Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture, Vol.10, Issue. 2, 2023 p: 100-115 OPEN ACCESS

Research Paper

Technological Trends in Smart Agriculture

Fatemeh Hesabi[1], Ismail Jafarpanah[2], Abbasali Karshenas[3] and Mommadhasan Ahmadzadeh[4]

1- Ph.D. Candidate in Science and Technology Policy Making, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, (Corresponding author: fatemehhesabi@modares.ac.ir)
2- Assistant Professor, Department of Industrial Management and Innovation, Management Colleges, Tehran University, Tehran, Iran
3- Ph.D Graduated in Technology Management, Department of Industrial Management and Innovation, Management Colleges, Tehran University and CEO at TopTech Fund, Tehran, Iran
4- Ph.D. Candidate in Science and Technology Policy Making, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 26 March, 2023 Accepted: 4 June, 2023

Extended Abstract

Background: The agricultural sector is a crucial component of a nation's economy, playing an indispensable role in its economic development. This sector not only ensures food security but also provides employment opportunities and contributes to rural development. The integration of technology into agriculture is vital for increasing production, enhancing efficiency, and facilitating access to global markets. Recent advances in emerging technologies have led to a significant paradigm shift within the agricultural landscape. This transformation, driven by digital technologies, is increasingly recognized as a flexible and sustainable solution for modernizing agricultural practices. This research aims to investigate technological trends and their functions in the agricultural value chain, ultimately facilitating a successful transition to smart agriculture. By exploring these trends, the study seeks to highlight the potential benefits of adopting innovative technologies in agriculture, including improved productivity, better resource management, and enhanced sustainability.

Methods: This research is practical in its objectives and systematic in its approach to data collection. The statistical population includes all English-language articles published in the field of smart agriculture between 2011 and 2022, sourced from the Web of Science and Scopus databases. In the initial phase, 3,257 articles were identified and analyzed using Vos Viewer for scientometric analysis. This software allows for the visualization of scientific data and the mapping of research trends, providing insights into the evolution of the field. Following this analysis, the research question was formulated, and the Prisma approach was applied to refine the selection of articles. Ultimately, 33 articles were chosen for a comprehensive qualitative study. This combination of quantitative and qualitative methodologies enables a thorough exploration of the topic, offering both statistical insights and in-depth analyses of the selected literature.

Results: In the quantitative section of this research, knowledge maps were utilized to illustrate the growth trend of scientific articles in the field of smart agriculture. This analysis included the identification of key journals, research centers, and active countries contributing to this body of work. Furthermore, the study pinpointed authors with the highest publication outputs and assessed scientific networks to evaluate their influence within the field. The results indicate a growing interest in smart agriculture, reflected in the increasing number of publications and collaborations among researchers. In the qualitative section, the research findings reveal that the Internet of Things (IoT) is the most significant technological domain in the agricultural sector. IoT enables the interconnectivity of devices and systems, facilitating real-time data collection and monitoring, which are essential for informed decision-making in agriculture. Other important technologies identified include artificial intelligence, machine learning, big data analytics, blockchain technology, wireless sensor networks, remote sensing, various types of sensors, cloud computing, fog and edge computing, and low-power wide-area networks. These technologies can be categorized into four primary groups based on their functionalities: data collection, computation and communication, data security and integration, and prediction and classification. Data

Copyright ©2023 Hesabi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]

[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

collection technologies facilitate the gathering of agricultural data from various sources, enabling farmers to make data-driven decisions. Computation and communication tools process and transmit data efficiently, ensuring timely access to critical information. Data security and integration solutions protect sensitive agricultural data while integrating various systems for seamless operation. Prediction and classification technologies assist in forecasting agricultural trends and categorizing data for better management practices. The insights generated from this research are expected to serve as a critical foundation for managers and policymakers. Understanding the current technological landscape will enable them to formulate strategies, policies, and development programs that effectively leverage these innovations to enhance productivity and sustainability in the agricultural sector.

Conclusion: Based on the identified trends, it is clear that government intervention is essential for fostering the development of smart agriculture. By adopting strategic measures and creating appropriate frameworks, the government can significantly contribute to this sector's advancement. Key actions include developing technical infrastructure, investing in human capital, supporting research and development initiatives, encouraging smart agricultural practices, providing financial support, and establishing guaranteed markets for agricultural products. These efforts will not only enhance productivity in the agricultural sector but also promote sustainable development, ultimately leading to an improvement in the country's capabilities. The transition to smart agriculture represents a significant opportunity to address the challenges faced by the agricultural sector, including climate change, resource scarcity, and the need for increased food production. By embracing technological advancements and fostering an environment conducive to innovation, nations can ensure the long-term viability and competitiveness of their agricultural industries. In summary, the findings of this study underscore the importance of technological integration within the agricultural value chain. As the sector continues to evolve, stakeholders must remain vigilant and adaptive to emerging trends, ensuring that they harness the full potential of technology to drive growth and sustainability. Future research should continue to explore the impacts of these technologies on agricultural practices and investigate additional strategies for enhancing their adoption across diverse agricultural contexts. This comprehensive approach will not only benefit individual farmers but also contribute to the broader economic and social well-being of communities, ultimately paving the way for a more resilient and sustainable agricultural future.

Keywords: Agriculture, Digital agriculture, Internet of things, Smart agriculture, Smartening

How to Cite This Article: Hesabi, f., Jafarpanah, I., Karshenas, A., & Ahmadzadeh, M. h. (2023). Technological Trends in Smart Agriculture. *J Entrepreneurial Strategies Agric*, 10(2), 100-115. https://doi.org/10.61186/jea.10.20.94

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

شناسایی روندهای فناورانه در حوزه کشاورزی هوشمند

فاطمه حسابی[۱]، اسماعیل جعفرپناه[۲]، عباسعلی کارشناس[۳] و محمد حسن احمدزاده[۴]

۱- دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسوول: fatemehhesabi@modares.ac.ir)
۲- عضو هیات علمی گروه مدیریت فناوری و نوآوری، دانشکده مدیریت صنعتی و نوآوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- دانش‌آموخته‌ی دکتری مدیریت فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران و مدیر عامل صندوق پژوهش و فناوری تلاشگران اقتصاد پایدار، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۴
صفحه: ۱۰۰ تا ۱۱۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از ظرفیت‌های بالقوه و مهم می‌تواند در فرآیند توسعه اقتصادی کشور نقش بی‌بدیلی ایفا کند. به‌کارگیری فناوری در این حوزه نقش بسیار مهمی در افزایش تولید، ارتقای بهره‌وری و دستیابی به بازارهای جهانی ایفا می‌کند. پیشرفت در فناوری‌های نوظهور موجب تغییر پارادایم در حوزه کشاورزی شده است. در حال حاضر، این انقلاب که بر پایه فناوری‌های دیجیتال است به‌عنوان راه‌حلی برای تحول در حوزه کشاورزی به روشی انعطاف‌پذیر و پایدار در نظر گرفته می‌شود. هدف این پژوهش، بررسی روندهای فناورانه و کارکرد آن‌ها در زنجیره کشاورزی جهت گذار موفقیت‌آمیز به‌سمت کشاورزی هوشمند است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نظر هدف کاربردی است و با استفاده از روش مرور نظام‌مند به تحلیل پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه کشاورزی می‌پردازد. جامعه آماری این پژوهش تمامی مقالاتی که به زبان انگلیسی در حوزه موضوعی کشاورزی هوشمند در بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۲ و در پایگاه WoS و Scopus به چاپ رسیدند، است. ۳۲۵۷ مقاله در مرحله اول شناسایی و برای تحلیل علم‌سنجی وارد نرم‌افزار Vosviewer (۱.۱۶.۰۹) شد. سپس با استفاده از سوال پژوهش و رویکرد پریسما ۳۳ مقاله برای مطالعه تمام متن در بخش کیفی پژوهش انتخاب شد.

یافته‌ها: در بخش تحلیل استنادی اسناد با استفاده از نقشه‌های دانشی، روند رشد مقالات علمی این حوزه، تعیین مجلات، مراکز تحقیقاتی و کشورهای فعال، تعیین نویسندگان با بیشترین مقالات، شناسایی شبکه‌های علمی و ارزیابی میزان مرجعیت آن‌ها شناسایی شد. در بخش کیفی نیز مطالعه پژوهش‌ها، اینترنت اشیاء را به‌عنوان مهم‌ترین حوزه فناورانه در بخش کشاورزی نشان می‌دهد. فناوری‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، کلان داده، زنجیره بلوکی، شبکه حسگرهای بی‌سیم، سنجش از راه دور، حسگرها، رایانش در ابر، مه و لبه، شبکه گسترده کم‌مصرف به‌عنوان فناوری‌های همگرا، شناسایی و در چهار دسته جمع‌آوری داده‌ها، محاسبات و ارتباطات، امنیت و یکپارچگی داده‌ها و پیش‌بینی و یادگیری طبقه‌بندی شدند. انتظار می‌رود، دانش خلق‌شده به‌عنوان مبنایی مهم برای مدیران و سیاست‌گذاران در جهت اثرگذاری مطلوب بر استراتژی‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای حوزه کشاورزی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: با توجه به روندهای شناسایی‌شده، دولت با اتخاذ اقدامات و ایجاد بسترهای مناسب نظیر توسعه زیرساخت‌های فنی، زیرساخت انسانی، حمایت از تحقیقات و توسعه، تشویق به کشاورزی هوشمند، حمایت مالی و توسعه بازارهای تضمینی می‌تواند به توسعه کشاورزی هوشمند و افزایش بهره‌وریِ این حوزه کمک کند و در نهایت به توسعه پایدار و افزایش توانمندی‌های کشور منجر شود.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیاء، کشاورزی هوشمند، کشاورزی دیجیتال، هوشمندسازی

مقدمه

افزایش کمّی و کیفی تقاضا برای غذا، ضرورت حرکت به‌سمت صنعتی‌شدن کشاورزی را چندین برابر کرده است. بر اساس گزارش‌های سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد[۱]، نیاز غذایی جمعیتِ رو به افزایش زمین، در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۰۶ رشدی معادل ۷۰ درصد خواهد داشت. با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، امروزه جامعه جهانی با بحران جدی غذا روبه‌رو است و یافتن منابع جدید برای تولید محصولات کشاورزی از جمله راهکارهای مؤثر در مقابل این بحران است.

از طرف دیگر، مشکل کمبود آب کره زمین، محدودبودن زمین‌های زراعتی و تغییرات آب‌وهوایی مانع کشاورزان و مسئولان برای تولید بیشتر و بی‌وقفه است. بدین ترتیب، گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی هوشمند در پاسخ به نگرانی‌های جهان در خصوص تولید مواد غذایی، بهره‌وری مزارع، اثرات محیط‌زیستی، امنیت غذایی، تلفات محصول و پایداری است (Krishna *et al*., 2017; Baharvand et al., 2022). فناوری‌های دیجیتال به‌دلیل پتانسیلی که برای افزایش مقیاس، کارایی و اثربخشی تولید در مزارع دارند، به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های راهبردی برای رشد بخش کشاورزی به شمار می‌آیند. سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد این تحول را به‌عنوان «انقلاب کشاورزی هوشمند[۲]» (Trendov *et al*., 2019) معرفی می‌کند که هدف آن ایجاد مدل تولید دیجیتالی است تا در طول فرایند تولید، تعامل به موقع بین افراد، محصولات و دستگاه‌ها برقرار باشد. فناوری‌های دیجیتال راه‌حل راهبردی برای افزایش کارایی و اثربخشی تولید در مزارع کشاورزی است (Zhou *et al*., 2015).

