

Демчина Микола МиколайовичORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9161-4843>

Університет Короля Данила, Івано-Франківськ, Україна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій

Історія статті:

Надійшла: 01.02.2026

Прийнята: 17.02.2026

Опублікована: 26.03.2026

КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА ІОТ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Анотація. Сучасне сільське господарство має працювати максимально ефективно та водночас забезпечувати високу якість продукції. Це важливо як у вирощуванні рослин, так і у тваринництві. Саме тому сьогодні дедалі частіше застосовують сучасні технології аналізу даних і рішення на основі штучного інтелекту. Однією з найпоширеніших технологій є IoT (Інтернет речей). Його активно використовують для збору даних, прогнозування та класифікації різних процесів. З часом IoT став популярним і в аграрній сфері, адже він допомагає створювати системи точного землеробства та підтримки прийняття рішень. У поєднанні зі штучними нейронними мережами IoT може частково замінювати традиційні методи моделювання, виступаючи сучасною та більш гнучкою альтернативою. Нейронні мережі вже давно застосовуються в усьому світі для підвищення ефективності агровиробництва, оптимізації процесів та отримання продукції найкращої якості. Впровадження інтелектуальних систем дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану ґрунту, рівня вологості та здоров'я поголів'я в режимі реального часу. Завдяки розгалуженій мережі датчиків, дані передаються на центральні сервери для подальшої обробки алгоритмами машинного навчання. Це мінімізує вплив людського фактора та дозволяє оперативно реагувати на критичні зміни параметрів навколишнього середовища. Окрему увагу приділено архітектурі комп'ютерної мережі, яка має забезпечувати високу пропускну здатність та стійкість до зовнішніх перешкод у польових умовах. Використання хмарних обчислень у поєднанні з периферійними пристроями (edge computing) дозволяє значно знизити затримку при прийнятті управлінських рішень. Дослідження підтверджує, що інтеграція IoT-платформ у структуру агропромислового комплексу сприяє значному зниженню витрат ресурсів, таких як вода, добрива та енергія. Це не лише підвищує рентабельність господарств, а й забезпечує екологічну сталість виробництва. Подальший розвиток таких систем передбачає вдосконалення протоколів безпеки передачі даних та масштабування мереж для охоплення великих територій. Створення єдиного інформаційного простору агропідприємства стає ключовим етапом переходу до концепції Сільського господарства 4.0. Окрім цього, розглядаються питання енергоефективності бездротових сенсорних вузлів, які працюють у віддалених локаціях без стабільного живлення. Застосування протоколів з низьким енергоспоживанням, таких як LoRaWAN або NB-IoT, стає критично важливим для забезпечення тривалої автономної роботи обладнання. Важливим аспектом є також інтеграція супутникових знімків та даних з безпілотних літальних апаратів у загальну мережеву інфраструктуру, що дозволяє отримати комплексну картину стану угідь. Аналіз великих масивів даних (Big Data) відкриває нові можливості для генетичного прогнозування врожайності та автоматизованого виявлення шкідників на ранніх стадіях. Таким чином, цифрова трансформація агросектору забезпечує не лише економічні переваги, а й глобальну продовольчу безпеку в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: автоматизація; агрокультура; інтернет речей; інтелектуальні технології; агропромисловий комплекс

Визначення проблеми та огляд літератури

Зарубіжні наукові видання містять чимало досліджень, присвячених «інтернету речей» (IoT), зокрема його використанню в сільському

господарстві. Найчастіше автори таких робіт аналізують сучасні технології, а також звертають увагу на труднощі та ризики, які можуть виникати під час їх впровадження. Варто зазначити, що активний інтерес до теми IoT у агросекторі з'явився відносно недавно: перші публікації почали

з'являтися приблизно з 2010 р., і з того часу їх кількість постійно зростає. Найбільше досліджень у цьому напрямі належить науковцям з Азії, особливо з Китаю. Це цілком логічно, адже саме Азія, за прогнозами, до середини століття матиме найбільше зростання населення, а отже потребуватиме більш ефективного виробництва продовольства [3].

Питання розвитку агропромислового сектору та його переходу до «розумних» технологій і смарт-спеціалізації залишається актуальним і сьогодні. Останніми роками в науковій літературі все частіше обговорюють цифровізацію аграрного виробництва, автоматизацію процесів та впровадження смарт-інфраструктури. Наприклад, у працях Madushanki et al. [4] і Duguma & Bai [5] розглядається роль IoT у формуванні так званого «розумного землеробства». У звітах FAO (2021) та EURICSE (2022) підкреслюється, що кооперативна модель в Італії допомагає дрібним фермерам залишатися стійкими та конкурентоспроможними. Водночас українські аналітичні центри (AgriLab, Overseer, МХП) також відзначають, що в Україні поступово зростає використання GPS-моніторингу, агросенсорів і цифрових платформ для агроконсалтингу.

