

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-24>

УДК [338.43:004]:330.34

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА: ВИЗНАЧЕННЯ ТА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ

A SYSTEMIC APPROACH TO THE DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION: DEFINITION AND STRUCTURAL-FUNCTIONAL CLASSIFICATION

Колісніченко Вадим Вікторовичаспірант кафедри економіки підприємства,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6717-5171>**Kolisnichenko Vadym**

Taras Shevchenko National University of Kyiv

У статті досліджено системні аспекти цифрової трансформації аграрного сектору з акцентом на інноваційні інформаційно-комунікаційні технології. Проаналізовано напрями впровадження сучасних рішень – від сенсорних мереж і платформ збору даних до систем автоматизації, аналітики та управління аграрним виробництвом. Запропоновано авторське визначення поняття «інноваційні цифрові технології в аграрному секторі», що підкреслює їх інтегративний, адаптивний і системний характер. Розроблено класифікацію цифрових рішень, що враховує функціональні, технологічні та галузеві аспекти. Визначено ключові переваги цифровізації агросектору, зокрема підвищення ефективності, продуктивності та екологічної сталості, а також виявлено основні виклики впровадження. Отримані результати можуть бути використані як методологічна база для оцінки рівня цифрової зрілості аграрних підприємств, розробки стратегій цифрової трансформації та формування політики підтримки інноваційного агровиробництва.

Ключові слова: цифрові технології, аграрний сектор, штучний інтелект, Інтернет речей, цифрова трансформація.

The article explores the systemic aspects of the digital transformation of the agricultural sector, with a specific focus on innovative information and communication technologies. The study analyses the main directions of digitalisation, from sensor networks and data collection platforms to systems of automation, analytics, and decision-making in agricultural production. Particular attention is given to the integration and interaction of these technologies within a unified digital ecosystem that encompasses the entire production and management cycle. A new author's definition of the concept of "innovative digital technologies in the agricultural sector" is proposed. This definition emphasises the integrative, adaptive, and systemic nature of such technologies, highlighting their ability to transform traditional agribusiness models into intelligent, data-driven, and resource-efficient systems. Based on this definition, a comprehensive classification of digital solutions is developed, which considers their functional roles, technological foundations, and sectoral specificity. The article also outlines the key benefits of digitalisation for agriculture, including increased operational efficiency, improved productivity, enhanced environmental sustainability, and better-informed decision-making. In addition, the study identifies the main challenges of digital transformation in the agrarian context, such as limited access to infrastructure, low digital literacy among rural populations, high implementation costs, and the lack of a unified strategic approach at the state level. The study's findings are relevant to both academic research and practical applications. They can serve as a methodological foundation for assessing the digital maturity of agricultural enterprises, designing digital transformation roadmaps, and shaping policies that support the development and diffusion of innovative technologies in the agri-food sector. By providing a structured framework for the understanding and classification of digital innovations, the article contributes to the formation of a theoretical and analytical base for further exploration of digital agriculture in conditions of economic, technological, and climate uncertainty.

Keywords: digital technologies, agricultural sector, artificial intelligence, Internet of Things, digital transformation.

Постановка проблеми. Розвиток аграрного сектору в умовах глобальних викликів – зростання населення, кліматичних змін, виснаження ресурсів – потребує докорінної трансформації традиційних підходів до виробництва, управління та логістики. Водночас цифрові технології створюють якісно нові можливості для модернізації сільського господарства, забезпечуючи зростання продуктивності, ефективне використання ресурсів та підвищення екологічної сталості.

Інноваційні цифрові рішення формують нову інфраструктуру аграрного виробництва, що дозволяє приймати управлінські рішення на основі даних, автоматизувати виробничі процеси та мінімізувати втрати. Усе це трансформує аграрний бізнес у систему, орієнтовану на гнучкість, адаптивність і сталість.