در حال حاضر، روش‌های سنتی کشاورزی به زمین‌های زراعی، زمان و مقدار قابل‌توجهی آب (برای آبیاری) نیاز دارند که این امر تولید غذای کافی برای نسل آینده را دشوار می‌کند. بخشی از این مشکل نیز به‌دلیل استفاده نادرست از آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها و همچنین استفاده نادرست از فناوری‌های موجود است که هر دو به محصولات زراعی آسیب می‌زند و در نهایت منجر به ضایعات کشاورزی می‌شود (Shi *et al*., 2019). این مشکلات را می‌توان با ترکیب فناوری‌های پیشرفته و برنامه‌های کاربردی مبتنی بر کامپیوتر که موجب بازده بالاتر محصول، مصرف آب کمتر، استفاده بهتر از آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و بهبود کیفیت محصول را تضمین می‌کند، حل

1- Food and Agriculture Organization of the United
2- Digital Agricultural Revolution

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

کرد. اینجاست که اهمیت کشاورزی هوشمند و شناسایی فناوری‌ها و کارکردشان در زنجیره هوشمند کشاورزی بیش از پیش ضرورت پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال کشاورزان با استفاده از فناوری‌های مبتنی بر شبکه‌های بی‌سیم می‌توانند بدون توجه به مکان یا زمان، از راه دور به مزارع متصل شوند و برعملیات تولید نظارت داشته باشند. از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان برای بررسی و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده استفاده کرد و از برنامه‌های کامپیوتری می‌توان برای کمک به کشاورزان در تصمیم‌گیری استفاده کرد. کشاورزی هوشمند می‌تواند با ترکیب فناوری‌های دیجیتال پارامترهای مربوط به عوامل محیطی، کنترل علف‌های هرز، مدیریت آب، شرایط خاک، برنامه‌ریزی آبیاری، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را پایش و تجزیه و تحلیل کند و موجب افزایش عملکرد محصول، کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت محصول و حفظ نهاده‌ها شود (Araújo *et al*., 2021).

به‌منظور درک تأثیر پذیرش فناوری و پتانسیل آن برای مقابله با چالش‌های مربوط به تولید مواد غذایی برای نسل‌های فعلی و آینده، مطالعات متعددی تغییرات و انقلاب‌های حوزه کشاورزی را مورد بازبینی قرار داده‌اند. این مطالعات اغلب متمرکز بر تنها یک یا چند فناوری دیجیتال می‌باشند. کیم و همکاران (۲۰۱۹) و راپارلی و باجوکو (۲۰۱۹) تحلیل کتاب‌سنجی در مورد استفاده از وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین[1] در کشاورزی را انجام دادند (Kim *et al*., 2019; Raparelli and Bajocco, 2019). ترنس و پوروشوتامان[2] (۲۰۲۰) و ناوارو و همکاران (۲۰۲۰) استفاده از اینترنت اشیا در مزارع را به‌طور سیستماتیک مورد بررسی قرار دادند (Navarro *et al*., 2020; Terence and Purushothaman, 2020). علاوه بر این، برخی از پژوهش‌ها به‌کارگیری تکنیک‌های یادگیری ماشینی (Sharma *et al*., 2020)، سامانه اطلاعات جغرافیایی (Praveen and Sharma, 2020)، و کلان داده را در کشاورزی پرداختند (Wolfert *et al*., 2017). مطالعات دیگری به بهبود عملکرد زنجیره هوشمند کشاورزی، توسعه تعاریف کشاورزی هوشمند، دستیابی به زراعت پایدار از طریق کشاورزی هوشمند و پیشنهاد چارچوب کشاورزی هوشمند پرداختند (Idoje *et al*., 2021; Lezoche *et al*., 2020; Liu *et al*., 2020). با این وجود، این مطالعات شامل بحث صریح در مورد فناوری‌ها و کارکردهایشان در زنجیره هوشمند کشاورزی نمی‌شود. در نتیجه، برای ترویج گفتگو در این زمینه، لازم است کشاورزی هوشمند از منظر فناوری‌ها و کارکردهایشان نیز مورد بررسی قرار گیرد. بررسی‌های مطالعات فارسی نیز نشان از آن دارد که بر اساس دانش محدود ما، کمتر مطالعه داخلی وجود دارد، روند انتشارات حوزه کشاورزی هوشمند را مورد بررسی قرار داده باشد. اگرچه مطالعات بین‌المللی انجام شده استفاده از فناوری‌ها و عوامل اصلی مؤثر بر پذیرش آن را نشان می‌دهد، اما تاکنون بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، مطالعه‌ای به شناسایی فناوری‌های نوظهور و طبقه‌بندی آن‌ها در زنجیره هوشمندسازی نپرداخته است. بنابراین، این پژوهش به‌دنبال آن است تا با بررسی انتشارات علمی حوزه کشاورزی هوشمند، نمای کلی از فناوری‌های دیجیتالی مورد استفاده در زنجیره ارزش کشاورزی را برای گذار موفقیت‌آمیز به‌سمت کشاورزی هوشمند ترسیم کند. در این پژوهش از نقشه‌های دانشی، به‌عنوان یکی از شیوه‌های کارآمد برای بررسی وضعیت حوزه کشاورزی هوشمند، تعیین روند رشد مقالات علمی این حوزه، تعیین مجلات، مراکز تحقیقاتی و کشورهای فعال، تعیین نویسندگان با بیشترین مقالات، شناسایی شبکه‌های علمی و ارزیابی میزان مرجعیت آن‌ها (Gomis *et al*., 2022)، بررسی روندهای نوظهور و شناسایی و طبقه‌بندی فناوری‌های مورد نیاز برای تحقق کشاورزی هوشمند استفاده شده است. برای تحقق اهداف این پژوهش، سعی شد شبکه‌های دانشی فعال و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر شناسایی و مورد تحلیل قرار گیرند. شناخت این شبکه‌ها علاوه بر شناسایی افراد و مجلات شاخص، در انتخاب و همچنین تعیین شیوه اکتساب فناوری به مدیران کمک خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر گردآوری داده، مرور نظام‌مند است. مرور نظام‌مند رویکردی جامع و هدفمند به تحلیل مطالعات مشابه است که محقق را در انتخاب، ارزیابی، جمع‌بندی و ترکیبِ تفسیر گونه‌ی یافته‌های این مطالعات در جهت پاسخگویی به سؤال پژوهش یاری می‌نماید (Aromataris and Pearson, 2014). از آنجا که رویکرد محققین اکتشافی است، بنابراین به‌دنبال سؤال‌هایی از جنس "چه چیزی" خواهیم بود. از این‌رو، سؤالات پژوهش عبارت‌اند از:

- نقشه دانشی فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی چگونه است؟
- فناوری‌های کلیدی برای پیاده‌سازی کشاورزی هوشمند کدامند؟

با توجه به سوال‌های پژوهش مراحل انجام مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

جامعه آماری این پژوهش تمامی مقالات به زبان انگلیسی در خصوص کشاورزی هوشمند در دوره زمانی ۲۰۱۱–۲۰۲۲ به چاپ رسیدند، است. مقالات از پایگاه اسکوپوس[3] و وب او ساینس[4] بر اساس دستورالعمل فرایند مرور نظام‌مند انتخاب شدند. جستجوی مقالات با استفاده از کلید واژه‌های (“agriculture 4.0” or “digital agriculture” or “smart agriculture” or “smart “digital farming” or “precision farming” or “precision agriculture” or “agri-food 4.0” or farming) و ترکیبات آن‌ها و با استفاده از روش جست‌وجوی پیشرفته در عنوان، چکیده و کلیدواژه انجام شده است. در این مرحله تمامی مقالاتی که در عنوان یا چکیده‌ی آن‌ها کلید واژه‌های مذکور موجود بود، وارد فهرست اولیه شدند. بر این اساس در جست وجوی اولیه ۳۲۵۷ پژوهش که طی سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۲۲ انجام شده بود، مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا موارد تکراری حذف شدند، سپس به منظور غربال اسناد از رویکرد پریسما (Haddaway *et al*., 2022; Moher *et al*., 2009) استفاده شده است (شکل ۱). هر مورد از منظر مجموعه‌ای از معیارهای شمول و عدم شمول

1- Unmanned Aerial Vehicles 2- Terence and Purushothaman 3- Scopus 4- Web of Science

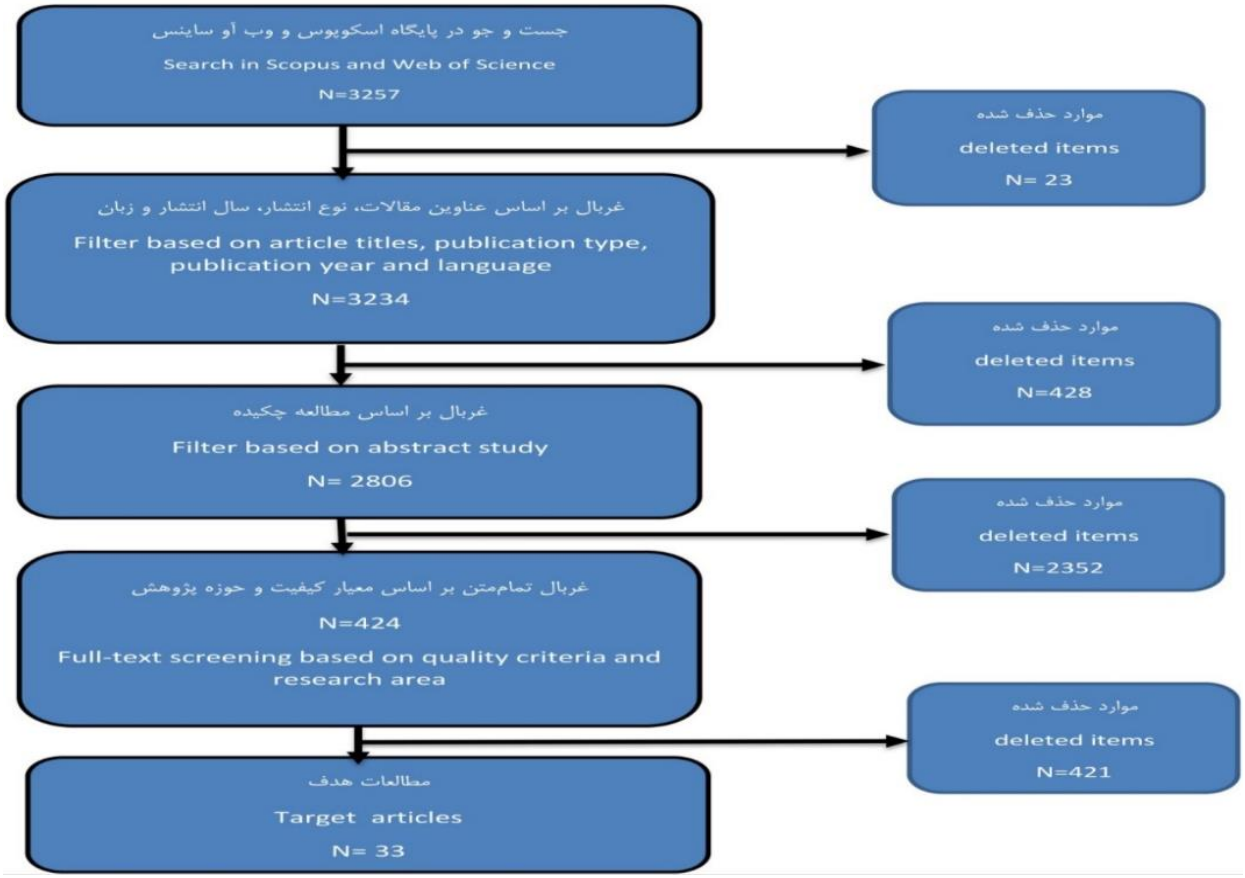
[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

