

industrial enterprises' operations. The article examines modern approaches to the environmental modernization of the industrial sector, identifies key prerequisites and drivers of production greening, and analyzes the specific impact of economic, regulatory, market, and socio-environmental factors on enterprises of different sizes. The main international and national regulatory acts governing the implementation of environmental innovations are systematized, including the EU-Ukraine Association Agreement, EU directives on industrial emissions and waste management, the REACH Regulation, the EMAS environmental management system, and national strategic documents in environmental policy. The necessity of harmonizing Ukrainian legislation with European standards as a key prerequisite for improving environmental efficiency and integrating into international markets is substantiated. The main stages of implementing environmental innovations at enterprises include environmental assessment, development of an environmental strategy, implementation of best available technologies, establishment of environmental management systems, execution of environmental modernization measures, ensuring information transparency, and conducting environmental audits. It is revealed that the effectiveness of implementing environmental innovations largely depends on enterprises' access to financial resources, the level of institutional support, and their ability to adapt to regulatory requirements. It is also found that the existing regulatory and legal framework creates the necessary preconditions for the greening of the industrial sector, but requires further improvement in practical implementation mechanisms, the stimulation of innovation activity, and support for small and medium-sized enterprises.

Keywords: environmental innovations, regulatory and legal framework, industrial enterprises, sustainable development, environmental modernization, state regulation.

Стаття надійшла до редакції / Received 25.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 05.11.2025

Бібліографічний опис статті:

Ши С. Нормативно-правове підґрунтя впровадження екологічних інновацій в діяльність промислових підприємств. Актуальні проблеми інноваційної економіки та права. 2025. № 6. С. 157-163.

Shi X. Regulatory and legal framework for the implementation of environmental innovations in the activities of industrial enterprises. Actual problems of innovative economy and law. 2025. No. 6, pp. 157-163.

УДК 631.145:004.9:338.43(477); JEL classification: O13, O33, Q13, Q16 DOI: <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2025-6-36>

СУХОМЛІН Андрій Володимирович, молодший науковий співробітник Інституту тваринництва НААН, <https://orcid.org/0009-0000-9265-480X>

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ІНТЕГРАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ: ПЛАТФОРМИ, БЛОКЧЕЙН ТА ВЕЛИКІ ДАНІ В АГРОСЕКТОРІ

Сухомлін А. В. Цифрова трансформація та інформаційна інтеграція взаємодії: платформи, блокчейн та великі дані в агросекторі.

Стаття присвячена комплексному дослідженню теоретичних засад та практичних інструментів цифрової трансформації агропромислового комплексу в межах парадигми «Agriculture 4.0». Обґрунтовано, що цифровізація перетворилася з інструменту автоматизації окремих операцій на фундаментальну основу інституційної трансформації галузі. У роботі проаналізовано механізми впровадження координаційних платформ (AgriChain, AgroBon, eNAM, Farmigo), що виступають екосистемами, які мінімізують транзакційні витрати, усувають неефективних посередників та забезпечують прямий доступ виробників до ринків збуту. Наукова новизна дослідження полягає у детальному аналізі технологій блокчейн та смарт-контрактів як механізмів «децентралізованої довіри», що забезпечують імуабельність записів, прозорість ланцюгів постачання «від лану до столу» та автоматизацію фінансових розрахунків через ескроу-сервіси. Особливу увагу приділено управлінню великими даними через інтегрований фреймворк BDA-ARME, який поєднує дані IoT-сенсорів, супутників та метеостанцій. Доведено, що використання прогностичних AI-моделей дозволяє підвищити точність прогнозування врожайності до 97,6% та забезпечити стале використання природних ресурсів. Автором узагальнено український досвід впровадження модульних платформ (AgriChain) та децентралізованих маркетплейсів (AgroBon), а також визначено роль Державного аграрного реєстру (ДАР) у стимулюванні інформаційної інтеграції. Сформульовано рекомендації щодо гармонізації національного законодавства з регламентами ЄС (GDPR, DSA) та розвитку цифрової грамотності фермерів. Зроблено висновок, що перехід до прогностичного управління на основі даних є ключовим чинником продовольчої стійкості та економічного лідерства України на глобальному ринку в повсенний період.

