

УДК 338.43:004.91

М. В. Негрей,
к. е. н., доцент, Колегіум Гельветікум, Цюрих, Швейцарія,
доцент кафедри економічної кібернетики,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9243-1534>
Н. А. Клименко,
к. е. н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0693-865X>

DOI: 10.32702/2306-6792.2024.5.61

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА: АНАЛІЗ АГРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЛАНДШАФТУ УКРАЇНИ

M. Nehrey,
PhD in Economics, Associate Professor,
Collegium Helveticum, ETH Zurich, Switzerland,
Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
N. Klymenko,
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE: AN ANALYSIS OF THE AGRO-TECH LANDSCAPE IN UKRAINE

Цифрова трансформація українського сільського господарства є ключовим етапом розвитку, спрямованим на підвищення продуктивності, операційної ефективності та стійкості. У статті представлено детальний аналіз викликів сектору, поточних перетворень та майбутніх перспектив. Цифровізація сільського господарства передбачає впровадження таких технологій, як датчики, пристрої Інтернету речей та штучний інтелект для моніторингу в режимі реального часу, оптимізації ресурсів та покращення процесу прийняття рішень. Інтеграція блокчейну та систем відстеження забезпечує якість продукції та безпеку споживачів, а електронні платформи розширюють доступ до ринку. Поточні цифрові ініціативи, такі як програма "Цифрова Європа", спрямовані на розвиток навичок, впровадження технологій та розбудову інфраструктури. Виклики включають прогалини в законодавстві та потребу в комплексних стратегіях.

The digital transformation of Ukrainian agriculture is a crucial phase aimed at increasing productivity and operational efficiency. This involves the deployment of technologies such as sensors and Internet of Things (IoT) devices for real-time monitoring of environmental variables, reducing operational costs and optimising resource allocation to increase crop yields. The strategic integration of digital technologies, including blockchain and tracking systems, improves product quality and ensures consumer safety by enabling end-to-end monitoring of the production cycle.

Electronic platforms and online strategies are becoming pragmatic approaches for farmers to expand access to domestic and international markets, increasing the competitiveness of Ukrainian agricultural products. Analytical systems and artificial intelligence are improving decision-making in agribusiness, enhancing production planning, inventory management and adaptability to dynamic market conditions. The intelligent use of digital technologies is in line with sustainability principles, optimising the use of natural resources and promoting sustainable agricultural development.

Research shows that there is considerable focus on the transformative potential of digitalisation in Ukraine's agricultural sector, with an emphasis on cloud computing, precision farming, sensors and automated machinery. Challenges such as regulatory gaps, limited research, and the need for comprehensive national strategies underscore the multidimensional impact of digitalisation on the agricultural landscape. Collaborative efforts are essential to manage this transformative potential.

This paper aims to provide a general analysis of the Ukrainian agricultural sector, and to outline future prospects for its functioning. The integration of Industry 4.0 technologies, including sensors, IoT, AI and data analytics, has revolutionised agriculture, enabling increased yields, reduced costs and improved production processes. Ongoing digital transformations in Ukraine focus on efficiency, sustainability, and competitiveness, creating opportunities for small businesses and start-ups. Government initiatives, such as the Digital Europe program, aim to develop advanced digital skills, introduce technologies, and build infrastructure.

Ключові слова: сільське господарство, цифрова трансформація, промисловість 4.0, Інтернет речей, штучний інтелект, точне землеробство, сталий розвиток.

Key words: Agriculture, Digital Transformation, Industry 4.0, IoT, Artificial Intelligence, Precision Farming, Sustainable Development.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Цифрова трансформація сільського господарства України є важливим етапом у його розвитку, спрямованим на досягнення кількох ключових цілей. Найважливішою з них є підвищення продуктивності та операційної ефективності. Досягнення цієї мети можливе через впровадження новітніх технологій, прикладом яких є розгортання датчиків та пристроїв Інтернету речей (IoT) для моніторингу змінних навколишнього середовища, таких як стан ґрунту, в режимі реального часу. Це не лише скорочує операційні витрати, але й сприяє оптимізації розподілу ресурсів, що в подальшому підвищує врожайність сільськогосподарських культур.

Стратегічна інтеграція цифрових технологій, включаючи блокчейн та комплексні системи відстеження, сприяють підвищенню якості продукції та забезпечення безпеки споживачів. Ці інновації сприяють наскрізному моніторингу всього виробничого циклу, забезпечуючи прозорість та надійність, що є невід'ємними характеристиками сучасного ринку.