(جدول ۱) که به استناد پژوهش آراستی و همکاران (۲۰۲۲) و هاریس و همکاران (۲۰۱۶)، انتخاب شده مورد ارزیابی قرار گرفت (Arasti *et al*., 2022; Harris *et al*., 2014). اسناد حاصل از جست‌وجو، ابتدا عنوان و کلیدواژه‌های اسناد، منبع انتشار و همچنین ساختار آن بررسی و در نهایت اسناد غیرمعتبر و غیر مرتبط با هدف و سوال پژوهش از ادامه بررسی‌ها حذف شدند. در مرحله بعد برای ارزیابی دقیق‌تر اسناد، با مطالعه چکیده ۲۸۰۶ سند باقیمانده، به‌صورت دقیق‌تر میزان مطابقت آن‌ها با اهداف و سؤال‌های پژوهش بررسی که در این مرحله نیز ۲۳۵۲ سند غیر مرتبط حذف شد. در نهایت، ۴۵۴ سند برای ارزیابی کیفیت و حوزه پژوهش مورد بررسی به‌صورت تمام متن مورد بررسی قرار گرفت و ۳۳ سند به‌عنوان اسناد معتبر و منتخب برای ادامه تحلیل‌ها باقی ماند. فرآیند انتخاب مقالات مرتبط و مناسب در شکل (۱) قابل‌مشاهده است.

جدول ۱- معیارهای شمول و عدم شمول اسناد

Table1. Inclusion and exclusion criteria in research

زمینه پژوهشی Research field	پژوهش‌هایی که در قلمروی کشاورزی هوشمند و فناوری‌های استفاده‌شده در صنعت کشاورزی قرار می‌گیرند، مورد مطالعه قرار گرفتند. The researches that are in the field of smart agriculture and the technologies used in the agricultural industry have been studied.
وضعیت اطلاعات مقاله Article information status	مقالات با فرایند و نتایج پژوهش شفاف مورد بررسی قرار گرفته است. The articles have been reviewed with transparent research process and results.
نوع انتشار Release type	مقالات چاپ‌شده ژورنال Articles published in the journal
سال انتشار publication year	اسناد منتشرشده از بازه زمانی 2011-2022 Documents published between 2011-2022
زبان Language	اسناد منتشرشده به زبان انگلیسی Documents published in English



شکل ۱- فرآیند انتخاب اسناد
Figure 1. Document selection process

بر اساس سوالات پژوهش، تحلیل داده‌ها در دو بخش تحلیل استنادی اسناد و بخش کیفی، تعیین روند رشد انتشارات، پرانتشارترین مجله‌ها، پرانتشارترین کشورها، پربسامدترین واژه‌ها، تعیین هم‌نویسندگی، تعیین هم رخدادی واژگان و بخش کیفی مشتمل بر روندهای فناورانه در حوزه کشاورزی هوشمند ارائه شد. بخش کمی با استفاده از شاخص‌های علم‌سنجی و با استفاده از نرم‌افزار vos viewer (۱,۱۶,۰۹) و بخش کیفی با مطالعه منابع پر استناد و مهم این حوزه تحلیل و مقایسه آن‌ها انجام شد.

1- http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram?AspxAutoDetectCookieSupport=1

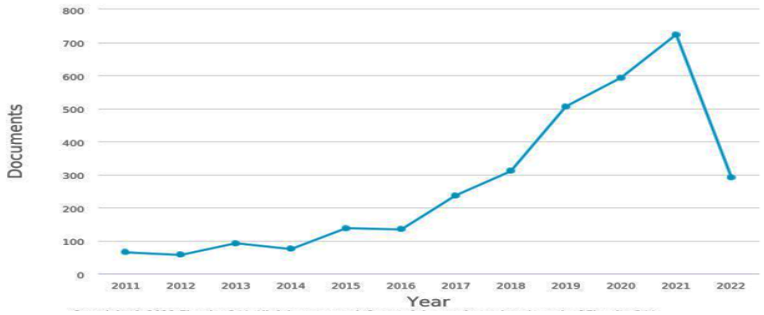
[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

نتایج و بحث

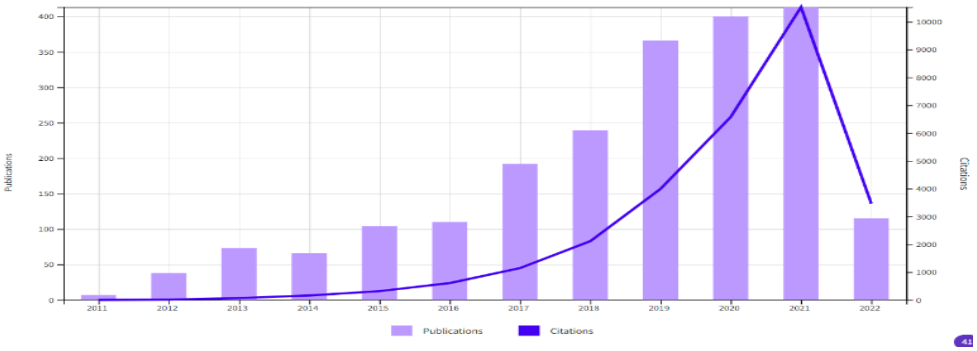
یافته‌های بخش تحلیل استنادی اسناد (مطالعات علم‌سنجی)

۱. پراکنش منابع علمی در حوزه کشاورزی هوشمند

اولین گام در ارزیابی یک موضوع، اطلاع از روند گسترش حوزه است. این بررسی باعث شناخت میزان جذابیت موضوع خواهد شد. بر همین اساس و با توجه به اطلاعات شناسایی شده، روند انتشار مقالات مرتبط با حوزه کشاورزی هوشمند از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ احصاء گردید. این روند در تصاویر (۲) و (۳) ارائه شد.



شکل ۲- روند نشر مقالات علمی مرتبط با حوزه کشاورزی هوشمند از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ در پایگاه WOS
Figure 2. The trend of smart agriculture publishing scientific articles from 2011 to 2022 in the WOS



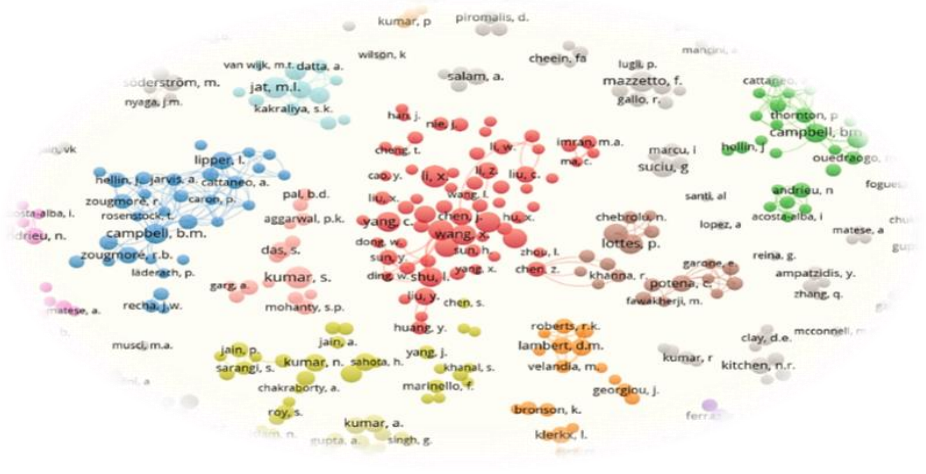
شکل ۳- روند نشر مقالات علمی مرتبط با حوزه کشاورزی هوشمند از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ در پایگاه Scopus
Figure 3. The trend of smart agriculture publishing scientific articles from 2011 to 2022 in the Scopus

همان‌طور که در تصاویر (۲) و (۳) دیده می‌شود، داده‌های پژوهش تأیید می‌کنند، نشر اسناد علمی مرتبط با موضوع کشاورزی هوشمند به‌صورت تصاعدی در حال افزایش است. تعداد مقالات معتبر علمی منتشرشده در حوزه کشاورزی هوشمند از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ تقریباً ۳۷/۵ درصد رشد داشته است. لازم به‌ذکر است بر اساس ماهیت رصد دانش در پایگاه‌های اطلاعاتی، افت تعداد مقالات در پایان سال ۲۰۲۲ به‌علت منطق تکمیل‌شدن بانک‌های اطلاعاتی می‌باشد. تعداد مقالات منتشرشده در نیمه اول سال ۲۰۲۲ بررسی شد. با توجه به روند صعودی رشد تحقیقات، قطعاً تا پایان سال، رشد آن از سال قبل پیشی خواهد گرفت. تقریباً ۵۰ درصد اسناد در سال‌های ۲۰۱۹ (۱۷/۰۹ درصد)، ۲۰۲۰ (۱۸/۸۴ درصد) و ۲۰۲۱ (۱۹/۴۰ درصد) منتشر شده است. رشد چشمگیر مقالات نشان‌دهنده پیشرفت قابل‌توجه این حوزه و به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در بخش کشاورزی است.

۲. شبکه هم نویسندگی پژوهشگران حوزه کشاورزی هوشمند

شکل شماره (۴) شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران حوزه کشاورزی هوشمند را نشان می‌دهد. هر گره نشان‌دهنده یک نویسنده است. یال‌های موجود بین دو گره نشان‌دهنده هم-نویسندگی آن دو نویسنده با یکدیگر است. به‌عبارت‌دیگر، هر دو نویسنده‌ای که توسط یک یال به یکدیگر متصل هستند حداقل دارای یک هم‌تألیفی مشترک در مقالات مورد بررسی هستند.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]



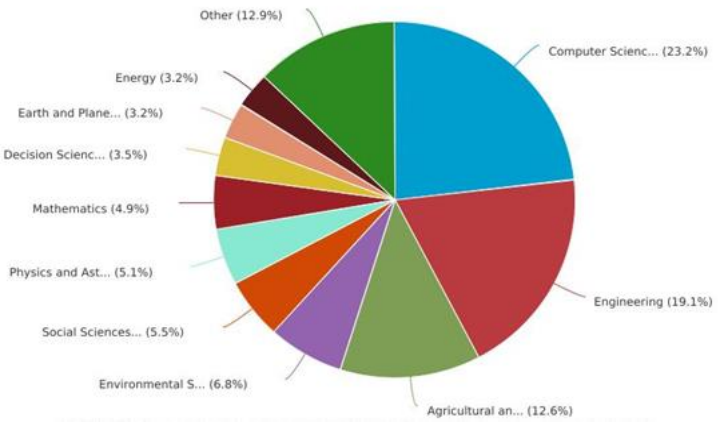
شکل ۴- شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران در حوزه کشاورزی هوشمند
Figure 4. Co authorship network of researcher's smart agriculture

سرشاخه‌های اصلی و پژوهشگران فعال این حوزه به‌ترتیب عبارت‌اند از Bruce Morgan Campbell از کشور آمریکا، ML Jat و Parbodh C. Sharma از کشور هند. بهتر است پژوهشگران این حوزه در مطالعات مرتبط با کشاورزی هوشمند به نوشته‌های پژوهشگران برتر این موضوع مراجعه کنند؛ چرا که ابهام و پراکندگی ممکن است باعث اتلاف وقت پژوهشگران شود.

