

Iranian Agricultural Extension
and Education Association

Online ISSN: 2980-8561

Iranian Agricultural Extension and Education Journal

Journal Homepage: <http://www.iaeej.ir/>

Research Paper

Smart Agriculture as a Sustainable Solution: Investigating Key Factors in the Adoption of New Technologies

Maryam Mola Ghalghachi^a , Hossein Norouzi^{a*} , Bagher Asgarnezhad Nouri^b , Ebrahim Asgharpour^b 

^a Department of Business Management, Faculty of Management, Kharazmi University, Tehran, Iran

^b Department of Business Management, Faculty of Economics and Management, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFO

Article history:**Received:** 12 February 2026**Revised:** 10 August 2026**Accepted:** 15 August 2026**Keywords:**

Infrastructure factors

Perceived usefulness

Smart agriculture

Technology adoption

Theory of reasoned action

ABSTRACT

Smart agriculture, as an innovative approach, offers great potential for enhancing sustainability, increasing productivity, and improving the quality of agricultural products. However, the effective and widespread adoption of new technologies in this field requires a comprehensive understanding of the factors influencing farmers' decisions to implement these innovations. Accordingly, this study focuses on the importance of smart agriculture as a sustainable solution and examines the key factors influencing farmers' adoption of new technologies. The statistical population of the study consisted of managers, experts, and specialists in the field of smart agriculture in Tehran and Alborz provinces. One method for determining the minimum sample size is based on the ratio of the number of sample members to the number of questions in the research model or theory (N), for which the minimum ratio was proposed by Jackson. Based on the 44 questionnaire items, the required sample size for this study was estimated to be 440 participants. The questionnaire was used as the main instrument for data collection in this study. The research model was tested using the Partial Least Squares (PLS) method with SmartPLS 3 software. The results of the data analysis indicated that the proposed research model confirmed the influence of psychological, technological, and infrastructural factors on the intention to adopt smart agriculture technologies, considering the mediating roles of perceived ease of use, perceived usefulness, and attitude toward adopting these technologies. According to the findings, infrastructural factors had the greatest impact on perceived ease of use and perceived usefulness, while perceived ease of use had the strongest effect on the attitude toward adopting smart agriculture technologies. The study reveals that psychological, technological, and infrastructural factors exert positive and significant influences on the intention to adopt smart agriculture technologies through perceived ease of use, perceived usefulness, and attitude toward adoption as mediating variables.

1. Introduction

Smart agriculture is a cyber-physical technology in which intelligent technologies serve as the main control components of the farm. The concept of smart agriculture refers to all management practices that employ artificial intelligence, machine learning, data-driven approaches, and emerging technologies to ensure the quality and quantity of agricultural products (Mana et al., 2024). The Technology Acceptance Model (TAM), developed by Davis in 1986 and 1989, is used to explain an individual's intention to use a particular technology. This model is grounded in the Theory of Reasoned Action (TRA), which explains how beliefs influence specific behaviors. In TAM, the beliefs affecting technology acceptance are conceptualized through the constructs of Perceived Ease of Use (PEOU) and Perceived Usefulness (PU). The model proposes that these perceptions influence an individual's attitude toward using the technology, which in turn affects behavioral intention (Asgarnezhad Nouri & Mola Ghalghachi, 2024). According to Davis's model, the key factors influencing the adoption of smart agricultural technologies can be categorized into psychological, technological, and infrastructural factors. Psychological factors, including behavioral attitude, social norms, perceived behavioral control, and perceived enjoyment, may reflect an individual's willingness to adopt technology. On the other hand, technological factors, encompassing compatibility, relative advantage, and perceived benefits, play a critical role in innovation adoption.

* Corresponding author: Associate Professor, Department of Business Management, Faculty of Management, Kharazmi University, Tehran, Iran.

E-mail address: norouzi@khu.ac.ir

<https://doi.org/10.22034/iaeej.2026.548518.1880>

Finally, infrastructural factors, such as access to the Internet and government support policies for promoting the use of modern agricultural technologies, have a significant impact on technology acceptance. Hence, based on the above descriptions, this study aims to examine how the intention to adopt smart agricultural technologies can be enhanced through psychological, technological, and infrastructural factors, with emphasis on the mediating roles of perceived ease of use, perceived usefulness, and attitude toward adopting smart agricultural technologies.

2. Methodology

The statistical population of this study consisted of managers, experts, and specialists active in the field of smart agriculture in Tehran and Alborz provinces. The first group comprised organizational managers and experts working in institutions and agencies responsible for agricultural affairs. The second group consisted of entrepreneurs engaged in the agricultural sector, as well as exemplary and experienced farmers. This study employed a stratified random sampling method. One approach to determining the minimum sample size is the N:q ratio rule, which represents the ratio of the number of sample members to the number of items in the research model. According to Jackson (2003), the recommended minimum ratio is 10:1. Based on the number of questionnaire items, the required sample size was estimated to be 440 participants. Finally, the collected data were analyzed using SmartPLS version 3 software.

3. Results

In the structural equation modeling (SEM) approach, the assessment of the measurement model's goodness of fit is based on a set of indices that include the evaluation of validity (construct, convergent, and discriminant) and reliability, which are measured through composite reliability (CR) and Cronbach's alpha coefficient. Within this framework, construct validity was assessed using confirmatory factor analysis (CFA), and the results indicated that all observed variables had satisfactory factor loadings, each exceeding 0.4. To evaluate convergent validity, the Average Variance Extracted (AVE) criterion was applied, with a desirable threshold of greater than 0.5. Regarding questionnaire reliability, two indices—Cronbach's alpha and composite reliability—were employed, and the values obtained for both indices were above 0.7, indicating satisfactory reliability. For the assessment of discriminant validity, the Fornell–Larcker criterion was utilized, and the results confirmed that the constructs demonstrated satisfactory discriminant validity. Finally, in the structural model assessment, based on the model outputs, including path coefficients, the coefficient of determination (R^2), factor loadings, and t-values, the findings revealed that all proposed hypotheses in the study were supported.

4. Conclusion

The present study was conducted to examine the factors influencing the adoption of smart agricultural technologies. The results of the data analysis confirmed the conceptual model and the proposed hypotheses. The findings related to the first and second hypotheses indicated that psychological factors had positive and significant effects on perceived ease of use and perceived usefulness. A positive behavioral attitude among farmers—arising from their favorable evaluation of the convenience and effectiveness of technology—enhances their perceptions of its ease of use and usefulness. Furthermore, social norms, through peer learning and endorsement by reference groups, exert both tangible and intangible pressures that promote conformity and shape attitudes based on social expectations. Consequently, these norms lead farmers to perceive the technology as easier to use and more beneficial. Finally, perceived behavioral control and perceived enjoyment also reflect farmers' perceptions of the ease of use and usefulness of adopting smart agricultural technologies. Based on the analysis of the third and fourth hypotheses, it was found that technological factors have positive relationships with perceived ease of use and perceived usefulness. This finding indicates that the compatibility of technology with farmers' existing values, practices, and needs enables these technologies to fit within their current experiences and work routines, ensuring a high degree of alignment. The relative advantage factor, defined as the perception of a technology's superiority over existing alternatives, exerts a direct influence on adoption. Similarly, perceived benefits, which encompass the anticipated positive outcomes of using the technology, have a direct impact on farmers' assessments of the ease of use and usefulness of smart agricultural technologies. On the other hand, the analysis of the fifth and sixth hypotheses confirmed that infrastructural factors have positive effects on perceived ease of use and perceived usefulness. In this regard, Internet access plays a significant role by facilitating access to diverse information, reducing related challenges, and improving farmers' position within the supply chain, thereby enhancing the convenience of acquiring and using these technologies. Furthermore, government policies, such as extension efforts, the organization of relevant training programs, and the implementation of subsidy mechanisms, play a crucial role in guiding farmers' behavior, which directly influences their perceptions of the ease of use and usefulness of these technologies. Additionally, based on the analysis of the seventh and eighth hypotheses, it was found that perceived ease of use and perceived usefulness have positive effects on attitudes toward adopting smart agricultural technologies, and that attitude, in turn, exerts a positive influence on the intention to adopt such technologies.

References

- Asgarnezhad Nuori, B., and Mola Ghalghachi, M. (2025). Examining a comprehensive model of factors influencing the adoption of green information technology: A case study of Urmia university. *Journals of Environmental Education and Sustainable Development*, 13(2), 97-115. <https://doi.org/10.30473/ee.2024.68654.2660>
- Jackson, D. L. (2003). Revisiting sample size and number of parameter estimates: Some support for the N: Q hypothesis. *Structural Equation Modeling*, 10(1), 128-141. http://dx.doi.org/10.1207/S15328007SEM1001_6
- Mana, A. A., Allouhi, A., Hamrani, A., Rahman, S., el Jamaoui, I., and Jayachandran, K. (2024). Sustainable AI-based production agriculture: Exploring AI applications and implications in agricultural practices. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atech.2024.100416>

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

مریم مولا قلقاچی^۱، حسین نوروزی^{۲*}، باقر عسگر نژاد نوری^۳، ابراهیم اصغریور^۴

(دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۳؛ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۴)

چکیده

کشاورزی هوشمند به عنوان یک رویکرد نوین، پتانسیل بالایی برای ارتقای پایداری، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ارائه می‌دهد. با این حال، پذیرش مؤثر و گسترده فناوری‌های نوین در این حوزه مستلزم درک عمیق عوامل مؤثر بر تصمیم کشاورزان برای به کارگیری این نوآوری‌هاست. بر این اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر اهمیت کشاورزی هوشمند به عنوان راهکاری پایدار، به بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های نوین توسط کشاورزان می‌پردازد. جامعه آماری پژوهش شامل مدیران، کارشناسان و خبرگان حوزه کشاورزی هوشمند در استان‌های تهران و البرز است. یکی از روش‌های تعیین حداقل حجم نمونه، استفاده از نسبت تعداد اعضای نمونه به تعداد سؤالات مدل پژوهش یا نظریه $N:q$ است که حداقل نسبت پیشنهادی جکسون را در برمی‌گیرد. بر اساس ۴۴ گویه پرسشنامه، حجم نمونه مورد نیاز برای این پژوهش ۴۴۰ نفر برآورد گردید. پرسشنامه به عنوان ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این مطالعه به کار گرفته شد. آزمون مدل پژوهش بر اساس روش حداقل مربعات جزئی (PLS) و به کمک نرم‌افزار SmartPLS3 انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که مدل پژوهش حاضر، تأثیر عوامل روانشناختی، فناوری و زیرساختاری را بر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند، با در نظر گرفتن نقش میانجی سهولت استفاده ادراک شده و سودمندی ادراک شده و همچنین نگرش نسبت به پذیرش این فناوری‌ها، تأیید می‌کند. بر اساس یافته‌ها، عوامل زیرساختاری بیشترین تأثیر را بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده داشتند و سهولت استفاده ادراک شده نیز بیشترین تأثیر را بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند داشت. این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل روانشناختی، فناوری و زیرساختاری از طریق سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده و همچنین نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند، به عنوان متغیرهای میانجی، تأثیر مثبت و معناداری بر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند دارند.

واژه‌های کلیدی: پذیرش فناوری، سهولت استفاده ادراک شده، کشاورزی هوشمند، عوامل زیرساختاری، نظریه عمل مستدل.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

^۲ دانشیار، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

^۳ دانشیار مدیریت بازرگانی، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

^۴ کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: norouzi@khu.ac.ir

کشاورزی، به عنوان سنگ بنای تمدن بشری، تأمین‌کننده معیشت جوامع است و بخش مهمی از اقتصاد را تشکیل می‌دهد (Azadi et al., 2021). با این حال، کشاورزی سنتی با چالش‌هایی چون الگوهای آب‌وهوایی غیرقابل پیش‌بینی، ناکارآمدی منابع و نوسان عملکرد روبه‌روست که نه تنها بر معیشت کشاورزان، بلکه بر اقتصاد منطقه‌ای و ملی نیز تأثیرات نامطلوبی می‌گذارد (Sambas et al., 2023). کشاورزی با چالش‌های حیاتی مانند تغییرات اقلیمی، کمبود آب، تخریب محیط‌زیست و وابستگی به منابع انرژی مواجه است. افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و محدودیت زمین‌های قابل کشت منجر به تشدید فعالیت‌های تولیدی و آسیب قابل توجه به محیط‌زیست شده است. این تحولات می‌تواند تنوع زیستی را کاهش دهد، هوا و منابع آبی را آلوده کند و سلامت انسان‌ها و جانوران را به خطر اندازد (Mana et al., 2024). کشاورزی سنتی علاوه بر انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2)، مقادیر قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای، از جمله اکسید نیتروژن و متان را آزاد می‌کند که آثار زیان‌باری بر اقلیم دارند (Lieder & Schröter-Schlaack, 2021). تغییر کاربری اراضی مرتبط با کشاورزی، مانند جنگل‌زدایی یا زهکشی زمین‌ها، تهدیدی جدی برای تنوع زیستی محسوب شده و باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. همچنین، استفاده از کودهای مصنوعی و آفت‌کش‌ها، خاک و منابع آبی را آلوده کرده و می‌تواند منجر به رواناب مواد مغذی و انتشار آلاینده‌های هوا مانند آمونیاک شود (Ma et al., 2021). این عوامل منجر به آسیب محیط‌زیستی و از دست رفتن تنوع زیستی می‌شوند (Raven & Wagner, 2021). گذار از کشاورزی سنتی به مدرن نیازمند جهشی فناورانه است که با ادغام فناوری‌های پیشرفته، پایداری و امنیت غذایی را برای جمعیت روبه‌رشد تضمین می‌کند و از آن به عنوان انقلاب چهارم کشاورزی یاد می‌شود (Sambas et al., 2023; Lieder & Schröter-Schlaack, 2021).

محققان این فرآیند تحول دیجیتال در کشاورزی را به روش‌ها و شیوه‌های مختلفی همچون «کشاورزی دیجیتال»، «کشاورزی ۴/۰» یا «کشاورزی دقیق» تعریف کرده‌اند (Mana et al., 2024). در واقع، صنعت کشاورزی دیجیتال در حال تجربه دوره‌ای پویا از نظر توسعه و عرضه فناوری است. این مرحله جدیدتر، «دیجیتالی‌شدن» نام گرفته است و تصور می‌شود تأثیر بیشتری بر زمینه‌های اجتماعی و نهادی بگذارد که به فناوری‌های دیجیتال نیاز دارند و به‌طور فزاینده‌ای به آن‌ها متکی هستند (Giua et al., 2022). اتحولات اخیر فناوری، کشاورزی را به عنوان «کشاورزی هوشمند» یعنی یک «فناوری فیزیکی سایبری» تعریف کرده‌اند که در آن فناوری‌های هوشمند اجزای اصلی کنترل برای مزرعه محسوب می‌شوند (Mana et al., 2024). مفهوم کشاورزی هوشمند را می‌توان به مفهوم «سیاره هوشمند» (Smart Planet) اطلاق کرد (Li et al., 2023) که توسط فناوری‌های مختلفی تعریف می‌شود. این فناوری‌ها نظارت دقیق و تصمیم‌گیری مناسب در حوزه کشاورزی را ممکن می‌سازند و نقش مؤثری در بهینه‌سازی مدیریت منابع، بهبود عملکرد محصول و افزایش کارایی در بخش کشاورزی ایفا می‌کنند (Otieno, 2023; Khaspuria et al., 2024). بر این اساس، مهم‌ترین فناوری‌های مورد استفاده شامل موارد زیر است:

«فناوری اینترنت اشیا (IoT)» که ستون فقرات کشاورزی هوشمند محسوب می‌شود، با اتصال حسگرها و دستگاه‌ها به اینترنت، امکان جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ درباره رطوبت خاک، دما، رشد گیاهان و سلامت محصولات را فراهم می‌سازد تا کشاورزان بتوانند تصمیم‌های بهینه و مبتنی بر داده اتخاذ کنند (Balafoutis et al., 2020; Li & Cheng, 2021; Hussien et al., 2023; Otieno, 2023). «فناوری سنجش از راه دور» همچون پهپادها نیز اطلاعات ارزشمندی نسبت به وضعیت زمین زراعی ارائه می‌دهند و وظایفی مانند آبیاری، سمپاشی یا تصویربرداری را با دقت انجام می‌دهند، درحالی‌که فناوری‌های تصویربرداری فراطیفی و چندطیفی تصاویر با وضوح بالا و داده‌های چندطیفی تولید می‌کنند (Balafoutis et al., 2020; Otieno, 2023). «فناوری تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ» نیز با پردازش حجم انبوه داده‌های مرتبط با آب‌وهوا، خاک و سوابق تاریخی محصول، امکان تصمیم‌گیری هوشمند و افزایش عملکرد را فراهم می‌کند (Balafoutis et al., 2020; Otieno, 2023). «رباتیک و اتوماسیون» با بهره‌گیری از پهپادها و ربات‌های خودران مجهز به حسگر و دوربین، کارهایی مانند بذرپاشی، سمپاشی و برداشت را با دقت بالا انجام می‌دهد و قابلیت پایش آفات، کمبود مواد مغذی و کیفیت محصول را دارد، چنان‌که تراکتورهای رباتی از شناخته‌شده‌ترین نمونه‌های عملیاتی این فناوری محسوب می‌شوند (Aslan et al., 2022; Otieno, 2023). «رایانش ابری و محاسبات لبه» نیز با ذخیره و تحلیل داده‌ها در سرورهای از راه دور یا در محل تولید داده، مقیاس‌پذیری،

دسترسی و تصمیم‌گیری در زمان واقعی را ممکن می‌سازند و از یکپارچه‌سازی داده‌ها از منابع مختلف پشتیبانی می‌کنند (Otieno, 2023). در این میان، «هوش مصنوعی» از مرحله آماده‌سازی خاک تا برداشت می‌تواند به کشاورزان کمک کند و با قابلیت‌هایی چون شناسایی زمان واقعی برداشت، کاهش ضایعات و نظارت بر سلامت خاک و محصول، پتانسیل بالایی برای افزایش پایداری صنعت کشاورزی دارد (Mana et al., 2024). در نهایت، «کشاورزی دقیق» به‌عنوان یک سیستم مدیریت تکامل‌یافته با استفاده از حسگرها، داده‌های جغرافیایی و سامانه‌های پشتیبان تصمیم، امکان مدیریت هدفمند زمین را در واحدهای کوچک‌تر فراهم می‌سازد به‌گونه‌ای که تمام عملیات بر پایه داده‌های محلی و نه بر اساس میانگین‌های مربوط به کل مزرعه انجام می‌گیرد (Balafoutis et al., 2020).