Використання електронних платформ та онлайн-майданчиків стає прагматичною стратегією, що дає змогу аграріям знаходити нові

шляхи для збуту продукції як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. Такий стратегічний підхід не лише розширює експортні можливості, але й підвищує конкурентоспроможність української сільськогосподарської продукції на глобальному ринку.

У сфері прийняття рішень використання аналітичних систем та штучного інтелекту розширює когнітивні можливості агробізнесу. Це полегшує аналіз нюансів даних і точне прогнозування, тим самим підвищуючи ефективність планування виробництва, управління запасами та швидку адаптацію стратегій до динамічних ринкових умов.

Нарешті, слідування принципам сталого розвитку та захисту довкілля підкріплюється розумним застосуванням цифрових технологій. Використовуючи ці інструменти, аграрний сектор оптимізує використання природних ресурсів, пом'якшуючи негативний вплив на навколишнє середовище та сприяючи сталому розвитку сільського господарства.

Як бачимо, цифрова трансформація сільського господарства України, є втіленням наукової парадигми, яка поєднує технології та сільське господарство для підвищення продуктивності, покращення якості продукції, диверсифікації доступу до ринків, посилення можливостей для прийняття рішень та запровадження сталих сільськогосподарських практик.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про значну увагу до трансформаційного потенціалу цифровізації в аграрному секторі України.

Парадигма цифрового сільського господарства окреслює технологічний спектр, який охоплює хмарні обчислення, інструменти точного землеробства, датчики та автоматизовані машини, представляючи трансформаційні перспективи для реструктуризації всього ланцюжка створення вартості в сільському господарстві. Як стверджується в [1], цей спектр підкреслює інтеграцію інструментів прийняття рішень, безпілотних літальних апаратів, робототехніки та штучного інтелекту для автоматизації процесів.

Акцент ОЕСД на цифрових технологіях переформулюється з їхньою ключовою роллю в покращенні комунікації між урядами та фермерами, ініціюванні програм та зменшенні організаційних витрат [2]. Клеркс та ін. визначили ключові теми цифрового сільського господарства: технології на фермах, вплив на фермерів та роботу, політичні та етичні аспекти, системи знань та економіка цифрового сільського господарства [3]. Дослідження Елерса та ін. [4] закликає уряди оптимізувати політику, надаючи пріоритет відчутним результатам.

У сучасному світі спостерігаються різні ландшафти цифровізації, а окремі дослідження ретельно вивчають потенціал цифрової трансформації в аграрному секторі України, зокрема роботи Деркача та Михайличенка [5], Негрей [6], Бабенко та ін. [7], Негрей та ін. [8], Вороненко та ін. [9], а також Зомчак та Старчевської [10].

Необхідною є розробка комплексної національної стратегії розвитку електронного сільського господарства, визнаючи цифровізацію каталізатором розвитку нових галузей та підприємницьких інновацій. Ця стратегічна основа позиціонується як наріжний камінь, що визначає траєкторію розвитку України, сприяючи переходу до використання інформаційних технологій для трансформаційних змін у сільському господарстві з головною метою підвищення глобальної конкурентоспроможності [11].

Інтеграція штучного інтелекту відповідає критеріям Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, наголошуючи на демократизації, детінізації та ефективності. Мазур звертає увагу на існуючі проблеми, включаючи законодавчі прогалини в регулюванні ШІ та побоювання щодо

потенційного знецінення людської продуктивності через електронні механізми в сільськогосподарському виробництві [12].

Впровадження великих даних у сільськогосподарські дослідження є перспективним шляхом для покращення процесу прийняття рішень, оптимізації розподілу ресурсів та сприяння сталому розвитку сільського господарства в Україні, як зазначає Дугінець [13].

Дослідження Нето та ін. [14], присвячене проблемам даних у ланцюгу постачання сільськогосподарської продукції, підкреслює трансформаційний потенціал діджиталізації у зменшенні інформаційних прогалин та трансакційних витрат. Запропоновані стратегії, такі як F2F-підхід Т. Рейнхардта до сталого розвитку та інновацій [15], та цифрова платформа Farmdata [16], представлені як рішення в цьому контексті.