۳. مجلات مهم حوزه کشاورزی هوشمند

شکل (۵) و (۶) مجلات مهم حوزه کشاورزی هوشمند را نشان می‌دهد که در آن میزان پذیرش مقالات معتبر علمی بررسی شد. بیشترین تعداد مقالات چاپ‌شده مربوط به مجله precision agriculture است. مجلات computer and electronic in science و sensors رتبه دوم و سوم را دارند.

شکل ۵- مجلات مهم حوزه کشاورزی هوشمند در پایگاه WOS
Figure 5. smart agriculture Important journals WOS

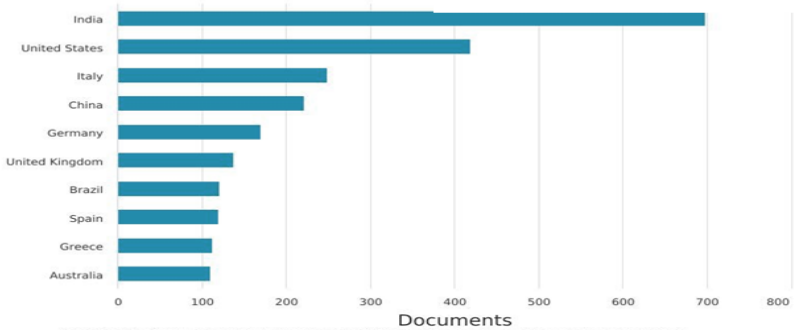


شکل ۶ – مجلات مهم حوزه کشاورزی هوشمند در پایگاه Scopus
Figure 6. smart agriculture Important journals Scopus

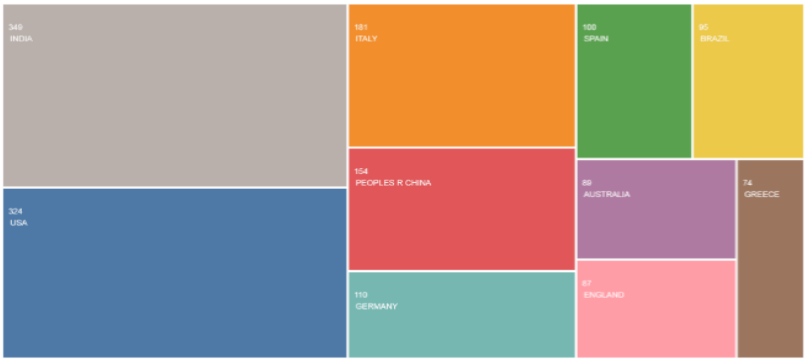
[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

۱. کشورهای فعال در حوزه کشاورزی هوشمند

تصاویر (۷) و (۸) وضعیت کشورهای فعال در حوزه کشاورزی هوشمند را به‌ترتیب در پایگاه‌های WOS و Scopus نشان می‌دهد. بررسی وضعیت پژوهش‌ها مؤید آن است که کشور هند در صدر نمودار است و این امر نشان از آن سیاست‌گذاری درست هند در این حوزه دارد. آمریکا و ایتالیا به‌ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را دارند.



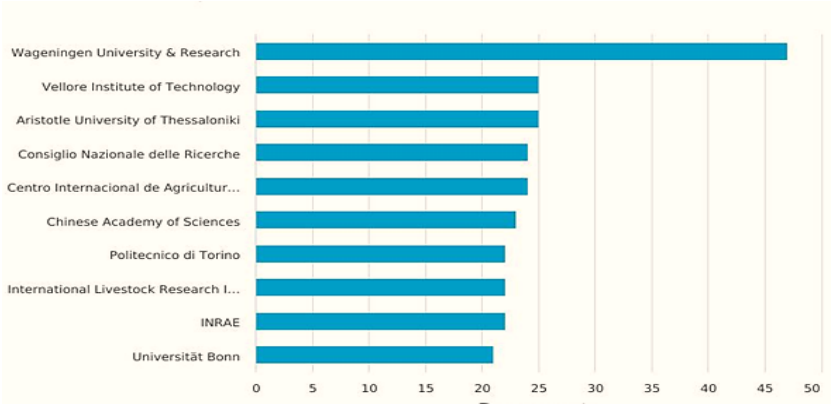
تصاویر ۷- کشورهای فعال در حوزه کشاورزی هوشمند بر اساس داده‌های پایگاه WOS
Figure 7. Active countries in smart agriculture based on WOS



تصاویر ۸- کشورهای فعال در حوزه کشاورزی هوشمند بر اساس داده‌های پایگاه Scopus
Figure 8. Active countries in smart agriculture based on Scopus

۲. مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه کشاورزی هوشمند

تصاویر (۹) و (۱۰) مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه کشاورزی را بر اساس پایگاه WOS و Scopus نشان می‌دهد. دانشگاه واخینگن[1] که در هر دو نمودار جزو دانشگاه‌های برتر می‌باشد واقع در شهری به‌همین نام در هلند است. تاریخ تأسیس این دانشگاه که لقب بهترین دانشگاه کشاورزی دنیا را در رنکینگ ۲۰۲۱ کیو اس به‌خود اختصاص داده است، به سال ۱۸۷۶ بازمی‌گردد و بنابراین یکی از قدیمی‌ترین دانشگاه‌های هلند محسوب می‌شود. حیطه فعالیت مرکز پژوهشی دانشگاهی واخینگن کل زنجیره تولید و توزیع غذا شامل تجارت فرآورده‌های کشاورزی، تولید محصولات کشاورزی غیرغذایی، مسائل محیط‌زیستی و مسائل مربوط به‌نحوه استفاده از زمین را در برمی‌گیرد. مباحثی چون امنیت غذا، کیفیت غذا و جنبه‌های تفریحی-توریستی استفاده از محیط‌زیست اخیراً مورد توجه پژوهشگران این دانشگاه قرار گرفته است.



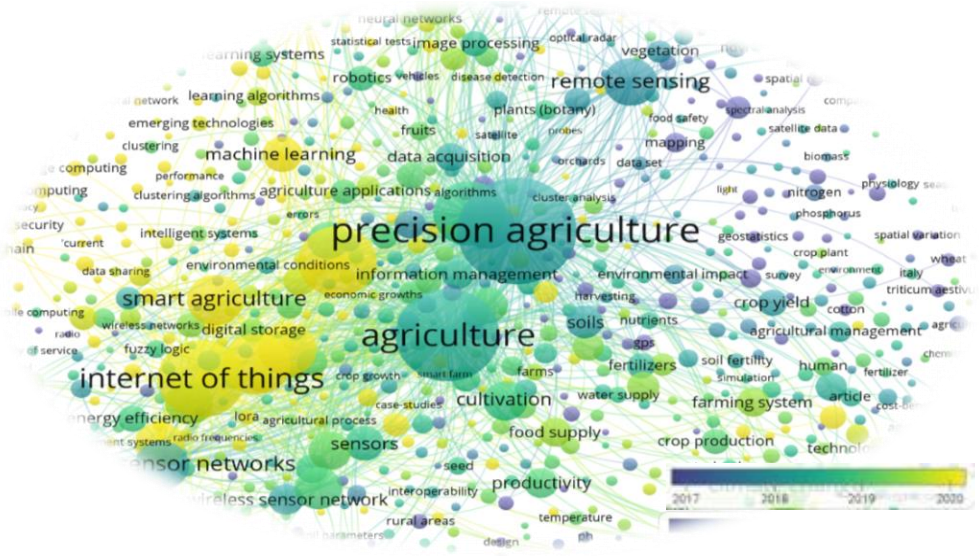
شکل ۹- مراکز تحقیقاتی فعال بر اساس پایگاه WOS
Figure 9. Active research centers based on the WOS

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

شکل ۱۰- مراکز تحقیقاتی فعال بر اساس پایگاه Scopus
Figure 10. Active research centers based on the Scopus

۳. نقشه دانشی روندهای نوظهور در بخش کشاورزی

برای یکپارچگی در اطلاعات و تحلیل‌های ارائه‌شده، برای بررسی نقشه دانشی روندهای نوظهور در بخش کشاورزی از نرم‌افزار VOSviewer استفاده شده است. مبنای این تحلیل، عناوین پژوهش، چکیده و کلمات کلیدی مقاله‌ها می‌باشد. با ساختاردهی این اطلاعات در ارزیابی حوزه کشاورزی هوشمند، گراف حوزه‌ها در طول زمان در شکل (۱۱) به نمایش در آمده است. در این شکل، مقالات مختلف با توجه موضوعات و اشتراکات معنایی که با یکدیگر دارند به‌صورت شبکه درآمدند. هر دایره نشان‌دهنده یک موضوع و یال‌های بین دایره‌ها نشان‌دهنده ارتباط بین موضوعات و اندازه هر دایره نشان‌دهنده درجه اهمیت آن موضوع می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید precision agriculture و internet of thing موضوعات مرتبط با یکدیگر هستند و بیشترین تکرار را بین مقالات دارند. موضوعاتی که در مرکز و برجسته هستند، جزو حوزه‌های داغ پژوهشی از منظر مقالات و مجلات معتبر علمی به‌شمار می‌آید. در حوزه کشاورزی هوشمند، اینترنت اشیاء جزو موضوعات مورد بحث در بیشتر مقالات است و جزو روندها در این حوزه محسوب می‌شود. سمت راست، پایین شکل طیف زمانی را نشان می‌دهد. موضوعات به رنگ آبی قدیمی و موضوعات به رنگ زرد جدید هستند و هرچه قدر از طیف آبی به رنگ زرد حرکت می‌کنیم موضوعات جدیدتر می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود precision agriculture به رنگ آبی است. طبق مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده کشاورزی هوشمند در سال ۲۰۱۲ معرفی شده است. برجسته‌بودن Internet of Thing نشان از تکرار این موضوع و به رنگ زردبودن نشان از جدیدبودن آن دارد.



شکل ۱۱- نقشه دانشی روندهای نوظهور در صنعت کشاورزی
Figure 11. Knowledge map of emerging trends in the agricultural industry

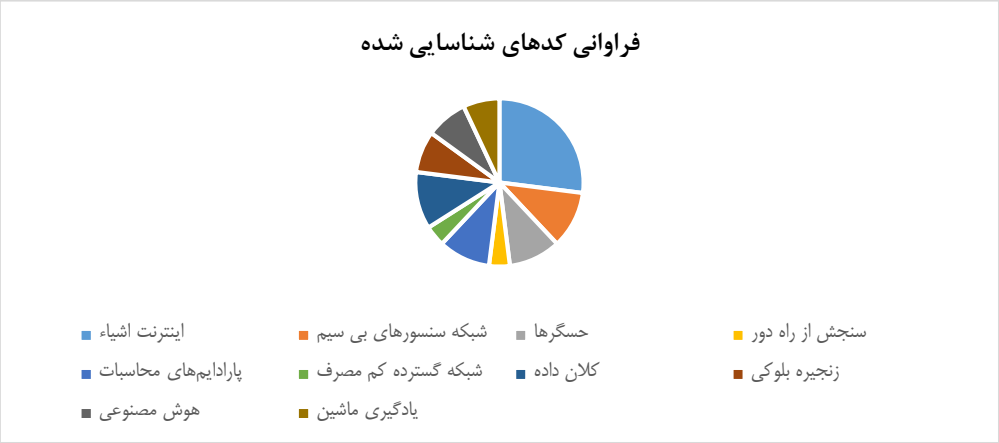
بر اساس خروجی VOSviewer، که حاصل تحلیل ۵۳۷۲ سند منتشرشده است، اینترنت اشیاء به‌عنوان پرکاربردترین و جدیدترین موضوع شناخته‌شده در بخش کشاورزی معرفی می‌شود. این امر نشان‌دهنده کاربرد گسترده این فناوری در این حوزه است. همان‌طور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود، دایره‌های زرد رنگ دیگری وجود دارند که مرتبط با کشاورزی هوشمند هستند، اما برجستگی آن‌ها کمتر است. فناوری‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، زنجیره بلوکی، کلان داده، رایانش ابری، رایانش در مه، رایانش در لبه، فناوری‌های ارتباطی و سامانه‌های سنجش به‌عنوان فناوری‌های نوظهور

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

در حوزه کشاورزی شناسایی گردیدند. این فناوری‌ها، فناوری‌های همگرا با اینترنت اشیاء هستند و به‌منظور پردازش و ذخیره‌سازی داده‌ها، ارزیابی و کنترل متغیرهایی مثل رطوبت، دما، آب، خاک و انرژی به‌کار می‌روند.