پذیرش یا اتخاذ فناوری به تصمیم فرد برای پذیرش و استفاده از یک نوآوری اشاره دارد که پیش‌شرط اصلی آن، درک نوآورانه بودن ایده، رفتار یا خدمت ارائه‌شده از سوی پذیرندگان است (عسگرزاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). مدل پذیرش فناوری (Technology Acceptance Model) که توسط دیویس در سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۸۹ مطرح و توسعه یافت (Granić, 2023; An et al., 2023)، چارچوبی نظری برای تبیین قصد فرد در استفاده از یک فناوری خاص فراهم می‌کند. این مدل بر مبنای نظریه عمل مستدل (Theory of Reasoned Action) ارائه‌شده توسط فیشبین و آجن (Fishbein & Ajzen, 1977) شکل گرفته است که به تبیین چگونگی تأثیر باورها بر رفتارهای فردی می‌پردازد. در مدل مزبور، باورهای تأثیرگذار بر پذیرش فناوری در قالب دو سازه اصلی «سهولت استفاده ادراک‌شده» و «سودمندی ادراک‌شده» مفهوم‌سازی می‌شوند (Gerli et al., 2022). سهولت استفاده ادراک‌شده به میزانی اشاره دارد که فرد باور دارد استفاده از یک سیستم خاص بدون نیاز به تلاش قابل‌توجه امکان‌پذیر است، درحالی‌که سودمندی ادراک‌شده به میزان اعتقاد فرد به این موضوع اشاره دارد که استفاده از یک سیستم خاص می‌تواند عملکرد کاری فرد را بهبود بخشد (Davis, 1989). بر اساس مدل پذیرش فناوری، سهولت استفاده ادراک‌شده و سودمندی ادراک‌شده بر نگرش فرد نسبت به استفاده از فناوری تأثیر می‌گذارند و این نگرش نیز به نوبه خود، رفتار واقعی استفاده از فناوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Davis, 1986). در این راستا، پژوهشگران متعددی نقش نگرش‌ها را در فرآیند پذیرش فناوری بررسی کرده و مدل‌های توسعه‌یافته‌ای را بر پایه مدل پذیرش فناوری ارائه داده‌اند تا تأثیر عوامل مختلف فردی و زمینه‌ای بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده را تبیین کنند. این مدل، که از پشتوانه نظری نظریه عمل مستدل برخوردار است، تاکنون در مطالعات متعدد به‌منظور بررسی پذیرش انواع مختلف فناوری‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفته است (عسگرزاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). از این‌رو، در پژوهش حاضر نیز از مدل پذیرش فناوری برای بررسی قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده شده است.

بر اساس مدل دیویس، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند را می‌توان شامل عوامل روانشناختی، فناوری و زیرساختاری در نظر گرفت. عوامل روانشناختی شامل نگرش نسبت به رفتار، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده (Kai et al., 2023) و همچنین لذت ادراک‌شده (Sharma et al., 2025) است. نگرش نسبت به رفتار به این اشاره دارد که یک فرد چقدر مثبت یا منفی رفتار هدف را ارزیابی می‌کند. هنجارهای اجتماعی به نفوذ یا فشار اجتماعی ادراک‌شده برای انجام یا عدم انجام رفتار اشاره دارد. کنترل رفتاری ادراک‌شده به سهولت یا دشواری ادراک‌شده‌ای اشاره دارد که فرد معتقد است می‌تواند رفتار را با آن انجام دهد (Verbeke et al., 2024). علاوه بر این، امیگی و همکاران (Omigie et al., 2015) بر این باور هستند که لذت ادراک‌شده نیز زیرمجموعه‌ای از انگیزه درونی است و می‌تواند به‌عنوان محرکی برای انجام رفتار یا فعالیت شناخته شود (Sharma et al., 2025). از سوی دیگر، عوامل فناوری که در برگیرنده سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده هستند، نقش مهمی در پذیرش نوآوری ایفا می‌کنند. سازگاری به میزان انطباق نوآوری با ارزش‌ها، رویه‌ها و نیازهای موجود پذیرندگان اشاره دارد (Han & Gooi, 2025) و سازگاری بالا، پذیرش را تسهیل می‌کند (Yoon et al., 2020). مزیت نسبی بیانگر این است که یک نوآوری چقدر در مقایسه با گزینه‌های موجود، بهتر و کارآمدتر درک می‌شود (Pillai & Sivathanu, 2020; Yoon et al., 2020; Han & Gooi, 2025). مزایای ادراک‌شده نیز به نتایج مثبت مورد انتظار از استفاده یک فناوری اشاره دارد (Raj et al., 2025). در نهایت، عوامل زیرساختاری شامل دسترسی به اینترنت و سیاست‌های حمایتی دولت در ترویج پذیرش فناوری‌های نوین کشاورزی نقش مهمی دارند. دسترسی به اینترنت به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی حیاتی، با کاهش هزینه‌های یادگیری، گسترش کانال‌های ارتباطی و ارتقای درک کشاورزان از فناوری‌های کشاورزی هوشمند، پذیرش

آن‌ها را تسهیل می‌کند (Chen et al., 2024). همچنین، اینترنت با ایجاد راحتی در دسترسی به اطلاعات بازار و کانال‌های خرید و تقویت شبکه‌های اجتماعی کشاورزان، روند پذیرش را تسریع می‌بخشد (Zhou et al., 2023; Chen et al., 2024). علاوه بر دسترسی به اینترنت، سیاست‌های حمایتی دولت، از جمله ارائه آموزش‌های مرتبط، اجرای برنامه‌های تبلیغاتی، پرداخت یارانه و بهره‌گیری از قالب‌های متنوع اینترنتی برای انتقال دانش، نقش بسزایی در آشنایی کشاورزان با فناوری‌های نوین، ارتقای مهارت‌های موردنیاز و در نهایت، ترویج پذیرش و به‌کارگیری این فناوری‌ها ایفا می‌کنند (Dai & Cheng, 2022; Zhou et al., 2023; Kai et al., 2023).

مفهوم قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند مفهومی نسبتاً جدید و پیچیده است (Tu, 2018; Yoon et al., 2020). مطالعات انجام‌شده درباره این مفهوم محدود می‌باشد (Pillai & Sivathanu, 2020; Liao et al., 2025; Feng & Zailani, 2025). محققان بیشتر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند را از زاویه دسترسی به فناوری (Adnan et al., 2025)، هزینه ادراک‌شده، فشار خارجی (Yoon et al., 2020)، ارزش پذیرش تغییر (Feng & Zailani, 2025)، جستجوی اطلاعات، احساسات، نگرش‌ها، مهارت‌ها (Gerli et al., 2022)، اعتماد ادراک‌شده، شرایط تسهیل‌کننده، سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده، نفوذ اجتماعی (حسینی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰)، کمبود مهارت، فشار رقابتی، تغییر محیط دیجیتال (Yoon et al., 2020) بررسی کرده‌اند. نتیجه بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد مفهوم قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تاکنون از زاویه عواملی مانند روانشناختی (نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده و لذت ادراک‌شده)، فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده) و زیرساختاری (دسترسی به اینترنت و حمایت دولت) به‌صورت یکجا در یک کشور در حال توسعه مانند ایران بررسی نشده است. این خلأ پژوهشی، مبنای شکل‌گیری مساله پژوهش حاضر است.

با پرداختن به این شکاف تحقیقاتی می‌توان دانش جامعی از عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند به دست آورد. همچنین تنها پنج مطالعه یافت شد که قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند را از زاویه نگرش رفتاری، هنجارهای ذهنی (Kai et al., 2023; Verbeke et al., 2024)، کنترل رفتاری ادراک‌شده (Kai et al., 2023; Verbeke et al., 2024)، لذت ادراک‌شده (حسینی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰)، مزایای ادراک‌شده (Tu, 2018)، سازگاری، پیچیدگی، مزیت نسبی، حمایت دولت (Yoon et al., 2020) بررسی کرده‌اند، اما هیچ یک از این پژوهش‌ها به بررسی عمیق مفهوم قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند نپرداخته‌اند و این مفهوم را در سطح فناوری‌های مختلف مفهوم‌سازی نکرده‌اند. حسینی‌نیا و همکارانش (۱۴۰۰) به بررسی ارتباط بین عواملی مانند سودمندی ادراک‌شده، سهولت استفاده ادراک‌شده، اعتماد، نفوذ اجتماعی، لذت ادراک‌شده و کنترل رفتاری ادراک‌شده و تمایل به پذیرش اینترنت اشیاء پرداخته‌اند. تو (Tu, 2018) ارتباط بین ابعادی همچون قابلیت اعتماد ادراک‌شده فناوری، مزایای ادراک‌شده، هزینه ادراک‌شده، فشار خارجی و قصد پذیرش اینترنت اشیاء را بررسی کرده است. یون و همکاران (Yoon et al., 2020) تأثیر عواملی مانند فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و پیچیدگی)، سازمانی (هزینه مالی، کمبود مهارت و آسیب‌پذیری منابع انسانی)، محیطی (فشار رقابتی، حمایت دولت و تغییر محیط دیجیتال) و مدیریتی (نوآوری مدیر عامل و دانش فناوری اطلاعات مدیر عامل) بر پذیرش مزرعه هوشمند را مورد بررسی قرار داده‌اند. لی و همکاران (Li et al., 2023) ارتباط بین ابعاد (نگرش رفتاری، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری ادراک‌شده) و رفتار را با تأکید بر تمایل رفتاری مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین، وربکه و همکاران (Verbeke et al., 2024) به بررسی تأثیر عواملی مانند شرایط تسهیل‌کننده، سودمندی ادراک‌شده، سهولت استفاده ادراک‌شده، نفوذ اجتماعی و دسترسی به فناوری بر تمایل و عدم تمایل به پذیرش فناوری کود هوشمند با نقش میانجی‌گری نگرش و اعتماد ادراک‌شده پرداخته‌اند. به‌طور کلی محققان معتقدند مطالعات انجام‌شده در ارتباط با عوامل درونی و بیرونی مؤثر بر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند محدود است و با توجه به ظرفیت بالای این عوامل لازم است در این زمینه بررسی‌های عمیق‌تر صورت گیرد. علاوه بر این، یک چارچوب نظری جامع‌تر برای ارائه جهت‌گیری برای تحقیقات در بخش کشاورزی در مورد قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند نیز مورد نیاز است (Kai et al., 2023; Verbeke et al., 2024; Adnan et al., 2025). بدین منظور، این مطالعه به بررسی چگونگی ارتقا قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند مبتنی بر عواملی چون روانشناختی، فناوری و زیرساختاری با تأکید بر نقش میانجی سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده، و سپس نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌پردازد.

وضعیت کشاورزی عمومی و هوشمند استان‌های تهران و البرز

استان تهران با مساحتی در حدود ۱۳۸۴۲ کیلومتر مربع، حدود ۸ درصد از کل گستره جغرافیایی کشور را دربر می‌گیرد. معیشت غالب خانوارهای روستایی این استان بر پایه فعالیت‌های زراعی، باغداری، کشت محصولات گلخانه‌ای، پرورش دام سبک و سنگین، ماهی، زنبورعسل، طیور سنتی و کرم ابریشم، همچنین پرورش قارچ و تولید گل شاخه‌بریده است. بر اساس طبقه‌بندی پیشرفته دومارتن (De Martonne)، اقلیم استان تهران در هفت گروه مرطوب، نیمه‌مرطوب، نیمه‌خشک خفیف، نیمه‌خشک میانه، نیمه‌خشک شدید، خشک و فراخشک جای می‌گیرد (درگاهی مراغه و همکاران، ۱۴۰۳). این استان با وجود دارا بودن تنها ۱/۲ درصد از اراضی کشاورزی ایران، بیش از ۵ درصد از تولیدات کشاورزی کشور را تأمین می‌کند (سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، ۱۴۰۴). پیاده‌سازی سامانه‌های هوشمند آبیاری در مزارع و باغات کشور علاوه بر افزایش عملکرد محصولات، نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت بحران کم‌آبی و تقویت امنیت غذایی داشته و با حمایت‌های دولتی در حال توسعه است (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۴۰۴). در همین راستا، گلخانه‌های استان تهران به سامانه‌های هوشمند آبیاری مجهز شده‌اند. همان‌طور که در نگاره ۱ مشاهده می‌شود، این فناوری‌ها در فرآیند تولید محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل دلمه‌ای به کار گرفته شده‌اند (Binaei et al., 2024). افزون بر این، حدود ۹۰ درصد باغ‌های پسته استان تهران شامل ارقام فندق، کله‌قوچی، احمد آقایی و اکبری، زیر پوشش سامانه‌های نوین آبیاری قرار دارند و میزان تولید پسته در سال ۱۴۰۳ به بیش از ۱۰۵۸۴ تن رسیده است (سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، ۱۴۰۳). شهرستان پاکدشت یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی این استان به شمار می‌رود که برای پایش مزارع، مدیریت آفات و بهینه‌سازی مصرف کود و سم از پهپادهای کشاورزی بهره می‌گیرد. چالش‌های بنیادین بخش کشاورزی در شهرستان پاکدشت، عمدتاً بر دو محور «تأمین منابع آبی» و «دسترسی به بازارهای فروش محصولات» استوار است. علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل‌شده در مدیریت این چالش‌ها از طریق به‌کارگیری سامانه‌های نوین آبیاری و بهره‌گیری از پساب‌های تصفیه‌شده، معضل تأمین منابع پایدار آب، به‌عنوان اصلی‌ترین مانع توسعه کشاورزی در این منطقه محسوب می‌شود (سازمان جهاد کشاورزی پاکدشت، ۱۴۰۴).



نگاره ۱- تصاویری از فناوری‌های کشاورزی هوشمند در استان تهران

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

استان البرز با وجود وسعت اندک خود، معادل ۰/۳ درصد از کل مساحت کشور و محدودیت منابع آبی و اراضی توانسته سالانه حدود ۲/۵ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی و دامی تولید کند. نزدیک به دو درصد از کل تولیدات کشاورزی کشور در این استان تأمین می‌شود. این استان در بخش باغبانی رتبه نخست کشور را دارا است. در حوزه تولیدات مختلف، قارچ خوراکی رتبه دوم، انواع میوه‌های هسته‌دار رتبه برتر و در تولید توت‌فرنگی گلخانه‌ای، رتبه اول کشور را کسب کرده است. سطح زیرکشت محصولات باغی استان حدود ۲۵ هزار هکتار برآورد شده است و توسعه کشت گلخانه‌ای از برنامه‌های محوری کشاورزان به شمار می‌رود. در حال حاضر، حدود ۵۷۹ هکتار گلخانه در استان احداث شده است (سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، ۱۴۰۴). شهر کرج، مرکز استان البرز، به دلیل موقعیت جغرافیایی استراتژیک و نزدیکی به تهران، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی و باغداری کشور محسوب می‌شود. موقعیت کوهپایه‌ای تا دشت‌های حاصلخیز، تنوع خاک و اقلیم، این منطقه را به یکی از نواحی پیشرو در تولید محصولات کشاورزی کشور تبدیل کرده است. کرج از تولیدکنندگان برتر گندم و جو در ایران است. کشت ذرت و انواع حبوبات مانند نخود و لوبیا در دشت‌های کرج رواج دارد. همچنین، تولید سبزی و صیفی‌جات نظیر خیار، گوجه‌فرنگی، کاهو و کلم در گلخانه‌های این منطقه انجام می‌شود. میوه‌های هسته‌دار مانند آلو، هلو، زردآلو و گیلان از محصولات باغی شاخص کرج هستند و باغ‌های سیب و انگور در مناطق کوهپایه‌ای شهرت فراوانی دارند. افزون بر این، تولید زعفران و گیاهان دارویی در برخی مناطق کرج رو به گسترش است (شرکت سوواران، ۱۴۰۴). در این استان، همان‌طور که در نگاره ۲ مشاهده می‌شود، کشاورزان با استفاده از سامانه‌های هوشمند آبیاری نظیر سنسورهای رطوبت خاک، سیستم‌های کنترل از راه دور و فناوری آبیاری خودکار به تولید میوه‌جات سردرختی و صیفی‌جات می‌پردازند. البرز همچنین میزبان نخستین گلخانه هوشمند کشور بر پایه اینترنت اشیا و فناوری‌های نوین آبیاری است که نمونه‌ای شاخص از کاربرد فناوری در کشاورزی به شمار می‌رود. از دیگر ابتکارات این استان، راه‌اندازی سامانه الکترونیکی توزیع بذر است که با هدف افزایش شفافیت، سرعت و دقت در فرآیند تأمین بذرهای باکیفیت برای کشاورزان طراحی شده است. مقدمات اجرای این سامانه در زمینه توزیع الکترونیکی بذر گندم و جو فراهم شده و البرز را در صف نخست استان‌های پیشرو در به‌کارگیری فناوری‌های نوین کشاورزی قرار داده است (سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، ۱۴۰۴).



