزشی و ترویجی**: برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای افزایش آگاهی کشاورزان از ارزش اقتصادی آب و مزایای روش‌های مدرن آبیاری، مشابه برنامه‌های موفق در اتیوپی.(Gashu et al., 2025)

۲. **ارائه یارانه و حمایت‌های مالی**: ارائه یارانه برای کاهش هزینه‌های اولیه روش‌های مدرن، مشابه تجربه هند (Fishman et al., 2023)، برای تشویق پذیرش فناوری‌های صرفه‌جویی در آب.

۳. **توسعه زیرساخت‌های دیجیتال**: گسترش دسترسی به فناوری‌های دیجیتال از طریق ایجاد مراکز محلی برای آموزش و دسترسی به اینترنت اشیا، مشابه رویکرد عربستان سعودی.(Baljon, 2023)

٤. **تدوین سیاست‌های محلی متناسب**: طراحی سیاست‌های مدیریت آب متناسب با شرایط جغرافیایی و فرهنگی ماهنشان، با الهام از سیاست‌های موفق در جیانگسو چین.(Yang et al., 2022)

منابع

1. Baljon, M. (2023). Revolutionizing Saudi Arabia's Agriculture: The IoT Transformation of Water Management. Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology, 36(1), 217–240. https://doi.org/10.37934/araset.36.1.217240.
2. Birhanu, B. Z., Thai, M., Kizito, F., Traore, S. S., & Sanogo, K. (2023). Solar-based irrigation systems as a game changer to improve agricultural practices in sub-Sahara Africa: A case study from Mali. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1085335.
3. Boopathi, S. (2024). Sustainable Development Using IoT and AI Techniques for Water Utilization in Agriculture (pp. 204–228). igi global. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1722-8.ch012.
4. Boufous, S., Carpio, C., & Hudson, D. (2023). Farmers' willingness to adopt sustainable agricultural practices: A meta-analysis. PLOS Sustainability and Transformation, 2(1), e0000037. https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000037.
5. Fang, L., Zhang, L., Yu, Y., & Wu, F. (2020). Irrigation technology and water rebound in China's agricultural sector. Journal of Industrial Ecology, 24(5), 1088–1100. https://doi.org/10.1111/jiec.13001.
6. Fishman, R., Giné, X., & Jacoby, H. G. (2023). Efficient irrigation and water conservation: Evidence from South India. Journal of Development Economics, 162, 103051. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2023.103051.
7. Gashu, M. Y., Mesfin, D., & Dessie, T. A. (2025). Farmer perceptions toward the adoption of agroforestry practices: a case study of northwestern Ethiopia. Frontiers in Sustainable Food Systems, 9. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1512761.
8. Guno, C. S., & Agaton, C. B. (2022). Socio-Economic and Environmental Analyses of Solar Irrigation Systems for Sustainable Agricultural Production. Sustainability, 14(11), 6834. https://doi.org/10.3390/su14116834.
9. hao, X., Zhu, A. L., Liu, X., Li, H., Tao, H., Guo, X., & Liu, J. (2025). Current status, challenges, and opportunities for sustainable crop production in Xinjiang. IScience, 28(4), 112114. https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112114.
10. Hashemi, S.-Z., Darzi-Naftchali, A., Karandish, F., Ritzema, H., & Solaimani, K. (2024). Enhancing agricultural sustainability with water and crop management strategies in modern irrigation and drainage networks. Agricultural Water Management, 305, 109110. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109110.