Окреслені дослідження висвітлюють багатомірний вплив цифровізації на аграрний сектор України, що охоплює технологічні інновації, політичні рішення та необхідність адаптивних стратегій для використання трансформаційного потенціалу. Виявлені проблеми, такі як прогалини в законодавстві та обмеженість наукових досліджень, підкреслюють необхідність комплексних та спільних зусиль для управління цифровою трансформацією сільськогосподарського ландшафту України.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ (ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ)

Метою статті є аналіз трансформаційного впливу технологій Індустрії 4.0, включаючи датчики, Інтернет речей, штучний інтелект та аналітику даних, на сільське господарство України та окреслення майбутніх перспектив для сталого розвитку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБГРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Сучасні виклики сільського господарства, такі як загострення продовольчих проблем, виробнича нерівність, економічна нестабільність та погіршення стану довкілля, потребують стратегічного реагування. Визнаючи необхідність інновацій, інтеграція технологій Індустрії 4.0 стає трансформаційним рішенням.

Розвиток цифрових технологій, що охоплює датчики, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (ШІ) та аналітику даних, здійснив революцію в сучасному сільському господарстві.

Таблиця 1. Динаміка показників аграрного сектору та цифрової трансформації в Україні

Показники	Роки						
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Кількість с.г. підприємств, тис	42	46	49	47	45	43	49
Загальна площа угідь, млн га	41.6	41.5	41.5	41.5	41.5	41.3	41.3
Загальна кількість населення, зайнятого в сільському господарстві, тис. осіб	2760	2795	2870	2937	3010	2721	2692
Кількість сільського населення з освітою в галузі інформаційних технологій, %	12	14	16	18	20	22	24
Кількість господарств, що використовують сучасні сільськогосподарські технології (наприклад, GPS-навігацію, автоматизовані системи та інструменти)	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400
Інвестиції в діджиталізацію сільського господарства, млн доларів США	462	845	1206	1626	1463	1267	1142
Валова додана вартість, млн доларів США	2183	6311	9499	9383	10344	15277	14812
Середньомісячна номінальна заробітна плата штатних працівників, доларів США	40	87	199	233	256	323	385

Джерело: за даними: The World Bank (2023).

Ці технології дають можливість фермерам підвищувати врожайність, знижувати витрати та оптимізувати виробничі процеси.

Цифрові тренди охоплюють сенсорні технології та технології Інтернету речей, робототехніку та дрони, технології блокчейн, цифрові ринки та штучний інтелект у сільському господарстві. Ці тенденції спрямовані на вирішення проблем, пов'язаних зі збором даних, автоматизованими операціями, простежуваністю ланцюгів постачання та посиленням ринкових зв'язків. Впровадження цифрових технологій справляє суттєвий вплив на зайнятість у сільській місцевості. Автоматизація зменшує частку ручної праці, водночас створюючи нові робочі місця в галузях, пов'язаних з технологіями.

Цифрова трансформація, що триває в аграрному секторі України, характеризується все більшим впровадженням інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності, стійкості та конкурентоспроможності, створюючи тим самим нові шляхи для розвитку сектору. Цифрові технології стали основоположними у створенні нових продуктів, цінностей та можливостей, дозволяючи малим підприємствам та стартапам конкурувати з великими агрохолдингами, швидко виводячи інноваційні рішення на ринок.

Прослідковуються специфічні особливості та темпи розвитку процесів цифровізації аграрного сектору (Таблиця 1).

Дані показують, що в Україні більше сільськогосподарських підприємств і більша кількість населення, зайнятого в сільському господарстві. Крім того, в Україні також зросла кількість фермерських господарств, які використовують сучасні технології. Однак інвестиції в діджиталізацію скоротилися в період з 2016 по 2022 рік, на що також вплинули пандемія

(2019—2020 роки) та повномасштабна війна (2022 рік).

Проаналізуємо основні залежності між деякими показниками. Зв'язок між кількістю працівників сільського господарства та інвестиціями в діджиталізацію сільського господарства в Україні з роками зростає. Проте коефіцієнт кореляції (R) становить 0,57, що свідчить про посередній лінійний зв'язок між цими змінними (Рис. 1).

Зв'язок між середньомісячною номінальною заробітною платою штатних працівників та обсягом інвестицій у цифровізацію сільського господарства характеризується коефіцієнтом кореляції R 0,67, що вказує на сильніший позитивний лінійний зв'язок між цими змінними. Значення R , близьке до -0,1 означає несуттєвий обернений зв'язок між кількістю штатних працівників сільського господарства та номінальною заробітною платою штатних працівників, що явно видно з рис. 1, де чисельність по роках майже стабільна, навіть протягом двох останніх років зменшилася, а середньомісячна номінальна заробітна плата за лінійним трендом стрімко зростала.

Отже, з часом спостерігається зростаючий зв'язок між середньомісячною заробітною платою працівників сільського господарства та обсягом інвестицій в аграрну цифровізацію. Натомість зв'язок між кількістю працівників та інвестиціями є меншим і менш стабільним.