Попри стрімкий розвиток цифрових технологій і зростання кількості прикладних рішень у сфері агровиробництва, наукові підходи до осмислення їх ролі залишаються фрагментарними. Відсутнє усталене понятійне визначення інноваційних цифрових технологій в аграрному секторі, а також не сформовано єдину класифікаційну систему, що враховувала б їхню функціональну, технологічну та галузеву специфіку. Така ситуація ускладнює розробку ефективної стратегії цифрової трансформації аграрних підприємств, оцінку рівня їх цифрової зрілості й формування державної політики підтримки інновацій. У цьому контексті постає проблема, що полягає у необхідності концептуалізації цифрових технологій у сільському господарстві як цілісного, системно інтегрованого феномену, що поєднує технічні, управлінські та соціально-економічні виміри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цифрова трансформація аграрного сектору розглядається в сучасних дослідженнях як ключовий напрям забезпечення стійкості, ефективності й адаптивності сільського господарства в умовах кліматичних та економічних викликів. У роботах Космадійло І., Ковальова М., Безпарточний М. [1; 10; 6] визначається потенціал цифрових рішень для модернізації агровиробництва, зокрема через інтеграцію інтернету речей, машинного навчання, аналітики даних та платформ управління. Водночас акцент робиться на бар'єрах упровадження: недостатній технічній інфраструктурі, цифровому розриві між типами підприємств і низькому рівні технологічної зрілості регіонів.

Питання адаптивності цифрових технологій до національних особливостей також

піднімається у дослідженні Куссул Н. [11], де на прикладі змін землекористування в умовах воєнного конфлікту демонструється практична цінність машинного навчання, як інструменту для кризового моніторингу. Подібні системи агроаналітики досліджуються й у міжнародному контексті: Рой М. [17] розглядає багаторівневу структуру цифрової трансформації, включаючи точне землеробство, аналітичні модулі та IoT.

За оцінками аналітиків консалтингової компанії Coherent Market Insights, глобальний ринок цифрового сільського господарства зросте з 24,42 млрд дол. США у 2024 році до 48,98 млрд дол. США у 2030 році, демонструючи середньорічне зростання (CAGR) на рівні 12,3 %. Найбільш динамічно розвиваються сегменти, пов'язані з Інтернетом речей (IoT), аналітикою великих даних та автономною агротехнікою, що свідчить про стратегічну важливість інтегрованих цифрових рішень [9].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Піднята проблема безпосередньо корелює як із теоретичними дослідженнями цифровізації економіки, так і з практичними завданнями модернізації аграрного виробництва. На науковому рівні вона вимагає уточнення понятійного апарату, формалізації визначення цифрових технологій в агросекторі, а також створення функціонально-структурної класифікації з урахуванням специфіки агропромислового виробництва. Практичний вимір проблеми пов'язаний із потребою в ефективному управлінні впровадженням інновацій, подоланні цифрового розриву та формуванні адаптивної політики підтримки аграрної трансформації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є: запропонувати авторське визначення поняття «інноваційні цифрові технології в аграрному секторі»; розробити комплексну класифікацію цифрових рішень з урахуванням їхньої функціональної ролі, технологічної бази та галузевої специфіки; проаналізувати напрями застосування цифрових технологій в аграрному секторі та окреслити ключові переваги й виклики їх впровадження. Запропоновані у статті підходи спрямовані на поглиблення теоретичного підґрунтя досліджень цифровізації агросектору та формування практичного інструментарію для оцінки рівня технологічної зрілості аграрних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифрова трансформація аграрних практик проявляється у наступних ключових напрямках.

Точне землеробство полягає у використанні сучасних технологій для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Це включає застосування картографічних даних, дистанційних спостережень із супутників та дронів, а також методів аналізу й обробки цих даних для оптимізації аграрних процесів [12].

Моніторинг ґрунтів і врожаїв: сенсори, датчики та супутники надають актуальні дані про вологість ґрунту, температуру, хімічний склад, ріст рослин та потенційні хвороби або шкідників. Системи моніторингу дозволяють своєчасно виявляти проблеми на полі та вживати необхідних заходів, що знижує ризики втрат врожаю [2].

Автоматичні системи зрошення: ці системи використовують дані з сенсорів для визначення, коли і скільки води потрібно подати на різні частини поля. Це вирішує проблему нерівномірного поливу традиційних систем, забезпечуючи точну подачу води залежно від потреб кожної ділянки поля [12].

