



Designing a Model of the Consequences of the Use of Digital Technologies on the Sustainability of Production and Market Performance of Agricultural Products

Naser Seifollahi ^{1✉} 

1. Corresponding Author, Department of Business Administration, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: n.seifollahi@uma.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	The growing population and the impact of climate change have placed a huge responsibility on the agricultural sector to increase the production and productivity of agricultural products. In most countries where the development of arable land is impossible, agricultural automation is the only option and need of the day. Countries have already started investing in digital technology, artificial intelligence and the Internet of Things in all industries, including agriculture. Advances in these digital technologies have revolutionized agriculture by providing intelligent systems that can monitor, control and visualize various farm operations in real time and with intelligence similar to human experts. The aim of this research was to design a model of the consequences of the application of digital technologies and point out the advantages and challenges of using these technologies in the agricultural sector. The research was based on a fundamental and applied objective, and in terms of the mixed exploratory method, and in terms of the philosophical orientation, it had an interpretive orientation and in terms of the inductive approach. The data collection tool in the qualitative section was a library review, articles and semi-structured interviews with 18 university professors, managers and experts specializing in digital agriculture and technology, who were selected using the snowball sampling method. The data analysis method in the qualitative section was using theme analysis, which was developed with MAXQDA software and using the coding method. In the qualitative section, the validity of the data was analyzed and emphasized during the coding process during the interview, and the test-retest reliability method was used to measure reliability. In the quantitative section, purposeful sampling was carried out with 35 experts and specialists, and information was collected through a questionnaire. According to the results of the research, 8 main themes, 20 sub-themes and 53 codes were identified, which included the consequences of the use of digital technologies in the agricultural sector. The results showed that the use of digital technologies in agriculture can be used in the development of smart agricultural machinery, irrigation systems, weed and pest control, fertilizer application, greenhouse cultivation, storage structures, drones for plant protection, crop health monitoring, supply chain management, sales forecasting, etc.
Article history: Received: 30 November 2025 Revised: 29 December 2025 Accepted: 29 December 2025 Published online: Spring 2026	
Keywords: <i>Internet of Things, Production and Sale of Agricultural Products, Digital Technology, Market Performance.</i>	

Cite this article: Seifollahi, N. (2026). Designing a Model of the Consequences of the Use of Digital Technologies on the Sustainability of Production and Market Performance of Agricultural Products. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 57-2 (1), 119-139. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.361396.669230>



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.361396.669230>

Extended Abstract

Objectives

The purpose of this research was to design a model of the consequences of using digital technologies and point out the benefits and challenges of using these technologies in the agricultural sector. In 2020, the United Nations set out the directions for sustainable development of the global economy until 2030. One of the key areas was the development of information and communication technologies in the field of agriculture. In the 21st century, artificial intelligence techniques have experienced a resurgence following simultaneous advances in computing power, large amounts of data, and theoretical understanding. Artificial intelligence techniques have become an essential part of technology and help solve many challenging problems in computer science, software engineering, and operations research (Saigal et al., 2023).

Methods

The present study is a qualitative study conducted using thematic analysis method, which is exploratory-inductive in terms of purpose and fundamental in terms of data collection. In this study, in order to interpret the semantic applications of digital technologies in the agricultural sector, library documents and articles, personal perspectives and individual experiences of university professors, managers, experts and specialists in digital agriculture and IT in the provinces of East Azerbaijan, Ardabil and Tehran who had at least 5 years of work experience were used. Data collection was carried out through in-depth and semi-structured interviews with 18 experts, specialists and university professors who had experience in working and teaching in the field of digital agriculture and were capable in terms of having knowledge-based indicators and the field of research-related trends, who were introduced and selected using the snowball method. It should be noted that the interview with the twelfth person led to theoretical saturation and after that, almost all the information and data were repeated, but for greater certainty and the possibility of obtaining new data, the interview was continued until the eighteenth person.

Results

In this study, Brown and Clarke's (2006) method was used for theme analysis, which has 6 main stages. The first stage is familiarization with the data. The second stage is creation of initial codes. The third stage is searching for themes. The fourth stage is reviewing themes. The fifth stage is defining and naming themes. The sixth stage is compiling the report. The Kendall correlation test was used to verify the developed model. Therefore, for the validation of the model, experts and specialists who were selected through purposive sampling were selected in the qualitative section. After determining the sample members, a questionnaire was prepared and compiled based on the analysis of the interviews and the proposed model and made available to the experts and specialists. After collecting the questionnaires and evaluating the results and analyzing the experts' views, in the second round, all the factors were again made available to all the experts and panelists, along with the average views of the members in the first round and also the previous views of the same member, and in the third round, the same process was repeated, taking into account the results of the second round. In the Kendall correlation test, the concordance coefficient is used to determine the level of consensus among the respondents. This coefficient indicates that the experts who have arranged several categories according to their importance have used essentially the same indicators to judge each of the important categories and are in agreement with each other in this regard. Complete concordance or agreement is equal to one, and in the absence of complete concordance, it is equal to zero.

Discussion

Understanding how farm technology and big data can improve farm productivity could significantly increase global food production by 2050 in the face of limited arable land and declining water levels. While much has been written about the potential of digital agriculture, little is known about the costs and benefits of these emerging systems. This research aligns with research by Sabish and Mahto (2021) under Automation and Digitalization of Agriculture Using AI and the Internet of Things, under Transformative Technologies in Digital Agriculture: Using the Internet of Things, Remote Sensing, and AI for Smart Crop Management, under Applications of AI in Agriculture, under Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends.

Farms in developed countries now have tractors with navigation systems and built-in sensors that monitor all macroscopic and microscopic elements in the field. Today, as farms are increasingly connected and internet-enabled, the true potential of IoT and related technologies can be effectively utilized in monitoring tractor performance. The agricultural sector is constantly facing challenges due to shortage of skilled labor and low

productivity. Technological advancements have introduced tractors and plows that require minimal human dependency. Farmland is undoubtedly the best place to use autonomous machines, as they are free from crowds and pedestrians and activities can be carried out with minimal risk. Sensors such as radars and lasers are usually used in an autonomous vehicle to detect any obstacles and manage them intelligently.

The introduction of drones in agriculture has become another success in automating many agricultural tasks such as pesticide spraying, land monitoring, etc. Most ground control stations are equipped with a user interface for monitoring the drone. Hardware is essential in controlling the roll, pitch and yaw of the drones. The drone device consists of actuators and motors to perform the necessary operations, a set of sensors such as laser, radar, camera, gyroscope, accelerometer, compass, GPS receiver to read environmental information and a central processing unit.

Data Availability Statement

“Data available on request from the authors”

Ethical considerations

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

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

طراحی الگوی پیامدهای کاربرد فناوری‌های دیجیتال بر پایداری تولید و عملکرد بازار محصولات کشاورزی

ناصر سیف اللهی^۱ ✉^۱. نویسنده مسئول، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: n.seifollahi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	جمعیت رو به رشد و تأثیر تغییرات آب و هوایی مسئولیت بزرگی را بر عهده بخش کشاورزی برای افزایش تولید و بهره‌وری محصولات کشاورزی گذاشته است. در اکثر کشورهایی که توسعه زمین‌های زراعی غیرممکن است، خودکارسازی کشاورزی تنها گزینه و نیاز روز است. کشورها در حال حاضر سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری دیجیتال، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در تمام صنایع از جمله کشاورزی را آغاز کرده‌اند. پیشرفت در این فناوری‌های دیجیتال با ارائه سیستم‌های هوشمندی که می‌توانند عملیات مختلف مزرعه را در زمان واقعی و با هوش مشابه متخصصان انسانی نظارت، کنترل و تجسم کنند، تغییرات انقلابی در کشاورزی ایجاد کرده است. هدف از این پژوهش طراحی الگوی پیامدهای کاربرد فناوری‌های دیجیتال و اشاره به مزایا و چالش‌های استفاده از این فناوری‌ها در بخش کشاورزی بود. پژوهش حاضر بر اساس هدف بنیادی و کاربردی و از لحاظ روش انجام آمیخته اکتشافی و از نظر فلسفی دارای جهت‌گیری تفسیرگراییانه و از لحاظ رویکرد استقرایی بوده است. ابزار گردآوری داده‌ها در بخش کیفی بررسی کتابخانه‌ای، مقالات و مصاحبه نیمه ساختاریافته با ۱۸ نفر از اساتید دانشگاه، مدیران و کارشناسان متخصص در حوزه کشاورزی دیجیتال و فناوری بود که با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند. روش تحلیل داده‌ها در بخش کیفی، با استفاده از تحلیل تم که با نرم‌افزار MAXQDA و با استفاده از روش کدگذاری تدوین شد. در بخش کیفی روایی داده‌ها هنگام فرایند کدگذاری، تحلیل و تأکید بر روی آن‌ها در هنگام مصاحبه انجام گرفت و از روش پایایی باز آزمون برای سنجش پایایی استفاده شد. در بخش کمی نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند با ۳۵ نفر از خبرگان و متخصصان و گردآوری اطلاعات از طریق پرسش‌نامه، انجام گرفت. مطابق با نتایج پژوهش، ۸ تم اصلی، ۲۰ تم فرعی و ۵۳ کد شناسایی شدند که شامل پیامدهای کاربرد فناوری‌های دیجیتال در بخش کشاورزی بودند. نتایج نشان داد که استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کشاورزی می‌تواند در توسعه ماشین‌آلات کشاورزی هوشمند، سیستم‌های آبیاری، کنترل علف‌های هرز و آفات، کاربرد کود، کشت گلخانه‌ای، سازه‌های ذخیره‌سازی، هواپیماهای بدون سرنشین برای حفاظت از گیاهان، نظارت بر سلامت محصول، مدیریت زنجیره تأمین، پیش‌بینی فروش و غیره مورد استفاده قرار بگیرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸ تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵	
کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیا، تولید و فروش محصولات کشاورزی، فناوری دیجیتال، هوش مصنوعی.	