Цифрові зміни в промисловості відбуваються в рамках концепції "Індустрія 4.0" та застосування кібервиробництва, кіберсистем та кібермашин. Однак в Україні є певні бар'єри для подальшого розвитку цього тренду, такі як відсутність національних програм та інфраструктури для підтримки цифрового бізнесу, відсутність чіткої стратегії цифровізації, і відсут-

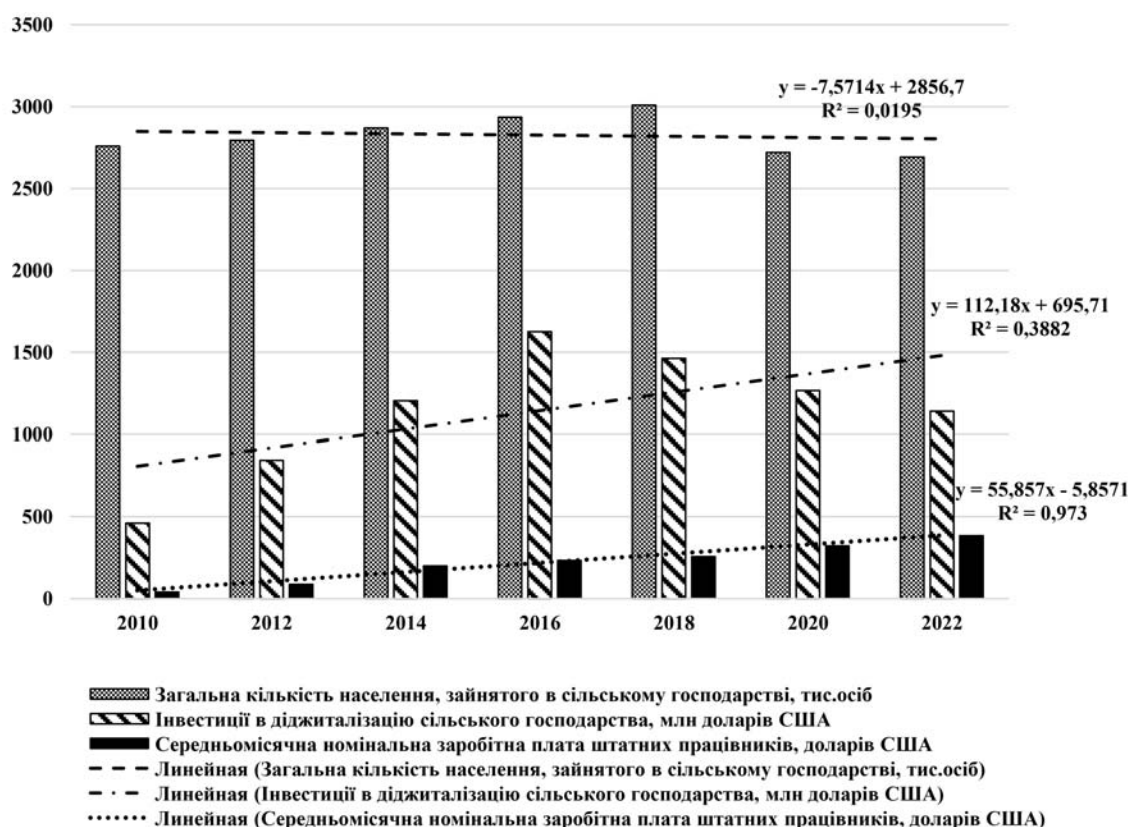


Рис. 1. Співвідношення між обсягом інвестицій у діджиталізацію сільського господарства, загальною кількістю зайнятих у сільському господарстві та середньомісячною номінальною заробітною платою штатних працівників сільського господарства в Україні

ність системи культивування цифрових та інноваційних навичок у сфері освіти та в суспільстві загалом.

Кабінет Міністрів України визначив Офіс сприяння підприємству та експорту національним контактним пунктом програми Європейського Союзу "Цифрова Європа" (2021—2027). Завданням цього національного контактного пункту є просування цифрової політики ЄС, надання інформаційної та методичної підтримки потенційним учасникам програми Digital Europe впродовж її дії та співпраця з мережею контактних пунктів у країнах ЄС.

Програма "Цифрова Європа" (2021—2027) спрямована на розвиток передових цифрових навичок, впровадження цифрових технологій на підприємствах, створення цифрової інфраструктури та підвищення доступності цифрових послуг для громадян і державних установ у Європейському Союзі та асоційованих країнах. Суб'єкти господарювання України можуть брати участь у конкурсах Програми до 2027 року [17].