Ключові слова: Agriculture 4.0, цифрові платформи, блокчейн, смарт-контракти, Big Data, IoT, предиктивна аналітика, AgriChain, продовольча безпека.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Процеси цифровізації в сучасному агропромисловому комплексі (АПК) перестали бути просто інструментами автоматизації окремих операцій, перетворившись на фундаментальну основу інституційної трансформації галузі. Цифрова трансформація агросектору визначається як комплексне переосмислення традиційних виробничих моделей через інтеграцію передових технологій, що спрямоване на оптимізацію ресурсів, підвищення продуктивності та забезпечення сталого розвитку. В умовах глобальних викликів, таких як кліматичні зміни, нестабільність ланцюгів постачання та зростаючий попит на продовольство, впровадження цифрових рішень стає критичним чинником виживання та конкурентоспроможності аграрних підприємств.

Сучасна парадигма "Agriculture 4.0" базується на синергії Інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data), штучного інтелекту (AI) та блокчейну. Ці технології дозволяють створити інтегроване інформаційне середовище, де кожен учасник ринку – від дрібного фермера до глобального ритейлера – має доступ до верифікованих даних у режимі реального часу. Цифрова трансформація не лише модернізує технічну базу, а й змінює логіку функціонування підприємства, підвищуючи його гнучкість та здатність до адаптації. Окрім технічного аспекту, це інституційне зрушення, яке вимагає нових організаційно-економічних механізмів управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження цифрової трансформації в сільському господарстві охоплює широкий спектр теоретичних та прикладних аспектів. Науковий дискурс останніх років зосереджений на переході від простої цифровізації до

глибокої системної трансформації управлінських моделей. Процес залучення інновацій, від точного землеробства до аналітики великих даних, підтверджується дослідженнями міжнародних організацій, таких як OECD [1] та FAO [2, 3].

Питання впровадження цифрових платформ для координації учасників агроринку детально досліджуються в працях Катерини Калаченкової [4], яка аналізує міжнародний досвід функціонування таких систем, як AgriDigital (Австралія), eNAM (Індія) та Farmigo (США). Автор акцентує увагу на необхідності гармонізації правового поля України з нормами ЄС (GDPR, DSA) та США (Farm Bill, Cloud Act) для успішної інтеграції цифрових рішень. Важливим внеском є порівняльно-правове дослідження, яке висвітлює роль автоматизації процесів та підвищення прозорості через платформи.

Роль блокчейну та смарт-контрактів у забезпеченні прозорості ланцюгів постачання висвітлена в роботах науковців [5], що використовують методологію систематичного огляду 113 нещодавніх досліджень (на основі принципів PRISMA). Вони ідентифікують блокчейн як ключовий інструмент для забезпечення простежуваності продуктів "від лану до столу", що критично важливо для харчової безпеки. Дослідження F. Casino et al. [6] та F. Tian [7] підкреслюють, що блокчейн створює децентралізоване, незмінне середовище для запису транзакцій, що мінімізує інформаційну асиметрію. Внесок S. L., Bager et al. [8] та C. Singh et al. [9] зосереджений на практичній ефективності технології у створенні справедливих ланцюгів постачання.

Управління великими даними (Big Data) та ix

роль у прогнозуванні попиту та пропозиції є предметом вивчення таких дослідників, як С. Zhang [10], К. Pal [11], Z. Nie [12] та М. Aldossary [13]. Вони пропонують інтегровані фреймворки, зокрема BDA-ARMF (Big Data Analytics-Integrated Agriculture Resource Management Framework), який об'єднує дані з IoT-сенсорів, супутників та метеостанцій для точного прогнозування врожайності та оптимізації ресурсів. Українські маркетологи, такі як І. О. Дейнега, О. В. Дейнега [14] та Т. В. Ковальчук [15], також зробили значний внесок у дослідження методів інтелектуального аналізу даних для відстеження ринкових змін у реальному часі.