استناد: سیف اللهی، ناصر (۱۴۰۵). طراحی الگوی پیامدهای کاربرد فناوری‌های دیجیتال بر پایداری تولید و عملکرد بازار محصولات کشاورزی. *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۵۷-۲ (۱)، ۱۳۹-۱۱۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.361396.669230>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.361396.669230>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

منابع شرکت زمانی با ارزش هستند که شرکت قادر به بهبود و ارتقاء کارآمدتر تولید باشند (Seifollahi, 2021). بر اساس دیدگاه منبع‌محور، فناوری‌های دیجیتال به عنوان منابع استراتژیک نامشهود، در صورتی که ارزشمند، کمیاب و دشوار برای تقلید باشند، می‌توانند مزیت رقابتی پایدار ایجاد کنند. در این چارچوب، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا به عنوان قابلیت‌های فناورانه موجب ارتقای کارایی عملیاتی و در نهایت بهبود عملکرد اقتصادی و بازار می‌شوند (Guelier, 2021). رویکرد مبتنی بر منابع شرکت روی این موضوع بحث می‌کند که اگر منابع با شرایط زیر همراه باشند، می‌توانند قدرت منحصربه‌فرد برای شرکت به همراه بیاورند. اول، شرکت باید درباره‌ی منابع خودش بپرسد: اگر آن‌ها را نداشت بازهم سودآوری بود؟ دوم، منابع باید ارزشمند باشند: یعنی عملکرد شرکت را در مقابل رقبا با هزینه کم‌تر و محصولات متمایز افزایش دهد و به شرکت در افزایش قیمت و فروش بیش‌تر کمک کند. سوم، منابع باید کمیاب باشند: رقبا منابع باکیفیت مشابه را در اختیار نداشته باشند. چهارم، منابع باید غیرقابل تقلید باشند: برای رقبا تقلید یا تکثیر مشکل باشد. پنجم، منابع باید غیرقابل جانشین باشند: رقبا نتوانند از منابع متفاوت استفاده کنند که به آسانی قابل‌دستیابی باشند و به همان کارایی دست یابند (Seifollahi, 2023). در حال حاضر، با رشد چشم‌گیر تقاضا برای منابع اساسی چون آب، زمین، و مواد غذایی، به همراه مواجهه با چالش‌ها و مسائل محیط زیستی چون گرمایش زمین، توسعه کشاورزی بدون بهره‌گیری از نوآوری‌ها و فناوری‌های نوین و دانش‌محور ممکن نیست. بهبود بهره‌وری و تضمین امنیت غذایی برای جامعه تنها از طریق توسعه کشاورزی دانش‌محور و بوم سازگار امکان‌پذیر است (Sinaiee Rad et al., 2024). در سال ۲۰۲۰، سازمان ملل متحد جهت‌گیری‌های توسعه پایدار اقتصاد جهانی را تا سال ۲۰۳۰ تعیین کرد. یکی از زمینه‌های کلیدی، توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات در حوزه کشاورزی بود. بر این اساس فناوری‌های دیجیتال، قرار است پایداری حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی جامعه و دولت را تضمین کند به طوری که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۹۰ درصد تقاضا برای تولیدات کشاورزی جهانی از طریق معرفی و توسعه اکوسیستم کشاورزی نوآورانه تأمین شود (Subeesh & Mehta, 2021). در سال ۲۰۲۳، ارزش صادرات جهانی محصولات کشاورزی به ۱۴۶۵ میلیارد دلار آمریکا رسید (WTO). بر اساس آمار گمرک جمهوری اسلامی ایران صادرات محصولات کشاورزی در سال ۱۴۰۳ با ۲۹ درصد افزایش به رقم ۵ میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلار رسید. سازمان‌هایی که به شیوه‌های مسئولیت‌پذیر محیطی متعهد هستند، فرصت‌های متنوعی ایجاد می‌کنند. در نتیجه، از مزایای مختلفی بهره‌مند شد و نیازهای ذینفعان متعدد را برآورد می‌کنند (Seifollahi & Mohamadkhani, 2025). پایداری در تولید و فروش محصولات کشاورزی به معنای تولید محصولات با حداقل آسیب به محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی، در عین حال حفظ سودآوری اقتصادی و ارتقای شرایط زندگی کشاورزان است. این رویکرد شامل استفاده بهینه از منابع، کاهش آلودگی، حفظ تنوع زیستی و ارتقای سلامت عمومی است. در ایران نیز، حمایت از تولید محصولات کشاورزی پایدار از طریق سیاست‌های حمایتی، خرید تضمینی و توسعه فناوری‌های نوین در حال انجام است. کشاورزی نسل جدید شاهد ظهور استارت‌آپ‌هایی است که با تکنولوژی، سریع‌تر و انعطاف‌پذیرتر می‌شوند و به طور سیستماتیک عملکرد محصول را به حداکثر می‌رسانند. با توجه به اقداماتی که انجام گرفته این آمارها در ایران نسبت به مقیاس جهانی پایین است. چندین اپلیکیشن کشاورزی هوشمند و برنامه کشاورزی آنلاین (AgriApp and Agrisevak) وجود دارد که برای کمک به کشاورزان است و کشاورزان برای شناسایی زمان‌های مناسب برای کاشت یا برداشت، محاسبه طرح‌های کود، پیش‌بینی فروش محصولات و غیره از آن استفاده می‌کنند (Dhanabalan & Sathish, 2018).

فناوری‌های دیجیتال به خصوص هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق این امکان را برای ماشین‌ها فراهم می‌کند که از تجربیات گذشته بیاموزند، با ورودی‌های جدید سازگار شوند و توانایی اجرای وظایفی را داشته باشند که به طور طبیعی با هوش انسانی مرتبط هستند فناوری‌های دیجیتال در نظارت بر اطلاعات برای یافتن سریع راه‌حل‌ها کارآمد است (Akbar et al., 2024). هوش مصنوعی در کشاورزی برای بهبود نتایج با حداقل هزینه زیست‌محیطی استفاده می‌شود. با پیاده‌سازی آن و یادگیری ماشین می‌توان یک بیماری را با دقت ۹۸ درصد شناسایی کرد (Balyan et al., 2023). اینترنت اشیا بسیاری از صنایع را متحول کرده است و کشاورزی نیز از این قاعده مستثنا نیست. اینترنت اشیا در کشاورزی امکان اتصال حسگرها، دستگاه‌ها و سایر فناوری‌ها را در این زمینه برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها فراهم کرده است. این منجر به

یک صنعت کشاورزی کارآمد، پایدار و مولد شده است. اصطلاح «اینترنت اشیا» برای اولین بار توسط کوین اشتون در سال ۱۹۹۹ به عنوان یک جهان فناورانه متشکل از اشیاء یا چیزهایی که به عنوان واحدهای منفرد یا به عنوان یک شبکه مشترک از چندین دستگاه کار می کنند مطرح شد. ساختار اصلی یک واحد اینترنت اشیا بر سه لایه استوار است: لایه سنجش یا درک، لایه انتقال داده یا شبکه و لایه ذخیره سازی، دست کاری یا کاربرد (پذیرش فناوری نیاز روز است زیرا شیوه های کشاورزی سنتی فعلی ما برای برآوردن تقاضای غذا کافی نیست (Cai et al., 2019)). انتخاب زمان ایده آل برای کاشت بذر برای کشاورزان چالش برانگیز است. هوش مصنوعی به کشاورزان کمک می کند تا بذر بهینه را برای یک سناریوی آب و هوایی خاص انتخاب کنند. همچنین راه حل های مبتنی بر آن به کشاورزان کمک می کند تا با منابع کمتر تولید بیشتری کنند، کیفیت محصول را افزایش دهند و زمان رسیدن محصول را برای رسیدن به بازار تسریع کنند. به همراه یادگیری ماشین به طور گسترده ای به عنوان یک فناوری با ظرفیت قوی برای تحریک نوآوری، کمک به شرکت ها برای ایجاد ارزش جدید از داده ها و کاهش هزینه های تجاری محسوب می شود.

امروزه در اقتصاد مبتنی بر دانش، شرکت هایی قدرت رقابت و توسعه دارند که از سرمایه های فکری و ناملموس بیشتری برخوردارند. منابع شرکت زمانی با ارزش هستند که شرکت قادر به بهبود و ارتقاء کارآمدتر تولید باشند (Seifollahi, 2022). چین یکی از بزرگ ترین اقتصادهای دنیا و پیشگام در کشاورزی هوشمند است. سرمایه گذاری دولت چین در توسعه زیرساخت های داخلی نتایج بسیاری به همراه داشته است. کشاورزی هوشمند در چین توانسته است هزینه های تولید کشاورزی را کاهش دهد، کارایی را ارتقا دهد و فرصت های شغلی جدید برای جوامع محلی در مناطق روستایی ایجاد کند کشاورزی نقش مهمی در بخش اقتصادی دارد. عربستان سعودی، بزرگ ترین اقتصاد جهان عرب، برای تأمین حدود ۷۰ درصد از نیازهای امنیت غذایی، به واردات محصولات و مواد غذایی وابسته است. دولت این کشور برای کاهش وابستگی خود، به توسعه و گسترش کشاورزی هوشمند رو آورده است. نخستین طرح مزرعه هوشمند عربستان سعودی، سرمایه گذاری مشترک این کشور با برخی از شرکت های کشاورزی ژاپنی و ایتالیایی با هدف توسعه مزارع هوشمند عمودی است. در این نوع مزارع هوشمند، محصولات تازه با آب بسیار کمتر نسبت به کشاورزی سنتی به بازارها معرفی می شوند (Zarei, 2023).