Державний аграрний реєстр, створений Міністерством аграрної політики та продо-

вольства України, слугує цифровою платформою для ефективного та прозорого розподілу державної підтримки фермерів. Ця автоматизована система інтегрує дані з різних державних реєстрів, надаючи сільськогосподарським виробникам персоналізовані електронні кабінети. Ці акаунти в режимі реального часу отримують інформацію про господарську діяльність з таких реєстрів, як реєстр юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців, Державний земельний кадастр, Реєстр речових прав на нерухоме майно та Єдиний державний реєстр тварин.

Через електронні кабінети агровиробники можуть отримати доступ до інформації про наявні програми підтримки, подавати онлайн-заявки та бути в курсі нових можливостей. Варто зазначити, що реєстрація та участь у програмах підтримки є безкоштовною для фермерів. Створення цього реєстру відбувається в рамках імплементації Закону України, підтриманого Європейським Союзом та Світовим банком, спрямованого на розширення функціональності Державного аграрного реєстру та вдосконалення державної підтримки сільгоспвиробників [18].

Ключовим аспектом державної нормативно-правової бази є Національна інфраструктура геопросторових даних (НІГД). Ця інтегрована система забезпечує доступність геопросторової інформації та обмін нею на національному рівні, охоплюючи геодезичні, картографічні та геоінформаційні дані, а також інші геопросторові ресурси. Ключовими характеристиками НІГД є централізація і координація, стандартизація, інфраструктура і технологічні компоненти, доступність і відкритість, забезпечення якості та спільні зусилля. Ця інфраструктура відіграє вирішальну роль у сучасних соціально-економічних процесах завдяки ефективному використанню геопросторової інформації для прийняття рішень у різних галузях, включаючи географію, науку про Землю та суміжні галузі.

Крім того, в Україні створено електронний сервіс Держгеокадастру, який забезпечує онлайн-платформу для ефективної взаємодії громадян та організацій з Держгеокадастром. Цей сервіс спрощує процедури, пов'язані з реєстрацією нерухомості та земельних ділянок, наданням доступу до кадастрових даних та підвищенням доступності геодезичної та кадастрової інформації.

Динамічний інноваційний ринок постійно впроваджує нові технології, продукти, послуги та методології. Ця швидка еволюція дозволяє підвищити ефективність сільського господарства, збільшити дохід за рахунок скорочення людських ресурсів та потенційно знизити витрати завдяки впровадженню новітніх інструментів. Ринок інновацій можна умовно поділити на чотири підгрупи: Інтернет речей, безпілотний транспорт, дистанційне керування та штучний інтелект.

Інтернет речей у сільському господарстві об'єднує фізичні об'єкти для віддаленого моніторингу, підвищуючи ефективність. Технології включають безпілотники, відстеження худоби, "розумні" теплиці та прогнозу аналітику. На українському ринку працюють провідні компанії, такі як Topcon Corporation та Trimble Inc, які пропонують рішення для GPS та моніторингу. Українські компанії, такі як Bitrek, Irrigator та FlayAgData роблять свій внесок у GPS-моніторинг, зрошення та збір даних про техніку. Глобальні компанії, такі як CNH Industrial та John Deere, зосереджені на IoT для оптимізації техніки. Climate Company надає послуги з аналізу даних, а такі стартапи, як FluroSar та Agrility, пропонують хмарні платформи для моніторингу та аналізу врожаю. Harvio Digital Farming Solutions від BASF оптимізує управлі-

ння посівами. Carbominer уловлює CO₂ для вирощування теплиць. Gorod Bot дозволяє дистанційно керувати сільськогосподарськими даними.

Дрони відіграють важливу роль у сільському господарстві в Україні через заміновані під час війни поля, забезпечуючи безпеку в автономних операціях. Вони використовуються для різних цілей, включаючи оптимізацію логістики, моніторинг рослин і тварин, ефективне обприскування, автономні трактори та збір даних для хмарної аналітики.

Наразі в Україні використання безпілотних транспортних засобів на дорогах загального користування унеможливлене через регуляторні обмеження. Історія безпілотних транспортних засобів почалася на початку 21-го століття, а першопрохідцями стали компанії XAG та DJI. XAG спеціалізується на виробництві агродронів, тоді як DJI Agriculture зосереджується на дронах для захисту рослин та платформі управління даними.