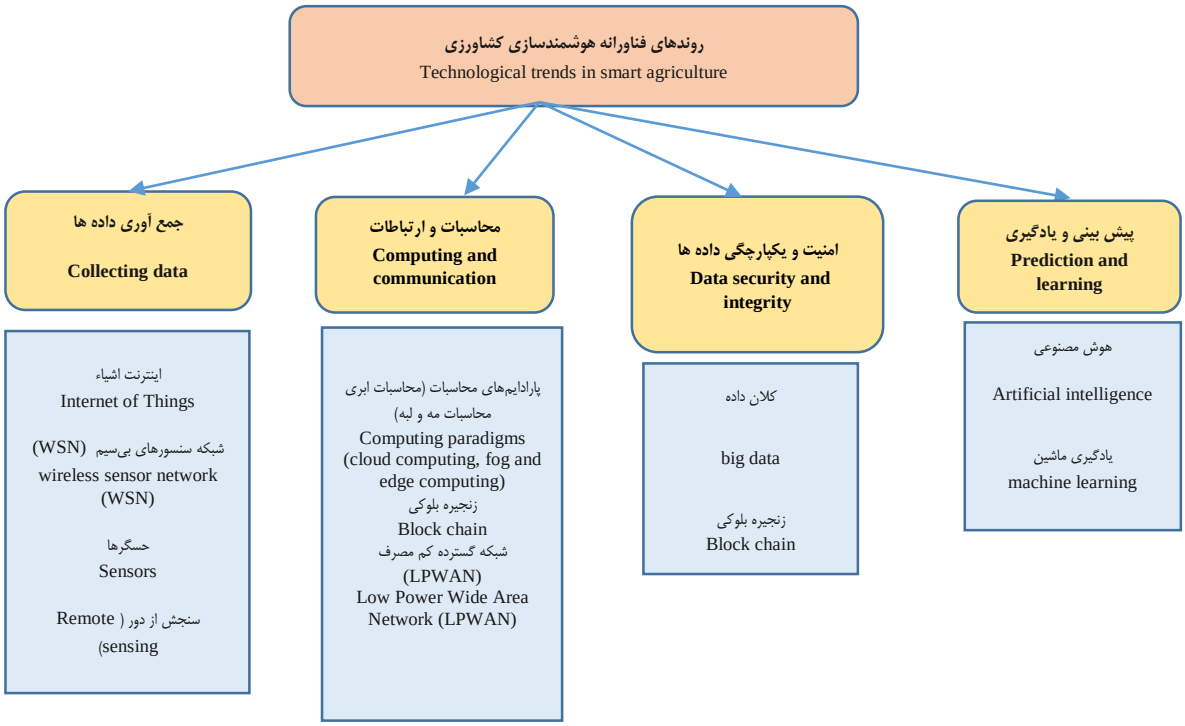
یافته‌های بخش کیفی

علاوه بر بررسی شاخص‌های کمی علم‌سنجی، احصای کیفی روندهای حوزه نیز از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. به‌بیان دیگر، برای تحلیل دقیق بدنه دانشی یک حوزه، می‌بایست زیر حوزه‌های اصلی ادبیات موضوعی نیز بررسی گردند. بر اساس مطالعه و واکاوی مقالات پر استناد و معتبر علمی، اهم روندهای فناورانه هوشمندسازی در بخش کشاورزی شناسایی و مقوله‌بندی شدند. فراوانی کدهای استخراج‌شده در شکل (۱۲) نشان داده است.



شکل ۱۲- فراوانی کدهای شناسایی‌شده
Figure 12. The frequency of identified codes

یافته‌های تحلیل مضمون اسناد منجر به شکل‌گیری چارچوب شکل (۱۳) شده است. روندهای فناورانه احصاءشده در زنجیره هوشمندسازی بخش کشاورزی بر اساس رویکرد کارکرد محور در چهار دسته جمع‌آوری داده‌ها؛ محاسبات و ارتباطات؛ امنیت و یکپارچگی داده‌ها؛ و پیش‌بینی و یادگیری دسته‌بندی شدند.



شکل ۱۳- شناسایی و طبقه‌بندی روندهای فناورانه در حوزه هوشمندسازی کشاورزی
Figure 13. classification of technological trends in smart agriculture

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

شبکه حسگرهای بی‌سیم[1]

شبکه حسگرهای بی‌سیم فناوری نوظهوری است که به‌دلیل کاربرد گسترده آن به موضوعی مهم در امر تحقیقات بدل گشته و در آینده به بخش جدایی‌ناپذیر کشاورزی هوشمند تبدیل خواهد شد (Ojha *et al*., 2015). این فناوری دارای سه کارکرد اساسی می‌باشد (Ojha *et al*., 2015): (الف) سنجش[2]؛ ب) ایجاد ارتباط بین اجزای مختلف شبکه و (ج) انجام محاسبات با استفاده از سخت‌افزار، نرم‌افزار و الگوریتم‌ها. این شبکه‌ها متشکل از چندین حسگر و محرک هستند و به‌صورت بی‌سیم به یکدیگر متصل شدند. هر گره شامل چندین حسگر است و هرکدام مسوول یک کارکرد خاص نظیر سنجش، کنترل، محاسبات، ارتباطات است (Jawad *et al*., 2017; Villa-Henriksen *et al*., 2020). کاربردهای چندگانه این فناوری همچون دریافت اطلاعات محیطی، پردازش و ارسال اطلاعات موجب شکل‌گیری معماری جدیدی به نام شبکه حسگرهای بی‌سیم شده است که برای بهینه‌سازی شیوه‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم‌ها نظارت بر چندین پارامتر نظیر پارامترهای آب، ویژگی‌های خاک، شرایط جوی را در زمان واقعی امکان‌پذیر کرده و اقدامات متناسب و به موقع را ممکن می‌سازند (Kassim *et al*., 2014; Ojha *et al*., 2015). در نتیجه، به‌کارگیری این فناوری در بخش کشاورزی سبب افزایش کارایی، بهره‌وری و سودآوری، کاهش نهاده‌ها (آب، محصولات شیمیایی کشاورزی و غیره)، کاهش ضایعات و همچنین به‌حداقل‌رساندن اثرات منفی محیط‌زیستی می‌شود (Ferrández-Pastor *et al*., 2016).

حسگرها[3]

حسگرها و محرک‌ها مهم‌ترین بخش تشکیل‌دهنده سیستم‌های هوشمند هستند که به‌اصطلاح می‌توانند با یکدیگر گفتگو کنند و از طریق یک دروازه[4]به پلتفرم اصلی متصل شوند (Abbasi *et al*., 2014; Kassim *et al*., 2014). افزایش دقت، کاهش اندازه و هزینه و همچنین توانایی اندازه‌گیری یا کشف مواردی که قبلاً امکان‌پذیر نبودند، موجب استفاده گسترده از این فناوری به‌ویژه در بخش کشاورزی شده است (Tzounis *et al*., 2017). حسگرها با به‌دست‌آوردن داده‌های گیاهی، حیوانی و محیط‌زیستی و تشکیل یک فناوری حیاتی برای پیاده‌سازی سیستم هوشمند، نقشی ضروری در فعالیت‌های کشاورزی ایفا می‌کنند. تأثیر آن‌ها بر تولید کشاورزی از طریق جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل گسترده داده‌ها برای استفاده مؤثرتر از نهاده‌های مزرعه می‌باشد که منجر به بهبود تولید محصول و پایداری محیط‌زیست می‌شود (Mulla, 2013).

سنجش از راه دور[5]

سنجش از راه دور، تکنیکی برای جمع‌آوری داده‌ها از راه دور و از طریق ابزارهایی است که در تماس فیزیکی با اشیاء مورد بررسی نیستند (Pinter-Wollman & Mabry, 2010). در سنجش از راه دور، انتقال اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترومغناطیسی[6] انجام می‌گیرد. به‌عبارت‌دیگر، هر یک از سیستم‌های سنجنده به نواحی خاصی از طیف الکترومغناطیس حساس بوده و قسمتی از خصوصیات طیفی اجسام را ثبت می‌کنند. ماهواره‌ها، پهپادها، وسایل نقلیه بدون سرنشین[7]، پلتفرم‌های مسئول جمع‌آوری داده هستند (Shafi *et al*., 2019; Weiss *et al*., 2020). به‌وسیله این فناوری، موارد مربوط به سطح زمین مانند تغییرات دما، جنس، میزان و سلامت پوشش گیاهی، نوع کاربری و بسیاری از اطلاعات ارزنده دیگر به‌وسیله داده‌های دریافتی از ماهواره‌ها استخراج می‌شود. سنجش از راه دور به کشاورزان و کارشناسان کشاورزی نیز اجازه می‌دهد تا با برآورد کیفیت محصول و میزان محصول زمین کشاورزی، عملکرد محصول مورد انتظار را از یک مزرعه معین به‌دست آورند. با استفاده از این فناوری، کشاورزان و کارشناسان کشاورزی می‌توانند به نقشه‌های زمین‌های کشاورزی دسترسی داشته باشند و همچنین نقشه‌های مناطقی را که احتمالاً به‌دلیل سیل و خشکسالی آسیب دیده‌اند و مناطقی که زهکشی مناسب ندارند را شناسایی کنند. سپس داده‌ها می‌توانند برای جلوگیری از هرگونه فاجعه سیل در آینده مورد استفاده قرار گیرند. اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند در تهیه نقشه‌های مربوط به کیفیت و وضعیت محصول و زمین در شرایط آب‌وهوایی متفاوت به‌عنوان یک ابزار قوی در مدیریت به‌کار روند (Johnson *et al*., 2016). سنجش از دور نقش مهمی در شناسایی محصول ایفا کرده است، به‌ویژه در مواردی که محصول تحت نظارت، مبهم است یا ویژگی‌های مبهمی از خود نشان می‌دهد. داده‌های محصول جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شوند که در آن جنبه‌های مختلف محصول، از جمله کشت محصول مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این فناوری در زمینه ارزیابی وضعیت و تشخیص تنش گیاهان نیز کاربرد دارد. به‌دلیل ماهیت پیش‌بینی فناوری سنجش از راه دور در ترکیب با الگوریتم‌های هوش مصنوعی، کشاورزان می‌توانند از این فناوری برای مشاهده عوامل مختلف از جمله الگوهای آب‌وهوا و انواع خاک برای پیش‌بینی فصل کاشت و برداشت هر محصول استفاده کنند (Kassim *et al*., 2014). در عین حال، برخی کاربردهای دیگر روش‌های دورکاوی در علم گیاهی عبارت‌اند از: مطالعات جغرافیای گیاهی، تعیین تغییرات پوشش‌های گیاهی در طول زمان، ارزشیابی و پایش تولید پوشش گیاهی و توصیف پراکنش اشکال رویش در اکوسیستم‌های گیاهی.