Використання IoT у сільському господарстві дає змогу підвищити ефективність вирощування культур і зменшити втрати продукції. Завдяки сучасним сенсорам і системам збору даних фермери отримують більше інформації для прийняття рішень та можуть швидко реагувати на зміни погоди, цін, ринкової ситуації та інших важливих факторів.

Метою статті є дослідити сучасні рішення застосування IoT у аграрній сфері та провести аналіз основних їх переваг та недоліків.

Виклад основного матеріалу

Сучасні агротехнології точного землеробства вже давно вийшли за рамки теорії – вони стали робочим інструментом, що змінює підхід до прийняття рішень на полі. Концепція «розумного» сільського господарства заснована на зборі та аналізі інформації за допомогою сенсорів для агроаналітики, систем GPS в сільському господарстві та технологій дистанційного зондування.

Саме так працює точне землеробство: через підключені IoT пристрої фермер отримує доступ до даних в реальному часі, що безпосередньо сприяє підвищенню врожайності та ефективності.

Використання таких рішень, як карти врожайності та предиктивна аналітика, дає наочні переваги точного землеробства і того, як діє розумне сільське господарство і технології, і активно впливає на розвиток агросектора в цілому.

Датчики. Датчики – основа систем інтернет речей, оскільки вони збирають спостереження з поля в розрахунках. Датчики в системах «розумного»

сільського господарства – це компактні електронні пристрої, які безперервно реєструють фізичні, хімічні або біологічні параметри середовища (грунту, повітря, рослин, техніки) і перетворюють їх в цифрові сигнали.

Кожен сенсор включає чутливий елемент, так звані інформаційні системи для передачі показників на шлюз або безпосередньо в хмару. Живлення забезпечується літєвою батареєю, сонячною панеллю або мережею 12В, а корпус з класом захисту IP67–IP68 захищає електроніку від пилу, вологи, УФ-випромінювання та агрохімікатів (табл. 1).

Сенсори для агроаналітики розміщуються в різних зонах поля для зонального моніторингу. Наприклад, VH400 можна встановити на глибині 10–30 см для оцінки умов кореневої зони. Цифри зчитуються через аналогові/цифрові входи мікроконтролерів.

Таблиця 1 – Приклади датчиків

Датчики		
Тип датчика	Приклади	Застосування
Вологість ґрунту	Vegetronix VH400, Decagon GS1, TDR-315	Вимірювання вологості на глибині 10–30 см
pH та поживні речовини	Bluelab, іон-селективні електроди	Аналіз рівня pH і вмісту NPK
Температура ґрунту/повітря	DS18B20, DHT22	Комбіноване вимірювання температури та вологості
Освітленість	Apogee PAR	Вимірювання фотосинтетично активної радіації
Погодні умови	Davis Instruments, BME280	Температура, тиск, вологість

Мікроконтролери. Мікроконтролери обробляють інформацію і передають її в мережу. В IoT-системах для сільського господарства мікроконтролери виконують роль «мозку» локального вузла: це однокристальні комп'ютери з процесором, пам'яттю і набором периферійних інтерфейсів, які збирають сигнали від сенсорів, виконують первинну фільтрацію і калібрування даних, а потім упаковують їх в стандартизовані повідомлення для передачі по бездротових каналах.

За рахунок низького енергоспоживання і підтримки сну мікроконтролери можуть працювати від батареї або сонячної панелі місяцями, а вбудований шифрувальний модуль забезпечує безпечну передачу телеметрії. ESP32 часто використовується для бездротового з'єднання через

бездротовий інтернет або LoRa. Наприклад, ESP32 (табл. 2) може обробляти інформацію (вологість, рН, температура) і передавати її в хмару через протокол MQTT.

Таблиця 2 – Приклади мікроконтролерів

Мікроконтролери		
Модель	Особливості	Застосування
Arduino Mega	Простий, підходить для кількох датчиків	Невеликі IoT-проекти
ESP32	Вбудований Wi-Fi/Bluetooth	Обробка та передача даних через MQTT
STM32	Висока обчислювальна потужність	Складні системи з аналізом даних

GPS-модулі. GPS використовується для геолокації техніки і створення схем полів. У системах ведення та контролю роботи модулі виконують функцію просторового «компасу»: приймаючи сигнали з супутникових сузір'їв GPS, GLONASS, Galileo або BeiDou, вони обчислюють координати сільськогосподарської техніки та дронів з точністю від декількох метрів до сантиметра при використанні RTK-корекції.