Автоматизовані транспортні системи: включає використання безпілотної сільськогосподарської техніки, яка керується за допомогою GPS та великих даних. Такі машини можуть працювати в будь-який час доби, виконуючи завдання з максимальною точністю, зменшуючи кількість помилок, знижуючи витрати на паливо та технічне обслуговування, а також підвищуючи продуктивність [14; 3; 13].

Використання дронів для моніторингу та обробки полів. Дрони, обладнані камерами та сенсорами, дозволяють швидко й ефективно отримувати дані про стан рослин на великих площах [16].

Платформи для аналізу великих даних (Big Data): дані збираються з різних джерел (сенсори, супутники, дрони, погодні станції) та аналізуються для оптимізації всіх аспектів агровиробництва. Спеціальні програмні платформи дозволяють агровиробникам отримувати рекомендації щодо найкращого часу для сівби, збору врожаю, застосування добрив, пестицидів та поливу. Аналітика великих даних допомагає приймати обґрунтовані рішення, що призводить до збільшення врожайності та зниження витрат [1; 5].

Загалом, впровадження цих технологій суттєво змінює традиційні аграрні практики, підвищуючи продуктивність та ефективність сільського господарства, а також трансформує підприємницьку діяльність у смарт-підприємництво, що включає автоматизацію бізнес-процесів, покращене управління

даними, підвищення продуктивності та оптимізацію ресурсів.

Узагальнюючи приклади впровадження сучасних цифрових рішень у сільське господарство, можна стверджувати, що трансформація аграрного сектору має системний характер. Йдеться не лише про впровадження окремих технологій, а про формування цілісної інтелектуальної інфраструктури, де ключову роль відіграє взаємодія різних інструментів – від сенсорних мереж до аналітичних платформ і автономних машин. У такому контексті виникає потреба у чіткому теоретичному осмисленні самої сутності цифрових інновацій в агросфері. Пропоную визначення, яке, на мій погляд, найбільш повно відображає сутність інноваційних цифрових технологій.

Інноваційні цифрові технології в аграрному секторі – це сукупність взаємопов'язаних цифрових рішень, інструментів, методів та сервісів, що впроваджуються у виробничо-управлінські процеси аграрних підприємств з метою посилення їх адаптивності, підвищення ефективності прийняття рішень, стійкості до ризиків та забезпечення сталого розвитку.

На відміну від ширшого поняття «agritech», яке охоплює всі види технологічного оснащення аграрного сектору – від традиційної техніки до біотехнологій, – інноваційні цифрові технології акцентують саме на цифровій трансформації: аналітичних системах, автоматизованому управлінні, інтегрованих платформах збору, обробки та візуалізації даних, а також на їх здатності утворювати взаємозалежну екосистему управління агровиробництвом. Важливою складовою запропонованого визначення є акцент на системній та інтегративній природі цифрових інновацій, оскільки саме взаємодія між окремими технологічними елементами формує максимальний синергетичний ефект у процесах агровиробництва. Таке розуміння дозволяє перейти від описового рівня аналізу до структурно-функціональної моделі цифровізації аграрного сектору.

З огляду на багатогранність, міждисциплінарність і швидку еволюцію цифрових рішень, що впроваджуються в агросекторі, виникає потреба в розробці комплексної класифікації. В основі такої класифікації лежить сукупність ключових ознак – технологічна природа рішень, їх функціональне призначення та галузева сфера застосування, – які водночас виступають критеріями групування інноваційних цифрових технологій. Запропонована класифікація (рис. 1) дозволяє здійснити сис-