نگاره ۲- تصاویری از فناوری‌های کشاورزی هوشمند در استان البرز

در راستای تدوین فرضیه‌های پژوهش، می‌توان بیان کرد، عوامل روانشناختی مورد بررسی شامل نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده (Kai et al., 2023; Verbeke et al., 2024) و همچنین لذت ادراک‌شده (Sharma et al., 2025) هستند. عامل «نگرش رفتاری» به تمایل فرد برای انجام رفتاری خاص اشاره دارد (Coffie et al., 2024). به عبارت دیگر، در این زمینه میزان ارزیابی مثبت یا منفی یک کشاورز از پذیرش یک فناوری مورد توجه قرار می‌گیرد (Verbeke et al., 2024). هرچه درک کشاورزان از فناوری بیشتر باشد و راحتی و اثربخشی آن را مثبت‌تر ارزیابی کنند، تمایل آن‌ها به پذیرش آن قوی‌تر خواهد بود (Kai et al., 2023). علاوه بر این، عامل «هنجارهای اجتماعی» نمایانگر یادگیری هم‌تا و تأیید گروه‌های مرجع است که می‌تواند بر باورها (سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده) و نگرش افراد تأثیر بگذارد (Douglas et al., 2024; Ninsiima et al., 2025). بر این اساس، کشاورزان می‌توانند بینش‌ها یا ایده‌هایی را که توسط اعضای خانواده، دوستان و بستگان نزدیک خود منتقل می‌شود، دریافت کنند. هنگامی که گروه‌های اجتماعی کشاورزان را به پذیرش تشویق می‌کنند، تمایل و رفتار کشاورزان برای پذیرش بیشتر می‌شود. از سوی دیگر، باورهای کنترلی به میزان سختی و تسلطی اشاره دارند که افراد در فرآیند پذیرش درک می‌کنند (Kai et al., 2023). این باورها منعکس‌کننده ادراک کشاورزان از سهولت یا دشواری پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند هستند (Verbeke et al., 2024). عامل «کنترل رفتاری ادراک‌شده» یا «خودکارآمدی» یکی از عوامل روانشناختی کلیدی است که نشان‌دهنده اطمینان کشاورزان به توانایی‌های خود (Luth et al., 2023)، دسترسی به منابع، دانش و ظرفیت لازم برای پذیرش فناوری‌ها، و همچنین میزان کنترلی است که بر اجرای شیوه‌های کشاورزی حفاظتی دارند. این عامل، اطمینان کشاورزان از توانایی و کنترل خود بر منابعی را برجسته می‌سازد که بر تمایل آن‌ها به به‌کارگیری فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیرگذار است (Erekalo et al., 2025). در نهایت، عامل «لذت ادراک‌شده» به میزان درک فرد از لذت‌بخش بودن استفاده از یک سیستم رایانه‌ای اشاره دارد؛ لذتی که صرفاً به خاطر خود فعالیت و فارغ از ارزش ابزاری آن تجربه می‌شود (حسینی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰). دیویس و همکاران (Davis et al., 1992) مطرح می‌کنند انگیزه‌های درونی پیش‌بینی‌کننده قصد رفتاری برای استفاده از فناوری جدید هستند و این قصد خود تجربه‌ای لذت‌بخش را در استفاده از آن فناوری نوین نوید می‌دهد (Omigie et al., 2015). این انگیزه می‌تواند بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده از فناوری جدید تأثیر بگذارد و هر سه موارد، پیش‌نیازهایی برای قصد رفتاری در استفاده از فناوری جدید محسوب می‌شوند (Gerli et al., 2022).

محققان در برخی پژوهش‌ها ارتباط بین عوامل روانشناختی و سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده را تأیید کرده‌اند؛ برای نمونه، هیوتل و همکاران (Hüttel et al., 2022) تأثیر مثبت هنجارهای اجتماعی بر قصد رفتاری را تأیید کرده‌اند. عسگرزاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که هنجارهای ذهنی و خودکارآمدی بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده فناوری اطلاعات سبز تأثیر مثبت دارد. نتایج پژوهش شارما و همکاران (Sharma et al., 2025) حاکی از این است که انگیزه لذت‌گرایانه بر قصد رفتاری و پذیرش واقعی محصولات و خدمات فین‌تک تأثیر مثبت دارد. از این رو، با توجه به توضیحات ارائه‌شده فرضیه نخست پژوهش به شرح زیر بیان می‌شود:

H₁: عوامل روانشناختی (نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده و لذت ادراک‌شده) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

H₂: عوامل روانشناختی (نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده و لذت ادراک‌شده) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

عوامل فناوری در مدل پژوهش حاضر شامل سه ویژگی، یعنی سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده، است. عامل «سازگاری» که به معنای میزان انطباق نوآوری با ارزش‌های موجود، رویه‌های پیشین و نیازهای کنونی پذیرندگان بالقوه است. سازگاری بالا پذیرش نوآوری را به میزان قابل توجهی محتمل می‌سازد (Han & Gooi, 2025). به‌طور خاص در حوزه کشاورزی، سازگاری فناوری با روش‌ها، ارزش‌ها و تجربیات بومی کشاورزان، احتمال پذیرش آن را افزایش می‌دهد (Yoon et al., 2020; Ramadan et al., 2025). چرا که کشاورزان تمایل دارند فناوری‌هایی را به‌کار گیرند که نیازها، وظایف و فرآیندهای کاری فعلی آن‌ها را پشتیبانی کند (Han & Gooi, 2025). علاوه بر این، عامل «مزیت نسبی» که یکی از مفاهیم کلیدی در پذیرش نوآوری است، بدین معناست که یک نوآوری یا فناوری چقدر در مقایسه با جایگزین‌های موجود، بهتر، کارآمدتر یا مطلوب‌تر درک می‌شود (Yoon et al., 2020; Pillai & Sivathanu, 2020). پژوهش‌های پیشین ارتباط معناداری بین ویژگی‌های کاربردی فناوری‌ها از جمله سهولت

یا پیچیدگی استفاده و نیت پذیرش نشان داده‌اند (Pooja et al., 2025). این امر بیانگر این است که میزان سهولت استفاده از فناوری بر پذیرش آن تأثیر می‌گذارد؛ یعنی نگرش فرد نسبت به فناوری تا حد زیادی تحت تأثیر باور به پیچیدگی آن شکل می‌گیرد. مزیت نسبی احتمال دارد آمادگی کشاورزان را برای پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند افزایش دهد؛ زیرا فواید بالقوه آن را از نظر افزایش امنیت (Han & Gooi, 2025)، افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات، کاهش نیاز به نیروی کار، انرژی و کود (Yoon et al., 2020) و سایر شاخص‌های کلیدی عملکرد به تصویر می‌کشد (Han & Gooi, 2025). در نهایت، مزایای ادراک‌شده که به عنوان ارزش‌ها یا نتایج مثبت مورد انتظار از خرید یا استفاده از یک کالا، خدمات یا تجربه تعریف می‌شود (Raj et al., 2025)، نقش مهمی در ارزیابی پذیرش فناوری‌های نوین ایفا می‌کند. در صورتی که مزایای یک فناوری جدید به خوبی درک شود، قصد پذیرش آن افزایش می‌یابد (Tu, 2018). به طور مشابه، کشاورزان ممکن است مزایای ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند را از منظر افزایش تولید، کاهش هزینه‌ها، کاهش حجم کار و بهبود بازدهی ارزیابی کنند (Verbeke et al., 2024)، که این مزایای ادراک‌شده می‌تواند بر نگرش و تصمیمات پذیرش آن‌ها تأثیر بگذارد (Adnan et al., 2025; Erekalı et al., 2025).

محققان در برخی پژوهش‌ها ارتباط بین عوامل فناوری و سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده را تأیید کرده‌اند؛ برای نمونه، نتایج پژوهش پیلای و سیواتانو (Pillai & Sivathanu, 2020) حاکی از این است که بین مزیت نسبی و پذیرش فناوری اینترنت اشیا ارتباط مثبت وجود دارد. عسگرزاد نوری و مولا قلقلچی (۱۴۰۳) تأیید کرده‌اند عامل سازگاری و مزیت نسبی بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده فناوری اطلاعات سبز تأثیر مثبت و معنادار دارد. پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) در پژوهش خود نیز نشان داده‌اند عوامل فناوری همچون سازگاری و مزیت نسبی بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. با توجه به توضیحات ارائه‌شده فوق، فرضیه سوم و چهارم پژوهش به شرح زیر ارائه می‌شود:

H3: عوامل فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

H4: عوامل فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

اینترنت به عنوان یکی از منابع اطلاعاتی حیاتی در عصر کشاورزی هوشمند، کانال‌های ارتباطی کشاورزان را گسترش داده و زمینه ارزیابی‌های آگاهانه‌تر را برای پذیرش فناوری فراهم می‌آورد. این بستر دسترسی به طیفی از داده‌های فنی، آموزشی و بازار را ممکن کرده و از طریق ارائه اطلاعات به روز درباره روش‌های کاشت، آبیاری دقیق، پیش‌بینی جوی و کنترل آفات، باعث کاهش هزینه‌های عملیاتی و آزمون و خطا در مزرعه می‌شود (Dai & Cheng, 2022; Liao et al., 2025). اینترنت با عبور از محدودیت‌های زمانی و مکانی، امکان دسترسی سریع تولیدکنندگان به دانش روز را فراهم ساخته و به تسهیل انتشار و اجرای فناوری‌های کشاورزی هوشمند کمک می‌کند (Chen et al., 2022; Chen et al., 2024). از سوی دیگر، تعاملات آنلاین بین کشاورزان موجب سرریز دانش، الگوبرداری و غنی‌سازی آگاهی آنان شده و در رفع موانع اطلاعاتی و کاهش نابرابری دانشی نقش دارد (Zhong et al., 2023). افزون بر این، اینترنت با بهبود موقعیت کشاورزان در بازار خرید فناوری‌ها، سهولت دسترسی آنان را افزایش داده و درک آن‌ها از مزایا و معایب نوآوری‌های کشاورزی را ارتقا می‌دهد (Chen et al., 2024; Liao et al., 2025). در نهایت، اینترنت با تقویت شبکه‌های اجتماعی و کاهش هزینه‌های ارتباطی، تعاملات اجتماعی را در میان کشاورزان ترویج کرده و با گسترش کانال‌های تبادل اطلاعات، پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند را در بین آنان افزایش می‌دهند (Zhou et al., 2023). در ادامه، شایان ذکر است سیاست‌گذاری دولتی به عنوان ابزار کلان اقتصادی، نقش توانمندساز در تولید و تحول بخش کشاورزی دارد و پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند توسط کشاورزان نیازمند حمایت و سیاست‌های دولت است (Kai et al., 2023). دولت با ترویج فناوری‌های هوشمند، سازماندهی آموزش‌های مرتبط و بهره‌گیری از رسانه‌های دیداری و دیجیتال می‌تواند اشتیاق کشاورزان را از طریق یادگیری یکپارچه افزایش دهد و آگاهی آنان را نسبت به مزایای این فناوری‌ها ارتقا بخشد (Zhou et al., 2023). اقدامات تبلیغی، یارانه‌ای و آموزشی در سطح روستا و نهادهای محلی، از طریق ایجاد حمایت و تسهیل‌گری، کشاورزان را به استفاده از فناوری‌های نوین ترغیب می‌کند. همچنین، ارائه آموزش‌های فنی و حمایت‌های مورد نیاز از سوی دولت، دانش و اعتماد به نفس کشاورزان را در به کارگیری فناوری‌های پیشرفته افزایش داده و موانع عملی در فرآیند کشت را کاهش می‌دهد (Dai & Cheng, 2022).

محققان در برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عوامل زیرساختاری بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری تأثیر مثبت دارند؛ برای نمونه، نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) حاکی از این است که حمایت دولت بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده فناوری اطلاعات سبب تأثیر مثبت دارد. کای و همکاران (Kai et al., 2023) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافته‌اند که بین اینترنت و پذیرش مدیریت تلفیقی آفات ارتباط مثبت وجود دارد. لیاو و همکاران (Liao et al., 2025) تأثیر کانال‌های اطلاعاتی اینترنت بر رفتار پذیرش کشاورزان را تأیید کرده‌اند. ما و همکاران (Ma et al., 2025) در پژوهش خود نشان داده‌اند دسترسی به اینترنت یکی از عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری کشاورزان روستایی برای استفاده از تلفن هوشمند محسوب می‌شود. پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) در پژوهش خود نیز نشان داده‌اند حمایت دولت بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. با توجه به توضیحات ارائه‌شده فوق، فرضیه پنجم و ششم پژوهش به شرح زیر ارائه می‌شود:

H₅: عوامل زیرساختاری (دسترسی به اینترنت و سیاست‌های حمایتی دولت) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

H₆: عوامل زیرساختاری (دسترسی به اینترنت و سیاست‌های حمایتی دولت) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.

بر اساس مدل پذیرش فناوری (TAM)، سهولت استفاده ادراک‌شده و سودمندی ادراک‌شده عوامل کلیدی تعیین‌کننده پذیرش فناوری محسوب می‌شوند (Dai & Cheng, 2022). عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) مطرح کرده‌اند سهولت استفاده ادراک‌شده به میزان باوری اشاره دارد که فرد در مورد راحتی و آسانی استفاده از یک فناوری خاص دارد (Kirungi et al., 2023; Erekal et al., 2025). این مفهوم، مطابق با نظر چن و آکلیکوکو (Chen & Aklikokou, 2020) عاملی مهم در تعیین پذیرش نوآوری‌های فناورانه است (عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). سهولت استفاده ادراک‌شده بر اساس تعریف دیویس (Davis, 1989) به میزانی دلالت دارد که کشاورزان یادگیری و به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته کشاورزی را آسان می‌دانند. صاحب‌نظران کیرونگی و همکاران (Kirungi et al., 2023) بر این باورند که سهولت استفاده ادراک‌شده بازتابی از برداشت کشاورزان از سادگی یا دشواری به‌کارگیری کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن بر قصد پذیرش این روش‌هاست (Erekal et al., 2025). صاحب‌نظران ادنان و همکاران (Adnan et al., 2025) بیان کرده‌اند که سهولت استفاده ادراک‌شده در حوزه فناوری کشاورزی هوشمند به میزان تلاشی اشاره دارد که کاربران (کشاورزان) برای استفاده از این فناوری‌ها لازم می‌دانند. بنابراین، اگر کشاورزان باور داشته باشند که این فناوری‌های کشاورزی هوشمند، یادگیری و استفاده آسانی دارند، اعتماد بیشتری به آن‌ها پیدا کرده و تمایل بیشتری به پذیرش آن‌ها نشان خواهند داد (Dai & Cheng, 2022). سودمندی ادراک‌شده به باور شخص در مورد میزان مفید بودن یک فناوری دلالت دارد. سودمندی ادراک‌شده سازه‌ای اساسی است که می‌تواند بر نگرش افراد نسبت به پذیرش فناوری تأثیر بگذارد (عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). به‌طور مشابه، سودمندی ادراک‌شده به میزان باور کشاورزان به مزایای فناوری‌های پیشرفته کشاورزی، مانند افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت محصولات، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، همراه با مزایای محیط‌زیستی اشاره دارد (Dai & Cheng, 2022). صاحب‌نظران گائو و همکاران (Gao et al., 2020) بیان کرده‌اند که یک ارتباط معنادار بین سودمندی ادراک‌شده و نگرش‌ها نسبت به فناوری‌های کشاورزی هوشمند وجود دارد؛ بدین معنا کشاورزان زمانی که فناوری کشاورزی هوشمند را مفید تلقی کنند، تمایل بیشتری به اتخاذ نگرش‌های مثبت نسبت به آن نشان می‌دهند. با توجه به آسیب‌های روش‌های کشاورزی سنتی به سلامت و محیط‌زیست و افزایش تمایل به مصرف غذاهای سالم‌تر، کشاورزانی که باور دارند این فناوری‌ها می‌توانند عملکرد و کیفیت محصولات را افزایش دهند، بیشتر تمایل به پذیرش آن‌ها دارند (Erekal et al., 2025).