اینترنت اشیاء[8]

اینترنت اشیا در بخش کشاورزی، با فراهم‌کردن امکان نظارت بر زمین‌های کشاورزی از راه دور و با در اختیار قراردادن اطلاعات یکپارچه از حسگرها شامل نور، رطوبت هوا، دما و مدرن‌نمودن روش‌های کشاورزی در مزرعه‌های کوچک، اطلاع از چگونگی عملکرد کارکنان، کارایی تجهیزات کشاورزی، کنترل بهتر فرآیندهای داخلی و کاهش ریسک تولید، مدیریت هزینه‌ها و کاهش دورریز با رصد به موقع ناهنجاری‌های موجود در میزان تولید در هر مرحله یا سلامت محصولات، افزایش بهره‌وری، اتوماسیون فرآیندهایی چون آبیاری، کوددهی، سم‌پاشی، افزایش حجم و کیفیت تولیدات، ایجاد اتوماسیون گلخانه و کنترل میزان رطوبت خاک در نقاط مختلف برای آبیاری هدف‌مند و تنظیم نور محیط به‌صورت خودکار، مدیریت

1- Wireless Sensor Network
2- Sensing
3- Sensors
4- Gateway
5- Remote Sensing
6- EMR
7- Unmanned Aerial Vehicle (UAVs)
8- Internet of Thing (IoT)

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

و نظارت بر دام، سیستم‌های مدیریت زمین انتها به انتها، موجب توسعه و پیشرفت این حوزه می‌شود (Singh *et al*., 2020).

محاسبات و ارتباطات

پارادایم‌های محاسبات (رایانش ابری[1]، رایانش در مه[2] و رایانش در لبه[3])

رایانش ابری به‌عنوان یک روش کارآمد و زیرساخت تجاری مبتنی بر اینترنت با فراهم‌کردن سخت‌افزار، نرم‌افزار، زیرساخت، پلتفرم و خدمات ذخیره‌سازی برای دستگاه‌های اینترنت اشیاء، عمل می‌کند. در دهه‌های گذشته رایانش ابری با ارائه خدماتی نظیر کاهش هزینه ذخیره‌سازی داده‌ها، پردازش سریع و حافظه بالا، استفاده بر اساس تقاضا و قابلیت ارتجاع سریع، توجه تولیدکنندگان را به‌خود جلب کرده است (Shi *et al*., 2019). یکی از مشکلاتی که در زمینه هوشمندسازی وجود دارد کمبود منابع ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات برای تجهیزات اینترنت اشیا است. این مشکل با استفاده از رایانش ابری که دارای فضای ذخیره‌سازی نامحدود و قدرت پردازشی بالا بوده تا حد بسیار زیادی حل شده است. اما یکی از مشکلات اساسی که این سیستم داشته، تاخیر زیاد در ارسال و دریافت اطلاعات بین ابر و نودها (حسگرها) است. دستگاه‌های اینترنت اشیاء به این تأخیرها حساس‌اند. اگر داده‌ها برای پردازش‌شدن مدت طولانی در مسیر باقی بمانند، برخی از دستگاه‌ها عمل نخواهند کرد؛ زیرا دستگاه‌ها مستلزم تبادل مدام داده بین دستگاه‌ها و ابر هستند. برای رفع این چالش، یک الگوی محاسباتی جدید به نام رایانش مه معرفی شده است به‌صورت لایه میانی بین ابر و لبه ظاهر و باعث حل این مشکل می‌شود(Kalyani and Collier, 2021) . رایانش مه همان رایانش ابری است، اما یکتفاوت بزرگ و اساسی با رایانش ابری دارد. آن هم قرارگرفتن در لبه شبکه و نزدیکی به دستگاه‌های تولیدکننده داده است. در واقع، این رایانش با قرارگرفتن در نزدیکی دستگاه‌های پایانی[4] (همان دستگاه‌های اینترنت اشیا) زمان لازم برای ارسال اطلاعات و دریافت پاسخ را کوتاه و سرعت انتقال را افزایش می‌دهند، بنابراین دستگاه‌های اینترنت اشیاء که به تأخیر در ارسال و دریافت اطلاعات حساس هستند به‌راحتی می‌توانند بر روی این سیستم کار کنند و داده‌ها را بر روی دستگاه ایمن نگه دارند. یکی دیگر از تفاوت‌های این رایانش با رایانش ابری در متمرکز و غیرمتمرکز بودن آن‌ها است. در رایانش ابری تمامی سیستم‌ها و سرورها در یک جای مشخص قرار دارند. اما در رایانش مه ممکن است نودها در هر جایی قرار داشته باشند. همچنین محاسبات مه می‌تواند قدرت پردازش محدود محاسبات لبه را جبران کند. همچنین، قابلیت‌های ترکیب داده‌ها را فراهم می‌کند و داده‌ها را از منابع متعدد برای پردازش بیشتر در ابر جمع‌آوری می‌کند (Alharbi and Aldossary, 2021). باید توجه داشت رایانش مه و لبه مکملی برای رایانش ابری است نه جایگزین آن. به‌عبارت‌دیگر، محاسبات بلادرنگ توسط مه صورت می‌گیرد در حالی که محاسبات بالا در ابر پردازش می‌شود.

شبکه گسترده کم‌مصرف[5] (LPWAN)

پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم نقش اصلی را در برقراری ارتباط و تبادل داده بین دستگاه‌ها ایفا می‌کنند، به‌طوری‌که اگر بخواهیم داده‌ها را از یک دستگاه به دستگاه دیگری ارسال کنیم، بدون استفاده از پروتکلی مشابه میان آن دو امکان‌پذیر نخواهد بود. شبکه گسترده کم‌مصرف نوعی شبکه ارتباطی بی‌سیم در ناحیه گسترده است که به‌منظور ایجاد ارتباطات دوربرد با نرخ بیت کم طراحی شده است. این شبکه عمر باتری تجهیزات را تا چند سال افزایش می‌دهد و برای حسگرها و برنامه‌هایی طراحی شده است که نیاز به ارسال مقادیر کمی از داده‌ها در مسافت‌های طولانی و چند بار در ساعت از محیط‌های مختلف دارند. به‌عنوان مثال، یک حسگر رطوبت برای اهداف کشاورزی نیازی به ارسال تعداد زیادی داده ندارد، شاید فقط نیاز باشد یک شماره واحد (سطح رطوبت) را هر چند ساعت یک‌بار ارسال کند. همچنین، نیازی نیست این حسگر انرژی زیادی مصرف کند؛ زیرا نیاز به باتری دارد (وصل‌کردن آن به یک پریز برق در وسط یک زمین واقع‌بینانه نیست) و از آنجا که کشاورزی منطقه گسترده‌ای را پوشش می‌دهد، وای‌فای و بلوتوث فاقد دامنه موردنیاز هستند. این شبکه برای بسیاری از تجهیزات سامانه سنجش بسیار مفید است. این فناوری به هزاران حسگر اجازه می‌دهد تا باتری و داده‌ها را در مناطق وسیع جمع‌آوری و ارسال کنند. اگرچه آن‌ها نمی‌توانند داده‌های زیادی ارسال کنند؛ اما اکثر حسگرها نیازی به این کار ندارند (Liya and Arjun, 2020). امکان دسترسی جهانی در شبکه‌های LPWAN و امنیت بالای داخلی آن را به انتخابی ایده‌آل برای دستگاه‌های M2M و IoT تبدیل نموده است. این شبکه‌ها قادر به کاهش مصرف انرژی و برقراری ارتباط بی‌سیم دوربرد می‌باشند. شبکه‌های LPWAN از مزایای مختلفی نظیر، دوربرد، انتشار امواج با مقاومت بالا، هزینه پایین و مصرف پایین انرژی بهره‌مند هستند. امکان تقویت راهکارهای تجاری هوشمندسازی را در بردارد (Singh *et al*., 2020).

امنیت و یکپارچگی داده‌ها

کلان داده[6]

با توجه به روند رو به رشد دستگاه‌های هوشمند و اتصال این دستگاه‌ها به شبکه اینترنت، حجم داده‌های تولیدشده روزبه‌روز در حال افزایش است و لازم است از فناوری کلان داده برای تحلیل و استخراج دانش و بینش موجود در داده‌های مبادله شده استفاده کرد (Kamilaris *et al*., 2017; Wolfert *et al*., 2017). تجزیه و تحلیل چارچوب‌های کلان داده از طریق تجمیع، پردازش و به شکل‌کشیدن مجموعه داده‌های پیچیده و بزرگ، نقش حیاتی را در تبدیل داده به ارزش افزوده برای ذی‌نفعان حوزه کشاورزی دارد. تجزیه و تحلیل داده‌ها موجب بهبود مدیریت بذرها، سموم و کودها، پیش‌بینی میزان بازدهی زمین‌های کشاورزی و میزان تولید محصول در آینده، کاهش نقص محصولات ناشی از تغییر الگوهای آب‌وهوایی، آفات، آلاینده‌های موجود در خاک و هوا، صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف منابعی چون آب، کود و سموم می‌شود. در ادبیات، کلان داده با پنج ویژگی، حجم بالا، نرخ تولید بالا، تنوع فراوان، صحت و سلامت داده‌ها، ارزشمندی معرفی شده است (Demchenko *et al*., 2013). مطالعات اخیر حاکی از آن است، علی‌رغم اینکه استفاده از کلان داده در حوزه کشاورزی تأثیر قابل‌توجهی بر حوزه کشاورزی هوشمند خواهد داشت،

1- Cloud Computing 2- Fog Computing 3- Edge Computing 4- End Device
5- Low Power Wide Area Network 6- Big Data

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد. پتانسیل کامل کلان داده در این حوزه در صورتی محقق می‌شود که کشاورزان و ذینفعان تکنیک‌های نوآورانه مدیریت محصولات زراعی مبتنی بر داده‌ها را انتخاب کنند.

زنجیره بلوکی[1]

زنجیره بلوکی یک پایگاه داده فوق‌العاده قدرتمند، امن، قابل اطمینان برای ذخیره‌سازی داده‌ها است که هرگاه یک تراکنش در آن ثبت نهایی شود، تغییر آن غیر ممکن است. زنجیره بلوکی در بخش کشاورزی، در حصول اطمینان از ایمنی مواد غذایی، خدمات مالی، زنجیره تأمین، بیمه، تعیین خسارات احتمالی و مدیریت منابع کاربرد دارد. به کمک این فناوری می‌توان از مکان تولید غذا، زمان تولید، نحوه تولید و قیمت‌گذاری منصفانه اطمینان یافت و به‌جای اتکا به سیستم ناکارآمد برچسب‌گذاری که به‌راحتی قابل دست‌کاری است، مصرف‌کنندگان به دفاتر توزیع‌شده و شفافی دسترسی پیدا می‌کنند که همه جزئیات در مورد مواد غذایی خریداری‌شده را در دسترس آنان قرار می‌دهد. همچنین، این فناوری از طریق کمک به سرمایه‌گذاری جمعی در حوزه کشاورزی، به توسعه بخش کشاورزی کمک می‌کند. زنجیره بلوکی با حذف کاغذ و عدم اتکا به حافظه در ضبط اطلاعات مزرعه، موجب صرفه‌جویی در زمان و انرژی در زنجیره ارزش کشاورزی می‌شود. در واقع، زنجیره بلوکی، زیرساخت‌های فناوری را برای خدماتی همچون دیجیتال‌سازی، اتوماسیون و ردیابی فراهم می‌کند که همه آن‌ها کشاورزی سنتی را به کشاورزی مدرن تبدیل می‌کنند (Galvez *et al*., 2018).