هدف اصلی این پژوهش طراحی الگوی پیامدهای کاربرد فناوری های دیجیتال در پایداری تولید و فروش محصولات کشاورزی با تأکید بر هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، از جمله در آبیاری، نظارت بر سطح رطوبت خاک، اندازه گیری پارامترهای اقلیمی و محیطی محلی گلخانه های مدرن، مدیریت آفات و بیماری، سرعت رشد و عملکرد محصول، ادوات کشاورزی، صرفه جویی در مصرف بذر، آفات کش ها، علف کش ها، حفظ حاصلخیزی خاک، همچنین به استفاده بهینه از نیروی انسانی و افزایش بهره وری تولید در بخش کشاورزی، کاهش هزینه های تولید و در نتیجه کاهش قیمت محصولات کشاورزی و افزایش فروش آن ها و بهبود کیفیت محصول بود. همچنین راه حل های مبتنی بر هوش مصنوعی به کشاورزان کمک می کند تا با منابع کمتر تولید بیشتری کنند، کیفیت محصول را افزایش دهند و زمان محصول را برای رسیدن به بازار تسریع کنند. در نهایت، الگوی طراحی شده از ارتباط مقوله ها با سایر مقوله ها بر اساس خروجی نرم افزار MAXQDA ارائه شده است. خلاصه ای از پژوهش های انجام گرفته در حوزه فناوری های دیجیتال در بخش کشاورزی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از پیشینه پژوهش

Table 1 - Summary of the Research Background

محققان Researchers	عنوان پژوهش Research title	روش تحقیق Research method	نوآوری پژوهش Research innovation
Subeesh & Mehta, 2021	اتوماسیون و دیجیتالی کردن کشاورزی با استفاده از هوش مصنوعی و اینترنت اشیا	توصیفی پیمایشی	هوش مصنوعی و اینترنت اشیا با کنترل و خودکارسازی فعالیت‌های کشاورزی، سهم قابل توجهی در حوزه کشاورزی مدرن دارند. داده‌های تولیدشده توسط حسگرهای مختلف از اهمیت بالایی برخوردار هستند و نیاز به مدیریت با استفاده از یادگیری ماشین و رویکردهای مبتنی بر یادگیری عمیق برای پیش‌بینی چالش‌های آینده در روش‌های کشاورزی دارند.
Fuentes-Peñailillo et al., 2024	فناوری‌های تحول‌آفرین در کشاورزی دیجیتال: استفاده از اینترنت اشیا، سنجش‌ازدور برای مدیریت هوشمند محصولات کشاورزی	توصیفی پیمایشی	ادغام ابزارهایی مانند اینترنت اشیا، شبکه‌های حسگر و هوش مصنوعی می‌تواند به کشاورزان اجازه دهد تا داده‌های آنی در مورد محصولات خود را به دست آورده و عوامل بهداشتی کلیدی، مانند شرایط خاک، و وضعیت آب گیاه، وجود آفات و عوامل محیطی را ارزیابی کنند که در نهایت منجر به تصمیم‌گیری مبتنی بر داده برای بهینه‌سازی آبیاری، کود دهی و کنترل آفات می‌شود.
Kumar et al., 2020	هوش مصنوعی: فناوری جدید برای بهبود کشاورزی هند	توصیفی پیمایشی	هوش مصنوعی اطلاعات دقیق و به‌موقع در مورد محصولات، زمین، آب‌وهوا، آفات و غیره را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد؛ بنابراین، ممکن است بهره‌وری محصول را با کاهش ریسک و در نتیجه بهبود درآمد کشاورزان بهبود بخشد.
Sharma et al., 2022	کاربرد هوش مصنوعی در کشاورزی	توصیفی پیمایشی	این فناوری‌ها استفاده از آب، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها را کاهش داده، حاصلخیزی خاک را حفظ کرده و به استفاده مؤثر از نیروی کار کمک می‌کنند و تولید و کیفیت را افزایش می‌دهند.
De Oliveira & Silva, 2022	نقش هوش مصنوعی، فناوری حسگر، کلان داده در کشاورزی: کشاورزی نسل بعدی	توصیفی پیمایشی	استفاده از هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری مبتنی بر داده با پاداش‌های بسیاری همراه است که می‌تواند به کاهش از دست دادن میوه‌ها و سبزی‌ها شده و به صورت جانبی می‌تواند به بهره‌وری زنجیره تأمین مزرعه کمک کند.

روش تحقیق (کیفی)

پژوهش حاضر، پژوهشی ترکیبی کیفی و کمی است که با روش تحلیل تم انجام شده است که به لحاظ هدف، بنیادین و از لحاظ نحوه‌ی گردآوری داده‌ها، اکتشافی - استقرایی محسوب می‌شود. در این پژوهش، به منظور تفسیر معنایی کاربردهای فناوری‌های دیجیتال در بخش کشاورزی از اسناد کتابخانه‌ای و مقالات، دیدگاه‌های شخصی و تجارب فردی اساتید دانشگاه، مدیران، خبرگان و متخصصان کشاورزی دیجیتال، IT در استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل و تهران که حداقل ۵ سال سابقه کار داشتند، استفاده شده است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق و نیمه ساختاریافته با ۱۸ نفر از خبرگان، متخصصان و همچنین اساتید دانشگاه که سابقه فعالیت و تدریس در حوزه کشاورزی دیجیتال را داشتند و به لحاظ برخورداری از شاخص‌های دانش‌محور و حوزه روندهای مرتبط با پژوهش توانمند بودند، به روش گلوله برفی معرفی و انتخاب شدند، انجام گرفت. لازم به ذکر است مصاحبه با نفر دوازدهم به اشباع نظری منجر و از آن پس تقریباً تمام اطلاعات و داده‌ها تکرار شد، اما برای اطمینان بیشتر و احتمال دستیابی به داده‌های جدید مصاحبه را تا نفر هجدهم ادامه یافت.

جدول ۲. اطلاعات افراد مصاحبه شونده
Table 2- Information About the Interviewees

کد Code	سن Age	سابقه History	تحصیلات Educational	تعداد کدهای جدید به دست آمده از مصاحبه برای اشباع نظری Number of new codes obtained from Interview for theoretical saturation
M1	41	20	کارشناس ارشد Master's degree	3
M2	51	22	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	3
M3	59	27	کارشناس ارشد Master's degree	2
M4	48	20	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	3
M5	56	28	کارشناس ارشد Master's degree	4
M6	45	18	کارشناس ارشد Master's degree	3
M7	53	23	کارشناس ارشد Master's degree	2
M8	56	25	کارشناس ارشد Master's degree	3
M9	56	27	کارشناس ارشد Master's degree	3
M10	48	19	کارشناس ارشد Master's degree	3
M11	59	29	کارشناس ارشد Master's degree	3
M12	34	10	کارشناس ارشد Master's degree	3
M13	32	10	دانشجوی دکتری PhD student	3
M14	49	18	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	3
M15	56	20	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	3
M16	51	22	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	3
M17	54	17	دکتری بازاریابی PhD in Marketing	4

مصاحبه‌ها به شکل نیمه ساختاریافته و با طرح پرسش‌هایی از کاربردهای فناوری‌های دیجیتال در کشاورزی آغاز شد و سؤالات بعدی بر اساس پاسخ‌های مصاحبه‌شوندگان در خلال جلسه مصاحبه طراحی شدند. باهدف پیدا کردن جواب سؤالات بیان‌شده، اطلاعات و داده‌ها را پس از جمع‌آوری، تحلیل قرار داده و به صورت جدول‌هایی بر مبنای اصول کدگذاری شکل داده شد، ابتدا در این جداول مواردی که اهمیت زیادی دارند استخراج شده و به هر کدام از آن‌ها یک کد مخصوص اختصاص داده می‌شوند، در مراحل بعدی، پژوهشگر با مقایسه‌ای که بین کدهای ثبت‌شده انجام می‌دهد اشتراکات و وجوه تشابه بین پدیده‌ها را بررسی می‌کند که در قالب طبقه

کلی‌تر گروه‌بندی می‌شود و وجود روابط بین چندطبقه یک نظریه را به وجود می‌آورد (Creswell, 2007) و همین‌طور راهبردهای سنجش اعتبار نتایج به‌وسیله اعضا (کنترل اعضا) انجام گرفت و محققین نتایج به‌دست‌آمده خود را با ۸ نفر از افراد متخصص مورد تحلیل و بررسی قرار داده و این نتایج و تفسیرها موردقبول و تأیید شدند. برای تحلیل داده‌های مصاحبه، ابتدا مصاحبه‌ها ضبط شدند تا با مرور مصاحبه، تحلیل و بررسی دقیق‌تری نسبت به دیدگاه‌های طرح‌شده مشارکت‌کنندگان انجام شود، بعد از اطمینان از اشباع نظری، اطلاعات مصاحبه‌ها با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA و با بهره‌گیری از روش کدگذاری و بر اساس روش تحلیل تم تجزیه و تحلیل و الگوی پژوهش تدوین شد (شکل ۱).

روش‌شناسی پژوهش (بخش کمی)

هدف کلی پژوهش، طراحی الگوی پیامدهای کاربرد فناوری‌های دیجیتال بر پایداری تولید و عملکرد بازار محصولات کشاورزی است. پژوهش حاضر بر اساس هدف بنیادی و کاربردی و از لحاظ روش انجام آمیخته اکتشافی و از نظر فلسفی دارای جهت‌گیری تفسیرگرایانه و از لحاظ رویکرد استقرایی بوده است. در جمع‌آوری داده‌ها به صورت میدانی و از طریق مصاحبه نیمه ساختاریافته و در استراتژی اجزا از داده بنیاد استفاده شده است. افراد مورد مطالعه پژوهش ۱۸ نفر از خبرگان است که با استفاده روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند.