Ця інформація синхронізується з географічними інформаційними системами (ГІС), формуючи детальні шарові схеми посівів, рельєфу та врожайності. GPS використовується для геолокації техніки та створення карт полів. Навігаційні модулі інтегруються з тракторами або дронами для точного позиціонування. Наприклад, NEO-6M (табл. 3) підключається до Arduino для картографування зон з низькою врожайністю.

Таблиця 3 – Приклади GPS-модулів

GPS-модулі		
Модель	Особливості	Застосування
u-blox NEO-6M	Підтримка RTK, висока точність	Навігація для тракторів та дронів
u-blox NEO-7M	Швидке позиціонування	Створення карт полів

Передача даних. IoT-системи вимагають надійних мереж для передачі даних з віддалених полів. LoRaWAN підходить для розподілених речей на великих площах. Завдяки дальності до 15 км і низькому енергоспоживанню, вузли можуть працювати на батареї кілька років, а наскрізне шифрування гарантує безпеку показань.

В умовах хорошого покриття альтернативою виступають NB-IoT або 4G LTE-M, що забезпечують

більш високу пропускну здатність для фото і оновлень прошивки. Наприклад, LoRa-шлюз (Dragino LG01) (табл. 4) збирає вміст з декількох вузлів і передає їх в хмару через Ethernet або 4G, одночасно буферизуючи пакети при втраті зв'язку [7].

Таблиця 4 – Приклади протоколів передачі даних

Передача даних		
Технологія	Опис	Застосування
LoRa (RA-02)	Великі відстані, низьке енергоспоживання	Передача з віддалених сенсорів
NB-IoT (SIM7600)	Через стільникову мережу	Поля з покриттям мобільного зв'язку
Wi-Fi/4G/5G	Висока швидкість передачі	Ферми з інфраструктурою зв'язку

Хмарні програми обробляють і зберігають безліч матеріалу, надаючи доступ до аналітики. В архітектурі «розумного» фермерства хмарні впровадження виступають центральним хабом, який приймає телеметрію з тисяч рішень, масштабовано зберігає її в базі відомостей, забезпечує відмовостійкість і шифрування, а також надає API і графічні інтерфейси для фахівців-агрономів і аналітиків.

Такі сервіси автоматично обробляють потокові деталі, запускають правила тригерів (наприклад, аварійні сповіщення про зниження кількості вологи), інтегруються з геоінформаційними системами і дозволяють розгортати моделі машинного навчання без необхідності локальної інфраструктури.

Хмарні платформи обробляють і зберігають інформацію, надаючи доступ до аналітики. ThingsBoard дозволяє створювати дашборди для відображення вологості, рН, температури в реальному часі. AWS IoT Core (табл. 5) підтримує складні сценарії з ML-моделями для прогнозування.

Таблиця 5 – Приклади платформ для реалізації бекенду

Бекенд / Хмара		
Платформа	Особливості	Застосування
ThingsBoard	Відкритий код, візуалізація	Дашборди в реальному часі
AWS IoT Core	AI-інтеграція, масштабування	Складні сценарії з прогнозуванням
Blynk IoT	Мобільний доступ, швидкий запуск	Прототипи, малі господарства

Фронтенд / Додаток. Інтерфейс для фермерів, щоб переглядати розрахунки і керувати системами. У всьому ланцюжку IoT-агросистем фронтенд-шар перетворює «сирі» телеметричні потоки в зрозумілі візуальні елементи – інтерактивні карти полів, кольорові теплограми стану врожайності, дашборди з ключовими метриками та push-повідомленнями технологій.

Сучасні додатки будуються на веб-фреймворках (React, Vue) або кросплатформних рішеннях (Flutter, React Native), що дозволяє фермерам і агрономам отримувати однаково зручний доступ до даних з ноутбука в офісі і зі смартфона прямо в тракторі.

Інтерфейс програмного забезпечення підтримує багатомовність, офлайн-кешування, налаштування ролей користувачів і інтеграцію зі сторонніми сервісами – від метеопрогнозів до бухгалтерських систем. Додаток на Flutter (табл. 6) може підключатися до ThingsBoard через REST API, відображаючи схеми полів, графіки вологості, стан худоби (тварин), культур, кормів і загальних робіт, а також рекомендації щодо поливу.