محققان در برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری تأثیر مثبت دارد؛ برای نمونه، نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) حاکی از آن است که سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری اطلاعات سبب تأثیر مثبت و معنادار دارد. اردیم و آئر (Erdem & Ağır., 2024) در پژوهش خود نشان داده‌اند سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده بر پذیرش فناوری تأثیر معنادار دارد. نتایج پژوهش پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) حاکی از آن است که سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. با توجه به توضیحات ارائه‌شده فوق، فرضیه هفتم و هشتم پژوهش به شرح زیر ارائه می‌شود:

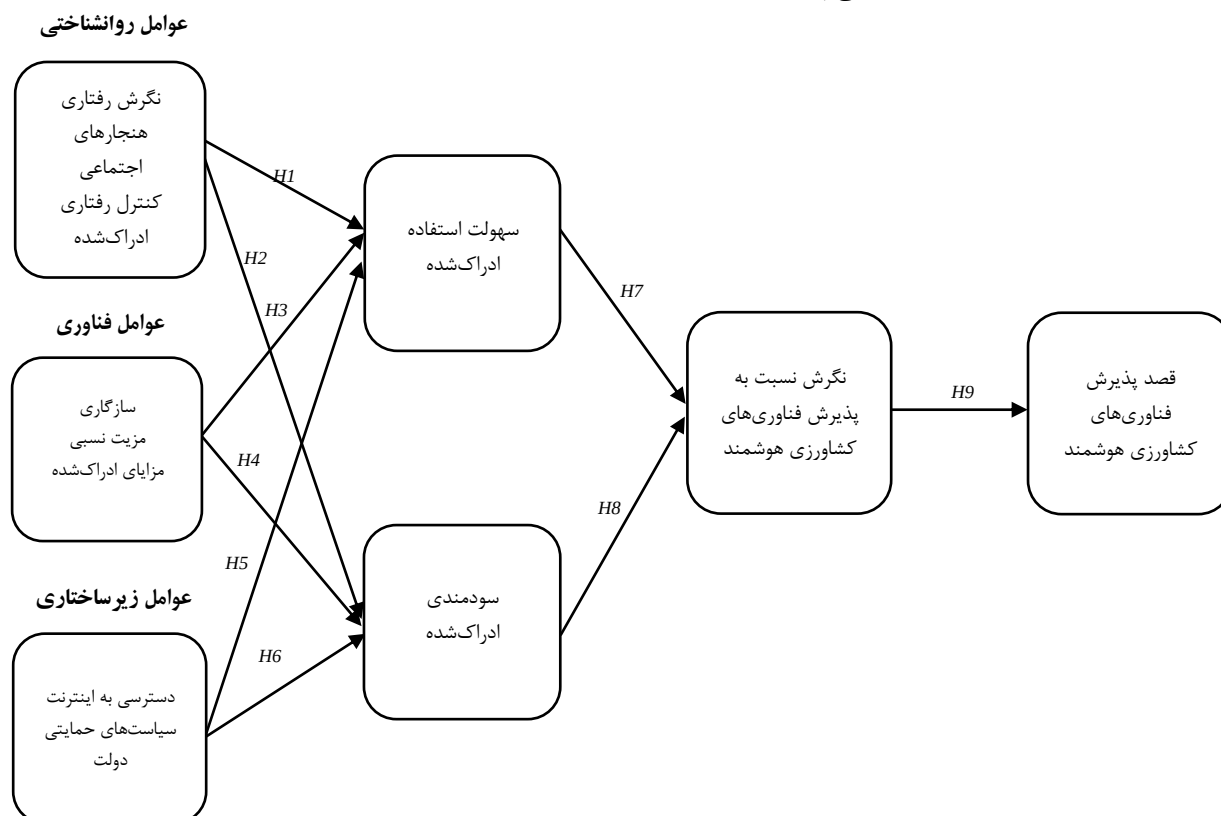
کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

H7: سهولت استفاده ادراک شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد.

H8: سودمندی ادراک شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد.

از دیدگاه آجزن (Ajzen, 1991) نگرش به میزان ارزیابی مثبت یا منفی فرد نسبت به یک رفتار اشاره دارد (Asgarnezhad Nouri & Mola Ghalghachi., 2024; Erekal et al., 2025). نگرش به معنای تمایل روانشناختی است که از طریق ارزیابی یک موجودیت خاص (مانند یک نوآوری) با درجه‌ای از مطلوبیت یا نامطلوبیت ابراز می‌شود (Rezaei & Ghofranfarid, 2018). این ارزیابی می‌تواند نمایانگر برداشت کلی فرد از انجام آن رفتار باشد؛ یعنی اینکه آیا فرد بر اساس نتایج مورد انتظار، آن رفتار را سودمند یا مضر تلقی می‌کند (Adnan et al., 2025). از این رو، کشاورزان برای اجرای فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌توانند مزایای ادراک شده آن‌ها را از حیث تولید بیشتر، هزینه‌های کمتر، حجم کار کمتر و بازدهی بالاتر مورد ارزیابی قرار دهند (Block et al., 2024)؛ چرا که این مزایای ادراک شده ممکن است بر تصمیمات پذیرش کشاورزان تأثیرگذار باشد (Erekalo et al., 2025). محققان در برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نگرش بر قصد رفتاری تأثیر مثبت دارد؛ برای نمونه، اسدی و همکاران (Asadi et al., 2018) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که نگرش نسبت به فناوری اطلاعات سبز بر قصد استفاده از آن تأثیر مثبت دارد (عسگرزاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). شانگ و همکاران (Shang et al., 2021) ثابت کرده‌اند که نگرش کشاورزان نسبت به فناوری پیش‌بینی‌کننده مهمی برای قصد آن‌ها در استفاده از هوش مصنوعی و کشاورزی دیجیتال است (Mohr & Kühl, 2021). بر اساس توضیحات فوق، فرضیه نهم پژوهش حاضر به شرح زیر ارائه می‌گردد:

H9: نگرش به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده مدل مفهومی پژوهش به صورت نگاره ۳ آمده است.



نگاره ۳. مدل مفهومی پژوهش (اقتباس شده از مدل دیویس (1989))

جامعه آماری این پژوهش شامل مدیران، کارشناسان و خبرگان فعال در حوزه کشاورزی هوشمند در استان‌های تهران و البرز است که به دو طبقه متمایز تقسیم شد. بخش نخست شامل مدیران و کارشناسان سازمانی در نهادهای متولی امور کشاورزی (مانند سازمان امور اراضی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان مرکزی تعاون روستایی ایران، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، سازمان حفظ نباتات و همچنین سازمان توزیع نهاده‌های دامی) است. انتخاب اعضای این بخش بر اساس معیارهایی همچون نوع فعالیت، سطح تحصیلات (حداقل کارشناسی) و برخورداری از شناخت حداقلی در سطح متوسط نسبت به فناوری‌های کشاورزی هوشمند صورت گرفته است. تعداد کارکنان در این سازمان‌ها بر اساس معیارهای مذکور در استان تهران حدوداً ۶۳۰ نفر و در استان البرز حدوداً ۲۷۰ نفر برآورد شده است (مجموعاً ۹۰۰ نفر). بخش دوم جامعه آماری شامل کارآفرینان فعال در عرصه کشاورزی و کشاورزان نمونه و باتجربه است. از آنجا که پایگاه داده رسمی و مشخصی برای شمارش دقیق تعداد کارآفرینان و کشاورزان فعال در این حوزه جغرافیایی وجود ندارد، حجم این بخش از جامعه آماری «تامشخص» در نظر گرفته شد و از روش نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب اعضا استفاده گردید.

برای تعیین حجم نمونه مورد نیاز پژوهش، از روش نسبت تعداد اعضای نمونه به تعداد گویه‌ها (N:q) استفاده شد. با توجه به اینکه حداقل نسبت پیشنهادی توسط جکسون (Jackson, 2003) معادل ۱۰ به ۱ گزارش شده است (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۳) و با توجه به تعداد ۴۴ گویه پرسشنامه، حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۴۴۰ نفر برآورد گردید. با توجه به تفاوت ماهیت و شرایط دسترسی به دو گروه پاسخ‌دهندگان، روش نمونه‌گیری برای هر گروه به صورت جداگانه تعیین شد. در گروه نخست، شامل مدیران و کارشناسان، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد؛ بدین منظور، با مراجعه به نهادهای و سازمان‌های متولی امور کشاورزی در استان‌های تهران و البرز، افراد واجد شرایط بر اساس معیارهای از پیش تعیین‌شده شناسایی و پرسشنامه‌ها در میان آنان توزیع شد. حجم نمونه هدف برای این گروه ۳۷۰ نفر تعیین گردید. در گروه دوم، شامل کارآفرینان و کشاورزان، به دلیل نامعین بودن جامعه آماری و نبود پایگاه داده رسمی، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد و افراد واجد شرایط بر اساس معیارهای ورود به پژوهش و دسترسی به آنان انتخاب شدند. حجم نمونه هدف برای این گروه ۷۰ نفر تعیین گردید. بنابراین، حجم نمونه هدف پژوهش در مجموع ۴۴۰ نفر در نظر گرفته شد. به منظور پوشش نرخ عدم پاسخ‌دهی و اطمینان از دستیابی به حجم نمونه هدف، در سال ۱۴۰۳ مجموعاً ۴۹۵ پرسشنامه در دو گروه توزیع گردید؛ به طوریکه در گروه نخست (مدیران و کارشناسان)، ۴۱۸ پرسشنامه توزیع شد که از این میان، ۲۹۹ پرسشنامه در استان تهران و ۱۱۹ پرسشنامه در استان البرز توزیع گردید. در نهایت، ۳۱۲ پرسشنامه تکمیل‌شده و قابل‌قبول از این گروه جمع‌آوری شد. در گروه دوم (کارآفرینان و کشاورزان) نیز ۷۷ پرسشنامه توزیع گردید که از این تعداد، ۳۸ پرسشنامه تکمیل‌شده و معتبر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مجموع، ۳۵۰ پرسشنامه تکمیل‌شده از دو گروه جمع‌آوری و در تحلیل نهایی پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات دقیق توزیع و جمع‌آوری نمونه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات جامعه آماری، نحوه تخصیص و توزیع پرسشنامه‌ها

طبقه	برآورد جامعه	روش تخصیص	نمونه هدف	پرسشنامه‌های توزیع‌شده	پرسشنامه‌های قابل قبول (دریافت‌شده)
مدیران و کارشناسان	۹۰۰	غیرمتناسب (هدفمند)	۳۷۰	۴۱۸	۳۱۲
کارآفرینان و کشاورزان	نامشخص*	غیرمتناسب (هدفمند)	۷۰	۷۷	۳۸
جمع کل	-	-	۴۴۰	۴۹۵	۳۵۰

* به دلیل عدم وجود پایگاه داده رسمی

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-پیمایشی است. در این پژوهش، از پرسشنامه به‌عنوان ابزار اصلی گردآوری داده‌ها استفاده شده است. این پرسشنامه در دو بخش طراحی گردید؛ بخش اول شامل ویژگی‌های

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان مانند جنسیت، وضعیت تأهل، سن، سطح تحصیلات و سابقه کار و بخش دوم شامل گویه‌های تخصصی پژوهش است که جزئیات آن در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، برای سنجش پاسخ‌ها از مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت (کاملاً مخالفم، مخالفم، نظری ندارم، موافقم، کاملاً موافقم) بهره گرفته شد. شایان ذکر است تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS3 و مبتنی بر روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) انجام شده است. انتخاب این روش به دلیل مزایای آن، از جمله عدم نیاز به نرمال بودن داده‌ها و حساسیت کمتر نسبت به حجم نمونه، صورت پذیرفته است.

جدول ۲- ترکیب گویه‌های تخصصی پرسش‌نامه

ردیف	متغیرها	تعداد گویه	منبع
۱	نگرش رفتاری	۳	لی و همکاران (2023) Li et al
	هنجارهای اجتماعی	۴	ارکالو و همکاران (2025) Erekal et al
	کنترل رفتاری ادراک شده	۳	
	لذت ادراک شده	۳	حسینی‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) Sharma et al
۲	سازگاری	۲	ارکالو و همکاران (2025) Erekal et al
	مزیت نسبی	۵	یون و همکاران (2020) Yoon et al
	مزایای ادراک شده	۳	لی و همکاران (2016) Lin et al
	دسترسی به اینترنت	۴	اومیگی و همکاران (2015) Omigie et al
۳	سیاست‌های حمایتی دولت	۳	یون و همکاران (2020) Yoon et al
	سهولت استفاده ادراک شده	۳	ارکالو و همکاران (2025) Erekal et al
۵	سودمندی ادراک شده	۵	لی و همکاران (2023) Li et al
۶	نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند	۳	پیلای و سیواتانو (2020) Pillai and Sivathanu
			ارکالو و همکاران (2025) Erekal et al
۷	قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند	۳	سیواتانو (2018) Sivathanu
			پیلای و سیواتانو (2020) Pillai and Sivathanu
			ارکالو و همکاران (2025) Erekal et al

یافته‌ها

تحلیل توصیفی

تجزیه و تحلیل ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان در جدول ۳ نشان داده شده است.

تحلیل استنباطی

از طرفی، به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در این آزمون، چنانچه سطح معنی‌داری (Sig) بزرگ‌تر از سطح خطای ۰/۰۵ باشد، فرض صفر آزمون مبنی بر نرمال بودن

توزیع داده‌ها تأیید می‌شود، اما در صورتی که سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد شده و توزیع داده‌ها غیرنرمال تلقی می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، سطح معناداری آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای همه متغیرهای پژوهش کمتر از سطح خطای ۰/۰۵ است (رشادت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۹). از این رو، فرض صفر آزمون رد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش از توزیع نرمال برخوردار نیستند. خروجی آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

متغیر	طبقه	درصد
جنسیت	زن	۲۱/۶
	مرد	۷۸/۴
وضعیت تأهل	مجرد	۲۷/۲
	متاهل	۷۲/۸
سن	۲۰-۳۰	۹/۶
	۳۱-۴۰	۳۴/۲
	۴۱-۵۰	۴۵/۲
	۵۰ و بالاتر	۱۱/۰
میزان تحصیلات	دیپلم	۱/۲
	کاردانی	۲/۴
	کارشناسی	۱۸/۱
	کارشناسی ارشد	۲۳/۱
	دکتری	۵۵/۲
میزان سابقه کاری	کمتر از ۵	۱۲/۸
	۶-۱۰	۲۷/۲
	۱۱-۱۵	۲۳/۹
	۱۶-۲۰	۲۱/۶
	بالاتر از ۲۰	۱۴/۵

جدول ۴- نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

نتیجه آزمون	کولموگروف - اسمیرنوف		متغیرها
	سطح معناداری	آماره	
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۰۹۷	عوامل روانشناختی
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۱۰۹	عوامل فناوری
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۰۷۲	عوامل زیرساختاری
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۱۳۰	سودمندی ادراک‌شده
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۱۴۶	سهولت استفاده ادراک‌شده
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۱۲۸	نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند
رد فرض نرمال بودن	۰/۰۰۱۶	۰/۱۲۰	قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند

جهت تحلیل آماری در این پژوهش، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شده است و به ترتیب مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مدل اندازه‌گیری چگونگی ارتباط میان متغیرهای پنهان (مکنون) و متغیرهای آشکار (مشاهده‌شده) را مشخص می‌کند. در مقابل، مدل ساختاری نشان‌دهنده تعامل و ارتباط میان متغیرهای مکنون است (عسگرزاد نوری و همکاران، ۱۴۰۱). در این پژوهش، معیارهای مختلفی برای بررسی برازش مدل اندازه‌گیری استفاده شده که شامل روایی سازه، روایی همگرا و روایی واگرا و همچنین دو شاخص پایایی یعنی پایایی ترکیبی و ضریب آلفای کرونباخ است. خروجی‌های مدل‌های اندازه‌گیری و ساختاری در ادامه به صورت جداگانه ارائه شده‌اند.

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

مدل اندازه‌گیری: ارزیابی مدل اندازه‌گیری به منظور تضمین صحت و قابل اعتماد بودن نتایج حاصل از پژوهش بسیار حائز اهمیت است. در این ارزیابی، ابتدا بار عاملی سؤالات (شاخص‌ها) پژوهش و سپس پایایی و نیز روایی مدل بیرونی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از بارهای عاملی، ضریب آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی برای ارزیابی روایی سازه و پایایی پرسشنامه پژوهش استفاده شده است. مقدار مطلوب در تحلیل بار عاملی، آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی بهتر است به ترتیب بالای ۰/۴، ۰/۷ و ۰/۷ باشد (مولا قلچاچی و بشیر خداپرستی، ۱۴۰۱). لذا، مقادیر ارائه شده در جدول ۵ نشان‌دهنده مقدار بارهای عاملی خوب برای هر متغیر آشکار است و از طرفی، نتایج ضریب آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز نشان‌دهنده پایایی مطلوب متغیرها می‌باشد.