روایی و پایایی بخش کیفی

در پژوهش‌های کیفی برای انجام روایی و پایایی پژوهش معیارهای مختلفی به‌عنوان شاخص مطرح‌شده‌اند ولی با توجه به این‌که تحلیل تم یک فرایند رفت و برگشتی است، روایی داده‌ها هنگام فرایند کدگذاری، تحلیل و تأکید بر روی آن‌ها در هنگام مصاحبه صورت می‌گیرد، بنابراین ابزار روایی شامل همین فرایند رفت و برگشتی می‌شود و بهترین قضاوت‌کنندگان برای روایی اطلاعات و داده‌ها و تأکید مفاهیم و مقوله‌ها در حین انجام مصاحبه، مصاحبه‌شوندگان هستند. در این پژوهش نیز از طریق تجزیه و تحلیل تک‌تک مصاحبه‌ها و فرایند رفت و برگشتی قبل از اینکه مصاحبه بعدی انجام گیرد، کنترل و اصلاح داده‌ها، مهم‌ترین و ارزشمندترین ملاک در تعیین روایی داده‌ها و اطلاعات محسوب می‌شود. از روش پایایی باز آزمون برای سنجش پایایی در این پژوهش استفاده شد که میزان تطابق و سازگاری طبقه‌بندی اطلاعات در طی زمان است. این شاخص زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کدگذار اقدام به کدگذاری یک متن در دوره زمان‌های متفاوت می‌کند، بدین نحو که از میان مصاحبه‌های انجام‌شده، مصاحبه‌هایی برای نمونه انتخاب‌شده و در فواصل زمانی ۳۰ روزه دوباره کدگذاری انجام گرفت. از میان توافق بالای میان کدگذاری‌ها در دو زمان متفاوت بر روی هریک از مصاحبه‌ها پایایی پژوهش به دست آمد. برای محاسبه پایایی بین کدگذاران از میان مصاحبه‌های انجام‌گرفته چند مصاحبه برای نمونه انتخاب‌شده و هریک از آن‌ها در فاصله زمانی کوتاه و مشخص، دوباره کدگذاری می‌شوند، سپس کدهای مشخص‌شده در دو فاصله زمانی برای هریک از مصاحبه‌ها باهم مقایسه می‌شوند.

$$۰/۷۴ = ۱۰۰ \times (\text{تعداد کل کدها}) / (۲ \times \text{تعداد توافقات}) = \text{درصد پایایی}$$

جدول ۳. نتایج کدگذاری‌ها

Table 3 - Coding results

ردیف	عنوان مصاحبه	تعداد کل کدها	تعداد توافقی‌ها	تعداد عدم توافقی‌ها	پایایی بین کدگذاران (به درصد)
Row	Interview title	Total number of codes	Number of agreements	Number of disagreements	Inter-coder reliability (in percent)
1	M15	14	5	3	71
2	M16	13	5	2	76
		27	10	5	74

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۳ تعداد کل کدهایی که پژوهشگران ثبت کرده‌اند برابر با ۲۷، تعداد توافقی بین کدها ۱۰ و تعداد عدم توافقی‌ها در این دو زمان برابر با ۵

است. پایایی بین کدگذاران برای مصاحبه‌های انجام گرفته در این پژوهش با استفاده از رابطه بالا برابر است با ۷۴ درصد است، با توجه به اینکه این میزان بیشتر از ۶۰ درصد است قابلیت اعتماد کدگذاری تأیید می‌شود.

روایی و پایایی بخش کمی

در این پژوهش پرسش‌نامه‌ای، به شکل محقق ساخته و بر اساس عوامل شناسایی شده تهیه گردید. از مفاهیم روایی و پایایی در سنجش اعتبار این پرسش‌نامه استفاده شد. برای سنجش روایی ابتدا پرسش‌نامه را در اختیار ۸ نفر از مدیران، خبرگان و کارشناسان قراردادیم. پس از اعمال نظرات و دیدگاه‌های این خبرگان و انجام اصلاحیه‌های لازم، از ۵۰ سؤال پرسشنامه اولیه، تعداد ۴۶ سؤال مورد قبول واقع شد. در سنجش پایایی پرسش‌نامه از نرم‌افزار Spss و آزمون آلفای کرونباخ استفاده گردید. شاخص تأیید پایایی پرسشنامه کسب مقدار بیش از ۰/۷ برای آلفای کرونباخ بود. تمامی پرسش‌ها مقادیر بالای ۰/۷ را کسب و در نتیجه هیچ کدام از پرسش‌ها حذف نگردیدند. پرسشنامه‌ها پس از تأیید روایی و پایایی به‌طور هدفمند در اختیار ۳۵ نفر از خبرگان قرار گرفت و سرانجام ۳۲ پرسشنامه جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

تحلیل تم: تحلیل‌های کیفی به پژوهشگر کمک می‌کند تا به فراسوی کلمات و واژه‌ها برود و مضامین را که ممکن است به صورت آشکار و یا حتی پنهان وجود داشته باشند، به صورت محتوای واضح و آشکارا بیازماید. در این پژوهش از شیوه براون و کلارک (۲۰۰۶) برای تحلیل تم استفاده گردید که دارای ۶ مرحله اصلی است. در ادامه فرایند گام‌به‌گام این روش و نحوه استفاده آن در پژوهش حاضر شرح داده شده است.

مرحله اول آشنایی با داده‌ها: با توجه به این که داده‌ها در اختیار محقق قرار گیرد یا خودش اقدام به جمع‌آوری داده‌ها نماید، میزان اشراف و آشنایی محقق با داده‌ها متفاوت خواهد بود به نحوی که اگر اطلاعات و داده‌ها توسط خود محقق جمع‌آوری گردد، وی در حین تجزیه و تحلیل داده‌ها از آگاهی تحلیلی اولیه برخوردار خواهد بود. محقق باید با غرق شدن در داده‌ها با عمق و غنای محتوای آن‌ها به صورت کامل آگاهی یابد که این فرایند به مرور و بررسی مستمر و چندین باره داده‌ها به صورت فعالانه، لازم دارد که این امر باعث می‌شود در این مرحله ایده‌های سازنده و مفیدی درباره کدگذاری‌ها و الگوها به دست آید که بعد از این مرحله پژوهشگر آمادگی لازم را برای کدگذاری پیدا می‌کند. در این پژوهش تمامی داده‌ها توسط پژوهشگران گردآوری شده و تمامی محاسبه‌ها چندین بار مورد بررسی قرار گرفته تا پژوهشگر بر اطلاعات و داده‌ها اشراف کامل داشته باشد. گردآوری داده‌ها تا زمان رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت.

مرحله دوم ایجاد کدهای اولیه: زمانی که داده‌ها توسط محقق خوانده شده و میزان آشنایی محقق با این داده‌ها افزایش پیدا کرد، مرحله دوم آغاز می‌شود. این مرحله شامل ایجاد کدهای اولیه از داده‌ها است. کدها خصوصیات و ویژگی‌هایی را که از نظر پژوهشگر جالب به نظر می‌رسند را معرفی می‌کند. در این مرحله باید به موارد ذیل توجه گردد؛ اولاً، برای هر کدام از تم‌ها، کدی اختصاص داده شود ثانیاً بخش‌هایی از اطلاعات که محقق برای کدگذاری، گزینش می‌کند، باید کامل و جامع بوده و اطلاعات در ارتباط به هم را شامل شود. در این پژوهش به دفعات کدهایی حذف و اضافه شده و کدهای را که از نظر مفهومی باهم شباهت داشتند، ادغام شدند. درواقع، عمل کدگذاری فقط یک‌مرتبه از اول تا آخر انجام نشد؛ بلکه چندین دفعه داده‌ها بازبینی و مرور شدند و تغییرات لازم انجام شد و سرانجام پس از بارها بازبینی توسط محققین، ۵۳ کد تعیین و انتخاب شدند. مرحله سوم جستجوی تم‌ها: این مرحله شامل گروه‌بندی کدهای مختلف است. در این مرحله بعضی از کدهای اولیه، تم‌های اصلی و بعضی دیگر تم‌های فرعی را تشکیل داده و کدهایی نیز حذف می‌شوند، احتمال دارد که در مرحله سوم یک مجموعه از کدها وجود داشته باشد که متعلق به هیچ جایی نباشد. در این مواقع برای این کدها یک تم با عنوان متفرقه ساخته می‌شود.

مرحله چهارم بازبینی تم‌ها: مرحله چهارم زمانی آغاز می‌شود که پژوهشگر مجموعه‌ای از تم‌ها را به وجود آورده و بخواهد آن تم‌ها را موردبازنگری قرار دهد. مرحله چهارم شامل دو گام بازبینی و تصفیه تم‌ها است. گام نخست (بازبینی تم‌ها) شامل بازبینی در سطح خلاصه‌های کدگذاری شده هست. در گام دوم (تصفیه تم‌ها) اعتبار تم‌ها در ارتباط با مجموعه داده‌ها در نظر گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر پس از بررسی‌های بسیار ۱۰۸ کد اولیه به دست آمد که پس از کاهش، حذف و ادغام برخی تم‌ها درنهایت ۲۰ تم و ۵۳ کد به وجود آمد که گزارش آن در جدول ۴ آمده است.

مرحله پنجم: تعریف و نام‌گذاری تم‌ها: این مرحله زمانی شروع می‌شود که یک نقشه رضایت‌بخش از تم‌ها به دست بیاید. محقق در مرحله پنجم، تم‌هایی

را که برای تحلیل ارائه کرده، موردبازنگری و تعریف مجدد قرار می‌دهد، از طریق بازنگری و تعریف مجدد، ماهیت آن چیزی که یک تم درباره آن بحث می‌کند آشکار گردیده و اینکه هر تم چه جنبه‌ای از داده‌ها را در خود جای داده است، تعیین می‌شود.

مرحله ششم: تدوین گزارش: مرحله نهایی زمانی شروع می‌شود که مجموعه کاملی از مضامین نهایی به وجود آمده باشد در مرحله نهایی، استنتاج همه شبکه‌ها به همراه نظریه‌های مرتبط با آن‌ها به صورت مختصر، برای تبیین تم‌ها، مفاهیم، الگوها و ساختارهای به دست آمده از متن استفاده می‌شود که هدف از این کار، بررسی دوباره پرسش‌های پژوهش و علایق نظری نهفته و پنهان در آن‌ها هست تا از طریق بازبینی ژرف و عمیق الگوهای فراهم شده از تشریح متن، به سؤالات اصلی پژوهش پاسخ داده شود.