Таблиця 6 – Приклади бібліотек для реалізації веб-додатку

Фронтенд / Додатки		
Технологія	Призначення	Приклад реалізації
React.js	Веб-додаток, динамічні панелі	Моніторинг через браузер
Flutter	Кросплатформний мобільний застосунок	Карта поля, графіки, поради з поливу

Реалізація комп'ютерної мережі IoT агропромислового комплексу

Проаналізувавши існуючі рішення застосування IoT технологій у сфері агрокультури, змодельовано систему точного землеробства для агропромислового комплексу зі складським приміщенням з урахування усіх недоліків та проаналізуємо можливості даної системи для удосконалення.

Основні компоненти для створення системи: RTK модуль; безпілотний дрон; сенсори ґрунту; геоінформаційна система.

Проаналізуємо кожен з обраних компонентів:

RTK модуль (Real-Time Kinematic) – забезпечує сантиметрову точність навігації (см) у реальному часі, зменшуючи похибку стандартного GPS з метрів до сантиметрів. Основні переваги включають підвищення ефективності агротехніки (економія палива та добрив до), автоматичне керування, високу точність геодезичної зйомки дронами та стабільну роботу навіть у складних умовах. У системі використано RTK CUAV C-RTK 2HP.

Безпілотний дрон – можливість встановлення NDVI для аналізу стану ґрунту що підвищить точність моніторингу стану ґрунту. У системі використано DJI Mavic 3 так як він сумісний з RTK та NDVI.

Сенсор ґрунту – пристрій для моніторингу вологості, температури, щільності та хімічного складу (NPK) ґрунту в реальному часі, допомагає оптимізувати полив (економія до 50% води), аналізувати ущільнення та уникати хвороб, що дозволяє автоматизувати полив та підвищити врожайність. У системі використано Hunter Soil-Click.

Геоінформаційна система – дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, космо-, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, економічні показники тощо). У якості ГІС виступає веб-додаток розроблений з використанням Flutter та ThingsBoard.

Також для автоматизації роботи техніки використані протоколи ISOBUS, а для передачі даних LoRa (RA-02).

Визначивши оптимальні компоненти змодельовано топологію запропонованої системи (рисунок).

Висновки

У статті проведено аналіз існуючих рішень використання IoT у сфері агрокультури. На основі аналізу сучасної літератури визначена актуальність та проблематика теми статті. Розглянуто існуючі рішення програмних та компонентних елементів для розробки систем IoT.

Змодельована система точного землеробства на базі агропромислового комплексу зі складським приміщенням, проаналізовані основні компоненти та створена топологічна модель. Отримана модель забезпечує високу ефективність та має багато можливостей для подальшого удосконалення.

У ході аналізу існуючих рішень та моделювання системи точного землеробства з використанням IoT-технологій було обґрунтовано доцільність комплексного підходу до автоматизації агропромислового комплексу зі складським приміщенням. Запропонована система поєднує сучасні апаратні та програмні засоби, що дозволяє врахувати недоліки традиційних методів ведення сільського господарства та забезпечити більш ефективне управління виробничими процесами. Використання RTK-модуля забезпечує сантиметрову точність позиціонування, що є критично важливим для автоматизованого керування сільсько-господарською технікою, виконання точних агротехнічних операцій та зменшення перевитрат пального, добрив і посівного матеріалу.