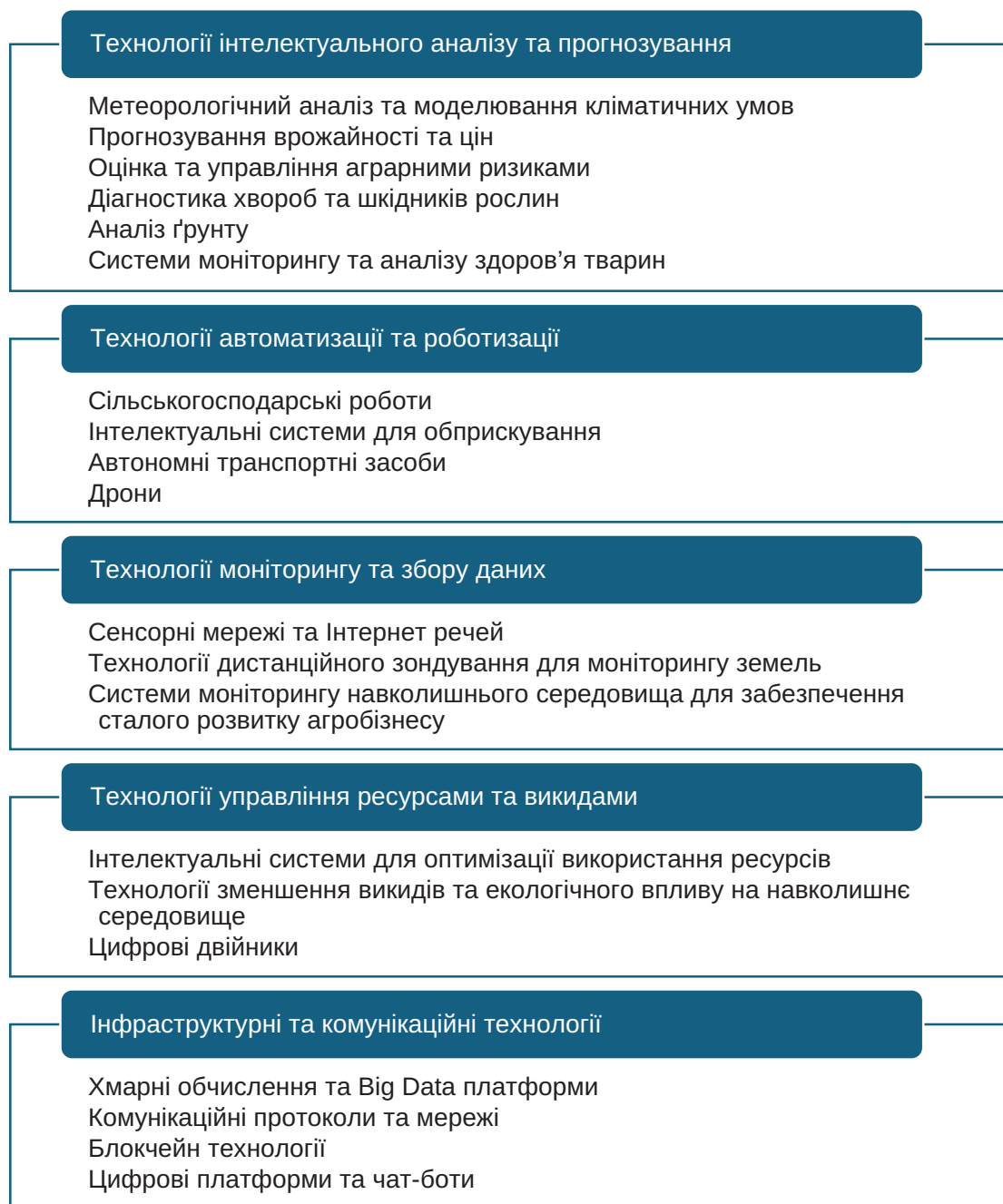


Рис. 1. Функціональна структура інноваційних цифрових технологій в аграрному секторі

Джерело: побудовано автором

тематизацію цифрових рішень відповідно до зазначених ознак, з урахуванням їх взаємодії у межах єдиної цифрової інфраструктури аграрного сектору.

Сучасний аграрний сектор переживає фундаментальну цифрову трансформацію, яка радикально змінює традиційні методи ведення сільського господарства, формуючи нові підходи до управління виробничими процесами та ресурсами. Запропонована

класифікація цифрових технологій дозволяє систематизувати ці технології за їхніми функціональними, технологічними та галузевими аспектами, підкреслюючи їхню інтегративну природу та взаємозв'язок.

Однією з ключових особливостей сучасних інноваційних технологій є їхня взаємодія у рамках єдиної цифрової інфраструктури, яка поєднує технології моніторингу та збору, технології інтелектуального аналізу та про-

гнозування, технології автоматизації та роботизації, технології управління ресурсами та сталого розвитку та інфраструктурні й комунікаційні технології [7; 2].

