



Research Paper

**Assessing the Impact of Smart Irrigation Technology Adoption on Water Productivity and Farmers' Income from a Rural Development Perspective: A Case Study of Wheat Farmers in Lorestan Province**

Noshin Osoli\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agriculture, Khor.C., Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.

**Keywords**

Smart irrigation  
technologies Water  
productivity Wheat  
farmers' income  
Rural development



**A B S T R A C T**

The purpose of this study was to assess the impact of adopting smart irrigation technologies on water productivity and farmers' income from a rural development perspective, focusing on wheat farmers in Lorestan Province. The research employed a mixed-method (quantitative–qualitative) approach with a causal–comparative design. The statistical population comprised all irrigated wheat farmers in rural areas of Lorestan Province during the 2022–2023 cropping year. Using multi-stage cluster sampling, 400 farmers (200 technology adopters and 200 non-adopters) were selected as the sample. Qualitative data were collected through 40 semi-structured interviews, and quantitative data were obtained using a researcher-designed questionnaire. Data were analyzed using independent samples t-tests, multiple linear regression, and qualitative content analysis. Quantitative findings indicated that technology adoption reduced water consumption by 29.7%, increased yield by 10.5%, and consequently improved water productivity by 58.2% in a statistically significant manner. However, due to high investment and depreciation costs, no statistically significant difference was observed in net income between adopters and non-adopters. Regression analysis confirmed that technology adoption was the strongest predictor of water productivity, while it had no statistically significant effect on net income. Qualitative findings identified high initial investment costs and concerns about technical support as the main barriers to technology adoption, while trusted extension agents and hands-on training were recognized as key facilitating factors. Overall, the results suggest that under current conditions, smart irrigation technologies represent an effective technical and environmental solution but remain economically unattractive for smallholder farmers in Lorestan Province. The success of these technologies depends on the creation of a supportive ecosystem, including innovative financing models, strengthened local support services, and integration with optimal crop management practices.

\*Corresponding Author.

Email Addresses: [noshin\\_osoli@iau.ac.ir](mailto:noshin_osoli@iau.ac.ir).

Osoli, N. (2026). Assessing the Impact of Smart Irrigation Technology Adoption on Water Productivity and Farmers' Income from a Rural Development Perspective: A Case Study of Wheat Farmers in Lorestan Province. *Human Ecology*, 4(13), 1823-1833.



Doi: <https://doi.org/10.22034/he.2025.566175.1182>



## مقاله پژوهشی

# سنجش تاثیر پذیرش فناوری های هوشمند آبیاری بر بهره‌وری آب و درآمد کشاورزان از منظر توسعه روستایی: مورد مطالعه گندمکاران استان لرستان

نوشین اصولی\*

<sup>۱</sup> گروه کشاورزی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران.

## واژگان کلیدی

فناوری های هوشمند آبیاری  
بهره‌وری آب درآمد  
کشاورزان گندم‌کار توسعه  
روستایی

## چکیده

هدف این پژوهش، سنجش تاثیر پذیرش فناوری های هوشمند آبیاری بر بهره‌وری آب و درآمد کشاورزان از منظر توسعه روستایی: مورد مطالعه گندمکاران استان لرستان بود. روش تحقیق، ترکیبی (کمی و کیفی) و از نوع علی-مقایسه‌ای بود. جامعه آماری، کلیه کشاورزان گندم‌کار آبی مناطق روستایی استان لرستان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بودند که با استفاده از نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای، ۴۰۰ نفر (۲۰۰ پذیرنده و ۲۰۰ غیرپذیرنده فناوری) به عنوان نمونه انتخاب شدند. داده‌های کیفی از طریق ۴۰ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و داده‌های کمی با پرسشنامه محقق‌ساخته جمع‌آوری و با استفاده از آزمون t، رگرسیون خطی چندگانه و تحلیل محتوای کیفی تحلیل شدند. یافته‌های کمی نشان داد که پذیرش فناوری، مصرف آب را ۳۹/۷ درصد کاهش، عملکرد را ۱۰/۵ درصد افزایش و در نتیجه بهره‌وری آب را ۵۸/۲ درصد به طور معنادار بهبود بخشیده است. با این حال، به دلیل هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری و استهلاک، تفاوت معناداری در درآمد خالص دو گروه مشاهده نشد. تحلیل رگرسیون نیز مؤید آن بود که پذیرش فناوری، قوی‌ترین پیش‌بینی کننده بهره‌وری آب است، اما بر درآمد خالص تأثیر آماری معناداری ندارد. یافته‌های کیفی، هزینه اولیه بالا و نگرانی از پشتیبانی فنی را به عنوان موانع اصلی پذیرش فناوری و نقش کلیدی مروجان معتمد و آموزش عملی را به عنوان عوامل تسهیل کننده پذیرش شناسایی نمود. در نتیجه می‌توان گفت فناوری های هوشمند آبیاری در شرایط کنونی، راه‌حلی فنی-زیست‌محیطی مؤثر اما به لحاظ اقتصادی غیرجذاب برای کشاورزان خرده‌پای استان لرستان هستند. موفقیت این فناوری‌ها در گرو خلق یک اکوسیستم حمایتی شامل مدل‌های مالی نوآورانه، تقویت خدمات محلی و تلفیق با مدیریت بهینه زراعی است.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

ارجاع به این مقاله: اصولی، نوشین. (۱۴۰۴). سنجش تاثیر پذیرش فناوری های هوشمند آبیاری بر بهره‌وری آب و درآمد کشاورزان از منظر توسعه روستایی: مورد مطالعه گندمکاران استان لرستان. اکولوژی انسانی، ۴(۱۳)، ۱۸۲۳-۱۸۳۳.

## ۱. مقدمه

توسعه روستایی<sup>۱</sup> عموماً فرایند ارتقای کیفیت زندگی و وضعیت اقتصادی مردمی است که در نواحی نسبتاً منزوی و با تراکم جمعیت کم زندگی می‌کنند. به‌طور سنتی توسعه روستایی بر بهره‌گیری از منابع طبیعی سرزمینی نظیر کشاورزی و جنگلداری متمرکز بوده‌است. به هر روی، تغییرات در شبکه‌های تولیدی جهانی و شهری شدن فزاینده خصوصیات نواحی روستایی را تغییر داده‌است. افزایش گردشگری، تولیدهای خاص، و تفریحات جایگزین استخراج منابع و کشاورزی به عنوان محرک‌های اصلی اقتصادی شده‌اند. بانک جهانی، توسعه روستایی را چنین تعریف می‌کند. توسعه روستایی، راهبردی است که برای بهبود زندگی اقتصادی و اجتماعی روستاییان فقیر تدوین شده‌است (بانک جهانی، ۱۹۷۵). هدف از مدیریت توسعه و عمران روستایی، تنظیم و اجرای برنامه‌هایی است که شرایط زندگی ساکنان مناطق روستایی را بهبود بخشد؛ به طوری که با اکتشاف، شناسایی، سازماندهی و بسیج منابع مذکور، حداکثر استفاده از قابلیت‌های موجود در روستا به عمل آید. بنابراین، توسعه و عمران روستا باید مشتمل بر مجموعه‌ای از اقدامات بنیادی برای اصلاح اوضاع اقتصادی (تودارو، ۱۹۸۱) فرهنگی و سیاسی در جامعه روستایی باشد و آن را به گونه‌ای متحول سازد که همه استعدادهای بالقوه موجود در روستا را بالفعل نماید و یک سیستم اجتماعی عادلانه را پایه‌ریزی کند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین توسعه اقتصادی - اجتماعی، رشد جمعیت و تغییر اقلیم چالش‌های عمده‌ای را برای پایداری و امنیت غذایی که یکی از مهمترین دغدغه‌های جوامع است، ایجاد کرده‌اند. در این راستا، منابع آب که برای حیات بشر، معیشت پایدار، امنیت غذایی و حفظ زیست بوم‌ها ضروری می‌باشند، تحت فشار واقع شده‌اند. بسیاری بر این باورند که دنیا با بحران آب بی سابقه‌ای روبروست و انتظار می‌رود که بدون پیشرفت و بهبود مدیریت منابع آب و تصمیم‌سازی یکپارچه در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، مسائل مرتبط با آب در دهه‌های اخیر به طور چشم‌گیری، بحرانی‌تر شود (شایرلینگ و همکاران، ۲۰۱۴). ایران با قرارگیری در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، از محدودیت‌های جدی منابع آبی رنج می‌برد. بر اساس گزارش‌های مرکز آمار ایران و وزارت نیرو، میانگین بارش سالانه کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که کمتر از یک‌سوم میانگین جهانی می‌باشد (وزارت نیرو، ۱۴۰۱). این در حالی است که بخش کشاورزی، با مصرف بیش از ۹۰ درصد از آب تجدیدپذیر، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده این منبع حیاتی محسوب می‌شود (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، ۲۰۲۲، ۳).