از سوی دیگر، نتایج روایی همگرا و واگرا در جدول ۶ ذکر شده است. در پژوهش حاضر از معیار میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) به منظور روایی همگرا استفاده شده است. این معیار به میزان همبستگی یک سازه با شاخص‌های خود اشاره دارد و از جهتی نیز هرچه این همبستگی بیشتر باشد، برازش نیز بیشتر است. بنابراین، این نکته که «مقدار مطلوب برای معیار میانگین واریانس استخراج‌شده باید بالای ۰/۵ باشد»، در جدول ۶ برقرار است. جهت بررسی روایی واگرا از معیار فورنل-لارکر استفاده شده است. معیار فورنل لارکر میزان ارتباط یک سازه با شاخص‌های خود در مقایسه با ارتباط آن سازه با سایر سازه‌ها است. نتایج به این صورت تشریح می‌گردد که اگر مقدار جذر میانگین واریانس استخراج‌شده متغیرهای مکنون که در خانه‌های موجود در قطر اصلی ماتریس قرار گرفته‌اند، به نسبت از مقدار همبستگی بین خانه‌های زیرین و سمت راست ماتریس بیشتر باشد، پس روایی واگرا مطلوب است (مولا قلچاچی و بشیر خداپرستی، ۱۴۰۱). بنابراین، جدول ۶ نشان دهنده روایی واگرای مطلوب متغیرها است.

جدول ۵- نتایج روایی سازه و پایایی

متغیر	گویه	بار عاملی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
عوامل روانشناختی		-	۰/۹۱۸	۰/۹۳۰
نگرش رفتاری	۱. من فکر می‌کنم مزایای فناوری/فناوری‌های کشاورزی هوشمند بیشتر از معایب آن است.	۰/۸۷۷	۰/۸۲۹	۰/۸۹۸
	۲. من فکر می‌کنم ضروری است که فناوری‌های کشاورزی هوشمند را اتخاذ کنیم.	۰/۸۶۰		
	۳. من فکر می‌کنم فناوری کشاورزی هوشمند یک روند توسعه آینده است.	۰/۸۵۲		
هنجارهای اجتماعی	۴. کشاورزانی که شبیه من هستند، عموماً از شیوه یا فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده می‌کنند.	۰/۷۹۴	۰/۷۵۲	۰/۸۴۸
	۵. کشاورزان در اطراف من نیز اقدام به استفاده از شیوه یا فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌کنند.	۰/۸۹۰		
	۶. افرادی که برای من مهم هستند، تایید می‌کنند که باید از شیوه یا فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده کنم.	۰/۸۴۹		
	۷. افرادی که نظرشان برای من ارزش دارد، فکر می‌کنند که من باید از شیوه یا فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده کنم.	۰/۴۸۰		
کنترل رفتاری ادراک‌شده	۸. من توانایی پیاده‌سازی یک شیوه/فناوری کشاورزی هوشمند را دارم.	۰/۸۹۱	۰/۷۹۲	۰/۸۷۹
	۹. اگر کاملاً به خودم بستگی داشت، اطمینان دارم که یک شیوه/فناوری کشاورزی هوشمند را اتخاذ خواهم کرد.	۰/۷۳۷		
	۱۰. من از منابع مالی و زمانی لازم برای انجام فعالیت‌های کشاورزی برخوردار هستم.	۰/۸۹۰		
لذت ادراک‌شده	۱۱. استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند سرگرم‌کننده است.	۰/۸۳۴	۰/۷۹۹	۰/۸۸۲
	۱۲. استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند لذت‌بخش است.	۰/۸۵۵		
	۱۳. استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند هیجان‌انگیز است.	۰/۸۴۵		

ادامه جدول ۵

متغیر	گویه	بار عاملی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
عوامل فناوری		-	۰/۹۰۱	۰/۹۲۰
سازگاری	۱۴. من بر این باورم که فناوری‌های کشاورزی هوشمند با روشی که کشاورز دوست دارد کار کند، مطابقت دارد.	۰/۸۸۶	۰/۷۱۶	۰/۸۷۶
	۱۵. من بر این باورم که فناوری‌های کشاورزی هوشمند با اهدافی که برای کشاورز مهم هستند، سازگار است.	۰/۸۷۹		
مزیت نسبی	۱۶. مزرعه هوشمند به کشاورز امکان می‌دهد عملیات تجاری را به شیوه‌ای کارآمد مدیریت کند.	۰/۸۳۰	۰/۸۷۹	۰/۹۱۲
	۱۷. استفاده از خدمات مزرعه هوشمند کیفیت عملیات را بهبود می‌بخشد.	۰/۸۵۴		
	۱۸. استفاده از مزرعه هوشمند به کشاورز امکان می‌دهد وظایف خاص را سریع‌تر انجام دهد.	۰/۸۱۶		
	۱۹. استفاده از مزرعه هوشمند فرصت‌های جدیدی را ارائه می‌دهد.	۰/۸۱۴		
	۲۰. استفاده از مزرعه هوشمند به کشاورز امکان می‌دهد بهره‌وری کسب و کار را افزایش دهد.	۰/۷۹۲		
مزایای ادراک‌شده	۲۱. فناوری‌های کشاورزی هوشمند زنجیره تأمین را شفاف‌تر می‌کند و سطح دیدپذیری را افزایش می‌دهد.	۰/۵۴۷	۰/۷۲۸	۰/۷۹۹
	۲۲. فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌تواند هزینه نیروی انسانی را کاهش دهد.	۰/۸۳۵		
	۲۳. فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌تواند بهره‌وری عملیاتی زنجیره تأمین را بهبود بخشد و در زمان صرفه‌جویی کند.	۰/۸۶۰		
عوامل زیرساختاری		-	۰/۸۶۶	۰/۸۹۷
دسترسی به اینترنت	۲۴. استفاده از اینترنت همراه (دسترسی به اینترنت) کار با فناوری‌های کشاورزی هوشمند را به میزان قابل‌توجهی تسهیل می‌کند.	۰/۷۸۳	۰/۷۸۶	۰/۸۶۱
	۲۵. از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به کشاورزی هوشمند و داده‌های مزرعه از طریق اینترنت همراه لذت می‌برم.	۰/۸۱۰		
	۲۶. از وب‌گردی، تبادل نظر و شبکه‌سازی با فعالان حوزه کشاورزی هوشمند با استفاده از دستگاه‌های همراه و اینترنت لذت می‌برم.	۰/۷۷۵		
	۲۷. از انجام امور مربوط به مدیریت مزرعه و تحلیل داده‌های کشاورزی هوشمند با کمک اینترنت همراه لذت می‌برم.	۰/۷۵۲		
سیاست‌های حمایتی دولت	۲۸. دولت اشکال مختلفی از حمایت را برای سازمان‌های کشاورزی جهت معرفی مزارع هوشمند فراهم می‌کند.	۰/۸۶۳	۰/۸۵۰	۰/۹۰۹
	۲۹. دولت از طریق ترویج مطالعات موردی موفق و آموزش‌های فنی، مزارع هوشمند را تشویق می‌کند.	۰/۸۹۴		
	۳۰. دولت از پروژه‌های مختلف اطلاع‌رسانی کشاورزی برای سازمان‌های کشاورزی حمایت می‌کند.	۰/۸۷۳		
سهولت استفاده ادراک‌شده	۳۱. من بر این باورم که یادگیری فناوری‌های کشاورزی هوشمند آسان خواهد بود.	۰/۷۷۳	۰/۸۳۹	۰/۹۰۳
	۳۲. من بر این باورم که کنترل فناوری‌های کشاورزی هوشمند آسان خواهد بود.	۰/۸۲۹		
	۳۳. من بر این باورم که درک نحوه استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند آسان خواهد بود.	۰/۸۵۷		

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری های نوین

ادامه جدول ۵

متغیر	گویه	بار عاملی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
سودمندی ادراک شده	۳۴. فناوری های کشاورزی هوشمند می توانند بازده اقتصادی را افزایش دهند.	۰/۸۹۵	۰/۸۸۸	۰/۹۱۸
	۳۵. فناوری های کشاورزی هوشمند می توانند بازده (محصول) را افزایش دهند.	۰/۸۰۰		
	۳۶. فناوری های کشاورزی هوشمند می توانند به صنعت سود برسانند.	۰/۸۷۶		
	۳۷. فناوری های کشاورزی هوشمند می توانند ورودی کار را کاهش داده و انرژی و نیروی بدنی را ذخیره کنند.	۰/۸۹۹		
	۳۸. فناوری های کشاورزی هوشمند می توانند مصرف آب، آفت کش و کود را کاهش دهند.	۰/۸۳۳		
نگرش نسبت به پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند	۳۹. فناوری های کشاورزی هوشمند برای کشاورزی ایده خوبی هستند.	۰/۸۷۰	۰/۸۷۱	۰/۹۲۱
	۴۰. فناوری های کشاورزی هوشمند برای کشاورزی مزایای زیادی دارند.	۰/۸۷۷		
	۴۱. فناوری های کشاورزی هوشمند در کشاورزی در آینده نزدیک ارزش زیادی خواهند افزود.	۰/۹۲۶		
قصد پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند	۴۲. من قصد دارم یک شیوه یا فناوری کشاورزی هوشمند را اتخاذ کنم.	۰/۸۶۹	۰/۷۷۰	۰/۸۶۶
	۴۳. من قصد دارم در طول پنج سال آینده از یک شیوه یا فناوری استفاده کنم.	۰/۷۹۹		
	۴۴. من به طور منظم سعی می کنم در آینده نزدیک از شیوه یا فناوری استفاده کنم.	۰/۸۱۱		

مدل ساختاری: نگاره ۴ مدل پژوهش را با جزئیات کامل ارائه می دهد. این مدل شامل متغیرهای مکنون و آشکار است و در قالب یک مدل اندازه گیری انعکاسی ترسیم شده است. همچنین، ضرایب مسیر و ضرایب تعیین بین متغیرها در این نگاره نمایش داده شده اند.

در ارتباط با تحلیل نگاره ۴ می توان بیان نمود از آنجایی که ضرایب مسیر یا همان ضریب بتا بیانگر مقدار تبیین، شدت و جهت تأثیر بین دو متغیر پنهان است و مقدار آن نیز عددی بین ۱- و ۱+ است، طبق نگاره ۴ بین متغیرهای پنهان پژوهش ارتباط خطی وجود دارد. در نگاره ۴ اعداد بین متغیرهای آشکار و پنهان (تحلیل عاملی تأییدی) نشان دهنده بارهای عاملی است. علاوه بر این، اعداد بین متغیرهای پنهان ضرایب مسیر را نشان می دهد و اعداد داخل دایره ها نیز بیانگر ضرایب تعیین متغیرهای پنهان درونزا است.

از سوی دیگر، نگاره ۵ خروجی مدل پژوهش به همراه ضرایب t را نشان می دهد. بعد از گرفتن خروجی مدل مفهومی به همراه ضرایب مسیر، اقدام به خروجی گرفتن از مدل پژوهش به همراه معناداری t می شود تا معناداری مسیرها مورد بررسی قرار گیرد. اعداد معناداری t ، معیاری برای سنجش رابطه بین متغیرها در مدل بخش ساختاری است. در صورتی که مقدار این اعداد از ۱/۹۶ بیشتر باشد، صحت رابطه بین سازه ها و در نتیجه تأیید فرضیه های پژوهش در سطوح اطمینان مختلف است. لذا، نگاره ۵ بیانگر تأیید مسیرهای مدل است.

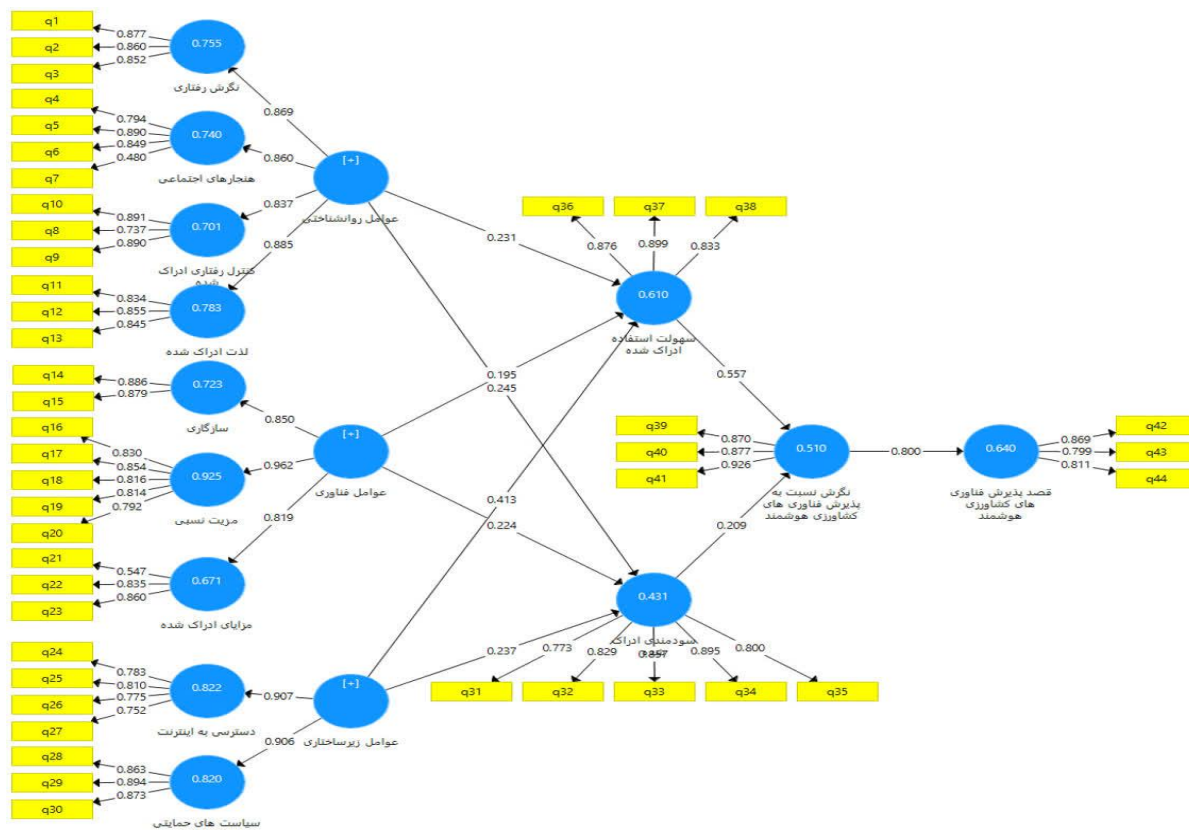
نتایج آزمون فرضیه های پژوهش در جدول ۷ ارائه شده است. با توجه به یافته ها، تمامی فرضیه ها مورد تأیید قرار گرفتند؛ چرا که مقادیر ضریب مسیر مثبت بوده و مقادیر آماره t نیز از سطح بحرانی ۱/۹۶ فراتر رفته است.

برآزش کل مدل: مقادیر مربوط به شاخص های برازش مدل در جدول ۸ نشان داده شده است. طبق این جدول، از شاخص ضریب تعیین به منظور متصل کردن مدل اندازه گیری و مدل ساختاری مدل سازی معادلات ساختاری استفاده شده است. معیار مزبور نشان دهنده تأثیری است که یک متغیر درونزا بر یک متغیر درونزا می گذارد. سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی ضریب تعیین مشخص شده است. همچنین، شاخص افزونگی، قدرت پیش بینی مدل را تعیین می کند. می توان در مورد شدت قدرت پیش بینی مدل جهت سازه های درونزا به ترتیب برای شدت های ضعیف، متوسط و قوی، سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ را در نظر گرفت (دلجو و همکاران، ۱۴۰۰). از این رو، جدول ۸ نتایج مطلوب این معیارها را نشان می دهد. جهت ارزیابی کیفیت مدل های اندازه گیری در روش PLS می توان از شاخصی کمک گرفت که به شاخص اشتراکی دلالت دارد.