Основою цієї системи є сенсорні мережі та Інтернет речей, які забезпечують безперервний збір даних про стан ґрунту, погодні умови, здоров'я рослин і тварин. Отримані дані в режимі реального часу передаються до платформ аналізу великих даних, які за допомогою алгоритмів штучного інтелекту здійснюють поглиблену аналітику, прогножуючи врожайність, визначаючи ризики хвороб та формуючи рекомендації щодо оптимальних строків посіву, внесення добрив та поливу [8].

Технології автоматизації та роботизації тісно інтегровані з інтелектуальними аналітичними системами. Автономні сільськогосподарські роботи отримують точні завдання на основі аналізу даних, що дозволяє їм працювати ефективно та з мінімальним втручанням людини. Наприклад, роботи з використанням комп'ютерного зору ідентифікують бур'яни чи хворі рослини, здійснюючи їх точкову обробку, що суттєво зменшує витрати ресурсів та негативний вплив на навколишнє середовище.

Особливо перспективною є технологія цифрових двійників, яка дозволяє створити повноцінну віртуальну модель аграрного підприємства. Цифровий двійник інтегрує дані з усіх джерел, надаючи можливість віртуально тестувати різні стратегії управління та вчасно реагувати на зміну умов.

Важливу роль у функціонуванні цієї екосистеми відіграють хмарні сервіси, які забезпечують доступ до інформації у реальному часі для всіх учасників процесу. Завдяки блокчейн-технологіям досягається прозорість усіх виробничих і управлінських процесів, що підвищує довіру та конкурентоспроможність аграрних підприємств [15].

Запропонована класифікація цифрових технологій відображає не лише їхній технічний зміст, а й функціональну роль у формуванні інтегрованої цифрової інфраструктури аграрного сектору. Вона базується на принципах системності, взаємозв'язку та міждисциплінарності, що дозволяє охопити весь спектр технологічних рішень – від збору первинних даних до стратегічного управління агробізнесом.

Практичне застосування цієї класифікації може стати основою для: аналізу рівня цифрової трансформації аграрних підприємств, визначення технологічних пріоритетів для

інвестицій, розробки дорожніх карт цифровізації в межах регіональних чи національних аграрних політик.

Зокрема, можливість оцінити наявність або відсутність технологій кожного типу дозволяє виявляти «вузькі місця» у впровадженні інновацій. Наприклад, за наявності розвинених систем збору даних, але відсутності аналітичних платформ і рішень для автоматизації, підприємство ризикує залишитися на етапі інформаційного накопичення без реального ефекту для продуктивності.

Водночас, незважаючи на наявні досягнення, процес цифровізації агросектору стикається з низкою викликів. Серед них недостатній рівень цифрової грамотності працівників, обмеженість доступу до інфраструктури у сільській місцевості, висока вартість впровадження передових технологій та фрагментарність державної підтримки. Подолання цих бар'єрів потребує узгоджених дій на рівні держави, бізнесу та наукової спільноти.

Висновки. Сучасне сільське господарство перебуває на етапі глибокої цифрової трансформації, що кардинально змінює підходи до виробництва, управління та використання ресурсів. Впровадження інноваційних цифрових технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей, роботизовані системи, платформи для аналізу великих даних, не лише підвищує ефективність агровиробництва, а й формує нову модель аграрного розвитку, орієнтовану на сталий розвиток, адаптивність і інтелектуалізацію процесів.

Запропоновані у статті авторське визначення та класифікація цифрових технологій в аграрному секторі дозволяють системно осмислити їх сутність, функціональне призначення та взаємозв'язки. Акцент на інтегративному характері інноваційних рішень відкриває перспективи для формування цілісної цифрової екосистеми, здатної забезпечити гнучкість і конкурентоспроможність аграрних підприємств в умовах глобальних змін.