استان لرستان، اگرچه به عنوان یکی از استان‌های نسبتاً پربارش غرب کشور شناخته می‌شود، با چالش‌های جدی در توزیع مکانی و زمانی بارش، فرسایش شدید خاک و مدیریت ناکارآمد منابع آب مواجه است (شرکت آب منطقه‌ای لرستان، ۱۴۰۲). تغییرات اقلیمی و افزایش دفعات خشکسالی‌های پیاپی، فشار بر منابع آب سطحی و زیرزمینی این استان را تشدید کرده‌است (مرکز ملی خشکسالی، ۱۴۰۲). از سوی دیگر، اقتصاد روستایی لرستان به شدت به کشاورزی وابسته است و گندم به عنوان محصولی راهبردی، هم از منظر تأمین امنیت غذایی و هم از بُعد معیشتی برای هزاران خانوار روستایی حائز اهمیت است. با این وجود، الگوی کشت و سیستم‌های آبیاری رایج در مناطق روستایی استان، عمدتاً سنتی و با بازده پایین هستند. گزارش‌های استانی حاکی از آن است که کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی لرستان، به ویژه در دشت‌های اصلی، پایین است و روش غرقابی سهم عمده‌ای دارد (جهاد کشاورزی استان لرستان، ۱۴۰۱). این شیوه‌ها نه تنها موجب هدررفت حجم عظیمی از آب می‌شود، بلکه با تشدید رواناب و فرسایش، به تخریب بیشتر سرمایه خاک منجر می‌گردد. در نتیجه، بهره‌وری آب در مزارع گندم استان در سطحی نازل قرار دارد و پایداری تولید و معیشت کشاورزان را تهدید می‌کند.

در دهه‌های اخیر، فناوری‌های هوشمند آبیاری به عنوان یک راه‌حل کلیدی برای خروج از این بحران مطرح شده‌اند. این فناوری‌ها که طیف وسیعی از سیستم‌های آبیاری کم‌فشار (مانند قطره‌ای و بارانی)، حسگرهای سنجش رطوبت خاک و گیاه، سیستم‌های کنترل خودکار و نرم‌افزارهای مدیریت آبیاری بر اساس داده‌های واقعی را شامل می‌شوند، قادرند با اعمال آب در میزان مورد نیاز، مکان مناسب و زمان بهینه، راندمان آبیاری را به طور چشمگیری افزایش دهند. مطالعات متعدد بین‌المللی و داخلی اثربخشی این فناوری‌ها را تأیید کرده‌اند. به عنوان مثال، پژوهش‌ها نشان می‌دهند که سیستم‌های آبیاری هوشمند می‌توانند مصرف آب را بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش و عملکرد محصول را تا ۳۰ درصد افزایش دهند، که در نهایت منجر به بهبود قابل توجه بهره‌وری آب می‌شود (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، ۲۰۲۰).

با وجود مزایای شناخته‌شده، میزان پذیرش و به کارگیری این فناوری‌ها در میان کشاورزان گندمکار مناطق روستایی استان لرستان بسیار محدود است. این مسئله خود به یک معما تبدیل شده است: چرا با وجود آشکار بودن بحران آب و معرفی فناوری‌های راهگشا، کشاورزان به سمت آن‌ها گرایش پیدا نمی‌کنند؟ این شکاف میان امکان فنی و اجرای عملی، مسئله اصلی این تحقیق را شکل می‌دهد. آیا پذیرش این فناوری‌ها واقعاً توانسته است به افزایش معنادار بهره‌وری آب و در نتیجه افزایش درآمد کشاورزان گندمکار در منطقه مورد مطالعه منجر شود؟

یا موانعی وجود دارد که حتی در صورت پذیرش اولیه، دستیابی به این اهداف را با مشکل مواجه می‌سازد؟ بررسی این مسئله از چند جنبه دارای اهمیت است:

جنبه زیست‌محیطی: مدیریت پایدار منابع آب محدود استان و کاهش فشار بر ذخایر زیرزمینی. جنبه اقتصادی: افزایش سودآوری و پایداری معیشت خانوارهای روستایی از طریق کاهش هزینه‌های آب و انرژی و افزایش عملکرد. جنبه اجتماعی: کاهش آسیب‌پذیری جامعه روستایی در برابر بحران آب و مهاجرت‌های ناخواسته و ارتقای امنیت غذایی منطقه. جنبه سیاست‌گذاری: ارائه شواهد عینی به مدیران و برنامه‌ریزان برای طراحی مداخلات مؤثر (مانند یارانه‌های هدفمند، آموزش‌ها و تسهیلات مالی) جهت تسریع در نفوذ و پذیرش این فناوری‌ها. بنابراین، این پژوهش در پی پاسخ به این سؤال کلیدی است: پذیرش فناوری‌های هوشمند آبیاری چه تأثیری بر بهره‌وری آب و درآمد کشاورزان گندمکار در مناطق روستایی استان لرستان داشته است؟ برای پاسخ به این سؤال، ابعادی مانند میزان واقعی صرفه‌جویی در مصرف آب، تغییر در عملکرد محصول گندم، تغییر در هزینه‌های تولید و درآمد خالص کشاورزان مورد سنجش و مقایسه قرار خواهد گرفت. همچنین، شناسایی موانع و تسهیل‌کننده‌های پذیرش این فناوری‌ها نیز از اهداف فرعی این تحقیق است تا تصویری جامع برای تسهیل گسترش آن ارائه دهد.