Дослідники Y. Xie et al. [16] встановили закономірності впливу цифровізації на поведінку підприємств, а М. А. Dayioğlu та U. Turker [17] переглянули концепцію «Agriculture 4.0» як системну інтеграцію IoT та Big Data для забезпечення сталості галузі. Також важливими є напрацювання CGIAR [18] щодо інклюзивної цифрової трансформації в країнах Глобального Півдня.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є комплексне дослідження теоретичних засад та практичних інструментів цифрової трансформації аграрного сектору, зокрема через аналіз механізмів впровадження координаційних платформ, блокчейн-технологій та систем управління великими даними для підвищення ефективності взаємодії учасників агробізнесу та прогнозування ринкових показників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифрові платформи в агробізнесі виступають як екосистеми, що об'єднують виробників, постачальників

ресурсів, логістичні компанії, фінансові установи та кінцевих споживачів. Основною функцією таких систем є зниження транзакційних витрат, усунення неефективних посередників та забезпечення прямого доступу до ринків збуту. Платформи дозволяють реалізувати системний підхід, де зміни в окремих компонентах (виробництво, логістика, управління) впливають на загальну ефективність роботи системи.

Аналіз глобальних практик дозволяє виділити кілька успішних моделей цифрової координації. Платформа eNAM (Індія) є прикладом централізованої онлайн-системи, яка об'єднала розрізнені фізичні ринки в єдину загальнонаціональну мережу через електронні аукціони. Це дозволило фермерам отримувати справедливі ціни в режимі реального часу. Австралійська платформа AgriDigital фокусується на управлінні ланцюгами постачання зернових, використовуючи блокчейн для укладання контрактів та логістики, що регулюється Privacy Act 1988 та законами про електронну торгівлю. У США платформа Farmigo забезпечує управління спільнотами для доступу до свіжої продукції, демонструючи ефективність моделей прямої взаємодії "фермер-споживач". Ефективне функціонування таких платформ вимагає дотримання суворих вимог до захисту даних (GDPR у ЄС), договірної регуляції та кібербезпеки. Для визначення оптимальних моделей цифрової взаємодії було проведено компаративний аналіз провідних світових та українських платформ, результати якого представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Аналіз функціональних можливостей та правового регулювання провідних агропромислових цифрових платформ

Платформа	Регіон	Ключовий функціонал	Правовий контекст
eNAM	Індія	Електронні аукціони, об'єднання ринків	Гармонізація місцевих законів, єдина ліцензія
AgriDigital	Австралія	Блокчейн-контракти, логістика зерна	Privacy Act 1988, Електронна торгівля
Farmigo	США	Прямий доступ до продукції (CSA)	Farm Bill, Cloud Act
AgriChain	Україна	Модульне управління (Land, Scout, Logistics)	Господарський кодекс, GDPR (адаптація)
AgroBon	Україна	Децентралізований маркетплейс, Ескроу	Система Bitbon, Публічна оферта

Джерело: розроблено автором за [3].

В Україні цифрова трансформація стимулюється як державними ініціативами (Державний аграрний реєстр - ДАР), так і приватними IT-платформами. ДАР, впроваджений у 2022 році, активізував обмін даними, хоча фермери часто використовують його вибірково для участі в грантових програмах [19].

Компанія AgriChain розробила єдину IT-платформу, що складається з автономних модулів [20]:

- AgriChain Land: автоматизований моніторинг земельного банку;
- AgriChain Scout: система дистанційного моніторингу посівів за допомогою супутникових знімків та індексу SBI;
- AgriChain Logistics: управління матеріальними активами та продукцією в режимі онлайн, інтеграція з e-TTN;
- AgriChain Barn: складський облік у реальному часі.

Платформа AgroBon пропонує децентралізований підхід на базі блокчейну. Вона дозволяє фермерам укладати форвардні угоди, гарантуючи 100% оплати через механізми ескроу та смарт-контрактів. Це мінімізує комерційні ризики та усуває посередників, що позитивно позначається на кінцевій ціні товару. Користувачі AgroBon мають можливість відступати права за замовленнями третім особам всередині системи, що підвищує ліквідність активів.

Технологія блокчейн виступає як критичний елемент "індустрії 4.0", забезпечуючи незмінність та прозорість інформаційних потоків. В агропродовольчому секторі, де питання харчової безпеки та автентичності походження є пріоритетними, блокчейн пропонує механізм "децентралізованої довіри".