Серед інших компаній, які роблять свій внесок у технологію сільськогосподарських дронів, — SlantRange, Culver Aerospace, Dronee, Arbis DG і Horsch. Продукти Horsch, такі як HorschConnect і технологія Isobus, вдосконалюють автономні системи управління сільськогосподарською технікою.

Технологія дистанційного контролю пом'якшує проблеми сільського господарства, забезпечуючи моніторинг стану рослин у реальному часі, оптимізуючи внесення добрив, полив та боротьбу з хворобами. Дистанційне зондування включає чотири типи: просторову роздільну здатність, спектральну роздільну здатність, радіометричну роздільну здатність і часову роздільну здатність, причому їх вибір залежить від області дослідження для отримання найбільш ефективних результатів.

На ринку України компанія Sentera пропонує зручні для фермерів рішення для обробки даних, включаючи FieldCapture для різних датчиків, літальних апаратів і польотних служб; FieldInsights для програмного забезпечення для аналізу даних з датчиків; і FieldAgent для візуалізації даних, розвідки, оповіщення, супутникових даних тощо. MicaSense виробляє дрони і датчики для аналізу даних, пропонуючи різні варіанти датчиків і камер. Додаток Atlas Flight полегшує передачу та аналіз даних. Augmenta спеціалізується на апаратному та програмному забезпеченні для фермерів, пропонуючи польовий аналізатор, додаток для планшетів у кабіні, програмне забезпечення Augmenta Live

VRA для даних з датчиків та веб-портал для зберігання, візуалізації та аналізу даних.

Штучний інтелект швидко інтегрується в сільське господарство, зменшуючи роль людини у прийнятті рішень і підвищуючи точність аналізу для покращення прогнозування. Ця трансформація, що поєднує Інтернет речей, безпілотні транспортні засоби та дистанційне зондування, визначає точне землеробство та SmartFarms. Наразі лише кілька українських компаній розробляють продукти зі штучним інтелектом для сільського господарства. Швейцарська компанія Gamaya використовує ШІ у виробництві цукрової тростини за допомогою інтегрованого агрономічного інтелекту. Їх система поєднує в собі дистанційне зондування та моделювання посівів на основі ШІ, що дозволяє робити прогнози на 12 місяців вперед. Gamaya отримала світове визнання та нагороди від Google, Nvidia та Forbes, зосередившись на підвищенні врожайності та звітності щодо сталого розвитку точного землеробства. OpenAgrobusiness, проект Кернел, підтримує аграрний сектор України шляхом впровадження технологій. Штучний інтелект використовується для автоматизованого моніторингу полів, оцінюючи такі показники, як густина та якість посівів на основі фотографій із середньою похибкою 2%, що суттєво ефективніше, ніж традиційні методи оцінювання, які використовує людина.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Отже, виклики, що стоять перед сільським господарством, включаючи продовольчу безпеку, виробничу нерівність, економічну нестабільність та погіршення стану довкілля, вимагають стратегічної відповіді. Інтеграція технологій Індустрії 4.0, таких як датчики, Інтернет речей, штучний інтелект та аналітика даних, виявляється трансформаційною у вирішенні цих проблем.

Цифрові технології трансформують сільське господарство, дозволяючи фермерам підвищити врожайність, знизити витрати та оптимізувати виробничі процеси. Ключові тенденції включають сенсорні технології та технології Інтернету речей, робототехніку, дрони, блокчейн та штучний інтелект, які вирішують питання, пов'язані зі збором даних, автоматизованими операціями, простежуваністю ланцюгів поставок та зв'язком з ринком.

Цифрова трансформація, що триває в аграрному секторі України, сприяє підвищенню

ефективності, стійкості та конкурентоспроможності. Інноваційні рішення дають змогу малому бізнесу та стартапам конкурувати з великими агрохолдингами, позиціонуючи їх як інноваційні центри. Однак такі бар'єри, як відсутність національних програм, інфраструктури, чітких стратегій діджиталізації та цифрової освіти, перешкоджають подальшому розвитку.

Ініціативи українського уряду, такі як програма "Цифрова Європа", спрямовані на розвиток передових цифрових навичок, впровадження технологій, розбудову інфраструктури та підвищення доступності цифрових послуг. Державний аграрний реєстр та Національна інфраструктура геопросторових даних відіграють важливу роль у забезпеченні прозорого розподілу підтримки та ефективного використання геопросторової інформації для прийняття рішень.