## ۱.۱. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

### الف) مبانی نظری

پذیرش و انتشار فناوری‌های نوین در کشاورزی در کانون نظریه‌های مختلفی قرار دارد که به توضیح رفتار کشاورزان و فرآیند تصمیم‌گیری آنها می‌پردازند. این مبانی به درک چرایی و چگونگی تأثیر فناوری‌های هوشمند آبیاری کمک می‌کنند. نظریه انتشار نوآوری (انتشار اشاعه) راجرز (۲۰۰۳): این نظریه کلاسیک، چارچوب اصلی تحلیل پذیرش فناوری را فراهم می‌کند. راجرز معتقد است پذیرش یک نوآوری (مانند سیستم آبیاری هوشمند) تحت تأثیر پنج ویژگی درک شده آن است: مزیت نسبی: درک کشاورز از برتری فناوری جدید نسبت به روش سنتی (صرفه‌جویی آب، افزایش درآمد، کاهش نیروی کار). سازگاری: میزان همخوانی فناوری با ارزش‌ها، تجربیات گذشته و نیازهای کشاورز. پیچیدگی: درک دشواری و استفاده از فناوری. آزمایش‌پذیری: امکان آزمایش فناوری در مقیاس محدود قبل از تعهد کامل. قابل مشاهده بودن: مرئی بودن نتایج استفاده از فناوری برای دیگران. در مورد آبیاری هوشمند، اگر کشاورز مزیت نسبی (افزایش بهره‌وری و درآمد) را به وضوح درک کند، سازگاری آن را با شرایط مزرعه خود ببیند و آن را پیچیده نداند، احتمال پذیرش افزایش می‌یابد. مدل پذیرش فناوری (TAM) دیویس (۱۹۸۹): این مدل که در زمینه فناوری‌های اطلاعاتی توسعه یافت، برای فناوری‌های هوشمند کشاورزی نیز قابل تعمیم است. طبق این مدل، نیت رفتاری و استفاده واقعی از یک فناوری، مستقیماً تحت تأثیر دو باور اصلی است:

سودمندی درک شده: اعتقاد فرد به اینکه استفاده از یک سیستم خاص، عملکرد شغلی او را بهبود می‌بخشد (مانند افزایش بهره‌وری آب و تولید). سهولت استفاده درک شده: اعتقاد فرد به اینکه استفاده از سیستم، بدون زحمت خواهد بود. در زمینه آبیاری هوشمند، آموزش و پشتیبانی فنی مناسب می‌تواند سهولت استفاده درک شده را افزایش دهد.

نظریه اقتصاد کشاورزی و حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری: کشاورز به عنوان یک عامل اقتصادی منطقی، فناوری جدید را زمانی می‌پذیرد که سود انتظاری خالص (ارزش فعلی منافع آتی منهای هزینه‌ها) آن مثبت و از گزینه سنتی بیشتر باشد (فدر و همکاران، ۱۹۸۵). این تصمیم تحت تأثیر عوامل زیر است:

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه: قیمت خرید و نصب سیستم. هزینه‌های عملیاتی و نگهداری. ریسک‌های درک شده: ریسک فنی (خرابی)، ریسک مالی (بازگشت سرمایه) و ریسک تولید (عملکرد). عدم قطعیت در مورد منافع آتی: ناشی از نوسانات قیمت محصول و آب. سودمندی درک شده در TAM با مفهوم سود انتظاری در این نظریه پیوند می‌خورد. چارچوب نهادی: ساختارهای نهادی و سیاست‌های کلان نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش موانع و تحریک پذیرش دارند. این موارد شامل: یارانه‌ها و تسهیلات اعتباری: کاهش هزینه سرمایه‌گذاری اولیه. خدمات ترویجی و آموزشی: کاهش ریسک فنی و افزایش دانش.

قیمت‌گذاری آب: اگر آب به قیمت واقعی یا با افزایش پلکانی قیمت عرضه شود، انگیزه برای صرفه‌جویی از طریق فناوری افزایش می‌یابد (وزارت نیرو، ۱۴۰۰). قوانین مالکیت آب و زمین: امنیت مالکیت، انگیزه سرمایه‌گذاری بلندمدت را افزایش می‌دهد (بانک جهانی، ۲۰۲۰).

### ب) پیشینه پژوهش

مهم‌تدی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در برخی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان پرداختند. در این پژوهش شبکه‌های اوان، دز، شاوور، مارون، فجر و جازان، گتوند، کرخه، رامشیر و شادگان مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به عملکرد و حجم آب آبیاری مصرف شده، بهره‌وری شبکه‌ها به‌دست آمد. بیش‌ترین بهره‌وری‌ها مربوط به شبکه‌های اوان، گتوند و شادگان به ترتیب با ۰/۳۱، ۰/۹۸ و ۰/۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود. پایین‌ترین بهره‌وری مربوط به شبکه رامشیر با متوسط بهره‌وری ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به تجزیه و تحلیل رابطه عملکرد محصول و آب آبیاری به نظر رسید تا زمانی که نیاز آبی گندم تامین شود عملکرد و در نتیجه بهره‌وری افزایش پیدا می‌کند، ولی از زمانی که حجم آب آبیاری از نیاز مصرف گندم بالاتر رود عملکرد ثابت و در بعضی مواقع کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه بهره‌وری کاهش پیدا می‌کند.

قدیمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان پرداختند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سیستم‌های متفاوت آبیاری علیرغم میزان متفاوت آب آبیاری مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشتند. این در حالیست که اختلاف عملکرد بین روش تیپ و جویچه‌ای حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها نیز از نظر عملکرد معنی‌دار نبود. مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری در روش آبیاری تیپ، بارانی و جویچه‌ای (بدون در نظر گرفتن بارندگی مؤثر) به ترتیب ۱/۶، ۱/۱ و ۰/۶۹ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی بود. به عبارت دیگر، آبیاری تیپ باعث افزایش ۱۳۲ و ۴۵ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش جویچه‌ای و بارانی گردید. ارزیابی اقتصادی نشان داد که استفاده از هر دو روش آبیاری بارانی و تیپ بجای روش جویچه‌ای برای تمامی ارقام گندم مورد استفاده دارای توجیه اقتصادی است و روش آبیاری بارانی نسبت به تیپ از لحاظ اقتصادی ارجح بود.

طیبنیا و درینی (۱۳۹۹) به تحلیلی بر اثرات سامانه‌های آبیاری نوین بر نواحی روستایی پرداختند. براساس نتایج تحقیق، این سیستم‌ها موجب افزایش ۳۰ تا ۷۰ درصدی تولید محصولات کشاورزی شده‌اند. همچنین اثرات سیستم آبیاری بر معیشت ساکنین روستاها بالاتر از متوسط است که در میان این اثرات؛ متغیر تأثیر صرفه‌جویی در آب، مهم‌ترین اثرپذیری از سیستم آبیاری را دارد. به علاوه؛ میان دیدگاه مردم نسبت به بهبود تأثیرات آبیاری نوین و بهبود وضعیت اقتصادی؛ رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین متغیرهای افزایش درآمد، بازگشت مهاجرین و افزایش راندمان تولید از میان سایر متغیرها، دارای قدرت پیش‌بینی معنی‌دارتری برای تغییر وضعیت روستائیان می‌باشند. متغیر افزایش درآمد با ضریب بتای ۰/۲۷۷ بیشترین تأثیر را بر متغیر وضعیت روستائیان داشته است.

سالارپور و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری در بین کشاورزان منطقه سیستان پرداختند. نتایج حاصل از رگرسیون نشان داد سن، تحصیلات، مالکیت، سطح زیرکشت و درآمد بین ۷۱ تا ۹۴/۶ درصد از تغییرات متغیر پذیرش و عدم پذیرش آبیاری تحت فشار را تبیین می‌کنند و عوامل اجتماعی و اقتصادی توانسته‌اند بین ۶۹ تا ۹۲ درصد از تغییرات پذیرش فناوری را تبیین نمایند؛ که از این بین تنها عوامل اقتصادی از قبیل پایین بودن نرخ بهره تسهیلات بانکی، کافی بودن مقدار تسهیلات بانکی، توان سرمایه گذاری کشاورز تأثیر معنی‌داری بر پذیرش فناوری آبیاری تحت فشار توسط کشاورزان داشتند.

نتایج پژوهش لانگ و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که محدودیت‌هایی در عرضه و تقاضای فناوری وجود دارد. این محدودیت‌ها می‌توانند بر پذیرش فناوری تأثیرگذار باشند. مشتاق و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله خود بیان می‌کنند که استفاده از تکنولوژی‌های نوین آبیاری موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی می‌گردد و تصمیم به بکارگیری آن‌ها، به عوامل اقتصادی و محیطی بستگی دارد.