پیش‌بینی و یادگیری

هوش مصنوعی[2] و یادگیری ماشین[3]

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در ترکیب با پارادایم‌های محاسبات و اینترنت اشیا، به‌عنوان یکی از روندهای اصلی هوشمندسازی بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. مقدار زیاد داده‌هایی که توسط حسگرهای هوشمند و پهپادهایی با قابلیت انجام پخش ویدئویی جمع‌آوری می‌شود یک مجموعه داده کاملاً جدید را برای متخصصان کشاورزی فراهم می‌کند که تاکنون به آن دسترسی نداشته‌اند. حالا این امکان برای ترکیب داده‌های میدانی نظیر میزان رطوبت و میزان کود و مواد مغذی طبیعی برای تحلیل الگوی رشد هر محصول در طول زمان وجود دارد. یادگیری ماشین بهترین فناوری برای ترکیب مجموعه داده‌های بسیار بزرگ و فراهم‌کردن توصیه‌هایی برگرفته از محدودیت‌ها برای افزایش تولید محصولات کشاورزی است. یادگیری ماشین در زمینه مدیریت مزرعه و محصولات کشاورزی، با تقویت نیروی کار انسانی از طریق کنترل ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، کاهش میزان مصرف آفت‌کش‌ها و سموم علف هرز، بهبود کیفیت محصول، تشخیص گونه‌های گیاهی و پیش‌بینی عملکرد، موجب افزایش بهره‌وری می‌شود (Kamilaris *et al*., 2017; Liu *et al*., 2020; Wolfert *et al*., 2017). الگوریتم‌های یادگیری ماشین با شناسایی الگوهای پیچیده، روندها و روابط در داده‌های چندبعدی سبب به حداکثر رساندن عملکرد محصول و به‌حداقل‌رساندن هزینه‌های ورودی و پیش‌بینی‌های دقیق شده و با اتخاذ سیاست‌های کارآمد با ارائه اطلاعات دقیق هواشناسی، زراعی و اقلیمی، در پیشرفت این حوزه نقش به‌سزایی دارد (Shi *et al*., 2019).

این پژوهش مروری بر روندهای تحقیقاتی و فناوری‌های نوظهورِ مورد استفاده در زمینه کشاورزی هوشمند است. این مطالعه با جمع‌آوری اسناد (مقالات بین‌المللی) از پایگاه‌های Web of Science و Scopus در ۱۲ سال اخیر آغاز شد. ضمن تجزیه و تحلیل عناوین، چکیده و کلیدواژه‌های اسناد جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار VOSviewer، روند رشد پژوهش‌های علمی، مجلات مهم، کشورهای فعال، شبکه هم نویسندگی، نقشه دانشی در پاسخ به سوال اول پژوهش (تحلیل استنادی اسناد) و روندهای فناورانه نوظهور (بخش کیفی) با هدف ارائه چشم‌انداز جهانی از وضعیت کشاورزی هوشمند در پاسخ به سوال دوم ارائه شده است. روندهای فناورانه حوزه کشاورزی هوشمند بر اساس کارکردهای زنجیره هوشمندسازی شناسایی و به چهار دسته‌ی جمع‌آوری داده‌ها شامل فناوری های اینترنت اشیاء، شبکه سنسورهای بی‌سیم، حسگرها و سنجش از راه دور، ارتباطات و محاسبات شامل فناوری های رایانش ابری، مه و لبه، زنجیره بلوکی و شبکه گسترده کم‌مصرف (LPWAN)، یکپارچگی و امنیت داده‌ها شامل فناوری‌های کلان داده و زنجیره بلوکی و پیش‌بینی و یادگیری شامل فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین طبقه‌بندی شدند.

فناوری‌های شناسایی‌شده بر اساس کارکردشان در زنجیره هوشمند کشاورزی به ۴ دسته تقسیم می‌شوند. دسته‌ی اول فناوری‌هایی هستند که کارکرد اصلی آن سنجش و ایجاد ارتباط بین اجزای مختلف شبکه می‌باشد. این فناوری‌ها مهم‌ترین بخش تشکیل هنده سیستم‌های هوشمند هستند و از طریق یک دروازه به پلتفرم اصلی متصل می‌شوند. سامانه‌های سنجش با به‌دست‌آوردن داده‌های گیاهی، حیوانی و محیط‌زیستی و تشکیل یک فناوری حیاتی برای پیاده‌سازی سیستم هوشمند، نقشی ضروری در فعالیت‌های کشاورزی ایفا می‌کنند. تأثیر آن‌ها بر تولید کشاورزی از طریق جمع‌آوری داده‌های مربوط به پارامترهای مختلف نظیر آب، خاک، رطوبت و شرایط جوی و ... برای استفاده مؤثرتر از نهاده‌های مزرعه می‌باشد که موجب بهبود تولید محصول و پایداری محیط‌زیست می‌شود. در دسته‌ی دوم، فناوری‌های رایانش ابری، رایانش در مه و لبه کار محاسبات را انجام می‌دهند و فناوری‌های بلاک‌چین و شبکه گسترده کم‌مصرف (LPWAN) نقش فناوری ارتباطی را در سیستم هوشمند کشاورزی دارند. در مرحله قبل حجم عظیمی از داده‌ها جمع‌آوری شد که مستلزم پیش پردازش، پردازش و محاسبات هستند. این امر توسط پارادایم‌های محاسبات (رایانش ابری، رایانش مه و رایانش لبه) صورت می‌گیرد. این فناوری‌ها با فراهم‌کردن زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری امکان ذخیره‌سازی، پردازش و محاسبات را فراهم می‌کند. اما چالشی که در رایانش ابری وجود دارد، تأخیر زیاد در ارسال و دریافت اطلاعات بین ابر و سنسورها است. دستگاه‌های اینترنت اشیاء به این تأخیرها حساس‌اند، اگر داده‌ها برای پردازش شدن مدت طولانی در مسیر باقی بمانند، برخی از دستگاه‌ها عمل نخواهند

1- Block Chain 2- Artificial Intelligence 3- Machine Learning

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

کرد. برای رفع این چالش، از الگوی محاسباتی جدید به‌نام رایانش مه استفاده می‌شود و به‌صورت لایه میانی بین ابر و لبه ظاهر و باعث حل این مشکل می‌شود. از رایانش مه و لبه اغلب در هوشمندسازی‌هایی که محوریت آن اینترنت اشیاء می‌باشد در کنار رایانش ابری استفاده می‌شود. به‌عبارتی، محاسبات بلادرنگ توسط مه صورت می‌گیرد در حالی که محاسبات بالا در ابر پردازش می‌شود. مه و لبه به‌صورت گره عمل می‌کند، به این صورت که داده‌ها را موضوعی جمع‌آوری، پیش‌پردازش و از رویکردهای هوشمند مثل یادگیری عمیق برای تحلیل استفاده می‌کنند (به‌عنوان مثال فقط داده‌های مربوط به حاصلخیزی خاک). امر موجب می‌شود افزونگی داده کاهش و سرعت انتقال آن افزایش یابد. شبکه گسترده کم‌مصرف (LPWAN) و بلاک‌چین نقش پروتکل ارتباطی را در این سیستم دارند. به‌عبارتی، این فناوری بین مبدأ که منابع داده‌ای (شبکه سنسورهای بی‌سیم، حسگرها، سنجش از راه دور) هستند و مقصد که ابر می‌باشد، قرار می‌گیرد و داده‌ها از مبدأ دریافت و به ابر منتقل می‌کند. مزیت بلاک‌چین برای ابر رمزگذاری و اشتراک‌گذاری به صورت گمنام می‌باشد. یعنی در صورت نیاز سنسورها توسط بلاک‌چین گمنام می‌شود و داده‌ها به‌صورت کدگذاری شده در بلوک‌های آن ذخیره و به شبکه گسترده کم‌مصرف منتقل و از آنجا برای پردازش وارد ابر می‌شود. در دسته‌ی سوم، کلان داده یکی از فناوری‌های مهمی است که می‌تواند داده‌ها را به خوبی در فضای ابری مناسب به‌صورت حجمی از کلان‌ها در سرعت و حجم‌های متفاوت در پایگاه و چارچوب‌های مشخصی ذخیره، یکپارچه و محاسبه کند. به‌عبارتی، کلان داده یکی از بزرگ‌ترین فناوری‌ها برای مدیریت داده می‌باشد. در حال حاضر جدیدترین و تحول‌آفرین‌ترین فناوری که کار امنیت داده‌ها را انجام می‌دهد بلاک‌چین می‌باشد. داده‌ها در بلوک‌های زنجیره بلوکی ذخیره و کدگذاری می‌شود و امکان دسترسی توسط شخص ثالث وجود ندارد. البته ناگفته نماند شبکه گسترده کم‌مصرف (LPWAN) رمزگذاری متقارن و نامتقارن داده‌ها را انجام می‌دهد اما به قوت بلاک‌چین نیست و احتمال حملات سایبری وجود دارد. دسته آخر پیش‌بینی و یادگیری است که شامل هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌باشد. الگوریتم‌های یادگیری ماشین با شناسایی الگوهای پیچیده، روندها و روابط در داده‌های چندبعدی سبب حداکثررساندن عملکرد محصول و به‌حداقل‌رساندن هزینه‌های ورودی و پیش‌بینی‌های دقیق شده و با اتخاذ سیاست‌های کارآمد با ارائه اطلاعات دقیق هواشناسی، زراعتی و اقلیمی، در پیشرفت این حوزه نقش به‌سزایی دارد. بنابراین، برای دستیابی به کشاورزی هوشمند، نیاز به دیدگاه سیستمی و جامع و همچنین دسترسی به داده‌های دقیق و گسترده از منابع مختلف است که با نگاه جزیره‌ای به کشاورزی، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