جدول ۴. تم‌های اصلی، تم‌های فرعی و کدگذاری

Table 4 - Main Themes, Sub-Themes and Coding

تم اصلی Main Theme	تم فرعی Sub-Theme	کد Code	نمونه نقل قول (نکات کلیدی) Sample quote (Key Points)
هوشمندسازی ماشین‌آلات کشاورزی	ناوبری و نظارت بر عملکرد تراکتورها	به بود عملکرد تراکتور	مانیتورهای اندازه‌گیری عملکرد تراکتور به ثبت و تجسم از راه دور کل عملیات کمک می‌کنند. پارامترهایی که به‌طور کلی در نظر گرفته می‌شوند عبارت‌اند از قدرت، مصرف سوخت، باد و لغزش چرخ. بهینه‌سازی این پارامترها می‌تواند عملکرد تراکتور را تا حد زیادی بهبود بخشد.
		محاسبه هزینه تولید محصول	عملکرد اجرایی تراکتور تحت تأثیر عواملی مانند شرایط خاک و شیب زمین است، سیستم نقشه‌برداری برای محاسبه هزینه تولید محصول با استفاده از این تراکتورهای متصل به فناوری دیجیتال در محدوده مزرعه بسیار سودمند است.
خودکارسازی سیستم‌ها		به حداقل رساندن وابستگی انسانی	پیشرفت تکنولوژی تراکتورها و گاوهاهایی را معرفی کرده است که به حداقل وابستگی انسانی نیاز دارند.
		کاربرد بهینه ماشین‌های خودمختار	زمین‌های کشاورزی بدون شک بهترین مکان برای استفاده از ماشین‌های خودمختار است زیرا آن‌ها عاری از ازدحام و عابران پیاده هستند و فعالیت‌ها را می‌توان با حداقل خطر انجام داد.
استفاده از پهپادها و ماهواره‌ها		رصد مزارع	پهپادها با استفاده از دوربین‌های حرارتی و چند طیفی نصب شده بر روی آن‌ها قادرند هکتارها از مزارع را در یک پرواز رصد کنند.
		تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها در حاصلخیزی خاک	در هند و چین، سازمان‌های نوپا و تحقیقاتی از فرصت پهپادها در کشاورزی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها در حاصلخیزی خاک و همچنین نظارت بر سلامت محصول استفاده می‌کنند.
		نظارت بر رشد محصولات	یکی از مزایای اولیه تصاویر ماهواره‌ای و هوایی، توانایی نظارت بر رشد و سلامت محصولات در زمین‌های بزرگ است. این فناوری یک دید هوایی از محصولات را فراهم می‌کند و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا سلامت کلی محصول را ارزیابی کنند و مناطقی را که ممکن است نیاز به توجه داشته باشند، مانند مناطقی که به دلیل کمبود آب یا مواد مغذی رنج می‌برند، شناسایی کنند.
		نظارت بر سطح رطوبت خاک	با ردیابی تغییرات در سطوح رطوبت خاک در طول زمان، کشاورزان می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد زمان آبیاری محصولات خود بگیرند و مصرف کلی آب را کاهش داده و بهره‌وری آب را بهبود بخشند.
سیستم‌های آبیاری بهینه	خودکار کردن سیستم آبیاری هوشمند	خودکار کردن سیستم آبیاری هوشمند	گردش کار کامل یک سیستم آبیاری را می‌توان به‌طور هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری فعال با هوش مصنوعی و محاسبات ابری خودکار کرد. در مناطقی با کمبود آب و کمبود برق، می‌توان یک سیستم انرژی خورشیدی مبتنی بر هوش مصنوعی و اینترنت اشیا برای آبیاری هوشمند توسعه داد.
بهینه‌سازی کود دهی	کاربرد هوشمندانه‌تر کودها	کاربرد هوشمندانه‌تر کودها	سازمان‌ها کشاورزان را تشویق می‌کنند تا دیجیتالی شوند و شیوه‌های کشاورزی مبتنی بر فناوری را تمرین کنند. فناوری اینترنت اشیا و هوش مصنوعی می‌تواند به کاربرد هوشمندانه‌تر کودها کمک کند.
کنترل آفات و علف‌های هرز	تشخیص هوشمند علف هرز	تشخیص هوشمند علف هرز	برای تشخیص علف‌های هرز در مزرعه، می‌توان از سنسورهای تصویربرداری RGB و مادون قرمز استفاده کرد.
مدیریت خودکار دام	افزایش سلامت پرندگان	افزایش سلامت پرندگان	روبات‌های مستقل می‌توانند سلامت پرندگان را با القای حرکت پرندگان افزایش دهند.
	به‌روزرسانی وضعیت حیوان	به‌روزرسانی وضعیت حیوان	سیستم اتوماسیون نظارت و تحلیل رفتار حیوانات معمولاً به اجزایی مانند حسگرهای متصل به پا، گردن یا گوش حیوانات مجهز شده‌اند، گره‌های حسگر برای پردازش و انتقال مشاهدات و یک الگوی مجهز به هوش مصنوعی برای به‌روزرسانی وضعیت حیوان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
	شناسایی به موقع فعلی و رویدادهای زایمان حیوانات	شناسایی به موقع فعلی و رویدادهای زایمان حیوانات	سیستم‌های خودکار با استفاده از حسگرهایی مانند شتاب سنج، گام شمار، سنسور دما و غیره می‌توانند اطلاعاتی را در مورد وضعیت فعلی گاو جمع‌آوری کنند. در طول رویدادهای فعلی و زایمان، مدت زمان فعالیت و الگوهای آن‌ها از حالت عادی متفاوت است.
مدیریت گلخانه	مدیریت هوشمند بهینه	اندازه‌گیری پارامترهای اقلیمی و محیطی گلخانه	پارامترهای اقلیمی و محیطی گلخانه‌های مدرن را می‌توان با استفاده از حسگرها اندازه‌گیری کرد. شبکه‌های حسگر بی سیم با تعداد زیادی گره، قابلیت سنجش، فعال سازی و انتقال اطلاعات به ذینفعان را دارند.
		تنظیم رطوبت گلخانه	سیستم‌های دیجیتال را می‌توان با هر پروتکل اتصال مانند بلوتوث یا زیگبی متصل کرد و داده‌های رطوبت را از خاک جمع‌آوری کرد.

تم اصلی Main Theme	تم فرعی Sub-Theme	کد Code	نمونه نقل قول (نکات کلیدی) Sample quote (Key Points)
سیستم‌های ذخیره‌سازی هوشمند محصولات کشاورزی	نظارت بر سیستم‌های ذخیره‌سازی	مدیریت یکپارچه آفات	مدیریت یکپارچه آفات یکی از جنبه‌های اصلی اجرای کارآمد گلخانه‌ای است. ابتدایی‌ترین روشی که به‌طور کلی اجرا می‌شود استفاده از تله‌های کاغذی چسبناک است که می‌تواند آفات را جذب کند. با استفاده از دوربین‌های RGB نصب‌شده در مکان‌های مختلف گلخانه، تصاویر کاغذ چسبناک را می‌توان جمع‌آوری کرد.
	طراحی بهینه گلخانه‌های کم‌مصرف	طراحی بهینه گلخانه‌های	توصیه می‌شود قبل از کشت واقعی محصولات در داخل گلخانه‌ها به ارزیابی شرایط ریز اقلیمی داخل گلخانه‌ها پرداخت. این به طراحی بهینه گلخانه‌های کم‌مصرف با روش‌های کنترل دیجیتال آب‌وهوای تطبیقی کمک می‌کند.
	بیش بهتر در مورد نرخ رشد محصول	با کمک اینترنت اشیا و سیستم پشتیبانی تصمیم، می‌توان رابطه‌ای بین تغییرات میکرو اقلیم و رشد محصولات ایجاد کرد که می‌تواند به کشاورزان کمک کند، بیش بهتری در مورد نرخ رشد محصول قبل از کشت داشته باشند.	بیش بهتر در مورد نرخ رشد محصول
بهبود صادرات دام	نظارت بر سیستم‌های ذخیره‌سازی	تنظیم دمای انبارهای ذخیره‌سازی	برای اطمینان از دما و رطوبت بهینه در داخل انبار، سنسورهای دما و رطوبت را می‌توان مستقر کرد.
	شناسایی و حذف بقایای آفت‌کش‌ها	شناسایی و حذف بقایای آفت‌کش‌ها	برای تشخیص مؤثر باقیمانده‌های آفت‌کش‌ها، می‌توان از الگوهای هوش مصنوعی بر روی تصاویر فرا طیفی میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده کرد.
	سیستم ذخیره‌سازی سرد خودکار	سیستم ذخیره‌سازی سرد خودکار	سیستم‌های ذخیره‌سازی سرد خودکار نیز برای نگهداری محصولات کشاورزی برای مدت طولانی‌تری مفید هستند.
تولید، بازاریابی و فروش بهینه محصولات کشاورزی	تشخیص آتش‌سوزی	تشخیص آتش‌سوزی	برخی از سیستم‌های ذخیره‌سازی از حسگرها برای تأمین روشنایی مناسب و سنسورهای دود برای تشخیص هرگونه آتش‌سوزی استفاده می‌کنند.
	رفع مشکلات تغذیه دام	رفع مشکلات تغذیه دام	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین ردیابی رفتارهای تغذیه حیوانات از جمله زمان صرف شده در نزدیکی غذاخوری، دفعات تغذیه و مصرف را به‌طور خودکار انجام می‌دهند.
	مدیریت وزن دام	مدیریت وزن دام	فناوری هوش مصنوعی و حسگر محیطی را برای ضبط خودکار داده‌های وزنی در دامداری ایجاد می‌کنند.
مدیریت زنجیره تأمین دام	مدیریت زنجیره تأمین دام	ردیابی و بهینه‌سازی مسیر لجستیکی	استفاده از فناوری هوش مصنوعی و حسگر راه‌حل‌های انتقالی را برای ساده‌سازی عملیات در زنجیره تأمین دام، از شمارش و ردیابی حیوانات تا پیش‌بینی و بهینه‌سازی مسیرهای لجستیکی ارائه می‌کند.
	بهبود تولید محصولات کشاورزی	پیش‌بینی کاشت محصول	هوش مصنوعی می‌تواند برای پیش‌بینی توصیه‌هایی برای کاشت استفاده شود، کنترل آفات، کنترل ورودی می‌تواند به تضمین افزایش درآمد و ایجاد ثبات برای جامعه کشاورزی کمک کند.
	پایش سلامت خاک	پایش سلامت خاک	الگوهای تشخیص تصویر، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، نظارت بر سلامت خاک را بدون نیاز به زیرساخت‌های آزمایشگاهی فعال کرده‌اند.
برنامه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	جلوگیری از آفت و نقص خاک برنامه کاشت	جلوگیری از آفت و نقص خاک برنامه کاشت	برنامه‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نقص‌های بالقوه و کمبود مواد مغذی در خاک را شناسایی می‌کند.
	پایش بهینه آب و هوایی	پایش بهینه آب و هوایی	اپلیکیشن کاشت مبتنی بر هوش مصنوعی و الگوریتم یادگیری ماشین به کشاورزان بهترین زمان کاشت محصولات را بسته به شرایط آب و هوایی، خاک و سایر شاخص‌ها توصیه می‌کند.
	فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌تواند به راهنمایی در مورد راه‌های بهینه‌سازی مصرف آب بر اساس نیاز محصول و خاک کمک کند.
بهبود بازاریابی	خودکار سازی وظایف کشاورزان	خودکار سازی وظایف کشاورزان	فناوری‌های رباتیک و هوش مصنوعی وظایف کشاورزان را خودکار می‌کند، کارایی تولید را افزایش می‌دهد و وابستگی صنعت را به کاریدی کاهش می‌دهد.
	پیش‌بینی آب و هوایی	پیش‌بینی آب و هوایی	برای کمک به پیش‌بینی آب‌وهوا، داده‌ها به الگوریتمی وارد می‌شوند که از فن‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای یادگیری و پیش‌بینی بر اساس داده‌های گذشته استفاده می‌کند.
	بازاریابی آنلاین	بازاریابی آنلاین	بازاریابی آنلاین مبتنی بر هوش مصنوعی شرایط تجارت برای معامله‌گران، خریداران و نمایندگان بدون پیش‌شرط حضور فیزیکی و مجوز برای یک تاجر معتبر در تمام بازارها را فراهم می‌کند.
شناسخت نیاز و خواسته	شناسخت نیاز و خواسته	شناسخت نیاز و خواسته	هوش مصنوعی می‌تواند نیازها و خواسته‌های نوظهور مصرف‌کنندگان را زمانی که مشتریان آن‌ها را به‌صورت آنلاین بیان می‌کنند، درک کند.