## ۲. روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است زیرا به دنبال حل یک مسئله عملی (پایین بودن بهره‌وری آب و درآمد کشاورزان) در یک بافت جغرافیایی مشخص می‌باشد. از نظر روش گردآوری داده‌ها، توصیفی-پیمایشی از نوع همبستگی و علی-مقایسه‌ای است. در این روش، رابطه بین متغیر مستقل (پذیرش فناوری هوشمند آبیاری) و متغیرهای وابسته (بهره‌وری آب و درآمد) بررسی شده و دو گروه پذیرنده و غیرپذیرنده با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

### ۲.۱. جامعه آماری، نمونه‌گیری و حجم نمونه

جامعه آماری: کلیه کشاورزان گندم‌کار مناطق روستایی استان لرستان که در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به کشت گندم آبی اشتغال داشته‌اند، جامعه آماری این پژوهش را تشکیل می‌دهند. بر اساس آمار جهاد کشاورزی استان لرستان (۱۴۰۱)، حدود ۱۸۰۰۰ بهره‌بردار گندم‌کار آبی در مناطق روستایی استان فعال هستند. چارچوب نمونه‌گیری: لیست کشاورزان گندم‌کار از طریق ادارات جهاد کشاورزی شهرستان‌های استان لرستان (خرم‌آباد، بروجرد، دورود، کوهدشت، الیگودرز، ازنا، پلدختر و دلفان) استخراج شد. روش نمونه‌گیری: از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای تصادفی استفاده شد:

۱- از بین شهرستان‌ها، ۴ شهرستان (خرم‌آباد، بروجرد، کوهدشت و الیگودرز) به عنوان خوشه‌های اولیه، به صورت تصادفی انتخاب شدند.

<sup>1</sup> Long & et al

<sup>2</sup> Mushtaq & et al

۲- از هر شهرستان منتخب، ۲ بخش به صورت تصادفی انتخاب شد.

۳- از هر بخش، ۳ دهستان به صورت تصادفی انتخاب شدند.

۴- در نهایت، از لیست کشاورزان گندم‌کار هر دهستان، به صورت تصادفی سیستماتیک، کشاورزان انتخاب شدند.

حجم نمونه: با استفاده از فرمول کوکران برای جامعه محدود و با در نظر گرفتن خطای ۵٪ ( $d=0.05$ )، سطح اطمینان ۹۵٪ ( $Z=1.96$ )، واریانس پیشینه ( $p=0.5$ ،  $q=0.5$ ) و جامعه ۱۸۰۰۰ نفری، حجم نمونه اولیه ۳۷۷ نفر محاسبه شد. با توجه به هدف مقایسه دو گروه (پذیرنده و غیرپذیرنده) و لزوم کفایت حجم نمونه برای تحلیل‌های آماری پیشرفته، همچنین با در نظر گرفتن نرخ بازگشت احتمالی و رد پرسشنامه‌های ناقص، حجم نمونه نهایی ۴۰۰ نفر (۲۰۰ نفر پذیرنده فناوری و ۲۰۰ نفر غیرپذیرنده) در نظر گرفته شد. دسترسی به پذیرندگان از طریق لیست دریافت‌کنندگان تسهیلات یا شرکت‌های خدمات فنی مهندسی کشاورزی استان لرستان تسهیل گردید.

۳- روش‌ها و ابزار گردآوری داده‌ها

داده‌ها از طریق ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی گردآوری شد تا اعتبار و عمق یافته‌ها افزایش یابد:

الف) پرسشنامه ساختاریافته محقق‌ساخته: ابزار اصلی گردآوری داده‌های کمی بود. پرسشنامه در ۵ بخش طراحی شد:

۱- ویژگی‌های فردی و اقتصادی-اجتماعی: سن، تحصیلات، سابقه کشاورزی، اندازه زمین، تعداد قطعات، منبع تأمین آب و غیره.

۲- سنجش پذیرش و استفاده از فناوری هوشمند آبیاری (برای گروه پذیرنده): نوع فناوری (مثلاً سیستم قطره‌ای هوشمند با حسگر، سیستم بارانی کنترل از راه دور و ...)، سال پذیرش، میزان استفاده، منبع اطلاعات.

۳- شاخص‌های بهره‌وری آب و عملکرد: میزان آب مصرفی در فصل زراعی (بر اساس قبض آب، کنتور یا ساعت آبی)، سطح زیر کشت گندم آبی، عملکرد کل (کیلوگرم)، بهره‌وری آب از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)} = \frac{\text{عملکرد کل گندم (کیلوگرم)}}{\text{میزان آب مصرفی (مترمکعب)}}$$

۴- شاخص‌های اقتصادی: هزینه‌های تولید (نهادها، نیروی کار، استهلاک سیستم هوشمند و ...)، درآمد ناخالص از فروش گندم و کاه، درآمد خالص از کسر کل هزینه‌ها از درآمد ناخالص محاسبه گردید.

۵- سنجش موانع و انگیزه‌ها (با استفاده از طیف لیکرت ۵ درجه‌ای): سؤالاتی در مورد موانع (هزینه، پیچیدگی، دانش فنی و ...) و انگیزه‌ها (صرفه‌جویی آب، افزایش درآمد، توصیه مروج و ...).

ب) مصاحبه نیمه‌ساختاریافته: با ۳۰ کشاورز (۱۵ نفر از هر گروه) و ۱۰ کارشناس ترویج جهاد کشاورزی استان به صورت هدفمند انجام شد تا داده‌های کیفی عمیق‌تری در مورد تجربه استفاده، چالش‌ها و پیشنهادات گردآوری شود. (ج) بررسی اسناد و سوابق: برای افزایش دقت داده‌های مربوط به مصرف آب و عملکرد، از داده‌های کمی دفترچه‌های زراعی کشاورزان، قبض‌های آب و گزارش‌های شرکت‌های خدمات فنی در صورت امکان استفاده شد.

## ۲.۲. روایی و پایایی ابزار پژوهش

روایی (اعتبار): برای اطمینان از روایی محتوایی پرسشنامه، از نظرات ۱۰ نفر از اساتید توسعه روستایی، توسعه کشاورزی، ترویج کشاورزی، اقتصاد کشاورزی و آبیاری دانشگاه‌های استان لرستان و تهران استفاده شد. شاخص‌های بهره‌وری و درآمد با مطالعات پیشین مقایسه و همسوسازی شدند. پس از اصلاحات، پرسشنامه نهایی تنظیم گردید. پایایی (قابلیت اعتماد): برای سنجش پایایی بخش‌های طیف لیکرت پرسشنامه، پایلوت مطالعه روی ۳۰ کشاورز (خارج از نمونه اصلی) انجام شد. ضریب آلفای کرونباخ برای سازه‌های اصلی به شرح زیر محاسبه شد که نشان‌دهنده پایایی قابل قبول ابزار است: موانع پذیرش فناوری: ۰.۸۹، انگیزه‌های پذیرش: ۰.۸۵، نگرش نسبت به فناوری: ۰.۸۲.

## ۲.۳. روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS ۲۶ و Stata ۱۷ تحلیل شدند. آمار توصیفی: برای توصیف ویژگی‌های جامعه نمونه از فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. آمار استنباطی: آزمون مقایسه میانگین: از آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین بهره‌وری آب و درآمد خالص دو گروه پذیرنده و غیرپذیرنده استفاده شد. پیش از آن، نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. تحلیل رگرسیون: برای شناسایی عوامل مؤثر بر میزان بهره‌وری آب و درآمد خالص، از رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. در این مدل‌ها، متغیرهای مستقل شامل پذیرش فناوری (دودویی)، سن، تحصیلات، اندازه مزرعه، دسترسی به اعتبار و غیره بودند. تحلیل تم (برای داده‌های کیفی): داده‌های مصاحبه‌ها پس از پیاده‌سازی، کدگذاری و در قالب مضامین (تم) اصلی و فرعی تحلیل محتوای کیفی شدند تا درک بهتری

از زمینه، فرایندها و دیدگاه‌های ذینفعان حاصل شود. آزمون‌های تکمیلی: برای بررسی رابطه بین متغیرهای طبقه‌ای از آزمون خی-دو و برای بررسی ناهمگنی واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده گردید.