Подальші дослідження доцільно зосередити на кількісній оцінці ефективності впровадження цифрових інструментів у конкретних умовах аграрного виробництва, а також на вивченні моделей взаємодії між технічними, організаційними та соціальними складовими цифрової трансформації. Важливим напрямом є також дослідження механізмів інтеграції інновацій у політику сталого сільського розвитку та формування сприятливого інституційного середовища для цифровізації агросектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Космідайло І. В., Маковійчук О. В. Можливості використання цифрових платформ в управлінні сільським господарством в Україні на основі передового зарубіжного досвіду. *Вісник академії праці, соціальних відносин і туризму. Серія: економіка, психологія та управління*. 2025. № 3. DOI: <https://doi.org/10.54929/3041-2390-2025-03-01-03>
2. Саулко Д. П. Трансформаційний потенціал смарт-промисловості в аграрному секторі економіки України. *Ефективна економіка*. 2024. № 11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.11.102>
3. Шевченко А. А., Петренко О. П., Косик Д. В. Штучний інтелект в рослинництві: успішні кейси аграрних підприємств. *Modern Economics*. 2024. № 47(2024). С. 130–137. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V47\(2024\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V47(2024)-19)
4. Ahamed N. N., Vignesh R. (01.01.2022) Smart Agriculture and Food Industry with Blockchain and Artificial Intelligence. *Journal of Computer Science*, vol. 18, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3844/jcssp.2022.1.17>
5. Bahn R. A., Yehya A. A. K., Zurayk R. (2021) Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region. *Sustainability*, vol. 13, № 6, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13063223>
6. Bezpartochnyi M., Britchenko I. (2022) Digitalization for agriculture and rural development in Ukraine. 23rd International Scientific Conference. "Economic Science for Rural Development 2022" (Latvia, Jelgava, May 11th-13th, 2022) №56. Latvia, Jelgava: LLU Esaf, pp. 398–406. DOI: <https://doi.org/10.22616/ESRD.2022.56.039>
7. Cavazza A., Mas F. D., Paoloni P., Manzo M. (2023) Artificial intelligence and new business models in agriculture: a structured literature review and future research agenda. *British Food Journal*, vol. 125, № 13, pp. 436–461. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2023-0132>
8. Elbasi E., Mostafa N., AlArnaout Z. et al (2022) Artificial Intelligence Technology in the Agricultural Sector: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 171–202. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232485>
9. Global Digital Agriculture Market Size and Forecast – 2025-2032. Coherent Market Insights. URL: <https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/digital-agriculture-market> (дата звернення: 03.08.2025)
10. Kovalova M., Valentinov V., Gagalyuk T. (2025) Societal value creation through digital technologies: Insights from stakeholder collaborations of Ukrainian agroholdings. *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 28(8), № 3, pp. 580–598. DOI: <https://doi.org/10.22434/ifamr.1277>
11. Kussul N., Shelestov A., Yailymov B. et al. (2025) Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using machine learning applied to Sentinel satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 140, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551>
12. Lochan K., Khan A., Elsayed I. et al. (2016) Advancements in Precision Spraying of Agricultural Robots: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, vol. 4, pp. 1–34. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3450904>
13. Mana A., Allouhi A., Hamrani A. et al. (2024) Sustainable AI-Based Production Agriculture: Exploring AI Applications and Implications in Agricultural Practices. *Smart Agricultural Technology*, vol. 7(7664), pp. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100416>
14. Oliveira R. C. d., Silva R. D. d. S. e. (2023) Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*, vol. 13, № 13, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13137405>
15. Peladarinos N., Piromalis D., Cheimaras V. et al. Enhancing Smart Agriculture by Implementing Digital Twins: A Comprehensive Review. *Sensors*. Vol. 23, 11.08.2023. P. 7128. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23167128>
16. Rani R., Sahoo J., Bellamkonda S. et al. (2023) Role of Artificial Intelligence in Agriculture: An Analysis and Advancements With Focus on Plant Diseases. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 137999–138019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339375>
17. Roy M., Medhekar A. (2025) Transforming smart farming for sustainability through agri-tech Innovations: Insights from the Australian agricultural landscape. *Farming System*, vol. 3, pp. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100165>

REFERENCES:

1. Kosmidailo I. V., Makoviichuk O. V. (2025) Mozhyvosti vykorystannia tsyfrovyykh platform v upravlinni silskym hospodarstvom v Ukraini na osnovi peredovoho zarubizhnogo dosvidu [Opportunities for using digital platforms in agricultural management in Ukraine based on advanced foreign experience]. *Visnyk akademii pratsi, sotsialnykh vidnosyn i turyzmu. Serii: ekonomika, psykholohiia ta upravlinnia – Bulletin of the Academy of Labor, Social Relations, and Tourism. Series: Economics, Psychology, and Management*, vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.54929/3041-2390-2025-03-01-03>

2. Saulko D. P. (2024) Transformatsiyni potentsial smart-promyslovosti v aharnomu sektori ekonomiky Ukrainy [The transformational potential of smart industry in Ukraine's agricultural sector]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, vol. 11. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.11.102>
3. Shevchenko A. A., Petrenko O. P., Kosyk D. V. (2024) Shtuchnyi intelekt v roslynnystvi: uspishni keisy ahrarykh pidpriemstv [Artificial intelligence in crop production: successful cases of agricultural enterprises]. *Modern Economics*, vol. 47(2024), pp. 130–137. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V47\(2024\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V47(2024)-19)
4. Ahamed N. N., Vignesh R. (2022) Smart Agriculture and Food Industry with Blockchain and Artificial Intelligence. *Journal of Computer Science*, vol. 18, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3844/jcssp.2022.1.17>
5. Bahn R. A., Yehya A. A. K., Zurayk R. (2021) Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region. *Sustainability*, vol. 13, № 6, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13063223>
6. Bezpartochnyi M., Britchenko I. (2022) Digitalization for agriculture and rural development in Ukraine. 23rd International Scientific Conference. "Economic Science for Rural Development 2022" (Latvia, Jelgava, May 11th-13th, 2022) № 56. Latvia, Jelgava: LLU Esaf, pp. 398-406. DOI: <https://doi.org/10.22616/ESRD.2022.56.039>
7. Cavazza A., Mas F. D., Paoloni P., Manzo M. (2023) Artificial intelligence and new business models in agriculture: a structured literature review and future research agenda. *British Food Journal*, vol. 125, № 13, pp. 436–461. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2023-0132>
8. Elbasi E., Mostafa N., AlArnaout Z. et al (2022) Artificial Intelligence Technology in the Agricultural Sector: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 171–202. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232485>
9. Global Digital Agriculture Market Size and Forecast – 2025-2032. Coherent Market Insights. URL: <https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/digital-agriculture-market> (accessed August 03, 2025)
10. Kovalova M., Valentinov V., Gagalyuk T. (2025) Societal value creation through digital technologies: Insights from stakeholder collaborations of Ukrainian agroholdings. *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 28(8), № 3, pp. 580–598. DOI: <https://doi.org/10.22434/ifamr.1277>
11. Kussul N., Shelestov A., Yailymov B. et al. (2025) Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using machine learning applied to Sentinel satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 140, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551>
12. Lochan K., Khan A., Elsayed I. et al. (2016) Advancements in Precision Spraying of Agricultural Robots: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, vol. 4, pp. 1–34. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3450904>
13. Mana A., Allouhi A., Hamrani A. et al. (2024) Sustainable AI-Based Production Agriculture: Exploring AI Applications and Implications in Agricultural Practices. *Smart Agricultural Technology*, vol. 7(7664), pp. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100416>
14. Oliveira R. C. d., Silva R. D. d. S. e. (2023) Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*, vol. 13, № 13, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13137405>
15. Peladarinos N., Piromalis D., Cheimaras V. et al. Enhancing Smart Agriculture by Implementing Digital Twins: A Comprehensive Review. *Sensors*. Vol. 23, 11.08.2023. P. 7128. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23167128>
16. Rani R., Sahoo J., Bellamkonda S. et al. (2023) Role of Artificial Intelligence in Agriculture: An Analysis and Advancements With Focus on Plant Diseases. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 137999–138019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339375>
17. Roy M., Medhekar A. (2025) Transforming smart farming for sustainability through agri-tech Innovations: Insights from the Australian agricultural landscape. *Farming System*, vol. 3, pp. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100165>