11. Hatami, A., Farokhzadeh, B., & Bazrafshan, O. (2025). Water footprint and stress index assessment in Mediterranean agriculture. Environmental Monitoring and Assessment, 197(3). https://doi.org/10.1007/s10661-025-13687-2.
12. Kassaye, K. T., Yilma, W. A., Fisha, M. H., & Haile, D. H. (2020). Yield and Water Use Efficiency of Potato under Alternate Furrows and Deficit Irrigation. International Journal of Agronomy, 2020, 1–11. https://doi.org/10.1155/2020/8869098.
13. Kumar, J., Chawla, R., Sahoo, S., Katiyar, D., Ali, A., Chouriya, A., Nath, D., & Singh, B. V. (2023). Optimizing Irrigation and Nutrient Management in Agriculture through Artificial Intelligence Implementation. International Journal of Environment and Climate Change, 13(10), 4016–4022. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i103077.
14. Lv, C., Wu, Z., Gu, C., Guo, X., Li, Y., Li, H., & Ling, M. (2021). An Innovative Emergy Quantification Method for Eco-economic Compensation for Agricultural Water Rights Trading. Water Resources Management, 35(3), 775–792. https://doi.org/10.1007/s11269-020-02717-y.
15. Maharjan, K. L., Singh, M., & Gonzalvo, C. M. (2024). Farmer Perspectives on the Economic, Environmental, and Social Sustainability of Environmental Conservation Agriculture (ECA) in Namobuddha Municipality, Kavre, Nepal. mdpi ag. https://doi.org/10.20944/preprints202404.0467.v1.
16. Mboyerwa, P., Kibret, K., Mtakwa, P., & Aschalew, A. (2021). Evaluation of Growth, Yield, and Water Productivity of Paddy Rice with Water-Saving Irrigation and Optimization of Nitrogen Fertilization. Agronomy, 11(8), 1629. https://doi.org/10.3390/agronomy11081629.
17. Mirra, L., Borrello, M., & Russo, S. (2024). Exploring Factors Shaping Farmer Behavior in Wastewater Utilization for Agricultural Practices: A Rapid Review. Sustainability, 16(7), 2870. https://doi.org/10.3390/su16072870.
18. Morepje, M. T., Agholor, I. A., Mgwenya, L. I., Thabane, V. N., Sithole, M. Z., & Msweli, N. S. (2024). Examining the Barriers to Redesigning Smallholder Production Practices for Water-Use Efficiency in Numbi, Mbombela Local Municipality, South Africa. Water, 16(22), 3221. https://doi.org/10.3390/w16223221.
19. Morepje, M. T., Agholor, I. A., Thabane, V. N., Sithole, M. Z., Mgwenya, L. I., & Msweli, N. S. (2024). An Analysis of the Acceptance of Water Management Systems among Smallholder Farmers in Numbi, Mpumalanga Province, South Africa. Sustainability, 16(5), 1952. https://doi.org/10.3390/su16051952.
20. Multsch, S., Barretto, A. G. O. P., Pahlow, M., Krol, M. S., De Jong Van Lier, Q., Assunção, A. L. C., & Breuer, L. (2020). Assessment of potential implications of agricultural irrigation policy on surface water scarcity in Brazil. Hydrology and Earth System Sciences, 24(1), 307–324. https://doi.org/10.5194/hess-24-307-2020.
21. Muzammil, M., Breuer, L., & Zahid, A. (2020). Water Resources Management Strategies for Irrigated Agriculture in the Indus Basin of Pakistan. Water, 12(5), 1429. https://doi.org/10.3390/w12051429.
22. Nepal, S., Neupane, N., Koirala, S., Lautze, J., Shrestha, R. N., Bhatt, D., Shrestha, N., Adhikari, M., Kaini, S., Karki, S., Yangkhurung, J. R., Gnawali, K., Singh Pradhan, A. M., Timsina, K., Pradhananga, S., & Khadka, M. (2024). Integrated assessment of irrigation and agriculture management challenges in Nepal: An interdisciplinary perspective. Heliyon, 10(9), e29407. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29407.