### ۲.۴. ملاحظات اخلاقی

رضایت آگاهانه از تمامی مشارکت‌کنندگان اخذ شد. محرمانه ماندن اطلاعات و هویت افراد تضمین گردید. مشارکت در پژوهش کاملاً داوطلبانه و فاقد هرگونه عواقب منفی بود. نتایج پژوهش در اختیار ادارات مرتبط قرار خواهد گرفت تا در سیاست‌گذاری‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳. یافته‌های پژوهش

این بخش به ارائه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از ۴۰۰ کشاورز گندم‌کار در مناطق روستایی استان لرستان می‌پردازد. یافته‌ها در سه بخش اصلی: (۱) توصیف جامعه آماری، (۲) یافته‌های کمی مرتبط با سؤالات پژوهش و (۳) یافته‌های کیفی از مصاحبه‌ها، ارائه می‌شود. یافته‌های توصیفی: ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و زراعی نمونه‌ها

جدول ۱. توزیع فراوانی ویژگی‌های نمونه‌های پژوهش در دو گروه پذیرنده و غیرپذیرنده فناوری

| ویژگی                                 | گروه پذیرنده (n=۲۰۰)     | گروه غیرپذیرنده (n=۲۰۰)   | آزمون آماری (مقدار p)    |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| میانگین سن (سال)                      | ۴۴.۲ (انحراف معیار: ۸.۱) | ۵۲.۷ (انحراف معیار: ۱۰.۳) | $p < ۰.۰۰۱۹۲۳۴ =$        |
| میانگین سابقه کشاورزی (سال)           | ۲۰.۵ (انحراف معیار: ۷.۸) | ۲۸.۴ (انحراف معیار: ۱۱.۲) | $p < ۰.۰۰۱۷۸۹۴ =$        |
| سطح تحصیلات (دیپلم و بالاتر)          | ۷۲٪                      | ۳۸٪                       | $p < ۰.۰۰۱۴۷۶۶\chi^2 =$  |
| میانگین اندازه زمین زراعی (هکتار)     | ۵.۲ (انحراف معیار: ۳.۱)  | ۴.۸ (انحراف معیار: ۲.۹)   | $p = ۰.۱۸۱.۳۴۴ =$        |
| دسترسی به اعتبار یا وام (بله)         | ۶۵٪                      | ۳۰٪                       | $p < ۰.۰۰۱۵۱.۱۲\chi^2 =$ |
| عضویت در تعاونی یا تشکل آب‌بران (بله) | ۴۵٪                      | ۲۰٪                       | $p < ۰.۰۰۱۲۹.۸۸\chi^2 =$ |
| منبع آب اصلی (چاه عمیق/نیمه‌عمیق)     | ۸۵٪                      | ۸۲٪                       | $p = ۰.۴۳۰.۶\chi^2 =$    |

کشاورزان پذیرنده فناوری، به طور معناداری جوان‌تر، با سابقه کار کمتر، سطح تحصیلات بالاتر، و دسترسی بهتر به تسهیلات اعتباری بودند. همچنین تمایل به عضویت در نهادهای جمعی در بین آنان بیشتر بود. دو گروه از نظر اندازه زمین و منبع آب تفاوت آماری معناداری نداشتند، بنابراین تفاوت‌های مشاهده شده در متغیرهای عملکردی را می‌توان با اطمینان بیشتری به عامل پذیرش فناوری نسبت داد.

### ۳.۱. یافته‌های کمی مرتبط با سؤالات اصلی پژوهش

الف) مقایسه بهره‌وری آب و شاخص‌های مصرف آب

جدول ۲. مقایسه شاخص‌های مرتبط با آب بین دو گروه

| شاخص                                   | گروه پذیرنده              | گروه غیرپذیرنده           | تفاوت        | آزمون (مقدار p)    |
|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|
| میانگین مصرف آب (مترمکعب در هکتار)     | ۴۸۵۰ (انحراف معیار: ۸۲۰)  | ۶۹۰۰ (انحراف معیار: ۱۱۰۰) | ۲۹.۷٪ کاهش   | $p < ۰.۰۰۱۲۱.۴۴ =$ |
| میانگین عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار) | ۴۲۰۰ (انحراف معیار: ۵۵۰)  | ۳۸۰۰ (انحراف معیار: ۶۰۰)  | ۱۰.۵٪ افزایش | $p < ۰.۰۰۱۶۸۴۴ =$  |
| میانگین بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب)  | ۰.۸۷ (انحراف معیار: ۰.۱۲) | ۰.۵۵ (انحراف معیار: ۰.۰۹) | ۵۸.۲٪ افزایش | $p < ۰.۰۰۱۲۹.۱۴ =$ |

نتایج نشان می‌دهد کشاورزان پذیرنده فناوری هوشمند آبیاری، با وجود کاهش چشمگیر ۲۹.۷ درصدی در مصرف آب، توانسته‌اند ۱۰.۵ درصد بر عملکرد محصول خود بیافزایند. ترکیب این دو اثر، منجر به افزایشی چشمگیر و معنادار (۵۸.۲ درصد) در شاخص کلیدی بهره‌وری آب شده است. این یافته، قابلیت فناوری در بهینه‌سازی مصرف و افزایش کارایی را به وضوح تأیید می‌کند.

### ب) مقایسه شاخص‌های اقتصادی و درآمدی

جدول ۳. مقایسه شاخص‌های اقتصادی بین دو گروه (واحد: میلیون ریال در هکتار)

| شاخص                                    | گروه پذیرنده           | گروه غیرپذیرنده        | تفاوت        | آزمون (مقدار p)   |
|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------------|
| میانگین درآمد ناخالص                    | ۲۸۰ (انحراف معیار: ۴۰) | ۲۴۷ (انحراف معیار: ۴۵) | ۱۳.۴٪ افزایش | $p < ۰.۰۰۱۷.۵۴ =$ |
| میانگین هزینه‌های متغیر (نهاده، کارگری) | ۱۱۵ (انحراف معیار: ۲۰) | ۱۰۸ (انحراف معیار: ۱۸) | ۶.۵٪ افزایش  | $p < ۰.۰۰۱۳.۵۴ =$ |

|                               |                        |                        |                            |                   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|
| هزینه استهلاک و نگهداری سیستم | ۲۵ (انحراف معیار: ۵)   | ۰                      | -                          | -                 |
| میانگین هزینه کل              | ۱۴۰ (انحراف معیار: ۲۲) | ۱۰۸ (انحراف معیار: ۱۸) | ۲۹.۶٪ افزایش               | $p < 0.001152t =$ |
| میانگین درآمد خالص            | ۱۴۰ (انحراف معیار: ۳۰) | ۱۳۹ (انحراف معیار: ۴۰) | ۰.۷٪ افزایش (عدم معناداری) | $p = 0.25t =$     |

اگرچه درآمد ناخالص گروه پذیرنده به دلیل عملکرد بالاتر، بیشتر است، اما هزینه‌های کل این گروه (شامل هزینه سرمایه‌گذاری سالانه سیستم هوشمند) به طور معناداری بالاتر است. در نتیجه، در یک سال زراعی مورد بررسی، تفاوت معناداری در درآمد خالص دو گروه مشاهده نشد. این یافته کلیدی نشان می‌دهد که منافع اقتصادی فناوری در کوتاه‌مدت و با در نظر گرفتن هزینه استهلاک، ممکن است محقق نشود.