تم اصلی Main Theme	تم فرعی Sub-Theme	کد Code	نمونه نقل قول (نکات کلیدی) Sample quote (Key Points)
فروش بهینه	پیش‌بینی فروش	بازاریابی تعاملی	هدف شخصی‌سازی و سفارشی‌سازی تقویت رابطه مثبت و عاطفی بین فروشنده و مشتری است.
		بهینه‌سازی	با درک بهتر رفتار مصرف‌کننده، شرکت‌ها می‌توانند استراتژی‌های بازاریابی مؤثرتر و مطابق با نیازهای بازار را تولید کنند.
		بازاریابی	پیش‌بینی دقیق و سریع فروش، کشاورزان را قادر می‌سازد تا تصمیمات درستی بگیرند و به عملکرد تجاری بهتری دست یابند.
پیش‌بینی و ردیابی	پیش‌بینی تبخیر و تعرق برای آبیاری	زنجیره‌های تأمین	کلان داده‌ها و هوش مصنوعی نقش مهمی در این زمینه ایفا می‌کنند، زیرا به شرکت‌های کشاورزی اجازه می‌دهند داده‌های مربوط به تولید، حمل‌ونقل و توزیع محصول را ردیابی و تجزیه و تحلیل کنند و بینش ارزشمندی را در مورد مناطقی که نیاز به بهبود دارند ارائه می‌دهند.
		نظارت و ردیابی کیفیت محصولات	یکی دیگر از جنبه‌های مهم اینترنت اشیا در کشاورزی، توانایی نظارت و ردیابی کیفیت محصولات در زمان واقعی است. این را می‌توان با استفاده از حسگرهایی برای نظارت بر ترکیب شیمیایی خاک، اندازه و کیفیت محصولات کشاورزی و سایر عواملی که بر رشد محصول تأثیر می‌گذارد، انجام داد. این اطلاعات می‌تواند برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد زمان برداشت محصولات و اطمینان از اینکه محصولات قبل از فروش با استانداردهای کیفیت مطابقت دارند، استفاده شود.
		قابلیت ردیابی برای شناسایی مشکلات	حتی با حجم کمی از داده‌ها، الگوریتم یادگیری ماشین خطاهای کوچک‌تری در اندازه‌گیری تبخیر و تعرق آب نسبت به روش‌های دیگر نشان داده است.
تشخیص رویداد آکوستیک (Acoustic)	بازایی اطلاعات رویدادهای صوتی	تولیدات دامی	تولیدات دامی در حال گذراندن موجی از دیجیتالی شدن است که از تقاضاهای بازار، مانند قابلیت ردیابی است و استفاده از هوش مصنوعی در چنین محیطی، یکی از امیدوارکننده‌ترین موفقیت‌های عملی هوش مصنوعی برای ردیابی محصولات برای شناسایی و جداسازی مشکلات است.
		پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی	تغییرات سطح آب زیرزمینی یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی مهم است که در آن هوش مصنوعی برای پیش‌بینی و نظارت بر منابع طبیعی و غلبه بر الگوهای تاریخی استفاده می‌شود.
		تشخیص خود کار آفات با استفاده از صوت	چندین سیستم یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای بهبود تشخیص خودکار آفات در زمینه کشاورزی دقیق طراحی شده است. فعالیت صوتی حشرات را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها در حوزه زمان و فرکانس از سایر صداهای محیطی جدا کرد.
چالش‌های اخلاقی استفاده از هوش مصنوعی	نداشتن انصاف	نظارت بر فعالیت و برآورد جمعیت	با استفاده از فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نظارت و طبقه‌بندی فعالیت ازدحام زنبورها بر اساس تجزیه و تحلیل رویداد صوتی امکان‌پذیر است.
		نظارت دقیق بر رفتار چرای دام	رویکرد نظارت زمان واقعی برای اندازه‌گیری رفتار تغذیه بر اساس رویدادهای صوتی که این روش مبتنی بر تشخیص حرکات فک از میکروفون کوچکی است که روی سر گاو قرار داده شده است.
		سوگیری	سوگیری در الگوی هوش مصنوعی تمایل به یادگیری الگوی ترجیحی داده‌ها به جای یادگیری از توزیع واقعی داده در هنگام ساخت الگو است.
عدم شفافیت	سوءاستفاده از منابع مزرعه و زیان مالی	توزیع نامتعادل قدرت	در مواردی که ارائه‌دهندگان فناوری و خدمات به داده‌های تعداد زیادی مزرعه دسترسی دارند و می‌توانند سیستم‌های هوش مصنوعی را کنترل کنند، می‌توان از این قدرت برای کنترل بازار، به اشتراک گذاشتن اطلاعات با اشخاص ثالث و نادیده گرفتن حقوق کشاورزان در مورد دارایی‌های خود سوءاستفاده کنند.
		تضعیف اعتماد کشاورزان	در زمینه کشاورزی، عدم شفافیت می‌تواند اعتماد کشاورزان را تضعیف کند و ممکن است منجر به عدم تمایل آن‌ها به اتخاذ راه‌حل‌های هوش مصنوعی یا ناراحتی آن‌ها برای به اشتراک گذاشتن داده‌های مزرعه با ارائه‌دهندگان فناوری شود.
		عدم اطمینان	نقض‌های امنیتی، الگوهای ضعیف هوش مصنوعی، داده‌های باکیفیت پایین، یا مشکلات قابلیت استفاده که منجر به شکست سیستم می‌شود، ممکن است به تولید مزرعه آسیب برساند، منجر به سوءاستفاده از منابع مزرعه و زیان مالی شود.
حفظ حریم خصوصی	آسیب‌پذیری در مقابل سوءاستفاده	آسیب‌پذیری در مقابل سوءاستفاده	اگر داده‌های مزرعه با اشخاص ثالث به اشتراک گذاشته شوند، در برابر سوءاستفاده بسیار آسیب‌پذیر هستند. زمانی که داده‌ها بدون رضایت کشاورزان به اشتراک گذاشته می‌شوند، یا داده‌ها فراتر از هدف ذکر شده پردازش یا استفاده می‌شوند، بیشتر نگران‌کننده است.

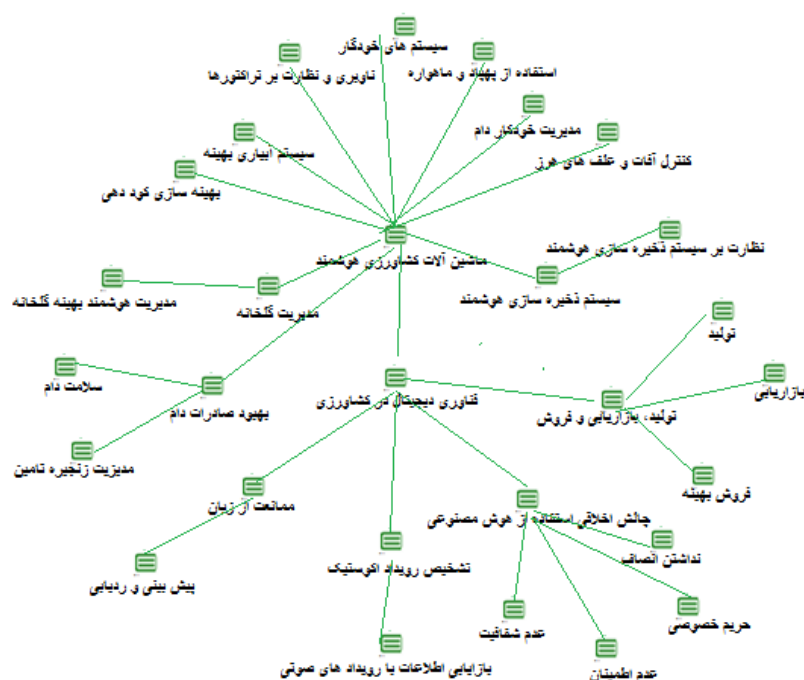
منبع: یافته‌های پژوهش

یافته‌های کمی

در پژوهش حاضر، از آزمون همبستگی کندال به منظور تأیید الگوی تدوین شده بهره گرفته شد. از این رو، برای اعتبارسنجی الگو، در بخش کیفی از خبرگان و متخصصینی که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده بودند، نظرخواهی به عمل آمد. پس از تعیین اعضای نمونه، بر اساس تحلیل مصاحبه‌ها و الگوی پیشنهادی، پرسش‌نامه‌ای تهیه و تدوین شده و در اختیار خبرگان و متخصصین قرار داده شد. بعد از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها و ارزیابی نتایج و تحلیل دیدگاه متخصصین، در دور دوم دوباره تمامی عوامل به همراه میانگین نظر اعضا در دور اول و همچنین نظر پیشین همان عضو در اختیار تمامی صاحب‌نظران و متخصصین پانل قرار گرفت و در دور سوم نیز همین فرایند با در نظر گرفتن نتایج دور دوم تکرار شد. در آزمون