23. Nikolaou, G., Christou, A., Neocleous, D., Katsoulas, N., & Kitta, E. (2020). Implementing Sustainable Irrigation in Water-Scarce Regions under the Impact of Climate Change. Agronomy, 10(8), 1120. https://doi.org/10.3390/agronomy10081120.
24. Nikolaou, G., Kitta, E., Christou, A., Neocleous, D., Katsoulas, N., & Polycarpou, P. (2021). Energy and Water Related Parameters in Tomato and Cucumber Greenhouse Crops in Semiarid Mediterranean Regions. A Review, Part II: Irrigation and Fertigation. Horticulturae, 7(12), 548. https://doi.org/10.3390/horticulturae7120548.
25. Nyam, Y. S., Ogundeji, A. A., Turton, A. R., Kotir, J. H., & Jordaan, A. J. (2020). Drivers of change in sustainable water management and agricultural development in South Africa: a participatory approach. Sustainable Water Resources Management, 6(4). https://doi.org/10.1007/s40899-020-00420-9.
26. Padhiary, M., Kumar, K., Sahu, B., Prasad, G., & Hoque, A. (2025). Precision Agriculture and AI-Driven Resource Optimization for Sustainable Land and Resource Management (pp. 197–232). igi global. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8074-1.ch009.
27. Parmaksiz, O., & Cinar, G. (2023). Technology Acceptance among Farmers: Examples of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles. Agronomy, 13(8), 2077. https://doi.org/10.3390/agronomy13082077.
28. Rastegari, H., Nooripoor, M., Sharifzadeh, M., & Petrescu, D. C. (2023). Drivers and barriers in farmers' adoption of vermicomposting as keys for sustainable agricultural waste management. International Journal of Agricultural Sustainability, 21(1). https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2230826.
29. Rosa, L., D'Odorico, P., Rulli, M. C., Dell'Angelo, J., & Chiarelli, D. D. (2020). Global agricultural economic water scarcity. Science Advances, 6(18). https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz6031.
30. S.K, N., S.R, V., T, S., S, J. P., S, E., J, B., P, K., S, P., N, S. K., & R, G. (2025). Impact of Alternate Wetting and Drying Irrigation (AWDI) on Water Saving and Yield of Transplanted Rice. Journal of Experimental Agriculture International, 47(1), 451–460. https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i13244.
31. Salem, H. S., Yihdego, Y., & Muhammed, H. H. (2020). The status of freshwater and reused treated wastewater for agricultural irrigation in the Occupied Palestinian Territories. Journal of Water and Health, 19(1), 120–158. https://doi.org/10.2166/wh.2020.216.
32. Shano, B. K., & Waje, S. S. (2024). Understanding the heterogeneous effect of microcredit access on agricultural technology adoption by rural farmers in Ethiopia: A meta-analysis. Heliyon, 10(16), e35859. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35859.
33. Slater, Y., Kan, I., Finkelshtain, I., & Reznik, A. (2020). Large-Scale Desalination and the External Impact on Irrigation-Water Salinity: Economic Analysis for the Case of Israel. Water Resources Research, 56(9). https://doi.org/10.1029/2019wr025657.
34. Sujianto, S., Saliem, H. P., Mardianto, S., Marhendro, M., Ariningsih, E., Ashari, A., Saptana, S., Syahyuti, S., Gunawan, E., Syukur, M., & Darwis, V. (2022). Farmers' perception, awareness, and constraints of organic rice farming in Indonesia. Open Agriculture, 7(1), 284–299. https://doi.org/10.1515/opag-2022-0090.
35. Sun, B., Luo, P., Zhao, Y., Wang, X., & Rijal, M. (2024). Importance of Farmers' Awareness on Ecological Revitalization to Promote Sustainable Development. Sustainability, 16(22), 10134. https://doi.org/10.3390/su162210134.
36. Taguta, C., Dirwai, T. L., Senzanje, A., Sikka, A., & Mabhaudhi, T. (2022). Sustainable irrigation technologies: a water-energy-food (WEF) nexus perspective towards achieving

more crop per drop per joule per hectare. Environmental Research Letters : ERL [Web Site], 17(7), 073003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7b39.
37. Valizadeh, N., Abbasi, E., & Bijani, M. (2020). Farmers' participatory-based water conservation behaviors: evidence from Iran. Environment, Development and Sustainability, 23(3), 4412–4432. https://doi.org/10.1007/s10668-020-00781-3.
38. Wan, J., Zhao, Y., Dong, X., Zan, H., Zhang, L., Zhang, S., Su, Y., & Deng, W. (2020). Land Functions, Rural Space Governance, and Farmers' Environmental Perceptions: A Case Study from the Huanjiang Karst Mountain Area, China. Land, 9(5), 134. https://doi.org/10.3390/land9050134.
39. Wann, T., Chyne, R. C., & Khongtim, J. (2024). Assessing the impact of information literacy on farmers' decision-making processes: A mixed-methods approach. IFLA Journal, 50(3), 463–478. https://doi.org/10.1177/03400352241261730.
40. Yang, X., Pu, Y., Wang, Z., Weng, S., & Hou, M. (2022). Review of agricultural water-saving policies and measures in recent years – a case study of Jiangsu Province, China. Water Supply, 22(4), 3951–3967. https://doi.org/10.2166/ws.2022.026.
41. Yasmeen, R., Ye, Y., Tang, C., Shah, W. U. H., & Hao, G. (2023). The Synergy of Water Resource Agglomeration and Innovative Conservation Technologies on Provincial and Regional Water Usage Efficiency in China: A Super SBM-DEA Approach. Water, 15(19), 3524. https://doi.org/10.3390/w15193524.
42. Yuan, Y., Zhang, Y., Lin, F., & Maucieri, C. (2022). Efficient Irrigation Methods and Optimal Nitrogen Dose to Enhance Wheat Yield, Inputs Efficiency and Economic Benefits in the North China Plain. Agronomy, 12(2), 273. https://doi.org/10.3390/agronomy12020273.
43. Zhang, X., Liu, J., Wang, Z., Liu, H., Javed, T., Li, W., Liu, Y., Gao, X., Ye, H., Lin, H., Qin, G., & Wang, H. (2025). Spatial–Temporal Dynamics and Drivers of Crop Water Footprint in Xinjiang, China. Agronomy, 15(2), 296. https://doi.org/10.3390/agronomy15020296.