جدول ۴. نتایج رگرسیون عوامل مؤثر بر درآمد خالص (میلیون ریال در هکتار)

| متغیرهای مستقل                            | ضرایب استاندارد نشده (B) | خطای استاندارد (Std. Error) | ضرایب استاندارد شده (Beta - $\beta$ ) | آماره t | سطح معناداری (p-value) |
|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------|------------------------|
| (ثابت)                                    | ۲۵.۴۰۰                   | ۷.۲۰۰                       | -                                     | ۳.۵۲۸   | ***۰.۰۰۰               |
| عملکرد گندم (تن در هکتار)                 | ۲۱.۵۰۰                   | ۲.۵۰۰                       | ۰.۳۹۵                                 | ۸.۶۰۰   | ***۰.۰۰۰               |
| اندازه کل زمین زراعی (هکتار)              | ۳.۲۰۰                    | ۰.۷۰۰                       | ۰.۳۴۸                                 | ۴.۵۷۱   | ***۰.۰۰۰               |
| دسترسی به بازار/قیمت مناسب                | ۱۲.۸۰۰                   | ۳.۱۰۰                       | ۰.۲۴۶                                 | ۴.۱۲۹   | ***۰.۰۰۰               |
| هزینه‌های متغیر تولید (میلیون ریال/هکتار) | -۰.۶۵۰                   | ۰.۱۵۰                       | -۰.۱۸۵                                | -۴.۳۳۳  | ***۰.۰۰۰               |
| پذیرش فناوری هوشمند آبیاری                | ۲.۱۰۰                    | ۲.۸۰۰                       | ۰.۰۴۷                                 | ۰.۷۵۰   | ۰.۴۵۴                  |
| سطح تحصیلات کشاورز (سال)                  | ۰.۵۵۰                    | ۰.۴۰۰                       | ۰.۰۶۲                                 | ۱.۳۷۵   | ۰.۱۷۰                  |
| سن کشاورز (سال)                           | -۰.۰۸۰                   | ۰.۱۰۰                       | -۰.۰۳۱                                | -۰.۸۰۰  | ۰.۴۲۴                  |

مدل به طور کلی معنادار است ( $p=0/000$ ) و حدود ۴۳ درصد از تغییرات درآمد خالص را توضیح می‌دهد. قوی‌ترین پیش‌بینی کننده درآمد خالص، عملکرد گندم است ( $\beta=0.395$ ) پس از آن، اندازه زمین و دسترسی به بازار مناسب تأثیر مثبت و قوی دارند. هزینه‌های تولید تأثیر منفی و معناداری بر درآمد خالص دارند. متغیر پذیرش فناوری هوشمند آبیاری در این مدل تأثیر آماری معناداری بر درآمد خالص نشان نمی‌دهد ( $\beta=0.047, p=0.454$ ) این یافته، نتیجه آزمون t مستقل در بخش یافته‌های توصیفی را تأیید و تقویت می‌کند. تحصیلات و سن در این مدل معنادار نیستند.

### ۳.۲. جمع‌بندی تحلیلی جداول رگرسیون:

۱- **تأیید فرضیه زیست‌محیطی:** مدل ۱ به وضوح نشان می‌دهد که پذیرش فناوری هوشمند آبیاری، قوی‌ترین عامل در افزایش بهره‌وری آب است. این فناوری کارایی استفاده از نهاده آب را به شکل چشمگیری بهبود می‌بخشد.

۲- **رد فرضیه اقتصادی در کوتاه‌مدت:** مدل ۲ نشان می‌دهد که پذیرش فناوری، عامل تعیین‌کننده‌ای برای درآمد خالص نیست. عواملی مانند عملکرد، مقیاس زمین و شرایط بازار تعیین‌کننده‌تر هستند. این امر عمدتاً به دلیل هزینه‌های سرمایه‌ای بالا و استهلاک سیستم است که منافع حاصل از صرفه‌جویی آب و افزایش عملکرد را در یک مقطع زمانی کوتاه خنثی می‌کند.

۳- **سیاست‌گذاری دوگانه:** این نتایج برای سیاست‌گذار یک پیام دوجبهه دارد: وجه مثبت: ترویج این فناوری برای دستیابی به اهداف کمی صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن کاملاً مؤثر و توجیه‌پذیر است. اگر هدف اصلی، افزایش فوری درآمد و رفاه کشاورزان باشد، صرف گسترش فناوری بدون در نظر گرفتن بسته‌های حمایتی مالی (مانند یارانه بلندمدت، تضمین بازپرداخت) و همراهی با بهبود سایر عوامل تولید و بازار، ممکن است به نتیجه مطلوب نرسد و حتی با مقاومت از سوی کشاورزان مواجه شود. این تحلیل رگرسیون، لزوم نگاه سیستمی و همه‌جانبه به مقوله پذیرش فناوری‌های پیشرفته در کشاورزی خردپا را آشکار می‌سازد.

### ۳.۳. تحلیل کیفی داده‌ها

در این پژوهش، برای دستیابی به درکی عمیق‌تر از زمینه، فرایندها و معنای پدیده پذیرش فناوری از دیدگاه ذینفعان، از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته استفاده شد. داده‌های کیفی با روش تحلیل محتوای کیفی قراردادی ۱ و با رویکرد کدگذاری موضوعی ۲ بر اساس مدل براون و کلارک (۲۰۰۶) تحلیل شدند. این روش امکان استخراج الگوها و مضامین معنادار از داده‌های متنی را فراهم می‌آورد.

شرکت کنندگان در مصاحبه‌های کیفی: کشاورزان: ۳۰ نفر (۱۵ نفر از گروه پذیرنده و ۱۵ نفر از گروه غیرپذیرنده) به صورت هدفمند با حداکثر تنوع (از نظر سن، تحصیلات، شهرستان و اندازه زمین) انتخاب شدند. کارشناسان و مروجان: ۱۰ نفر از کارشناسان بخش آب و زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان و شهرستان‌های منتخب.

یافته‌های کیفی: مضامین اصلی و فرعی

از تحلیل مصاحبه‌ها، سه مضمون اصلی و چندین مضمون فرعی استخراج شد که در جدول زیر نمایش داده شده‌اند:

جدول ۵. مضامین اصلی و فرعی حاصل از تحلیل کیفی مصاحبه‌ها

| مضمون اصلی                                            | مضمون فرعی                                | شرح مختصر مضمون فرعی                             | کدهای شاخص (نمونه‌هایی از گفته‌های مشارکت‌کنندگان)                                                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱. چالش‌های پیش روی پذیرش: دیوار بلند هزینه و ریسک    | ۱-۱. سنگینی بار مالی                      | هزینه اولیه به عنوان مانع غیرقابل عبور           | "قیمتش به اندازه درآمد سه سال من است. چطور تهیه کنم؟" (کشاورز غیرپذیرنده)                            |
|                                                       | ۲-۱. ترس از فناوری ناشناخته               | اضطراب ناشی از پیچیدگی فنی و عدم دانش            | "من که سواد کامپیوتری ندارم. اگر صفحه‌اش خطا بدهد چی؟" (کشاورز مسن غیرپذیرنده)                       |
|                                                       | ۳-۱. بی‌اعتمادی به پشتیبانی               | عدم اطمینان به خدمات پس از فروش در مناطق روستایی | "شرکت نصب‌کننده از خرم آباد است. اگر فردا یک شیلنگ ترکید، یک ماه منتظر می‌مایم؟" (کشاورز غیرپذیرنده) |
| ۲. فرآیند پذیرش و تجربه زیسته: از تردید تا تسهیل      | ۱-۲. نقش کلیدی ترویج                      | تأثیر مستقیم و اعتمادبرانگیز مروجان محلی         | "آقای مهندس فلانی خودش چندبار به مزرعه آمد و قانع کرد." (کشاورز پذیرنده)                             |
|                                                       | ۲-۲. یادگیری از طریق خطا                  | فرآیند تدریجی کسب مهارت با آزمون و خطا           | "سال اول تجربه و مهارت زیادی نداشتم و محصول کمی برداشت نمودم." (کشاورز پذیرنده)                      |
|                                                       | ۳-۲. درک ملموس صرفه‌جویی                  | لذت مشاهده عینی کاهش مصرف و زحمت                 | "قبض برق پمپ نصف شد. چشمم که می‌بیند قطره قطره به ریشه می‌رسد، خیالم راحت است." (کشاورز پذیرنده)     |
| ۳. انتظارات و پیشنهادات برای تحول: فراتر از یک فناوری | ۱-۳. درخواست برای حمایت مالی              | نیاز به یارانه‌های بلندمدت و مشارکتی             | "باید دولت قسمتی از هزینه را برای همیشه کمک کند، مثل بیمه." (کشاورز)                                 |
|                                                       | ۲-۳. ضرورت آموزش مداوم و محلی             | نیاز به آموزش‌های عملی و مستمر در محل            | "یک دوره دو ساعته کافی نیست. باید هر فصل یک نکته جدید یاد بدهند." (کشاورز پذیرنده)                   |
|                                                       | ۳-۳. دیدگاه کل‌نگر: فناوری تنها کافی نیست | لزوم تلفیق با مدیریت زراعی و بازار               | "این سیستم فقط آب می‌رساند. اگر کود و بذر خوب ندهی، فایده ندارد." (کشاورز مجرب)                      |
|                                                       | ۴-۳. تمایل به اقدام جمعی                  | علاقه به پذیرش گروهی برای کاهش هزینه و ریسک      | "اگر همه ده با هم تعاونی بزنیم و یک سیستم بزرگ بخریم، برای همه مقرون به صرفه می‌شود." (کشاورز جوان)  |

#### ۳.۴. تفسیر تحلیل کیفی:

۱- تصمیم برای پذیرش، یک محاسبه صرف اقتصادی نیست: اگرچه هزینه مهم است، اما عوامل روان‌شناختی (ترس) و نهادی (اعتماد) نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. وجود یک مروج معتمد و قابل‌دسترس، گاهی از یک یارانه نقدی مؤثرتر است. ۲- پذیرش، یک رویداد نیست، یک فرآیند است: کشاورز از مرحله آگاهی و تردید، از طریق آزمایش و یادگیری، به مرحله تسلط نسبی و در نهایت تجدیدنظر در انتظارات می‌رسد. شکست‌های اولیه (مانند تنظیم نادرست) بخشی از این فرآیند هستند. ۳- شکاف بین ادراک سیاستگذار و کشاورز: سیاستگذار اغلب بر منافع

کلان ملی (صرفه‌جویی آب) تمرکز دارد، در حالی که کشاورز به منافع مستقیم شخصی و کوتاه‌مدت (درآمد خالص، کاهش ریسک) می‌اندیشد. این پژوهش نشان می‌دهد که فناوری در حال حاضر این شکاف را به خوبی پر نمی‌کند. ۴- راه حل آینده: از فناوری محوری به نظام‌محوری: راه برون‌رفت، ارائه بسته‌های جامع حمایتی است که شامل: الف. مدل‌های مالی نوآورانه (مانند صرفه‌جویی مشارکتی)، ب. شبکه‌های پشتیبانی محلی و ج. ادغام فناوری با بسته‌های عملیاتی مدیریت مزرعه می‌شود. اقدام جمعی به عنوان یک راهبرد امیدبخش از دل مصاحبه‌ها استخراج شد.

این تحلیل کیفی، عمق بخشی ضروری به یافته‌های کمی است و نشان می‌دهد که برای تضمین موفقیت و پایداری پذیرش فناوری‌های هوشمند، باید به ابعاد انسانی، اجتماعی و نهادی پدیده، به اندازه ابعاد فنی و اقتصادی توجه کرد.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش، تصویری پیچیده، دوگانه و بسیار آموزنده از تأثیر پذیرش فناوری‌های هوشمند آبیاری در مناطق روستایی استان لرستان ارائه می‌دهد. این بخش، یافته‌های کلیدی را در چارچوب مبانی نظری و پیشینه پژوهشی مورد بحث قرار می‌دهد. تأثیر قاطع بر بهره‌وری آب: تحقق وعده فنی نتایج نشان داد پذیرش فناوری هوشمند آبیاری، بهره‌وری آب را به طور متوسط ۵۸.۲ درصد افزایش می‌دهد (از ۰.۵۵ به ۰.۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب). این یافته با تأکیدات سازمان خواربار و کشاورزی ملل (۲۰۲۰) و پژوهش‌های داخلی که بر پتانسیل بالای این فناوری‌ها برای افزایش کارایی آب تأکید داشتند، کاملاً همسو و حتی قدرتمندتر است. این افزایش چشمگیر، عمدتاً ناشی از کاهش ۲۹.۷ درصدی مصرف آب و افزایش ۱۰.۵ درصدی عملکرد است. این امر، مؤید مزیت نسبی درک شده (طبق نظریه راجرز) این فناوری از بُعد زیست‌محیطی و فنی است. از منظر نظریه انتشار نوآوری، این موفقیت فنی می‌تواند قابل مشاهده بودن نتایج را افزایش داده و به انتشار بیشتر فناوری کمک کند. معما درآمدی: چرا منافع اقتصادی محقق نمی‌شود؟ یافته‌ای که نیاز به تأمل عمیق دارد، عدم تفاوت معنادار در درآمد خالص بین دو گروه پذیرنده و غیرپذیرنده، علیرغم صرفه‌جویی آب و افزایش عملکرد است. تحلیل رگرسیون نیز نشان داد پذیرش فناوری، پیش‌بینی کننده معناداری برای درآمد خالص نیست. این یافته، با برخی مطالعات خوشبینانه‌تر قبلی که افزایش درآمد را گزارش کرده بودند متفاوت است. تبیین این تناقض را می‌توان در موارد زیر جستجو کرد: هزینه سرمایه‌ای بالا و استهلاک: مطابق با مدل اقتصادی فدر و همکاران (۱۹۸۵)، سود انتظاری خالص زمانی مثبت می‌شود که منافع آتی از هزینه‌ها پیشی گیرد. در این مطالعه، هزینه‌های اولیه و سالانه نگهداری سیستم به حدی بالا است که در کوتاه‌مدت، منافع حاصل از صرفه‌جویی آب (که در نظام قیمت‌گذاری کنونی آب، ارزش پولی مستقیم کمی برای کشاورز دارد) و افزایش عملکرد را جذب می‌کند.

نقص در بازار و قیمت‌گذاری: همان‌گونه که کارشناسان در مصاحبه‌ها اشاره کردند، تا زمانی که آب به عنوان یک کالای کم‌یاب، قیمت واقعی خود را منعکس نکند یا مکانیزم‌های جبرانی مستقیمی برای صرفه‌جویی آب وجود نداشته باشد، منافع اصلی فناوری برای جامعه باقی می‌ماند و به جیب کشاورز نمی‌رود. نیاز به یادگیری و تطابق: یافته کیفی "یادگیری از طریق خطا" نشان می‌دهد که کشاورزان ممکن است در سال‌های اولیه نتوانند از تمام پتانسیل عملکردی سیستم بهره ببرند، که این امر بازده اقتصادی را در کوتاه‌مدت کاهش می‌دهد.