همبستگی کندال برای تعیین میزان اتفاق نظر میان پاسخ‌دهندگان، از ضریب هماهنگی استفاده می‌شود. این ضریب نشان‌دهنده این است خبرگانی که چند مقوله را بر اساس اهمیت آن‌ها مرتب کرده‌اند، به‌طور اساسی شاخص‌های یکسانی را برای قضاوت درباره هر یک از مقوله‌های مهم به‌کاربرده‌اند و از این لحاظ با یکدیگر موافق‌اند. هماهنگی یا موافقت کامل برابر با یک و در زمان نبود کامل هماهنگی برابر با صفر است. یافته‌های حاصل از اجرای همبستگی کندال در هر سه دور در جدول ۵ نشان داده شده است.

در شکل ۱ مدل برآمده از نظریه داده بنیاد با نرم‌افزار مکس کیودا ارائه شده است.



شکل ۱. خروجی نرم‌افزار مکس کیودا از کدگذاری داده‌ها

Figure 1 - MAXQDA Software Output from Data Encoding

جدول ۵. نتایج شاخص اجماع دوره‌های سه‌گانه آزمون همبستگی کندال

Table 5- Results of the Consensus Index of the Three Periods of the Kendall Correlation Test

تم‌های اصلی Main themes	تم‌های فرعی Sub-themes	ضریب کندال دور اول First-round Kendall coefficient	ضریب کندال دور دوم Kendall coefficient second round	ضریب کندال دور سوم Kendall coefficient third round
ماشین‌آلات کشاورزی هوشمند	ناوبری و نظارت بر عملکرد تراکتورها	۰/۵۴۲	۰/۶۴۲	۰/۷۸۲
	سیستم‌های خودکار	۰/۴۸۵	۰/۶۲۳	۰/۸۲۶
	استفاده از پهپادها و ماهواره‌ها	۰/۵۶۰	۰/۶۴۰	۰/۷۸۰
مدیریت گلخانه	سیستم‌های آبیاری بهینه	۰/۵۷۶	۰/۶۵۴	۰/۸۰۱
	بهینه‌سازی کود دهی	۰/۶۰۱	۰/۶۹۹	۰/۷۸۰
	کنترل آفات و علف‌های هرز	۰/۵۸۶	۰/۶۸۷	۰/۸۰۳
سیستم‌های ذخیره‌سازی هوشمند محصولات کشاورزی	مدیریت خودکار دام	۰/۵۳۴	۰/۶۷۲	۰/۸۲۱
	مدیریت هوشمند بهینه گلخانه	۰/۵۶۲	۰/۶۴۰	۰/۸۴۰
	نظارت بر سیستم‌های ذخیره‌سازی محصولات	۰/۴۸۰	۰/۶۷۰	۰/۸۲۳
بهبود صادرات دام	سلامت دام	۰/۵۲۳	۰/۶۳۱	۰/۸۲۱
	مدیریت زنجیره تأمین دام	۰/۵۶۴	۰/۵۴۱	۰/۸۹۶
	تولید، بازاریابی و فروش بهینه	۰/۵۲۳	۰/۵۷۰	۰/۷۳۰
محصولات کشاورزی	بهبود بازاریابی	۰/۵۵۴	۰/۶۲۱	۰/۸۰۱
	فروش بهینه	۰/۵۶۳	۰/۶۵۴	۰/۸۳۱
ممانعت از زیان	پیش‌بینی و ردیابی	۰/۵۶۴	۰/۵۵۰	۰/۸۶۵
	تشخیص رویداد آکوستیک	۰/۵۶۴	۰/۶۵۰	۰/۷۸۰
چالش‌های اخلاقی استفاده از هوش مصنوعی	نداشتن انصاف	۰/۵۷۶	۰/۷۱۵	۰/۸۹۳
	عدم شفافیت	۰/۵۲۳	۰/۷۲۸	۰/۸۵۴
	عدم اطمینان	۰/۵۳۱	۰/۷۲۲	۰/۸۵۰
کل	حفظ حریم خصوصی	۰/۵۲۲	۰/۷۰۲	۰/۸۲۲
		۰/۵۴۱	۰/۶۷۴	۰/۷۴۳

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول ۵ و اجماع نظر متخصصین مناسب در خصوص عناصر و الگوی تدوین‌شده، می‌توان گفت که الگوی تدوین‌شده از اعتبار لازم برخوردار است.

برای جمع‌بندی مدلی سه سطحی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود.

جدول (۶). مدل سه سطحی برگرفته از نتایج تحقیق

Table (6) Three-Level Model Derived from Research Results

←		
سطح اول: فناوری‌های دیجیتال (متغیر محرک)	سطح دوم: سازوکارهای عملیاتی (متغیرهای میانجی)	سطح سوم: پیامدهای پایداری و بازار (متغیرهای وابسته)
هوش مصنوعی	هوشمندسازی عملیات مزرعه	پیامدهای اقتصادی
اینترنت اشیا	بهینه‌سازی نهاده‌ها	کاهش هزینه تولید
پهپاد و سنجنش از دور	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	افزایش بهره‌وری
تحلیل کلان داده	خودکارسازی فرایندها	افزایش سودآوری
	یکپارچگی زنجیره تأمین	پیامدهای زیست‌محیطی
		کاهش مصرف آب
		کاهش مصرف سم و کود
		کاهش اتلاف منابع
		پیامدهای بازاری
		بهبود کیفیت
		افزایش فروش
		ارتقای رقابت‌پذیری

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی

بحث در سه بخش نظری، سیاستی و مدیریتی ارائه شده است:

در بحث نظری، یافته‌ها نشان داد که فناوری‌های دیجیتال صرفاً ابزارهای عملیاتی نیستند، بلکه به‌عنوان قابلیت‌های پویا در بازآفرینی ساختار تولید کشاورزی نقش ایفا می‌کنند. یافته‌های پژوهش نشان داد که مدل فناوری‌های دیجیتال در کشاورزی با تمرکز بر تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و محیطی می‌تواند نقشی مهمی را در بهبود بهره‌وری و پایداری کشاورزی در مناطق روستایی ایفا کند. همچنین فناوری‌های دیجیتال نقش کلیدی در تحول کشاورزی ایفا می‌کنند و به کشاورزان کمک می‌کنند تا بهره‌وری را در بخش کشاورزی افزایش دهند، منابع طبیعی را حفظ کنند و به چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت پاسخ دهند. دستیابی به این اهداف، مستلزم سرمایه‌گذاری، آموزش و همکاری بین بخش‌های مختلف وجود دارد. فناوری‌های نوین در کشاورزی، نه تنها یک نوآوری فناورانه، بلکه یک ضرورت برای آینده است. دیجیتالی‌سازی به‌عنوان یک عامل کلیدی در تحول فرآیندهای تولید و نوآوری در کشاورزی، به ویژه در زمینه کشاورزی دیجیتال، در حال رشد است. بخش کشاورزی با برخورداری از فناوری‌های پیشرفته دیجیتال با نسل جدید کشاورزی و با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، سنسورها، پهپادها و غیره، فرآیندهای کشاورزی را بهینه‌سازی و هوشمندسازی می‌کند و بهره‌وری را به شدت افزایش می‌دهد. سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با بخش کشاورزی، می‌توانند کشاورزان و شرکت‌های کشاورزی را به استفاده از هوش مصنوعی و اینترنت اشیا برای کنترل و خودکارسازی فعالیت‌های کشاورزی در حوزه کشاورزی مدرن و منافع و مزایای استفاده از آن‌ها از طریق تولید محتوا، برگزاری برنامه‌های آموزشی عملی و برنامه‌های آموزشی تلویزیونی به صورت مداوم مورد حمایت و تشویق قرار دهند. فناوری مزرعه و کلان داده‌ها می‌تواند بهره‌وری مزرعه را بهبود بخشد و تولید غذای

جهان را تا سال ۲۰۵۰ به میزان قابل توجهی در مواجهه با زمین‌های قابل کشت محدود و با کاهش سطح مصرف آب افزایش دهد. بخش کشاورزی به‌طور مداوم به دلیل کمبود نیروی کار ماهر و بهره‌وری پایین با چالش مواجه است. دیجیتالی سازی کشاورزی به حداقل وابستگی نیروی انسانی نیاز دارند. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌های سابیش و Subeesh (2021) & Mehta و Balyan, et al (2024) همگرا است.