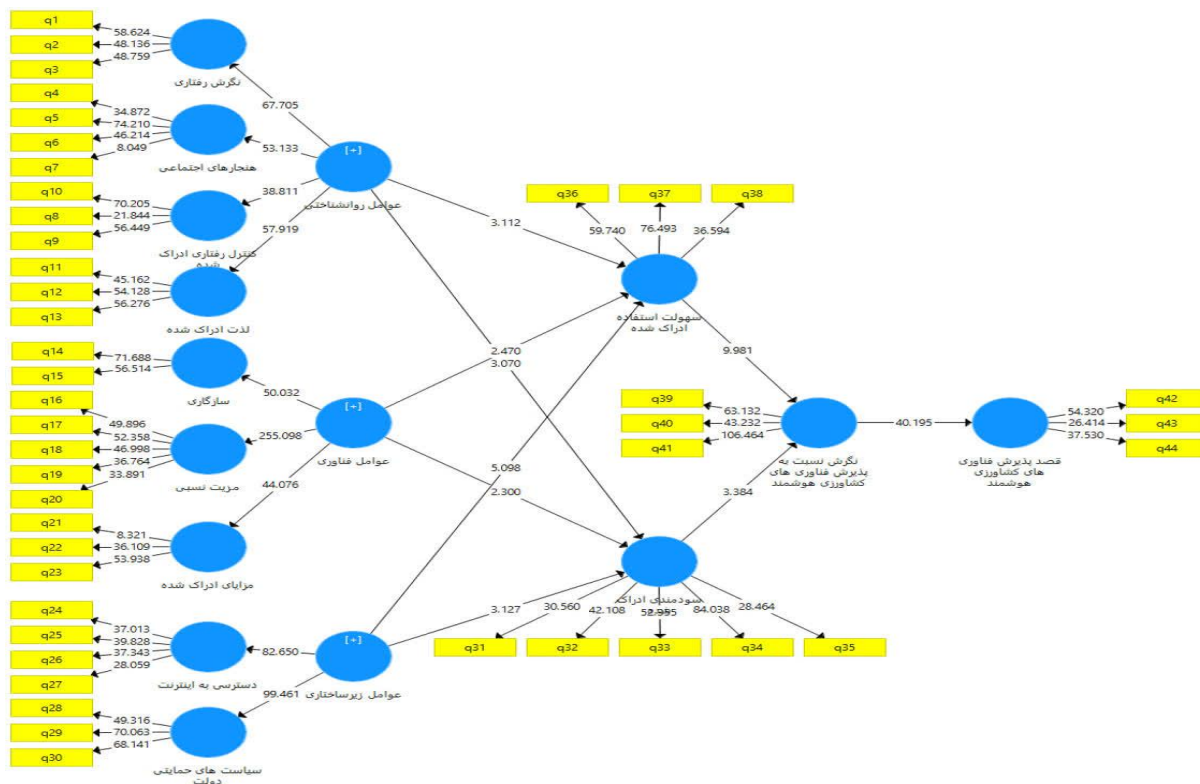
جدول ۶- ارزیابی روایی همگرا و واگرا مدل اندازه‌گیری

متغیر	AVE	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱. نگرش رفتاری	۰/۷۴۵	۰/۸۶۳												
۲. همکارهای اجتماعی	۰/۵۹۳	۰/۶۷۶	۰/۷۷۰											
۳. کنترل رفتاری ادراک‌شده	۰/۷۱۰	۰/۵۸۲	۰/۵۴۰	۰/۸۴۳										
۴. لذت ادراک‌شده	۰/۷۱۳	۰/۶۳۵	۰/۶۳۳	۰/۷۹۳	۰/۸۴۴									
۵. سازگاری	۰/۷۷۹	۰/۶۳۱	۰/۵۸۷	۰/۷۴۶	۰/۸۰۶	۰/۸۸۲								
۶. مزیت نسبی	۰/۶۷۵	۰/۶۰۳	۰/۵۷۰	۰/۷۳۳	۰/۸۰۱	۰/۷۵۱	۰/۸۲۱							
۷. مزایای ادراک‌شده	۰/۵۷۸	۰/۶۱۱	۰/۵۲۵	۰/۵۲۶	۰/۵۷۶	۰/۵۷۳	۰/۶۹۱	۰/۷۶۰						
۸. دسترسی به اینترنت	۰/۶۰۹	۰/۶۲۵	۰/۵۴۶	۰/۶۷۱	۰/۷۱۴	۰/۶۸۶	۰/۷۸۰	۰/۷۲۹	۰/۷۸۰					
۹. سیاست‌های حمایتی دولت	۰/۷۶۹	۰/۴۷۰	۰/۵۱۰	۰/۵۵۲	۰/۵۳۷	۰/۶۱۷	۰/۵۹۷	۰/۵۳۵	۰/۶۴۲	۰/۸۷۷				
۱۰. سهولت استفاده ادراک‌شده	۰/۷۵۷	۰/۵۵۰	۰/۶۰۳	۰/۶۰۱	۰/۶۵۶	۰/۶۷۳	۰/۶۶۸	۰/۵۹۶	۰/۶۴۹	۰/۷۰۳	۰/۸۷۰			
۱۱. سودمندی ادراک‌شده	۰/۶۹۲	۰/۴۹۷	۰/۴۸۸	۰/۵۷۳	۰/۵۳۸	۰/۵۸۱	۰/۵۷۲	۰/۵۰۸	۰/۵۰۱	۰/۵۸۴	۰/۶۷۰	۰/۸۳۲		
۱۲. نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند	۰/۷۹۵	۰/۴۸۲	۰/۵۱۰	۰/۶۸۴	۰/۶۷۵	۰/۶۷۹	۰/۷۳۶	۰/۶۰۵	۰/۷۱۳	۰/۶۶۲	۰/۶۹۷	۰/۵۸۲	۰/۸۹۱	
۱۳. قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند	۰/۶۸۴	۰/۴۹۸	۰/۵۳۹	۰/۵۸۲	۰/۵۹۷	۰/۵۳۳	۰/۶۴۲	۰/۵۸۱	۰/۶۴۷	۰/۶۱۹	۰/۶۳۳	۰/۵۰۷	۰/۷۰۰	۰/۸۲۷

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری های نوین



نگاره ۴- خروجی مدل به همراه ضرایب مسیر، ضرایب تعیین و بارهای عاملی



نگاره ۵- خروجی مدل به همراه ضرایب معناداری t

جدول ۷- نتایج فرضیه‌ها

فرضیه	ضریب مسیر	ضریب t	نتیجه
H ₁ : عوامل روانشناختی (نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده و لذت ادراک‌شده) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۲۳۱	۳/۴۰۹	تأیید
H ₂ : عوامل روانشناختی (نگرش رفتاری، هنجارهای اجتماعی، کنترل رفتاری ادراک‌شده و لذت ادراک‌شده) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۲۴۵	۳/۳۵۰	تأیید
H ₃ : عوامل فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۱۹۵	۲/۵۲۰	تأیید
H ₄ : عوامل فناوری (سازگاری، مزیت نسبی و مزایای ادراک‌شده) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۲۲۴	۲/۴۲۹	تأیید
H ₅ : عوامل زیرساختاری (دسترسی به اینترنت و سیاست‌های حمایتی دولت) بر سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۴۱۳	۵/۲۴۱	تأیید
H ₆ : عوامل زیرساختاری (دسترسی به اینترنت و سیاست‌های حمایتی دولت) بر سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارند.	۰/۲۳۷	۲/۹۴۲	تأیید
H ₇ : سهولت استفاده ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد.	۰/۵۵۷	۹/۹۰۵	تأیید
H ₈ : سودمندی ادراک‌شده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد.	۰/۲۰۹	۳/۳۵۹	تأیید
H ₉ : نگرش به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند بر قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد.	۰/۸۰۰	۴۱/۲۸۷	تأیید

معیار مزبور بیان می‌کند که چه مقدار از تغییرپذیری معیارها (سؤالات) توسط سازه مرتبط با خود، تبیین می‌گردد. مقادیر مثبت این شاخص نشان‌دهنده کیفیت مناسب و قابل قبول مدل اندازه‌گیری است (دلجو و همکاران، ۱۴۰۰). بنابراین، جدول ۸، خروجی این معیار را توسط نرم‌افزار SmartPLS نشان می‌دهد که بیانگر کیفیت مناسب مدل اندازه‌گیری می‌باشد. قابل ذکر است که در این پژوهش به‌منظور برازش کلی مدل از شاخص نیکویی برازش (GOF) استفاده شده است. سه مقدار از جمله ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است و هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد می‌توان بیان نمود که برازش کلی آن مدل در حد مطلوبی قرار دارد. بنابراین، جدول ۸ مقدار این شاخص را نشان می‌دهد و نتیجه نشان‌دهنده قدرت بالای مدل با مقدار ۰/۶۹۹ است. از سوی دیگر، به‌منظور ارزیابی برازش کلی مدل، شاخص‌های برازش شامل میانگین ریشه دوم مربعات باقیمانده (SRMR)، ریشه میانگین مربعات (RMS Theta)، مجذور فاصله اقلیدسی (d_{ULS})، فاصله ژئودزیکی (d_G)، مربع کای اصلاح‌شده (χ^2/df) و شاخص تناسب هنجار (NFI) محاسبه و نتایج آن در جدول ۹ ارائه شده است. شاخص SRMR به‌عنوان معیاری برای ارزیابی تفاوت بین همبستگی‌های مشاهده‌شده و مدل‌سازی‌شده (با آستانه پذیرش زیر ۰/۰۸) لحاظ شد (حاجی و ولی‌زاده، ۱۴۰۲؛ Wang et al., Hu & Bentler, 1999). همچنین، شاخص NFI برای بررسی کیفیت برازش مدل (با آستانه ۰/۹ و بالاتر) گزارش گردید (حاجی و ولی‌زاده، ۱۴۰۲؛ لطفوی و همکاران، ۱۴۰۲؛ یزدانجو و همکاران، ۱۴۰۳؛ Wang et al., 2019). شاخص RMS Theta نیز جهت سنجش میزان برازش مدل‌های بازتابی به‌کار گرفته شد که مقادیر کمتر از ۰/۱۲ برای آن مطلوب تلقی می‌شود (طاهری و همکاران، ۱۴۰۱؛ لطفوی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Wang et al., 2019). علاوه بر این، از شاخص‌های مبتنی بر فاصله و شاخص کای اسکوتر هنجارشده استفاده شد که نتایج آن‌ها در جدول ۹ ارائه شده است. بر اساس یافته‌ها، شاخص مجذور فاصله اقلیدسی (d_{ULS}) برابر با ۰/۹۹۳ و شاخص فاصله ژئودزیکی (d_G) برابر با ۰/۴۸۴ محاسبه شد که هر دو مقدار در محدوده بیشتر از ۰/۰۵ قرار

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری های نوین

دارند، که نشان دهنده برازش مطلوب مدل و عدم وجود اختلاف معنادار بین مدل نظری و داده های مشاهده شده است (طاهری و همکاران، ۱۴۰۱؛ حاجی و ولی زاده، ۱۴۰۲؛ لطفوی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Wang et al., 2019). علاوه بر این، مقدار شاخص مربع کای اصلاح شده (Chi-square/df) برابر با ۱/۲۴۲ گزارش شد که در بازه استاندارد (کمتر از ۳) قرار دارد و مؤید کفایت آماری و انطباق بالای مدل ساختاری پژوهش با داده های تجربی است (کریمی و عطایی، ۱۴۰۲؛ حاجی و ولی زاده، ۱۴۰۲؛ یزدانجو و همکاران، ۱۴۰۳).

جدول ۸- شاخص های برازش مدل ساختاری

متغیر	ضریب تعیین	شاخص افزونگی	شاخص اشتراکی	شاخص نیکویی برازش
عوامل روانشناختی	-	-	۰/۷۳۹	
نگرش رفتاری	۰/۷۵۵	۰/۵۲۴	۰/۶۲۵	
هنجارهای اجتماعی	۰/۷۴۰	۰/۴۰۸	۰/۵۴۶	
کنترل رفتاری ادراک شده	۰/۷۰۱	۰/۴۶۴	۰/۶۷۱	
لذت ادراک شده	۰/۷۸۳	۰/۵۲۰	۰/۷۱۴	
عوامل فناوری	-	-	۰/۸۳۰	
سازگاری	۰/۷۲۳	۰/۵۳۲	۰/۶۸۶	
مزیت نسبی	۰/۹۲۵	۰/۵۸۰	۰/۷۸۶	۰/۶۹۹
مزایای ادراک شده	۰/۶۷۱	۰/۳۶۲	۰/۷۲۹	
عوامل زیرساختاری	-	-	۰/۹۰۷	
دسترسی به اینترنت	۰/۸۲۲	۰/۴۶۶	۰/۷۸۰	
سیاست های حمایتی دولت	۰/۸۲۰	۰/۵۸۷	۰/۶۴۲	
سهولت استفاده ادراک شده	۰/۶۱۰	۰/۴۲۶	۰/۶۳۹	
سودمندی ادراک شده	۰/۴۳۱	۰/۲۷۵	۰/۵۰۱	
نگرش نسبت به پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند	۰/۵۱۰	۰/۳۷۴	۰/۷۱۳	
قصد پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند	۰/۶۴۰	۰/۴۰۵	۰/۶۴۷	

جدول ۹- مقایسه شاخص های برازش مدل با حد بالای بازه اطمینان ۹۵٪

معیارهای برازش مدل	شاخص	مقدار محاسبه شده	حد بالای بازه اطمینان ۹۵٪	نتیجه
ریشه میانگین مربعات باقیمانده استاندارد شده	SRMR	۰/۰۵	< ۰/۰۸	خوب
شاخص ریشه (جذر) میانگین مربعات	RMS Theta	۰/۱۱۹	≤ ۰/۱۲	خوب
شاخص مجذور فاصله اقلیدسی	d _{ULS}	۰/۹۹۳	> ۰/۰۵	خوب
شاخص فاصله ژئودزیکی	d _G	۰/۴۸۴	> ۰/۰۵	خوب
شاخص مربع کای اصلاح شده	Chi-square/df	۱/۲۴۲	≤ ۳	خوب
شاخص تناسب هنجار	NFI	۰/۹	≥ ۰/۹	خوب

Chi-square=1104.065, df=889

نتیجه گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند انجام شد. نتایج به دست آمده از تحلیل داده ها، مدل مفهومی و فرضیات پژوهش را تأیید کرد. بدین ترتیب، مدیران حوزه کشاورزی و کشاورزان با آگاهی و شناخت کافی از این عوامل می توانند تصمیمات بهتری در راستای پذیرش فناوری های کشاورزی هوشمند اتخاذ کنند. در ادامه، نتایج آزمون فرضیات پژوهش به تفکیک تحلیل شده است.

نتایج بررسی فرضیه نخست و دوم پژوهش نشان داد عوامل روانشناختی بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده تأثیر مثبت و معنادار دارند. عامل نگرش رفتاری مثبت کشاورزان که از ارزیابی مثبت آن‌ها نسبت به راحتی و اثربخشی فناوری ناشی می‌شود، ادراک سهولت و سودمندی استفاده را افزایش می‌دهد؛ چرا که تمایل به پذیرش با ارزیابی مثبت‌تر از منافع فناوری قوی‌تر می‌شود. همزمان، عامل هنجارهای اجتماعی از طریق یادگیری همتا و تأیید گروه‌های مرجع با ایجاد فشارهای ملموس و غیرملموس برای انطباق و شکل‌دهی نگرش‌ها بر اساس انتظارات اجتماعی باعث می‌شود کشاورزان استفاده از فناوری را آسان‌تر و سودمندتر ببینند، به‌ویژه هنگامی که برداشت از نظرات خانواده و دوستان یا تمایل به حفظ جایگاه اجتماعی در پذیرش نقش ایفا کند. عامل کنترل رفتاری ادراک شده نیز منعکس‌کننده ادراک کشاورزان از سهولت یا دشواری پذیرش است، با تقویت اطمینان به توانایی‌ها، دسترسی به منابع و دانش لازم به‌طور مستقیم به درک سهولت و سودمندی کمک می‌کند؛ چرا که کشاورزان خود را مسلط و توانا می‌بینند. در نهایت، لذت ادراک شده به‌عنوان یک انگیزه درونی که از خود فعالیت استفاده از فناوری نشأت می‌گیرد و تجربه‌ای لذت‌بخش را نوید می‌دهد به‌عنوان محرکی برای انجام عمل، ادراک سهولت و سودمندی استفاده را افزایش می‌دهد؛ زیرا این فرآیند را جذاب‌تر و مطلوب‌تر جلوه می‌دهد و به‌عنوان پیش‌نیازی برای قصد رفتاری عمل می‌کند. یافته مذکور با نتایج پژوهش‌های عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳)، هوتل و همکاران (Hüttel et al., 2022) و شارما و همکاران (Sharma et al., 2025) سازگار است. هوتل و همکاران (Hüttel et al., 2022) تأثیر مثبت هنجارهای اجتماعی بر قصد رفتاری را تأیید کرده‌اند. عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که هنجارهای ذهنی و خودکارآمدی بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده فناوری اطلاعات سبب تأثیر مثبت دارد. نتایج پژوهش شارما و همکاران (Sharma et al., 2025) حاکی از این است که انگیزه لذت‌گرایانه بر قصد رفتاری و پذیرش واقعی محصولات و خدمات فین‌تک تأثیر مثبت دارد. در ارتباط با تأیید تأثیر مثبت عوامل روانشناختی بر سهولت استفاده ادراک شده، مدیران حوزه کشاورزی می‌بایست با برگزاری کارگاه‌های عملی بر سادگی رابط کاربری و فرآیند راه‌اندازی تمرکز کنند. انتشار داستان‌های موفقیت که سهولت استفاده روزمره را برجسته می‌نماید، تشویق تبادل تجربه بین کشاورزان پیشرو و ارائه پشتیبانی فنی سریع و در دسترس به کشاورزان اطمینان می‌دهد که توانایی پیاده‌سازی و استفاده مؤثر از فناوری را دارند. همچنین، ایجاد تجربه‌های کاربری جذاب و بازخورد مثبت حین استفاده، حس لذت و دلپذیری را افزایش داده و در نتیجه، دشواری ادراک شده را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، در راستای تأیید تأثیر مثبت عوامل روانشناختی بر سودمندی ادراک شده به مدیران حوزه کشاورزی توصیه می‌شود به‌طور شفاف تحلیل‌های بازگشت سرمایه و داده‌های عینی از افزایش محصول و کاهش هزینه‌ها را ارائه دهند. برجسته کردن نتایج ملموس و سودآوری که کشاورزان موفق از این فناوری‌ها کسب کرده‌اند، باور به سودمندی را تقویت می‌کند. ارائه آموزش‌های عمیق‌تر برای حداکثرسازی بهره‌وری و مشاوره تخصصی پس از پیاده‌سازی به کشاورزان کمک می‌کند تا ارزش واقعی فناوری را درک کنند. همچنین، تأکید بر اینکه این فناوری‌ها می‌توانند رضایت شغلی را از طریق کاهش وظایف طاقت‌فرسا و ارائه بینش‌های جدید افزایش دهند، به درک کلی از سودمندی کمک شایانی خواهد کرد. بر اساس آزمون فرضیه سوم و چهارم پژوهش مشخص شد بین عوامل فناوری و سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده ارتباط مثبت وجود دارد. این یافته بدین معناست که عامل سازگاری فناوری با ارزش‌ها، رویه‌ها و نیازهای موجود کشاورزان باعث می‌شود که این فناوری‌ها در چارچوب تجربیات و شیوه‌های کاری فعلی آن‌ها قرار گیرند و هماهنگی بالایی داشته باشند. این همخوانی بالا درک سهولت استفاده را افزایش داده و همچنین سودمندی آن را نیز تقویت می‌کند؛ چرا که نیازهای موجود را به‌طور مؤثرتری برطرف می‌سازد. همچنین، عامل مزیت نسبی به معنای درک برتری یک فناوری نسبت به جایگزین‌های موجود است، تأثیر مستقیمی بر سهولت و سودمندی ادراک شده دارد. هرچه کشاورزان این برتری را در افزایش امنیت، بهره‌وری، کیفیت محصولات یا کاهش هزینه‌ها بیشتر درک کنند، سهولت و سودمندی ادراک شده نیز افزایش می‌یابد؛ زیرا این فناوری به‌عنوان راه‌حلی کارآمدتر و مطلوب‌تر تلقی می‌شود، که درک پیچیدگی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طور مشابه، عامل مزایای ادراک شده که نتایج مثبت مورد انتظار از فناوری را شامل می‌شود، مانند افزایش تولید، کاهش هزینه‌ها و بهبود بازدهی، مستقیماً بر ارزیابی کشاورزان از سهولت و سودمندی فناوری تأثیر می‌گذارد. درک واضح این مزایا که اغلب با نگرش مثبت نسبت به فناوری مرتبط است باعث می‌شود کشاورزان فناوری‌های کشاورزی هوشمند را نه تنها قابل استفاده‌تر، بلکه مفیدتر و ارزشمندتر برای فعالیت‌های خود ببینند. یافته مزبور سازگار با نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳)، پیلا و