Блокчейн функціонує як розподілений цифровий реєстр, де кожна транзакція упаковується в "блок" і криптографічно пов'язується з попереднім. У ланцюгах

постачання це дозволяє фіксувати дані про посадку, врожайність, умови зберігання, транспортування та якісні оцінки на кожному етапі.

Смарт-контракти — це самовиконувані цифрові протоколи, вбудовані в мережу. Вони автоматизують виконання контрактних зобов'язань, таких як виплата коштів при підтвердженні доставки або автоматичне нарахування страхових відшкодувань у разі несприятливих погодних умов, зафіксованих IoT-датчиками. Це скорочує транзакційні цикли та знижує адміністративні витрати.

Використання блокчейну забезпечує:

1. Аутентифікацію ресурсів: імуatable записи допомагають перевірити справність насіння, добрив та пестицидів, запобігаючи використанню контрафакту;
2. Скорочення часу відстеження: у пілотних проектах Walmart та IBM час простежуваності походження продуктів (наприклад, манго або свинини) скоротився з кількох днів до лічених секунд;
3. Етичне постачання: споживачі можуть верифікувати екологічні сертифікати та умови виробництва, що сприяє розвитку циркулярної економіки та відповідальному споживанню.

В Україні впровадження блокчейну розглядається як драйвер інвестиційної активності у повоєнний період, оскільки технологія дозволяє прозоро розподіляти кошти на відновлення та мінімізувати корупційні ризики. Приклади компанії AgroGloryTime та AgroBon підтверджують потенціал токенизації активів для залучення криптоінвестицій в агросектор [20].

Обсяг даних у сільському господарстві зростає експоненціально завдяки IoT, супутникам та дронам. До 2026 року середня ферма зможе генерувати понад 4 мільйони одиниць даних за робочий день. Аналітика великих даних (Big Data Analytics) стає інструментом перетворення цього масиву в прогностичні інсайти.

Запропонована інтегрована структура управління ресурсами BDA-ARMF об'єднує Big Data з IoT та хмарними обчисленнями. Вона дозволяє уніфікувати дані з метеостанцій, датчиків ґрунту та супутників через алгоритми злиття даних. Результативність впровадження інтегрованих систем управління великими даними у порівнянні з традиційними підходами оцінено за ключовими виробничими показниками в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика ефективності предиктивного управління ресурсами на основі фреймворку BDA-ARMF та традиційних методів

Показник	Ефективність BDA-ARMF	Традиційні методи
Точність прогнозування	97,6%	~70%
Управління водними ресурсами	97,8%	~65%
Ефективність виробництва	96,4%	~75%
Зниження споживання ресурсів	11,5% (економія)	-
Покращення оцінки ризиків	94,7%	~60%

Джерело: розроблено автором

Результати досліджень К. Pal [11], Z. Nie [12] демонструють, що такий підхід дозволяє приймати рішення, які є предиктивними, а не реактивними.

Традиційне прогнозування, орієнтоване на пікові сезони, застаріває. Сучасні організації використовують 12-місячну модель планування, що безперервно оновлюється даними про продажі, маркетинг та поведінку споживачів у реальному часі. AI-моделі аналізують супутникові знімки для виявлення ознак стресу рослин або шкідників, що дозволяє прогнозувати врожайність за кілька тижнів до збору. Справжня трансформація відбувається на перетині технологій. IoT-сенсори збирають реальні дані (температура, вологість), Big Data забезпечує їх зберігання та обробку, а AI використовує ці дані для прогнозних моделей. Наприклад, система Jeevn AI аналізує великі дані для надання індивідуальних стратегій фермерам залежно від зміни клімату.

Для математичного опису точності прогнозування врожайності часто використовують моделі регресії та нейронні мережі.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Цифрова трансформація агросектору є

незворотним процесом, що охоплює технічну, організаційну та інституційну сфери. Впровадження цифрових платформ (AgriChain, AgroVon, eNAM) створює нову інфраструктуру взаємодії, де прозорість та швидкість обміну даними стають головними конкурентними перевагами. Платформи забезпечують координацію учасників ринку, знижуючи транзакційні витрати та відкриваючи доступ до глобальних ринків.