На динамічному ринку інновацій такі технології, як Інтернет речей, безпілотний транспорт, дистанційне керування та штучний інтелект, змінюють сільське господарство. Дрони та безпілотні транспортні засоби підвищують безпеку, логістику, моніторинг та збір даних. Технологія дистанційного зондування покращує сільськогосподарську практику завдяки моніторингу в режимі реального часу, акцентуючи увагу на обробці та аналізі даних. Штучний інтелект має вирішальне значення, трансформуючи процес прийняття рішень і точне землеробство. Виклики залишаються пов'язаними з регуляторними обмеженнями, прогалинами в інфраструктурі та розвитком цифрових навичок.

Таким чином, інтеграція технологій Індустрії 4.0 зумовлює значні трансформації в українському сільському господарстві, пропонуючи рішення для поточних викликів та відкриваючи нові шляхи для сталого розвитку. Стратегічне впровадження цифрових технологій, підтримане урядовими ініціативами, і надалі формуватиме майбутнє сільського господарства в Україні.

Література:

1. Лобода, О. (2023). Аналіз та переваги застосування цифрових технологій в агровиробництві. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка, (16), 76—84. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.10>
2. OECD. (2019). Digital Opportunities for Better Agricultural Policies. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/571a0812-en3>

3. Klerkx, L., Jakku, E., and Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
4. Ehlers, M. H., Finger, R., El Benni, N., Gocht, A., Sorensen, C. A. G., Gusset, M., ... and Huber, R. (2022). Scenarios for European agricultural policymaking in the era of digitalisation. *Agricultural Systems*, 196, 103318. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103318>
5. Деркач, О. Д., Михайліченко, Є. М., Марченко, Д. О. (2021). Цифрове сільське господарство: досвід України. *International scientific congress "Agricultural machinery"*. Випуск 1/8. Червень 2021, 35—39.
6. Негрей М. (2023). Цифрова трансформація аграрного сектору: перспективи, виклики та рішення. *Наукові записки НаУКМА. Економічні науки*, 8 (1), 94—100. <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.94-100>
7. Babenko, V., Maza, A., Nehrey, M., and Pushko, O. (2023). Improving Digital Agriculture to Achieve Sustainable Development: Analysis and Policy Proposals. In *World Conference on Internet of Things: Applications & Future* (pp. 295—308). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4764-5_19
8. Nehrey, M., Koval, T., Rogoza, N., and Galaieva, L. (2022, August). Application possibilities of data science tools in agriculture: A review. In *International Conference of Artificial Intelligence, Medical Engineering, Education* (pp. 253—263). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24468-1_23
9. Voronenko, I., Klymenko, N., and Nahorna, O. (2022). Priority areas of Ukraine's innovative potential in the conditions of digital transformation. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 1(42), 313—321. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.42.2022.3684>
10. Zomchak, L., Starchevska, I. (2023). Macroeconomic Determinants of Economic Development and Growth in Ukraine: Logistic Regression Analysis. In *Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics IV* (pp. 358—368). Cham: Springer Nature Switzerland.
11. Демчишак, Н. Б., Радух, О. О., Гриб, В. М. (2020). Цифровізація аграрного сектору в умовах відкриття ринку землі в Україні. *Агросвіт*, (12), 10—18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.12.10>
12. Мазур, Ю., Фротер, О., Длугоборська, Л., Пархоменко, Л. (2023). Використання штучного інтелекту в галузях економіки (сільське господарство, промислове виробництво, переробка продукції). *Наука і техніка сьогодні*, (3 (17)). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3\(17\)-566-575](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3(17)-566-575)
13. Дугінець, Г., Ніжейко, К. (2023). Цифровізація аграрного сектору ЄС: досвід для України. *Економіка та суспільство*, (56). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-148>
14. Neto, L. C. M., Brewer, B. E., and Gray, A. W. (2023). Data on data: An analysis of data usage and analytics in the agricultural supply chain. *Applied Economic Perspectives and Policy*. <https://doi.org/10.1002/aep.13246>
15. Reinhardt, T. (2023). The farm to fork strategy and the digital transformation of the agrifood sector—An assessment from the perspective of innovation systems. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 45 (2), 819—838.
16. Borrero, J. D., Mariscal, J. (2022). A case study of a digital data platform for the agricultural sector: A valuable decision support system for small farmers. *Agriculture*, 12(6), 767. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060767>
17. National Contact Point for the EU's Digital Europe Program designated in Ukraine. Government Portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/v-ukraini-vyznachyly-natsionalnyi-kontaktnyi-punkt-prohramy-ies-tsyfrova-ievropa> (дата звернення 05.01.2024).
18. Негрей М., Тараненко А. (2023). Е-урядування аграрного сектору України: Державний аграрний реєстр. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка*: 2023, 1 (222), 113—119. <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2023/222-1/14>