دانش‌افزایی پژوهش حاضر، شناسایی فناوری‌های نوظهور صنعت کشاورزی با رویکرد سیستمی است تا فرایند کاشت تا برداشت را پوشش دهند. بیشتر مطالعات انجام‌شده نگاهی جزیره‌ای به کاربرد فناوری در صنعت کشاورزی دارند. به‌عنوان مثال، پژوهش ناوارو و همکاران (۲۰۲۰) به کاربرد اینترنت اشیاء و نقش آن در جمع‌آوری داده‌ها در کشاورزی به‌طور سیستماتیک پرداخته است. آنها به اهمیت جمع‌آوری داده‌های مربوط به پارامترهای مختلف مانند آب، خاک، رطوبت و شرایط جوی در کشاورزی اشاره می‌کنند (Navarro *et al*., 2020). پژوهش شارما و همکاران (۲۰۲۰) استفاده الگوریتم‌های یادگیری ماشین را به‌عنوان یکی از روش‌های پیشرفته تحلیل داده شناسایی کرده که موجب بهینه‌سازی فرایند کشاورزی می‌شود (Sharma *et al*., 2020). پژوهش وولفرت و همکاران (۲۰۱۷) به کاربرد کلان داده و نقشی که در پیش‌بینی شرایط آب‌وهوا، بیماری‌های گیاهی و مدیریت منابع دارد اشاره می‌کند (Wolfert *et al*., 2017). نگاه جزیره‌ای به کشاورزی هوشمند به مطالعه و پژوهش در مورد بخش‌های مختلف کشاورزی با تمرکز بر روی یک یا چند جنبه‌ی خاص، نظیر جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل داده‌ها یا پیش‌بینی می‌پردازد. این نگاه در مورد هر بخش به‌صورت جداگانه عمل می‌کند و به‌دنبال بهبود آن بخش می‌باشد، توانایی تعامل و ارتباط بین بخش‌های مختلف کشاورزی را کاهش می‌دهد و در نهایت بهبود یک بخش به تنهایی نمی‌تواند به بهبود این صنعت به‌طور کلی منجر شود و مستلزم شناسایی و ترکیب فناوری‌ها است. ترکیب فناوری‌ها در کشاورزی هوشمند به‌معنای استفاده هم‌زمان از چند فناوری مختلف در کشاورزی است که با همکاری و تعامل با یکدیگر، موجب بهبود عملکرد و کارایی سیستم کشاورزی می‌شود. با ترکیب این فناوری‌ها، می‌توان در کشاورزی هوشمند به بهبود زمان‌بندی کشت، کاهش مصرف منابع، بهبود کیفیت محصولات، افزایش تولید و بهبود مدیریت کشاورزی دست یافت. در پژوهش حاضر، برای پرکردن این شکاف، پژوهشگران با فرایندی چندمرحله‌ای به مطالعه متـون و تحقیقات پیشین پرداختند. از آنجایی که گذار موفق از کشاورزی سنتی به کشاورزی هوشمند با یک فناوری حاصل نمی‌شود، بررسی نظام‌مند و انتقـادی مطالعـات بین‌المللی سـبب شناسـایی ترکیب فناوری‌ها و دسته‌بندی آن‌ها بر مبنای کارکردها به‌صورت یک سیستم یکپارچه که به‌صورت پویا با یکدیگر تعامل دارند، شده است.

بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از ظرفیت‌های بالقوه و مهم در هر کشوری می‌تواند در فرآیند توسعه اقتصادی آن کشور نقش بی‌بدیلی ایفا کند. ایران نیز با توجه به موقعیت ممتاز جغرافیایی و تنوع آب‌وهوایی برای کاشت محصولات مختلف کشاورزی، وجود نیروی کار مناسب در روستاها و مراکز تولید، وجود نیروی تحصیل‌کرده کافی در رشته‌های مرتبط با کشاورزی، وجود مزیت‌های نسبی خدادادی در زمینه محصولات با ارزشی از قبیل زعفران، پسته، گیاهان دارویی، محصولات صنایع غذایی و صنایع‌دستی مرتبط با بخش کشاورزی فرصت بی‌نظیری در اختیار دارد تا از این امکانات خدادادی در جهت رشد اقتصادی و رهایی از اقتصاد تک‌محصولی استفاده کند. در این پژوهش، روندهای فناورانه‌ای که موجب هوشمندسازی بخش سنتی کشاورزی خواهند شد، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. بینش‌های این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی و اجرای سیستم‌های کشاورزی هوشمند در آینده استفاده شود. بهبود حکمرانی، مدیریت و ارتقای سطح نوآوری و بهبود

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

فناوری در مواجهه با مشکل امنیت غذایی در سطح جهانی و سطح ملی باید مورد توجه قرار گیرد. بدون شک به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند مهم‌ترین راه امید است که می‌تواند حل‌کننده مشکلات بخش کشاورزی باشد و البته این یکی از سطوح فناوری بوده و کل فناوری نیست و باید دانست تنها با یک فناوری نوین نمی‌توان تمام مشکلات را حل کرد. در واقع، حکمرانی و مدیریت مطلوب در این نقطه نقش بسیار مهمی دارد و اعتقاد بر این است که بخش دیجیتال و هوشمندسازی یکی از اصلی‌ترین پتانسیل‌هایی است که می‌تواند چالش را در بحث امنیت غذایی حل کند. بر این اساس، گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی هوشمند نیازمند توجه به مجموعه‌ای از راهکارهای سیاستی و اقتصادی است. در ادامه، به چند راهکار مهم برای ایجاد این گذار پرداخته می‌شود:

توسعه زیرساخت‌های فنی: سیاست‌های دولت برای توسعه زیرساخت‌های فنی مانند اینترنت پرسرعت در مناطق روستایی و تلفن همراه، بهبود دسترسی به داده‌ها و فناوری‌های کشاورزی هوشمند را تسهیل می‌کند.

توسعه نیروی انسانی: برنامه‌های آموزش و توسعه مهارت‌های کشاورزان برای استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند، مدیریت منابع آب، و بهره‌وری از خاک از اهمیت بسیاری برخوردارند.حمایت از تحقیقات و توسعه: سیاست‌های دولتی برای حمایت از تحقیقات در زمینه کشاورزی هوشمند و توسعه فناوری‌های مرتبط به کشاورزان و شرکت‌های فعال این حوزه انگیزه می‌دهد. برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی مرتبط با فناوری‌های کشاورزی هوشمند می‌تواند کشاورزان را برای این گذار آماده کند.

تشویق به کشاورزی هوشمند: اعمال تخفیفات مالی برای کشاورزانی که از فناوری‌های کشاورزی دقیق مانند سنسورها استفاده می‌کنند، می‌تواند تشویق کننده باشد.

حمایت مالی: اعطای تسهیلات مالی برای کشاورزان به منظور خرید و استفاده از تجهیزات و فناوری‌های کشاورزی هوشمند

توسعه بازارهای تضمینی: ایجاد بازارهای تضمینی برای محصولات کشاورزی به کشاورزان اطمینان می‌دهد که تلاش‌های خود را در شرایط اقتصادی پایدارتری انجام دهند.

تشکر و قدردانی

لازم است از حمایت‌ها و همراهی‌های صندوق تلاش‌گران اقتصاد پایدار به‌عنوان حامی مادی و به‌ویژه مدیرعامل محترم این مجموعه جناب آقای دکتر عباسعلی کارشناس در مقام حامی معنوی و علمی این پروژه نهایت قدردانی و سپاس را داشته باشیم.

References

Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A. (2014). A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, *36*(2), 263-270 .

Alharbi, H. A., & Aldossary, M. (2021). Energy-efficient edge-fog-cloud architecture for IoT-based smart agriculture environment. *IEEE ACCESS*, *9*, 110480-110492 .

Arasti, M., Garousi Mokhtarzadeh, N., & Jafarpanah, I. (2022). Networking capability: A systematic review of literature and future research agenda. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *37*(1), 160-179.

Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—Emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, *11*(4), 667.

Aromataris, E., & Pearson, A. (2014). The systematic review: An overview. *The American Journal of Nursing*, *114*(3), 53-58.

Demchenko, Y., Grosso, P., De Laat, C., & Membrey, P. (2013). Addressing big data issues in scientific data infrastructure. 2013 International conference on collaboration technologies and systems (CTS).

Ferrández-Pastor, F. J., García-Chamizo, J. M., Nieto-Hidalgo, M., Mora-Pascual, J., & Mora-Martínez, J. (2016). Developing ubiquitous sensor network platform using internet of things: Application in precision agriculture. *SENSORS*, *16*(7), 1141.

Galvez, J. F., Mejuto, J. C., & Simal-Gandara, J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, *107*, 222-232.

Gomis, K., Kahandawa, R., & Jayasinghe, R. S. (2022). Scientometric analysis of the global scientific literature on circularity indicators in the construction and Built Environment Sector. *Sustainability*, *15*(1), 728 .

Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, *18*(2), e1230.

Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M .M., Siston, R. A., & Flanigan, D. C. (2014). How to write a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, *42*(11), 2761-2768.

Idoje, G., Dagiuklas, T., & Iqbal, M. (2021). Survey for smart farming technologies: Challenges and issues. *Computers & Electrical Engineering*, *92*, 107104 .

Jawad, H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jawad, A. M., & Ismail, M. (2017). Energy-efficient wireless sensor networks for precision agriculture: A review. *SENSORS*, *17*(8), 1781.

Johnson, M. D., Hsieh, W. W., Cannon, A. J., Davidson, A., & Bédard, F. (2016). Crop yield forecasting on the Canadian Prairies by remotely sensed vegetation indices and machine learning methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, *218*, 74-84.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]

Kalyani, Y., & Collier, R. (2021). A systematic survey on the role of cloud, fog, and edge computing combination in smart agriculture. *SENSORS*, *21*(17), 5922.

Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, *143*, 23-37.

Kassim, M. R. M., Mat, I., & Harun, A. N. (2014). Wireless Sensor Network in precision agriculture application. 2014 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS).

Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications. *IEEE ACCESS*, *7*, 105100-105115.

Krishna, K. L., Silver, O., Malende, W. F., & Anuradha, K. (2017). Internet of things application for implementation of smart agriculture system. 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC).

Lezoche, M., Hernandez, J. E., Díaz, M. d. M. E. A., Panetto, H., & Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, *117*, 103187.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *17*(6), 4322-4334.

Liya, M., & Arjun, D. (2020). A survey of LPWAN technology in agricultural field. 2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social ,Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC).

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, *151*(4), 264-269.

Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, *114*(4), 358-371.

Navarro, E., Costa, N., & Pereira, A. (2020). A systematic review of IoT solutions for smart farming. *Sensors*, *20*(15), 4231.

Ojha, T., Misra, S., & Raghuwanshi, N. S. (2015). Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, *118*, 66-84.

Pinter-Wollman, N., & Mabry, K. (2010). Remote-Sensing of Behavior. Encyclopedia of Animal Behaviour. In: Elsevier Ltd.: Amsterdam, The Netherlands.

Praveen, B., & Sharma, P. (2020). A review: The role of geospatial technology in precision agriculture. *Journal of Public Affairs*, *20*(1), e1968.

Raparelli, E., & Bajocco, S. (2019). A bibliometric analysis on the use of unmanned aerial vehicles in agricultural and forestry studies. *International Journal of Remote Sensing*, *40*(24), 9070-9083.

Shafi, U., Mumtaz, R., García-Nieto, J., Hassan, S. A., Zaidi, S. A. R., & Iqbal, N. (2019). Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. *Sensors*, *19*(17), 3796.

Sharma, R., Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V., & Kumar, A. (2020). A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. *Computers and Operations Research*, *119*, 104926 .

Shi, X., An, X., Zhao, Q., Liu, H., Xia, L., Sun, X., & Guo, Y. (2019). State-of-the-art internet of things in protected agriculture. *Sensors*, *19*(8), 1833.

Singh, R. K., Puluckul, P. P., Berkvens, R., & Weyn, M. (2020). Energy consumption analysis of LPWAN technologies and lifetime estimation for IoT application. *Sensors*, *20*(17), 4794.

Terence, S., & Purushothaman, G. (2020). Systematic review of Internet of Things in smart farming. *Transactions on Emerging Telecommunocations Technologies*, *31*(6), e3958.

Trendov, N., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Digital technologies in agriculture and rural areas–Status report, Licence: cc by-nc-sa 3.0 igo. In: Rome.

Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, *164*, 31-48.

Villa-Henriksen, A., Edwards, G. T., Pesonen, L. A., Green, O., & Sørensen, C. A. G. (2020). Internet of things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential. *Biosystems Engineering*, *191*, 60-84.

Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, *236*, 111402.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming–a review. *Agricultural Systems*, *153*, 69-80.

Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD).

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-05-08]
[DOR: 20.1001.1.25383426.1402.10.20.6.7]
[DOI: 10.61186/jea.10.20.94]