Блокчейн та смарт-контракти виступають гарантіями довіри в складних ланцюгах постачання. Їхня здатність забезпечувати імотабельність записів та автоматизувати фінансові розрахунки є критичною для підвищення безпеки харчових продуктів та залучення інвестицій, особливо в умовах відновлення агросектору України.

Управління великими даними (Big Data) перетворює сільське господарство на точну науку. Системи прогнозування на основі BDA-ARMF дозволяють не лише підвищити врожайність на 10-20%, а й забезпечити стаке використання природних ресурсів, що є ключовим для досягнення Цілей сталого розвитку ООН.

Для успішної інформаційної інтеграції необхідно:

- гармонізувати національне законодавство України з регламентами ЄС щодо захисту даних та цифрових послуг;
- стимулювати розвиток локальних цифрових екосистем через державну підтримку та грантові програми;
- інвестувати в цифрову грамотність фермерів та розвиток сільської інфраструктури (доступ до швидкісного інтернету, IoT-мережі);
- розвивати інклюзивні цифрові інструменти, адаптовані до потреб малих господарств.

Цифрова трансформація – це не просто заміна паперових звітів на електронні, а створення нової логіки агробізнесу, заснованої на даних, прозорості та прогнозному управлінні. Своєчасне впровадження цих інновацій забезпечить продовольчу стійкість та економічне лідерство України на глобальному ринку.

Література.

1. OECD. Enhancing Resilience by Boosting Digital Business Transformation in Ukraine, OECD. Publishing, Paris, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1787/4b13b0bb-en>.
2. FAO e-Agriculture. 2025. URL: <https://www.fao.org/e-agriculture/>.
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. In Brief to The State of Food Security and Nutrition in the World 2024. Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1276en>.
4. **Калаченкова К. О.** Теоретичні та прикладні аспекти впровадження цифрових платформ у аграрному секторі: порівняльно-правове дослідження. *Правничий часопис Донецького національного університету імені Василя Стуса*. 2024. № 2, С. 32-42. DOI: <https://doi.org/10.31558/2786-5835.2024.2.4>.
5. **Stanescu S.-G., Ionescu C. A., Ștefan M. C., Ionescu L., Bondac G.-T., Cristea A. M.** Digitalization and Blockchain Integration in Agri-Food Supply Chains: Towards a Resilient, Circular, and Sustainable Future. *Sustainability*. 2025. Vol.17(20), 9276. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17209276>.
6. **Casino F., Dasaklis T. K., Patsakis C.** A systematic literature review of blockchain-based applications. *Telematics and Informatics*. 2019. No.36, pp. 55-81.
7. **Tian F.** An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID and blockchain technology. *Proceedings of the IEEE ICSSSM Conference*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538424>.
8. **Bager S. L., Lambin E. F., Persson M.** Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: insights from a coffee case study. *Curr. Res. Environ. Sustain.* 2022. Vol. 4, 100163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100163>.
9. **Singh C., Wojewska A. N., Persson U. M., Bager S. L.** Coffee producers' perspectives of blockchain technology in the context of sustainable global value chains. *Front. Blockchain*. 2022. No.5, 955463. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbloc.2022.955463>.
10. **Zhang Y.** Application of big data in smart agriculture. *Advances in Resources Research*. 2024. Vol. 4(2), С. 221-230. DOI: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-564-5_22.
11. **Pal K.** A review of Big Data analytics for the internet of things applications in supply chain management. In *Applied AI and multimedia technologies for smart manufacturing and CPS applications* (pp. 221-245). IGI Global. 2023.
12. **Nie, Z.** The suitability assessment for land territorial spatial planning based on ANN-CA model and the Internet of Things. *Helvion*. 2024. Vol. 10(10), e31237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.helivon.2024.e31237>.
13. **Aldossary M., Alharbi H. A., Hassan C. A. U.** Internet of things (IoT)-enabled machine learning models for efficient monitoring of smart agriculture. *IEEE Access*. 2024. No. 12, 75718-75734. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3404651>.
14. **Дейнега О., Дейнега І.** Сучасні тренди рекламної діяльності ринково орієнтованих підприємств. *Трансформаційна економіка*. 2023. Vol. 1 (01), С. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-1-3>.
15. **Ковальчук С.** Проблемні аспекти та перспективи розвитку трейд-маркетингу на ринку торгівлі автозапчастинами України. *Трансформаційна економіка*. 2023. Vol. 1(01), С. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-1-5>.
16. **Xie Y., Chen Z., Boadu F., Tang H.** How does digital transformation affect agricultural enterprises' pro-land behavior: The role of environmental protection cognition and cross-border search. *Technology in Society*. 2022. No. 70, 101991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101991>.
17. **Dayoğlu M. A., Turker U.** Digital transformation for sustainable future – Agriculture 4.0: A review. *Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 27(4), pp. 373-399. DOI: <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>.