سیواتانو (Pillai & Sivathanu, 2020) و پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) است. نتایج پژوهش پیلای و سیواتانو (Pillai & Sivathanu, 2020) حاکی از این است که بین مزیت نسبی و پذیرش فناوری اینترنت اشیاء ارتباط مثبت وجود دارد. عسگرنژاد نوری و مولا قلچاچی (۱۴۰۳) تأیید کرده‌اند عامل سازگاری و مزیت نسبی بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده فناوری اطلاعات سبز تأثیر مثبت و معنادار دارد. پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) در پژوهش خود نیز نشان داده‌اند عوامل فناوری همچون سازگاری و مزیت نسبی بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. در ارتباط با تأیید تأثیر مثبت عوامل فناوری بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده، به مدیران کشاورزی توصیه می‌شود باید فناوری‌های هوشمند را طوری معرفی کنند که با شیوه کار و اهداف کشاورز سازگار باشد، آموزش و پیاده‌سازی را در بستر فعالیت روزمره انجام دهند، با مقایسه‌های تصویری یا داده‌ای نشان دهند که کار با فناوری سریع‌تر و ساده‌تر از روش‌های سنتی است و بخش‌هایی از فناوری را برجسته کنند که وظایف پیچیده را خودکار کرده و نیاز به تنظیمات یا ورودی دستی را کاهش می‌دهد. برای افزایش سودمندی ادراک‌شده نیز لازم است کاربرد فناوری مستقیماً به نتایج مالی و تجاری کشاورز متصل شود، نمونه‌های موفق از مزارع مشابه مستندسازی و ارائه گردد و با استفاده از داشبوردهای شفاف، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، زمان و بهبود شفافیت زنجیره تأمین به طور عددی و مستند نمایش داده شود تا کشاورز ارزش عملیاتی و مزیت رقابتی فناوری را به روشنی درک کند. بر اساس آزمون فرضیه پنجم و ششم پژوهش تأیید شد عوامل زیرساختاری بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده تأثیر مثبت دارد. بر این اساس، دسترسی به اینترنت به عنوان یک زیرساخت ارتباطی کلیدی، هزینه‌های دسترسی و کسب دانش مربوط به فناوری‌های کشاورزی هوشمند را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد؛ چرا که ساختار مسطح و تعاملی آن فراتر از محدودیت‌های فضایی و زمانی عمل کرده و امکان دریافت آسان دانش به روز را فراهم می‌آورد. این دسترسی آسان به دانش، درک سهولت استفاده را تقویت کرده و با افزایش آگاهی و غنی‌سازی اطلاعات کشاورزان از طریق تعامل با همتایان و الگوبرداری، سودمندی ادراک‌شده را نیز افزایش می‌دهد. همچنین، اینترنت با تسهیل دسترسی به اطلاعات بازار، کاهش چالش‌های مرتبط با آن و بهبود موقعیت کشاورزان در زنجیره تأمین، راحتی کسب فناوری‌ها را افزایش داده و در نتیجه، تمایل به پذیرش را بیشتر می‌کند. از سوی دیگر، سیاست‌گذاری‌های دولتی، از جمله تلاش‌های ترویجی، سازماندهی آموزش‌های مرتبط و سازوکارهای یارانه‌ای نقش حیاتی در هدایت رفتار کشاورزان ایفا می‌کند. دولت با استفاده از قالب‌های متنوع اینترنت برای تبلیغات و آموزش و ارائه دانش نظری به شیوه‌ای جذاب و تعاملی می‌تواند فرآیند یادگیری و پذیرش فناوری را تسهیل کند. این حمایت‌ها چه از طریق ارتقای دانش فنی و چه کاهش موانع عملی، به کشاورزان این باور را می‌دهد که استفاده از فناوری‌های پیشرفته آسان و قابل یادگیری است، که این خود مستقیماً بر درک سهولت و سودمندی این فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد. یافته مذکور با نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلچاچی (۱۴۰۳)، کای و همکاران (Kai et al., 2023)، لیاو و همکاران (Liao et al., 2025)، ما و همکاران (Ma et al., 2025) و پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) سازگار است. نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلچاچی (۱۴۰۳) حاکی از این است که حمایت دولت بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده فناوری اطلاعات سبز تأثیر مثبت دارد. کای و همکاران (Kai et al., 2023) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافته‌اند که بین اینترنت و پذیرش مدیریت تلفیقی آفات ارتباط مثبت وجود دارد. لیاو و همکاران (Liao et al., 2025) تأثیر کانال‌های اطلاعاتی اینترنت بر رفتار پذیرش کشاورزان را تأیید کرده‌اند. ما و همکاران (Ma et al., 2025) در پژوهش خود نشان داده‌اند دسترسی به اینترنت یکی از عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری کشاورزان روستایی برای استفاده از تلفن هوشمند محسوب می‌شود. پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) در پژوهش خود نیز نشان داده‌اند حمایت دولت بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. در ارتباط با تأیید تأثیر مثبت عوامل زیرساختاری بر سهولت استفاده و سودمندی ادراک‌شده به مدیران کشاورزی پیشنهاد می‌شود با تأمین اینترنت همراه پرسرعت در مزارع، آموزش عملی کارکنان برای کار با اپلیکیشن‌ها و پلتفرم‌های کشاورزی هوشمند و ایجاد داشبوردهای تحلیلی آنلاین برای پایش عملکرد مزرعه و تصمیم‌گیری سریع، هم سهولت استفاده و هم درک سودمندی این فناوری‌ها را افزایش دهند. دولت نیز می‌تواند با گسترش زیرساخت اینترنت 4G و 5G در مناطق روستایی، ارائه یارانه یا تسهیلات به اپراتورها، برگزاری کارگاه‌های مهارتی برای کشاورزان و انتشار مطالعات موردی موفق همراه با حمایت مالی از طرح‌های هوشمندسازی، این روند را تسریع و نتایج ملموس آن را در افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها تقویت کند.

بر اساس آزمون فرضیه هفتم و هشتم پژوهش مشخص شد سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده بر نگرش پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند تأثیر مثبت و معنادار دارد. این یافته‌ها بدین معنا است که سهولت استفاده ادراک شده که به باور کشاورزان در مورد آسانی یادگیری و به‌کارگیری فناوری اشاره دارد و سودمندی ادراک شده که به باور آن‌ها در مورد مفید بودن فناوری برای بهبود عملکرد آن‌ها مربوط می‌شود، هر دو عوامل حیاتی در شکل‌دهی نگرش نسبت به پذیرش فناوری هستند. هنگامی که کشاورزان باور دارند فناوری‌های کشاورزی هوشمند، یادگیری و استفاده آسانی دارند و همچنین معتقدند این فناوری‌ها با افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت محصولات و یا کاهش هزینه‌ها به نفع آن‌هاست، اعتماد و تمایل بیشتری به پذیرش آن‌ها پیدا می‌کنند. یافته مزبور سازگار با نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳)، اردیم و آئر (Erdem & Ağır., 2024) و پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) است. نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳) حاکی از آن است که سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده بر نگرش نسبت به پذیرش فناوری اطلاعات سبز تأثیر مثبت و معنادار دارد. اردیم و آئر (Erdem & Ağır., 2024) در پژوهش خود نشان داده‌اند سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده بر پذیرش فناوری تأثیر معنادار دارد. نتایج پژوهش پوجا و همکاران (Pooja et al., 2025) حاکی از آن است که سهولت استفاده و سودمندی ادراک شده بر پذیرش فناوری بلاکچین تأثیر معنادار دارد. برای تقویت سهولت استفاده ادراک شده و در نتیجه بهبود نگرش کشاورزان نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند، به مدیران کشاورزی پیشنهاد می‌شود در کنار نصب و راه‌اندازی این فناوری‌ها، یک برنامه آموزش عملی گام‌به‌گام و ساده‌شده (مثلاً برنامه یادگیری ۳۰ روزه کار با فناوری کشاورزی هوشمند) طراحی کنند که شامل نمایش عملی در مزرعه، آموزش با زبان بومی یا محلی و ارائه راهنماهای تصویری و ویدئویی قابل‌دسترس از طریق گوشی همراه باشد. این کار نه تنها یادگیری و کنترل فناوری را آسان‌تر می‌کند بلکه موجب می‌شود کشاورزان با اطمینان و علاقه بیشتری به استفاده از آن تمایل پیدا کنند. برای تقویت سودمندی ادراک شده و در نتیجه بهبود نگرش کشاورزان نسبت به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند، به مدیران کشاورزی پیشنهاد می‌شود یک «برنامه پالوت مزرعه‌نمایشی» اجراء کنند که در آن بخشی از مزرعه با استفاده از فناوری‌های هوشمند (مانند سیستم‌های دقیق آبیاری، حسگرهای هوشمند و مدیریت داده) و بخش دیگر به شیوه سنتی کشت شود. سپس داده‌های واقعی از نظر بازده اقتصادی، میزان محصول، کاهش مصرف آب، کود و آفت‌کش و صرفه‌جویی در نیروی کار به‌صورت شفاف ثبت و به کشاورزان منطقه ارائه شود. این مقایسه عینی باعث می‌شود سودمندی فناوری به شکل ملموس دیده شود و کشاورزان نگرش مثبت و اعتماد بیشتری نسبت به پذیرش آن پیدا کنند.

مبتنی بر آزمون فرضیه نهم پژوهش مشخص شد بین نگرش و قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند ارتباط معنادار وجود دارد. نگرش به‌عنوان یک عامل شناختی که شامل ارزیابی مثبت یا منفی فرد نسبت به یک رفتار است، نقش مهمی در شکل‌گیری قصد رفتاری دارد؛ یعنی کشاورزانی که مزایای ادراک شده از فناوری‌های هوشمند را سودمند و مثبت ارزیابی می‌کنند، تمایل بیشتری به پذیرش و به‌کارگیری این فناوری‌ها دارند. یافته مزبور سازگار با نتایج پژوهش عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی (۱۴۰۳)، اسدی و همکاران (Asadi et al., 2018) و شانگ و همکاران (Shang et al., 2021) است. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2018) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که نگرش نسبت به فناوری اطلاعات سبز بر قصد استفاده از آن تأثیر مثبت دارد (عسگرنژاد نوری و مولا قلقاچی، ۱۴۰۳). شانگ و همکاران (Shang et al., 2021) ثابت کرده‌اند که نگرش کشاورزان نسبت به فناوری پیش‌بینی‌کننده مهمی برای قصد آن‌ها در استفاده از هوش مصنوعی و کشاورزی دیجیتال است (Mohr & Kühl., 2021). به‌منظور تبدیل نگرش مثبت به قصد واقعی در پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند به مدیران کشاورزی پیشنهاد می‌گردد یک برنامه تشویقی پذیرش طراحی کنند که دربرگیرنده ارائه تسهیلات یا تخفیف در خرید تجهیزات هوشمند به کشاورزانی باشد که طی یک دوره مشخص فناوری را در مزرعه خود به‌کار می‌گیرند و نتایج آن را گزارش می‌کنند. همراه با این طرح، برگزاری بازدیدهای گروهی از مزارع مجهز به فناوری‌های هوشمند و ارائه داستان‌های موفقیت محلی باعث می‌شود کشاورزان علاوه بر درک مزایا و ارزش آینده این فناوری‌ها، انگیزه عملی برای استفاده و اجرای آن در مزارع خود پیدا کنند.

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بوده که در تحقیقات آتی می‌توان به آن‌ها پرداخت؛ از جمله، گسترش مدل مفهومی با در نظر گرفتن عواملی چون «تکنوفوبیا» و «سرگرمی ادراک شده» در دسته عوامل روانشناختی و همچنین «هزینه ادراک شده» و

کشاورزی هوشمند به عنوان راهکار پایدار: بررسی عوامل کلیدی در پذیرش فناوری‌های نوین

«پیچیدگی» در دسته عوامل فناورانه، ضمن بررسی تأثیر «سهولت استفاده ادراک‌شده» بر «سودمندی ادراک‌شده» و نقش متغیر میانجی «ویژگی‌های جمعیت‌شناختی» در ارتباط بین نگرش و قصد پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند. علاوه بر این، جامعه آماری در این پژوهش محدود به مدیران، کارشناسان و خبرگان در حوزه کشاورزی هوشمند استان تهران و البرز است که این امر تعمیم یافته‌ها به سایر استان‌ها را محدود می‌کند. از این رو، توصیه می‌شود پژوهشگران آتی با بررسی مدل پژوهش حاضر در بین کشاورزان و سایر استان‌ها، مطالعات مقایسه‌ای انجام دهند و شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود را شناسایی کنند تا درک جامع‌تری از عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند در شرایط مختلف حاصل شود. از طرفی، با عنایت به محدودیت استفاده از پرسشنامه در جمع‌آوری داده‌ها و عدم امکان کنترل دقیق بر پاسخ‌ها، توصیه می‌شود از ابزارهای گردآوری داده‌های عمیق‌تر مانند مصاحبه‌های عمیق، گروه‌های کانونی و تکنیک‌های فرافکن استفاده شود تا نگرش‌ها و تجربیات مدیران، خبرگان و کشاورزان به‌طور کامل‌تر استخراج گردد. در نهایت، با توجه به رویکرد کمی این پژوهش، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی به بررسی پیشایندها و پسایندهای پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند با روش فراترکیب و همچنین مدل‌سازی قصد پذیرش این فناوری‌ها با رویکرد داده بنیاد در میان کشاورزان به‌ویژه کشاورزان جوان بپردازند.