موانع پذیرش: دیوار هزینه و ریسک مهم‌ترین مانع شناسایی شده، هزینه اولیه بسیار بالا بود. این مانع، پیچیدگی درک شده (از نظر مالی) و آزمایش‌ناپذیری فناوری را افزایش می‌دهد. مانع دوم، ترس از فنی بودن و عدم پشتیبانی است که مستقیماً به سهولت استفاده درک شده در مدل پذیرش فناوری (TAM) مرتبط می‌شود. این ترس در مناطق روستایی دورافتاده‌ای مانند بسیاری از نقاط لرستان، به دلیل ضعف خدمات پس از فروش، تشدید می‌شود. عوامل تسهیل‌کننده: نقش کلیدی نهادهای واسطه از طرف دیگر، نقش حیاتی مروجان معتمد و مشاهده مزارع الگو به عنوان قوی‌ترین عامل ترغیب‌کننده شناسایی شد. این یافته، اهمیت کانال‌های ارتباطی و نظام ترویج کارآمد و مبتنی بر اعتماد را در نظریه انتشار نوآوری برجسته می‌کند. این عامل، می‌تواند بر سازگاری درک شده فناوری با شرایط محلی بیفزاید.

این پژوهش به این نتیجه کلی می‌رسد که فناوری‌های هوشمند آبیاری در شرایط کنونی استان لرستان، یک راه‌حل فنی مؤثر برای بحران کارایی آب هستند، اما هنوز یک راه‌حل اقتصادی جذاب برای کشاورزان خرده‌پا محسوب نمی‌شوند. به بیان دیگر، این فناوری‌ها کارایی را افزایش می‌دهند، اما لزوماً سودآوری را در افق زمانی کوتاه‌مدت بهبود نمی‌بخشند. تضاد بین منافع عمومی و خصوصی: یک تعبیر کلیدی از یافته‌ها این است که شکاف جدی بین منافع اجتماعی/زیست‌محیطی (صرفه‌جویی در منابع ملی آب) و منافع خصوصی/اقتصادی کشاورز (درآمد خالص) وجود دارد. سیاست‌های فعلی نتوانسته‌اند این شکاف را به‌طور مؤثر پل بزنند.

بر اساس یافته‌های ترکیبی کمی و کیفی، پیشنهادات به سه سطح تقسیم می‌شوند:

الف) پیشنهادات سیاستی و نهادی:

۱- طراحی مدل‌های مالی نوآورانه: به جای وام‌های کوتاه‌مدت سنگین، ایجاد صندوق تضمین بازپرداخت سبز یا ارائه یارانه‌های پلکانی مشروط به صرفه‌جویی (به ازای هر مترمکعب آب صرفه‌جویی شده، بخشی از وام بخشوده شو).

- ۲- بازطراحی نظام قیمت‌گذاری آب: حرکت تدریجی به سوی تعرفه‌گذاری پلکانی برای آب کشاورزی به همراه پاداش نقدی برای صرفه‌جویی فراتر از الگوی مصرف، به طوری که منافع مالی صرفه‌جویی مستقیماً به کشاورز برگردد.
- ۳- حمایت از ایجاد کسب‌وکارهای محلی خدمات‌رسانی: تشویق ایجاد شرکت‌های خدمات فنی و پشتیبانی محلی (شاید توسط جوانان تحصیلکرده روستایی) برای رفع مشکل خدمات پس از فروش و ایجاد اشتغال.
- (ب) پیشنهادات ترویجی و اجرایی:
- ۴- استقرار نظام ترویج همراه: اختصاص مروج-تسهیلگر به هر گروه از روستاها برای همراهی بلندمدت با کشاورزان پذیرنده، از نصب تا عیب‌یابی و تنظیم بهینه برنامه آبیاری.
- ۵- تبدیل پذیرندگان پیشرو به مزرعه-مدرسه: استفاده از مزارع کشاورزان موفق پذیرنده به عنوان پایگاه‌های دائمی آموزش عملی و مشاهده برای سایر کشاورزان.
- ۶- ترویج پذیرش جمعی: تشویق و تسهیل تشکیل تعاونی‌های آبیاری هوشمند در سطح دهستان برای خرید، نصب و مدیریت جمعی سیستم، که موجب کاهش هزینه سرانه و افزایش قدرت چانه‌زنی می‌شود.

## ۵. منابع:

۱. سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، (۱۴۰۱). سالنامه آماری کشاورزی استان لرستان سال ۱۴۰۰.
۲. سالارپور، ماشاله؛ داورپناه، مجتبی و زارع، قدسیه. (۱۴۰۰). بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری در بین کشاورزان منطقه سیستان، آب و توسعه پایدار، سال هشتم، شماره ۴، ۱۴۰۰، صفحات ۲۳ تا ۳۲.
۳. شرکت آب منطقه‌ای لرستان. (۱۴۰۲). گزارش وضعیت منابع و مصارف آب استان لرستان (سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۲).
۴. طبینیا، سید هادی و درینی، سکیه (۱۳۹۹). تحلیلی بر اثرات سامانه‌های آبیاری نوین بر نواحی روستایی (مطالعه موردی: دهستان محمدآباد، شهرستان عنبرآباد). نشریه آب و خاک، ۳۴(۴): ۷۶۵-۷۸۰.
۵. قدمی فیروزآبادی، علی؛ چایچی، مهرداد و سیدان، سید محسن. (۱۳۹۶). اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، دوره ۳۱، شماره ۲، ص ۱۳۹-۱۴۹.
۶. مهتدی، محمد؛ الباجی، محمد و برومند نسب، سعید. (۱۳۹۶). بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در برخی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان، علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۱، ۴۰-۱-۴، ویژه نامه خرداد ۱۳۹۶، ص ۲۳۹-۲۴۸.
۷. مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران. (۱۴۰۲). گزارش پایش و پیش‌بینی خشکسالی استان لرستان (بهمن‌ماه ۱۴۰۲). سازمان هواشناسی کشور.
۸. میرزایی اهرنجانی، حسن؛ طالقانی، غلامرضا و سعدآبادی، علی اصغر. (۱۳۹۲). مدیریت توسعه و عمران روستایی. انتشارات آذرین مهر.
۹. وزارت نیرو. (۱۴۰۱). ترازنامه آب کشور سال آبی ۱۴۰۰-۱۴۰۱، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی.
۱۰. Davis, F. D. (۱۹۸۹). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, ۱۳(۳), ۳۱۹-۳۴۰.
۱۱. Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (۱۹۸۵). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. Economic Development and Cultural Change, ۳۳(۲), ۲۵۵-۲۹۸.
۱۲. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (۲۰۲۰). Water productivity in agriculture: Unlocking the potential of irrigation technologies.
۱۳. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (۲۰۲۲). AQUASTAT country profile – Iran. FAO. <https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/iran>
۱۴. Long T.B., Blok V. and Coninx I. (۲۰۱۶). Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: Evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. Journal of Cleaner Production, ۱۱۲(۱): ۹-۲۱.
۱۵. Mushtaq S, T.N. Maraseni K. Reardon S. Bundschuh J. and Jackson. T. (۲۰۱۶). Integrated assessment of wa-tereenergyGHG emissions tradeo's in an irrigat-ed lucerne production system in eastern Australia. Journal of Cleaner Production, in press.
۱۶. Rogers, E. M. (۲۰۰۳). Diffusion of innovations (۵th ed.). Free Press. Scheierling, S. M., Treguer, D. O., Booker, J. F., & Decker, E. (۲۰۱۴). How to assess agricultural water productivity? Looking for water in the agricultural productivity and efficiency literature.
۱۷. Todaro, Michael, (۱۹۸۱), Economic Development in the Third World. Cambriedge.
۱۸. World Bank. (۱۹۷۵). "Rural Development: Sector Policy Paper", Washington, DC. World Bank World Bank. (۲۰۲۰). Institutional frameworks for sustainable water use in agriculture. World Bank Group.