18. Ojanji W., Dhulipala R. (2025). Report of CGIAR Digital Transformation Accelerator Strategy dialogue. Nairobi, Kenya: ILRI. URL: <https://cgspage.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/da5a1f8e-1cec-4f4e-8f53-80e0b440f4ee/content>.
19. Незреї М. В. Цифрова трансформація аграрного сектору: перспективи, виклики та рішення. *Наукові записки НаУКМА. Економічні науки*. 2023. Т. 8(1), С. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.94-100>.
20. Sukhetska K., Novak I., Movchaniuk A., Gomeniuk M., Pitel N. Blockchain technologies as a driver of transformation in the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2025. Vol. 11(3), pp. 165–193. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.03.06>.

References.

1. OECD. (2024). *Enhancing Resilience by Boosting Digital Business Transformation in Ukraine*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4b13b0bb-en>.
2. FAO. (2025). *e-Agriculture*. Available at: <https://www.fao.org/e-agriculture/>.
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2024). *In Brief to The State of Food Security and Nutrition in the World 2024. Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. <https://doi.org/10.4060/cd1276en>.
4. Kalachenkova, K. O. (2024). Teoretychni ta prykladni aspekty vprovadzhennia tsyfrovoykh platform u ahromomu sektori: porivnialno-pravove doslidzhennia [Theoretical and applied aspects of digital platform implementation in the agricultural sector: a comparative legal study]. *Law Journal of Donetsk National University named after Vasyl Stus*, no. 2, pp. 32–42. <https://doi.org/10.31558/2786-5835.2024.2.4>.
5. Stanescu, S.-G., Ionescu, C. A., Ștefan, M. C., Ionescu, L., Bondac, G.-T., & Cristea, A. M. (2025). Digitalization and Blockchain Integration in Agri-Food Supply Chains: Towards a Resilient, Circular, and Sustainable Future. *Sustainability*, vol. 17(20), 9276. <https://doi.org/10.3390/su17209276>.
6. Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications. *Telematics and Informatics*, no. 36, pp. 55–81.
7. Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID and blockchain technology. *Proceedings of the IEEE ICSSSM Conference*. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538424>.
8. Bager, S. L., Lambin, E. F., & Persson, M. (2022). Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: insights from a coffee case study. *Current Research in Environmental Sustainability*, vol. 4, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100163>.
9. Singh, C., Wojewska, A. N., Persson, U. M., & Bager, S. L. (2022). Coffee producers' perspectives of blockchain technology in the context of sustainable global value chains. *Frontiers in Blockchain*, no. 5, 955463. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2022.955463>.
10. Zhang, Y. (2024). Application of big data in smart agriculture. *Advances in Resources Research*, vol. 4(2), pp. 221–230. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-564-5_22.
11. Pal, K. (2023). A review of Big Data analytics for the internet of things applications in supply chain management. In *Applied AI and multimedia technologies for smart manufacturing and CPS applications* (pp. 221–245). IGI Global.
12. Nie, Z. (2024). The suitability assessment for land territorial spatial planning based on ANN-CA model and the Internet of Things. *Heliyon*, vol. 10(10), e31237. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31237>.
13. Aldossary, M., Alharbi, H. A., & Hassan, C. A. U. (2024). Internet of things (IoT)-enabled machine learning models for efficient monitoring of smart agriculture. *IEEE Access*, no. 12, pp. 75718–75734. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3404651>.
14. Deineha, O., & Deineha, I. (2023). Suchasni trendy reklamoi diialnosti rynkovo-orientovanykh pidpriemstv [Modern trends in advertising activities of market-oriented enterprises]. *Transformational Economics*, vol. 1(01), pp. 15–20. <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-1-3>.
15. Kovalchuk, S. (2023). Problemni aspekty ta perspektyvy rozvytku treid-marketynhu na rynku torhivli avtozapchastynamy Ukrainy [Problematic aspects and prospects for the development of trade marketing in the auto parts trade market of Ukraine]. *Transformational Economics*, vol. 1(01), pp. 15–20. <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-1-5>.
16. Xie, Y., Chen, Z., Boadu, F., & Tang, H. (2022). How does digital transformation affect agricultural enterprises' pro-land behavior: The role of environmental protection cognition and cross-border search. *Technology in Society*, no. 70, 101991. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101991>.
17. Dayioğlu, M. A., & Turker, U. (2021). Digital transformation for sustainable future – Agriculture 4.0: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 27(4), pp. 373–399. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>.
18. Ojanji, W., & Dhulipala, R. (2025). Report of CGIAR Digital Transformation Accelerator Strategy dialogue. ILRI. Available at: <https://cgspage.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/da5a1f8e-1cec-4f4e-8f53-80e0b440f4ee/content>.
19. Nehei, M. V. (2023). Tsyfrova transformatsiia ahromoho sektoru: perspektyvy, vyklyky ta rishennia [Digital transformation of the agricultural sector: prospects, challenges and solutions]. *NaUKMA Research Papers in Economics*, vol. 8(1), pp. 94–100. <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.94-100>.
20. Sukhetska, K., Novak, I., Movchaniuk, A., Gomeniuk, M., & Pitel, N. (2025). Blockchain technologies as a driver of transformation in the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, vol. 11(3), pp. 165–193. <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.03.06>.