در بحث مدیریتی، یافته‌ها نشان داد که مدیران بخش کشاورزی می‌توانند سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های داده‌محور را نه به‌عنوان هزینه، بلکه به‌عنوان سرمایه‌گذاری راهبردی در نظر بگیرند. یکی از مزایای اولیه سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، نظیر تصاویر ماهواره‌ای و هوایی، توانایی نظارت بر رشد و سلامت محصولات در زمین‌های بزرگ است. این فناوری یک دید هوایی از محصولات را فراهم می‌کند و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا سلامت کلی محصول را ارزیابی کنند و مناطقی را که ممکن است نیاز به توجه داشته باشند، مانند مناطقی که به دلیل کمبود آب یا مواد مغذی رنج می‌برند، شناسایی کنند. با ردیابی تغییرات در سطوح رطوبت خاک در طول زمان، کشاورزان می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد زمان آبیاری محصولات خود بگیرند و مصرف کلی آب را کاهش داده و بهره‌وری آب را بهبود بخشند. سرمایه‌گذاری فناوری‌های رباتیک و هوش مصنوعی وظایف کشاورزان را خودکار می‌کند، کارایی تولید را افزایش می‌دهد و وابستگی صنعت را به کار ی‌دی کاهش می‌دهد. هدف شخصی‌سازی و سفارشی‌سازی تقویت رابطه مثبت و عاطفی بین فروشنده و مشتری است. با درک بهتر رفتار مصرف‌کننده، شرکت‌ها می‌توانند استراتژی‌های بازاریابی مؤثرتر و مطابق با نیازهای بازار را تولید کنند. کلان داده‌ها و هوش مصنوعی نقش مهمی در این زمینه ایفا می‌کنند، زیرا به شرکت‌های کشاورزی اجازه می‌دهند داده‌های مربوط به تولید، حمل‌ونقل و توزیع محصول را ردیابی و تجزیه و تحلیل کنند و بینش ارزشمندی را در مورد مناطقی که نیاز به بهبود دارند ارائه می‌دهند. داده‌های تولید شده توسط حسگرهای مختلف از اهمیت بالایی برخوردار هستند و نیاز به مدیریت و تجزیه و تحلیل دارند. بنابراین با استفاده از یادگیری ماشین و رویکردهای مبتنی بر یادگیری عمیق در مدیریت و تجزیه و تحلیل این داده‌ها، چالش‌های آینده در شیوه‌های کشاورزی پیش‌بینی گردد. از جمله مهم‌ترین پیامدهای فناوری‌های دیجیتال در پایداری تولید و فروش محصولات کشاورزی می‌توان به افزایش بهره‌وری و تولید، کاهش هزینه تولید، کاهش قیمت محصولات کشاورزی و در نتیجه افزایش میزان فروش محصولات و بهبود مزیت رقابتی محصولات کشاورزی در بازارهای جهانی، تخصیص بهینه نهاده‌های بخش کشاورزی (نظیر، آب، کود، سموم، انرژی) و غیره اشاره کرد.

در بخش سیاستی، سیاست‌گذاران می‌توانند با ایجاد مشوق‌های مالیاتی و تسهیل واردات فناوری‌های پیشرفته، مسیر گذار به کشاورزی دیجیتال را تسریع نمایند. دولت و نهادهای مرتبط با بخش کشاورزی از طریق برنامه‌ریزی مناسب در زمینه کاربرد دیجیتالی شدن و اتوماسیون در کشاورزی از جمله کمک به توسعه ماشین‌آلات کشاورزی هوشمند، سیستم‌های آبیاری هوشمند، کنترل علف‌های هرز و آفات، بهینه‌سازی کوددهی، مدیریت گلخانه، سیستم‌های ذخیره‌سازی و نهایتاً بازاریابی و فروش آنلاین مبتنی بر هوش مصنوعی و غیره حمایت نمایند. دولت و نهادهای مرتبط با بخش کشاورزی، از فروش محصولات کشاورزی استاندارد، ایجاد مناطق عملکردی برای تولید محصولات باکیفیت و پایگاه‌های تولید استاندارد، استانداردسازی تولیدات، ساده کردن روش‌های تأمین به موقع نهاده‌های مهم مانند کودها و سموم کشاورزی و تغییر وضعیت سنتی تولید محصولات کشاورزی خام حمایت کند. هم‌زمان، دولت به شرکت‌ها کمک کند تا سیستم‌های فناوری دیجیتال کشاورزی را ایجاد کنند تا مدیریت زنجیره تأمین صنعتی و باکیفیت متعددی از تولید محصولات کشاورزی تا پردازش، بسته‌بندی و حمل‌ونقل و فروش شکل گیرد که در نهایت به دست مصرف‌کنندگان می‌رسند. دولت و نهادهای مرتبط با بخش کشاورزی، کشاورزان و شرکت‌های کوچک و بزرگ را در افزایش ظرفیت تولید، تجاری‌سازی و فروش محصولات، دوره‌های آموزشی حرفه‌ای، نوسازی ماشین‌آلات، تجهیزات و فناوری، انتقال فناوری جدید از خارج به داخل کشور... از راه‌های مختلف نظیر ابزارهای متنوع تأمین مالی، حذف تعرفه گمرکی واردات فناوری مدرن کشاورزی، ارائه مشاوره و سایر ابزارهای تشویقی مورد حمایت اساسی و دائمی قرار دهد.

حامی مالی

این مقاله با حمایت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی از طرح پژوهشی با شماره قرارداد ۱۴۰۴/د/۹/۶۰۱۷ استخراج گردیده است.

منابع

- زارعی، نسیم (۱۴۰۲). الزامات مشارکت مردم در جهش تولیدات کشاورزی. امنیت اقتصادی (۱۱(۱۲)، (پیاپی ۱۱۹)، ۳۳-۴۴.
- سینائی راد، زهرا؛ شفیعی، فاطمه و جمشیدی، امید (۱۴۰۳). چالش‌های توسعه فناوری‌های نوپدید و دانش‌بنیان بوم سازگار در بخش کشاورزی استان مازندران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۵۵-۲ (۴)، [10.22059/ijaedr.2024.367468.669265](https://doi.org/10.22059/ijaedr.2024.367468.669265)
- سیف‌اللهی، ناصر، محمدخانی، رحیم (۱۴۰۴). مدل برندسازی محصولات کشاورزی سبز صادراتی با تأکید بر بازاریابی دیجیتال (رویکرد داده بنیاد). دو فصلنامه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۲۱(۱)، ۱-۱۷. <https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.497116.1840>.
- سیف‌اللهی، ناصر (۱۴۰۰). بررسی مؤلفه‌های بسته‌بندی محصولات کشاورزی بر قصد خرید مصرف‌کننده. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران دوره (۳) ۵۲، ۵۳۹-۵۲۵. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.307443.668936>
- سیف‌اللهی، ناصر (۱۴۰۱). تحلیل اثر استراتژی‌های رقابتی بازاریابی کشاورزی بر توسعه زنجیره ارزش: (مطالعه موردی صنایع لبنی). مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران دوره (۴) ۵۳، ۹۴۴-۹۴۳. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.340629.669137>
- سیف‌اللهی، ناصر. (۱۴۰۲). مبانی مدیریت پیشرفته. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

REFERENCES

- Akbar, J., Kamarulzaman, S., Muzahid, A., Rahman, A., & Uddin, M. (2024). "A Comprehensive Review on Deep Learning Assisted Computer Vision Techniques for Smart Greenhouse Agriculture," *IEEE Access*, 12 (3), 4485–4522, 2024. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3349418>.
- Balyan, S., Jangir, H., Tripathi, S.N., Tripathi, T. Jhang, T., & Pandey, p. (2023). "Seeding a Sustainable Future: Navigating the Digital Horizon of Smart Agriculture," *Sustainability*, 16 (2), 1–21, <https://doi.org/10.3390/su16020475>.
- Cai, Y., Guan, K., Nafziger, E., Chowdhary, G., Peng, B., Jin, Z., Wang, S., & Wang, S. (2019). Detecting in-season crop nitrogen stress of corn for field trials using UAV-and CubeSat-based multispectral sensing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(12), 5153–5166. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2953489>.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among five Approaches* (pp. 53-84). Thousands Oaks: Sage Publications.
- De Oliveira, R., & silva, R. (2023). Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends, *Applied Science*, 2023, 13(13), 7405; <https://doi.org/10.3390/app13137405>.
- Dhanabalan T, Sathish A. (2018). Transforming Indian industries through artificial intelligence and robotics in industry 4.0. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10):835-845. <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp>.
- Fuentes-Peñailillo, K., Gutter, R., & Vega, R. (2024). Transformative Technologies in Digital Agriculture: Leveraging Internet of Things, Remote Sensing, and Artificial Intelligence for Smart Crop Management, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 13(4), 39 -54, <https://doi.org/10.3390/jsan13040039>.
- Gueler, M. S., & Schneider, S. (2021). The resource-based view in business ecosystems: A perspective on the determinants of a valuable resource and capability. *Journal of Business Research*, 133, 158-169.
- Kumar, R., Yadav, S., Kumar, K., Kumar, J., & Kumar, N. (2020). Artificial Intelligence: New Technology to Improve Indian Agriculture, *International Journal of Chemical Studies*, 8(2): 2999-3005, <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2at.9208>.
- Seifollahi, Naser .(2021). Investigating the Effect of Packaging of Agricultural Products on the Consumer's Purchase Intention. *Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research*. 52(3), 525-539. [10.22059/ijaedr.2021.307443.668936](https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.307443.668936). (in Persian).
- Seifollahi, Naser .(2022). Analyzing the Effect of Competitive Agricultural Marketing Strategies on Value Chain Development: A Case Study of the Dairy Industry. *Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research*. 53(4), 935-944. [10.22059/ijaedr.2022.340629.669137](https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.340629.669137). (in Persian)
- Seifollahi, Naser & Mohamadkhani, Rahim. (2025). branding model of green agricultural products for export with an emphasis on digital marketing (Grounded Theory Approach). *Iranian Agricultural Extension and Education Association*. 21(1). 1-17. [10.22034/iaeej.2025.497116.1840](https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.497116.1840). (in Persian)
- Seifollahi, Naser .(2023). *Advanced Management Fundamentals*. Tehran :Tehran University Press. (in Persian).
- Sharma, S., Verma, K., & Hardaha, P. (2022). Implementation of Artificial Intelligence in Agriculture. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 2(2), 155–162. <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE2202174>.
- Sinaiee Rad, Z., Shafiee, F. & Jamshidi, O. (2024). Challenges of eco-based emerging and knowledge based technologies development in the agricultural sector of Mazandaran province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 55-2(4), 611-629; <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2024.367468.669265>. (in Persian).
- Subeesh, A., & Mehta, C.R. (2021). Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things, *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5(2021), 278-291,

<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.11.004>.

Zarei, Nasibeh.(2021).The requirements for public participation in the leap in agricultural production. *Monthly Scientific Journal "Economic Security"*,11 (12). 33-44. (in Persian)