منابع

- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. (۱۴۰۴). گزارش هوشمندسازی آبیاری کلید عبور از بحران کم آبی در کشاورزی ایران. تهران. قابل دسترس در آدرس اینترنتی: <<https://areeo.ac.ir/fa/news/7039>>
- سازمان جهاد کشاورزی استان البرز. (۱۴۰۴). گزارش تولید ۲/۵ میلیون تن محصولات کشاورزی و دامی در البرز. البرز. قابل دسترس در آدرس اینترنتی: <<https://www.isna.ir/news/1404081408463>>
- سازمان جهاد کشاورزی استان البرز. (۱۴۰۴). گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان البرز پیشگام در اجرای سامانه الکترونیکی توزیع بذر. البرز. قابل دسترس در آدرس اینترنتی: <<https://alborz.maj.ir/XSKk>>
- سازمان جهاد کشاورزی استان تهران. (۱۴۰۳). گزارش ایرنا؛ تولید پسته در استان تهران به بیش از ۱۰ هزار و ۵۰۰ تن رسید. تهران. قابل دسترس در اینترنتی: <<https://www.irna.ir/amp/85649367/>>
- سازمان جهاد کشاورزی استان تهران. (۱۴۰۴). گزارش ایسنا؛ تهران با وجود ۲ درصد خاک کشاورزی، ۵ درصد تولید محصول دارد. تهران. قابل دسترس در اینترنتی: <<https://www.isna.ir/news/97010701335/>>
- سازمان جهاد کشاورزی پاکدشت. (۱۴۰۴). گزارش کشاورزی هوشمند با پهپاد در پاکدشت. پاکدشت. قابل دسترس در اینترنتی: <<http://seda.ir/sh/?5956797>>
- شرکت سوواران. (۱۴۰۴). گزارش سیستم آبیاری هوشمند، سنسور رطوبت خاک و آبیاری اتوماتیک. قابل دسترس در اینترنتی: <<https://www.soovaran.com>>
- طاهری، ز.، عباسی، عنایت، بیژنی، م.، و قاسمی، ج. (۱۴۰۱). راهکارهای بهبود فرآیند مدیریت دانش در نظام نوین ترویج کشاورزی (مورد مطالعه: استان زنجان). علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، دوره ۱۸، صص ۶۱-۷۱.
- عسگرنژاد نوری، ب.، و مولا قلقاچی، م. (۱۴۰۳). بررسی مدل جامع عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری اطلاعات سبز (مورد مطالعه: دانشگاه ارومیه). فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، دوره ۱۳، شماره ۲، صص ۹۷-۱۱۵. <https://doi.org/10.30473/ee.2024.68654.2660>
- عسگرنژاد نوری، ب.، ابراهیم‌پور، ح.، نامی، ب.، و حمیدزاده اربابی، ع. (۱۴۰۱). تأثیر مدیریت دانش بر توسعه حرفه‌ای کارکنان: نقش واسطه‌ای قابلیت‌های کارآفرینی. زیست‌بوم نوآوری، دوره ۲، شماره ۱، صص ۴۵-۲۵. <https://doi.org/10.22111/innoeco.2022.41876.1031>
- کریمی، ح.، و عطائی، پ. (۱۴۰۲). زیست‌پذیری در شرایط خشکسالی و ریسک‌های اجتماعی در استفاده کشاورزان از پساب شهری. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، دوره ۱۹، شماره ۱، صص ۱۱۹-۱۰۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20081758.1402.19.1.7.7>

- لطفوی، م.، صالحی، ل.، و منوری فرد، ف. (۱۴۰۲). رفتار مسئولانه محیط‌زیستی گردشگران پارک جنگلی طاق‌بستان: جایگاه گونه‌های ارزشی. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، دوره ۱۹، شماره ۲، ۱۷۵-۱۵۷.
<https://doi.org/10.22034/iaeej.2024.414858.1754>
- مولا قلقلچی، م.، و بشیر خداپرستی، ر. (۱۴۰۱). واکاوی ارتباط شست‌وشوی سبز بر اعتماد سبز و قصد خرید سبز با میانجی‌گری سردرگمی سبز و خطر درک‌شده سبز. *تحقیقات بازاریابی نوین*، دوره ۱۲، شماره ۴، صص ۱۹۴-۱۷۷.
<https://doi.org/10.22108/nmrj.2023.136059.2819>
- نوروزی، ح.، اصانلو، ب.، و صالح گوهری، ع. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر عوامل شناختی و عاطفی بر پاسخ رفتاری مصرف‌کنندگان در تبلیغات رفتاری آنلاین. *مدیریت بازرگانی*، دوره ۱۶، شماره ۱، صص ۳۳-۱.
<https://doi.org/10.22059/jibm.2023.352929.4511>
- یزدانجو، ش.، ملک سعیدی قصرالدشتی، ح.، و معمرباشی، پ. (۱۴۰۳). ادراک، نگرش و رفتار سبزی‌کاران بخش مرکزی شهرستان سنندج نسبت به مدیریت ایمنی و سلامت غذا در مزرعه. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، دوره ۲۰، صص ۷۵-۵۹.
<https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.226309>

- Adnan, N., Rehman, H. M., and Alam, M. N. (2025). Exploring agricultural innovation: an empirical investigation of factors influencing the adoption and non-adoption of smart fertilizer technology among farmers in developing countries. *Agriculture & Food Security*, 14(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40066-025-00529-0>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- An, S., Eck, T., and Yim, H. (2023). Understanding consumers' acceptance intention to use mobile food delivery applications through an extended technology acceptance model. *Sustainability*, 15(1), 832. <https://doi.org/10.3390/su15010832>
- Asadi, S., Hussin, A. R. C., and Dahlan, H. M. (2018). Toward green IT adoption: From managerial perspective. *International Journal of Business Information Systems*, 29(1), 106-125. <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2018.094002>
- Aslan, M. F., Durdu, A., Sabanci, K., Ropelewska, E., and Gültekin, S. S. (2022). A comprehensive survey of the recent studies with UAV for precision agriculture in open fields and greenhouses. *Applied Sciences*, 12(3), 1047. <https://doi.org/10.3390/app12031047>
- Azadi, H., Moghaddam, S. M., Burkart, S., Mahmoudi, H., Van Passel, S., Kurban, A., and Lopez-Carr, D. (2021). Rethinking resilient agriculture: From climate-smart agriculture to vulnerable-smart agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128602>
- Balafoutis, A. T., Evert, F. K. V., and Fountas, S. (2020). Smart farming technology trends: economic and environmental effects, labor impact, and adoption readiness. *Agronomy*, 10(5), 743. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050743>
- Binaei, S., Fami, H. S., Kalantari, K., and Barati, A. A. (2024). Investigation of dDeveloping smart agriculture in greenhouses of tehran province. *Journal of Agricultural Economics & Development* (2008-4722), 37(4). <https://doi.org/10.22067/jead.2024.85975.1237>
- Block, J. B., Michels, M., Mußhoff, O., and Hermann, D. (2024). How to reduce the carbon footprint of the agricultural sector? Factors influencing farmers' decision to participate in carbon sequestration programs. *Journal of Environmental Management*, 359, 121019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121019>
- Chen, L., and Aklirikou, A. K. (2020). Determinants of E-government adoption: testing the mediating effects of perceived usefulness and perceived ease of use. *International Journal of Public Administration*, 43(10), 850-865. <https://doi.org/10.1080/01900692.2019.1660989>
- Chen, Z., Li, X., and Xia, X. (2022). Socioeconomic status, ambidextrous learning, and farmers' adoption of biological control technology: Evidence from 650 kiwifruit growers in China. *Pest Management Science*, 78(2), 475-487. <https://doi.org/10.1002/ps.6642>
- Chen, Z., Li, X., and Xia, X. (2024). The impact of internet use and cognitive conflict on farmer IPM technology adoption: evidence from China. *Pest Management Science*, 80(10), 5050-5063. <https://doi.org/10.1002/ps.8233>
- Coffie, I. S., Tweneboah-Koduah, E. Y., Ocloo, E. C., Nkukporu, A., and Kastner, A. N. A. (2024). Improving local rice consumption in Sub-Saharan Africa through social marketing: Evidence from Ghana. *International Review on Public and Nonprofit Marketing*, 21(1), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s12208-023-00370-w>
- Dai, Q., and Cheng, K. (2022). What drives the adoption of agricultural green production technologies? An extension of TAM in agriculture. *Sustainability*, 14(21), 14457. <https://doi.org/10.3390/su142114457>

- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace 1. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111-1132. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x>
- Douglas, B. D., Holley, K., Isenberg, N., Kennedy, K. R., and Brauer, M. (2024). Social sanctions in response to injunctive norm violations. *Current Opinion in Psychology*, 59, 101850. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2024.101850>
- Erdem, M., and Ağır, H. B. (2024). Enhancing dairy farm welfare: A holistic examination of technology adoption and economic performance in Kahramanmaraş Province, Turkey. *Sustainability*, 16(7), 2989. <https://doi.org/10.3390/su16072989>
- Erekalo, K. T., Gemtou, M., Kornelis, M., Pedersen, S. M., Christensen, T., and Denver, S. (2025). Understanding the behavioral factors influencing farmers' future adoption of climate-smart agriculture: A multi-group analysis. *Journal of Cleaner Production*, 145632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145632>
- Feng, X., and Zailani, S. (2025). The antecedents of the willingness to adopt and pay for climate-smart agricultural technology among cooperatives in China. *Sustainability*, 17(1), 19. <https://doi.org/10.3390/su17010019>
- Fishbein, M., and Ajzen, I. (1977). Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Available at: <https://philpapers.org/rec/FISBAI?all_versions=1>
- Gao, Y., Zhao, D., Yu, L., and Yang, H. (2020). Influence of a new agricultural technology extension mode on farmers' technology adoption behavior in China. *Journal of Rural Studies*, 76, 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.016>
- Gerli, P., Clement, J., Esposito, G., Mora, L., and Crutzen, N. (2022). The hidden power of emotions: How psychological factors influence skill development in smart technology adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121721. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121721>
- Giua, C., Materia, V. C., and Camanzi, L. (2022). Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition?. *Technology in Society*, 68, 101869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869>
- Granić, A. (2023). Technology acceptance and adoption in education. In *Handbook of open, distance and digital education* (pp. 183-197). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6_11
- Han, X., and Gooi, L. M. (2025). Multi-Level determinants of sustainable blockchain technology adoption in SCM: individual, organisational, and societal perspectives. *Sustainability*, 17(6), 2621. <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v17y2025i6p2621-d1613552.html>
- Hu, L. T., and Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hussien, Z. A., Abdulmalik, H. A., Hussain, M. A., Nyangaresi, V. O., Ma, J., Abduljabbar, Z. A., and Abduljaleel, I. Q. (2023). Lightweight integrity preserving scheme for secure data exchange in cloud-based IoT systems. *Applied Sciences*, 13(2), 691. <http://dx.doi.org/10.3390/app13020691>
- Hüttel, S., Leuchten, M. T., and Leyer, M. (2022). The importance of social norm on adopting sustainable digital fertilisation methods. *Organization & Environment*, 35(1), 79-102. <https://doi.org/10.1177/1086026620929074>
- Jackson, D. L. (2003). Revisiting sample size and number of parameter estimates: Some support for the N: q hypothesis. *Structural Equation Modeling*, 10(1), 128-141. http://dx.doi.org/10.1207/S15328007SEM1001_6
- Kai, L. I., Yu, J. I. N., and Jie-hong, Z. H. O. U. (2023). Are vulnerable farmers more easily influenced? Heterogeneous effects of Internet use on the adoption of integrated pest management. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(10), 3220-3233. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.08.005>
- Khaspuria, G., Aarushi, K., Mahima, A., Mayank, B., Rupesh, Y., and Abhishek, Y. (2024). Adoption of precision agriculture technologies among farmers: A comprehensive review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(7), 86-671. Available at: <<http://archive.sdpublishers.com/2705/1/Khaspuria3072024JSRR118640.pdf>>.
- Kirungi, D., Senyange, B., Wesana, J., Sseguya, H., Gellynck, X., and De Steur, H. (2023). Entrepreneurial and attitudinal determinants for adoption of Climate-smart Agriculture technologies in Uganda. *Cogent Food & Agriculture*, 9(2), 2282236. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2282236>
- Li, J., Liu, G., Chen, Y., and Li, R. (2023). Study on the influence mechanism of adoption of smart agriculture technology behavior. *Scientific Reports*, 13(1), 8554. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-35091-x>
- Li, L., and Cheng, K. (2021). Research on the adoption willingness of internet of things technology of Chinese large and specialized vegetable farmers based on integrated UTAUT model and TOE framework. Available at: <<https://ideas.repec.org/p/ags/asae21/329381.html>>

- Liao, Q., Wang, X., and Yang, R. (2025). Complements or substitutes? The impact of social interactions and Internet use on farmers' green production technology adoption behavior. *Journal of Cleaner Production*, 518, 145964. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145964>
- Lieder, S., and Schröter-Schlaack, C. (2021). Smart farming technologies in arable farming: Towards a holistic assessment of opportunities and risks. *Sustainability*, 13(12), 6783. <https://doi.org/10.3390/su13126783>
- Luh, Y. H., Tsai, M. H., and Chang, Y. C. (2023). Actions speak louder than words: Adoption of sustainable farming practices based on an integrated model. *Journal of Cleaner Production*, 416, 137856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137856>
- Ma, R., Zou, J., Han, Z., Yu, K., Wu, S., Li, Z., Liu, S., Niu, S., Horwath, W. R., and Zhu-Barker, X. (2021). Global soil-derived ammonia emissions from agricultural nitrogen fertilizer application: A refinement based on regional and crop-specific emission factors. *Global Change Biology*, 27(4), 855-867. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15437>
- Ma, W., Owusu-Sekyer, E., Zheng, H., and Owusu, V. (2025). Factors influencing smartphone usage of rural farmers: Empirical analysis of five selected provinces in China. *Information Development*, 41(1), 61-74. <https://doi.org/10.1177/026666669231201828>
- Mana, A. A., Allouhi, A., Hamrani, A., Rahman, S., el Jamaoui, I., and Jayachandran, K. (2024). Sustainable AI-based production agriculture: Exploring AI applications and implications in agricultural practices. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atech.2024.100416>
- Mohr, S., and Köhl, R. (2021). Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. *Precision Agriculture*, 22(6), 1816-1844. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>
- Ninsiima, R., Mshenga, P., and Okello, D. (2025). Influence of social norms on blockchain technology adoption: A structural equation modelling approach among smallholder barley farmers in Uganda. *Discover Agriculture*, 3(1), 89. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00254-z>
- Omigie, N. O., Zo, H., and Rho, J. J. (2015). User acceptance of mobile broadband in Nigeria. In *Information and Knowledge Management* (Vol. 5, No. 7, pp. 62-78). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2812.0806>
- Otieno, M. (2023). An extensive survey of smart agriculture technologies: Current security posture. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 18(3), 1207-1231. <http://dx.doi.org/10.30574/wjarr.2023.18.3.1241>
- Pillai, R., and Sivathanu, B. (2020). Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the BRT framework. *Benchmarking: An International Journal*, 27(4), 1341-1368. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2019-0361>
- Pooja, P., Chikhale, M. M., and Dhir, S. (2025). Uncovering the strategic potential of blockchain technology adoption: A systematic literature review. *Strategic Change*, 34(2), 151-180. <https://doi.org/10.1002/jsc.2620>
- Raj, V. A., Jasrotia, S. S., and Rai, S. S. (2025). Role of perceived risks and perceived benefits on consumers behavioural intention to use Buy-Now, Pay-Later (BNPL) services. *Journal of Facilities Management*, 23(2), 330-351. <https://doi.org/10.1108/JFM-01-2023-0004>
- Ramadan, E., Abdalla, S., Al Ahbabi, A., Gibreel, T., and Al Hosani, N. (2025). Toward sustainable urban agriculture in the arid GCC states: Drivers of technology adoption among small-scale farmers. *City and Environment Interactions*, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2025.100222>
- Raven, P. H., and Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), e2002548117. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>
- Rezaei, R., and Ghofranfarid, M. (2018). Rural households' renewable energy usage intention in Iran: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *Renewable Energy*, 122, 382-391. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.011>
- Sambas, A., Mujiarto, M., Gundara, G., Refiadi, G., Mulyati, N. S., and Sulaiman, I. M. (2023). Development of smart farming technology on ginger plants in padamulya Ciamis Village, West Java, Indonesia. *International Journal of Research in Community Services*, 4(3), 93-99. <http://dx.doi.org/10.46336/ijrcs.v4i3.483>
- Shang, L., Heckelee, T., Gerullis, M. K., Börner, J., and Rasch, S. (2021). Adoption and diffusion of digital farming technologies-integrating farm-level evidence and system interaction. *Agricultural Systems*, 190, 103074. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103074>
- Sharma, A., Mohan, A., Johri, A., and Asif, M. (2025). Determinants of financial technology (FinTech) adoption by the farmers in agrarian economy. *Social Sciences & Humanities Open*, 11, 101370. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101370>
- Sivathanu, B. (2018). Adoption of internet of things (IOT) based wearables for healthcare of older adults—a behavioural reasoning theory (BRT) approach. *Journal of Enabling Technologies*, 12(4), 169-185.
- Tu, M. (2018). An exploratory study of internet of things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management: A mixed research approach. *The International Journal of Logistics Management*, 29(1), 131-151. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2016-0274>

- Verbeke, W., Diallo, M. A., van Dooremalen, C., Schoonman, M., Williams, J. H., Van Espen, M., D'Haese, M., and de Graaf, D. C. (2024). European beekeepers' interest in digital monitoring technology adoption for improved beehive management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, 109556. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109556>
- Wang, C., Zhang, J., Cao, J., Hu, H., and Yu, P. (2019). The influence of environmental background on tourists' environmentally responsible behaviour. *Journal of Environmental Management*, 231, 804-810. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.089>
- Yoon, C., Lim, D., and Park, C. (2020). Factors affecting adoption of smart farms: The case of Korea. *Computers in Human Behavior*, 108, 106309. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106309>
- Zhong, W., Chen, Y., and Xie, L. (2023). How does internet use promote joint adoption of sustainable agricultural practices? Evidence from rice farmers in China. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21(1), 2270244. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2270244>
- Zhou, W., Qing, C., Deng, X., Song, J., and Xu, D. (2023). How does Internet use affect farmers' low-carbon agricultural technologies in southern China?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 16476-16487. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23380-3>