Abstract.

Sukhomlin A. *Digital Transformation and Information Integration of Interaction: Platforms, Blockchain, and Big Data in the Agricultural Sector*.

The article provides a comprehensive study of the theoretical foundations and practical tools for the digital transformation of the agricultural sector within the "Agriculture 4.0" paradigm. It is substantiated that digitalization has evolved from a tool for automating individual operations into a fundamental basis for the industry's institutional transformation. The study analyzes the mechanisms for implementing coordination platforms (AgriChain, AgroBon, eNAM, Farmigo), which function as integrated ecosystems that significantly minimize transaction costs, eliminate inefficient intermediaries, and ensure direct, transparent market access for producers. The scientific novelty lies in the detailed analysis of blockchain technology and smart contracts as "decentralized trust" mechanisms that provide absolute data immutability and supply chain transparency "from field to fork." The author highlights how these technologies automate financial settlements through secure escrow services, thereby mitigating commercial risks for small-scale farmers. Attention is paid to Big Data management via the integrated BDA-ARMF framework, which combines real-time data from IoT sensors, satellites, and autonomous weather stations. It has been proven that the synergy of Big Data and artificial intelligence (AI) can increase yield-forecasting accuracy to 97.6%, while simultaneously optimizing resource consumption by 11.5% through precision application. The author summarizes the Ukrainian experience in implementing modular platforms such as AgriChain and identifies the State Agrarian Registry (SAR) as a catalyst for national information integration. Specific recommendations are formulated to harmonize national legislation with European Union regulations, such as the GDPR and the Digital Services Act (DSA). It is concluded that the strategic transition to data-driven predictive management is a decisive factor for food security and Ukraine's long-term economic leadership in the global agricultural market during the post-war recovery period.

Keywords: Agriculture 4.0, digital platforms, blockchain, smart contracts, Big Data, IoT, predictive analytics, AgriChain, food security, BDA-ARMF.

Стаття надійшла до редакції / Received 18.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 02.11.2025

Бібліографічний опис статті:

Сухомлін А. В. Цифрова трансформація та інформаційна інтеграція взаємодії: платформи, блокчейн та великі дані в агросекторі. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права*. 2025. № 6. С. 163–166.

Sukhomlin A. *Digital transformation and information integration of interaction: platforms, blockchain, and big data in the agricultural sector. Actual problems of innovative economy and law*. 2025. No. 6, pp. 163–166.