References:

1. Loboda, O. (2023), "Analysis and advantages the application of digital technologies in agricultural production", *Taurida Scientific Herald. Series: Economics*, vol. 16, pp. 76—84. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.10>
2. OECD, (2019), "Digital Opportunities for Better Agricultural Policies", OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/571a0812-en>
3. Klerkx, L., Jakku, E., and Labarthe, P. (2019), "A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda", *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 90, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.-2019.100315>
4. Ehlers, M. H., Finger, R., El Benni, N., Gocht, A., Sorensen, C. A. G., Gusset, M. and Huber, R. (2022), "Scenarios for European agricultural policymaking in the era of digitalisation", *Agricultural*

Systems, vol. 196, 103318. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103318>

5. Derkach, O.D., Mykhaylichenko, Y.M., and Makarenko, D.O. (2021) Digital agriculture: the experience of Ukraine. "International scientific congress "Agricultural machinery", Vol. 1/8. June, pp. 35—39.

6. Nehrey, M. (2023), "Digital transformation of the agricultural sector: prospects, challenges and solutions", Scientific Papers NaUKMA. Economics, vol. 8 (1), pp. 94—100. <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.94-100>

7. Babenko, V., Maza, A., Nehrey, M., and Pushko, O. (2023), "Improving Digital Agriculture to Achieve Sustainable Development: Analysis and Policy Proposals", In World Conference on Internet of Things: Applications & Future, pp. 295—308. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4764-5_19

8. Nehrey, M., Koval, T., Rogoza, N., and Gailaeva, L. (2022, August), "Application possibilities of data science tools in agriculture: A review", In International Conference of Artificial Intelligence, Medical Engineering, Education, pp. 253—263. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24468-1_23

9. Voronenko, I., Klymenko, N., and Nahorna, O. (2022), "Priority areas of Ukraine's innovative potential in the conditions of digital transformation", Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, vol. 1(42), pp. 313—321. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.42.2022.3684>

10. Zomchak, L., Starchevska, I. (2023), "Macroeconomic Determinants of Economic Development and Growth in Ukraine: Logistic Regression Analysis", In Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics IV, Springer Nature, Cham, Switzerland, pp. 358—368.

11. Demchyshak, N., Radykh, O. and Hryb, V. (2020), "Digitalization of the agricultural sector in the conditions of opening the land market in Ukraine", Agrosvit, vol. 12, pp. 10—18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.12.10>

12. Mazur Yu., Froter O., Dluhobors'ka L., and Parkhomenko L. (2023), "Use of artificial intelligence in economic sectors (agriculture, industrial production, product processing)", Nauka i tekhnika s'ohodni, vol. 3 (17). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3\(17\)-566-575](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3(17)-566-575)

13. Duginets, G., Nizheiko, K. (2023), "Digitalization of the eu agricultural sector: experience for Ukraine", Economy and Society, vol. 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-148>

14. Neto, L. C. M., Brewer, B. E., and Gray, A. W. (2023), "Data on data: An analysis of data usage

and analytics in the agricultural supply chain", Applied Economic Perspectives and Policy. <https://doi.org/10.1002/aep.13246>

15. Reinhardt, T. (2023), "The farm to fork strategy and the digital transformation of the agrifood sector — An assessment from the perspective of innovation systems", Applied Economic Perspectives and Policy, vol. 45 (2), 819—838.

16. Borrero, J. D., Mariscal, J. (2022), "A case study of a digital data platform for the agricultural sector: A valuable decision support system for small farmers", Agriculture, vol. 12 (6), 767. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060767>

17. National Contact Point for the EU's Digital Europe Program designated in Ukraine. Government Portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/v-ukraini-vyznachyly-natsionalnyi-kontaktnyi-punkt-prohramy-ies-tsyfrova-ievropa> (Accessed 05.01.2024).

18. Nehrey, M., Taranenko, A. (2023), "E-governance of the agricultural sector of Ukraine: State Agrarian Register", Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, vol. 1 (222), 113—119. <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2023/222-1/14>

Стаття надійшла до редакції 09.02.2024 р.

<https://nayka.com.ua>

Електронне фахове видання

Ефективна
ЕКОНОМІКА

Виходить 12 разів на рік

Журнал включено до переліку наукових фахових видань України з ЕКОНОМІЧНИХ НАУК (Категорія «Б»)

Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292

e-mail: economy_2008@ukr.net

 viber: +38 050 3820663