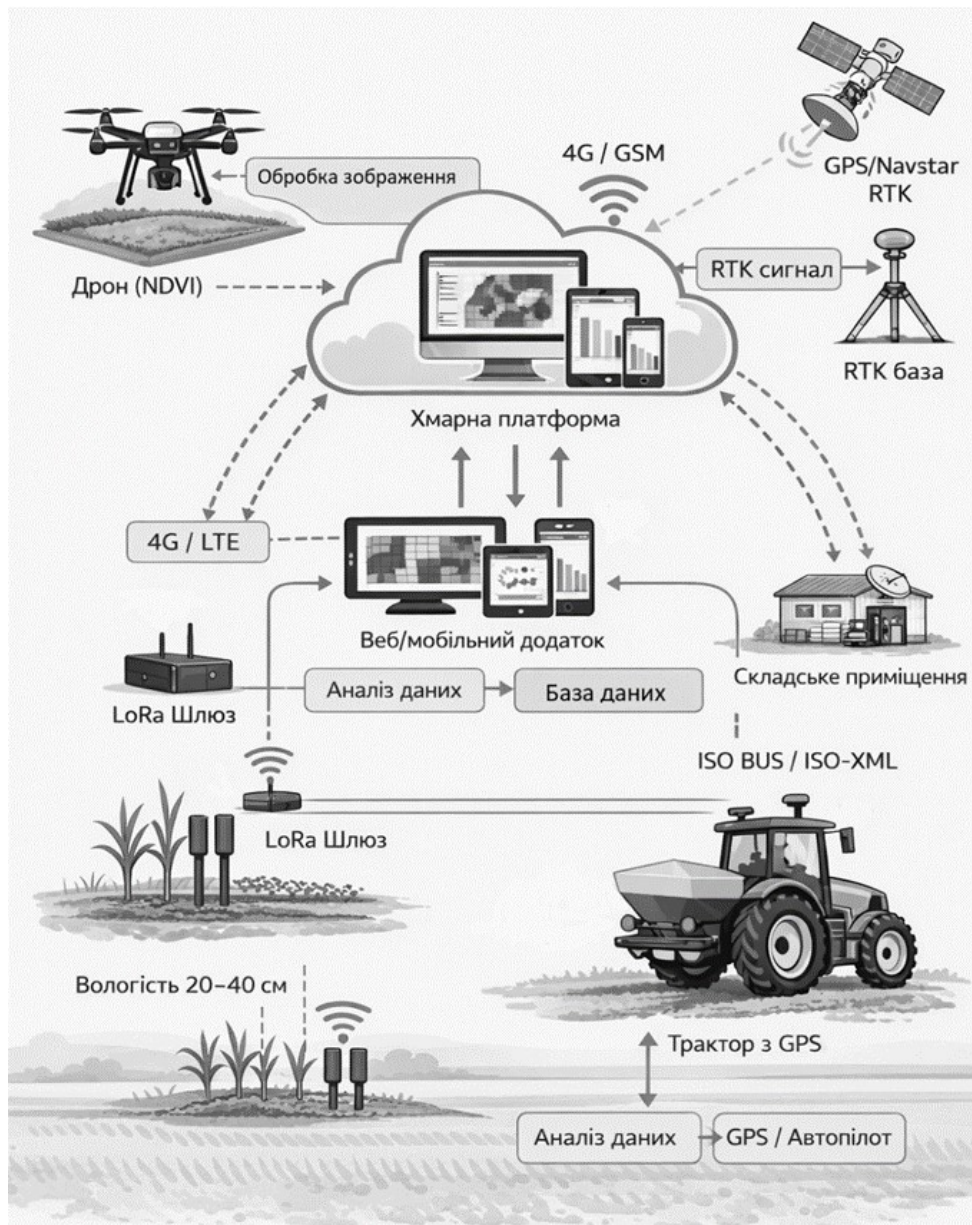


Рисунок – Функціональна структура комп'ютерної мережі IoT агропромислового комплексу

Застосування безпілотного дрона з підтримкою NDVI-аналізу значно підвищує точність моніторингу стану ґрунту та рослин, дозволяючи своєчасно виявляти проблемні ділянки, прогнозувати врожайність і приймати обґрунтовані управлінські рішення. Ґрунтові сенсори, що здійснюють безперервний контроль вологості, температури та хімічного складу ґрунту, створюють основу для автоматизованого та адаптивного поливу, що сприяє раціональному використанню водних ресурсів, зменшенню ризику захворювань рослин і підвищенню загальної продуктивності полів. Інтеграція геоінформаційної системи забезпечує централізоване зберігання, візуалізацію та аналіз даних, об'єднуючи просторову інформацію з аналітичними показниками в єдиному інформаційному середовищі. Застосування

протоколу ISOBUS дозволяє стандартизувати взаємодію між різними видами сільськогосподарської техніки, а використання технології передачі даних LoRa забезпечує енергоефективний та надійний обмін інформацією на великих відстанях, що є особливо важливим для розподілених аграрних об'єктів.

Таким чином, змодельована система точного землеробства є комплексним, масштабованим і перспективним рішенням, яке дозволяє підвищити врожайність, знизити експлуатаційні витрати, мінімізувати вплив людського фактора та створити умови для сталого розвитку агропромислового комплексу. Запропонована топологія системи може слугувати основою для подальших досліджень, оптимізації та впровадження інтелектуальних аграрних рішень у реальних умовах виробництва.

Конфлікт інтересів. Автор підтверджує відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, які могли б бути розцінені як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

Фінансування. Це дослідження було проведене без залучення зовнішньої фінансової підтримки.

Доступність даних. Усі дані представлені в цифровому або графічному вигляді в основному тексті рукопису.

Використання штучного інтелекту. Автор підтверджує, що під час роботи над статтею інструменти штучного інтелекту не використовувалися.

Список використаних джерел

1. Бондаренко Д. А. Застосування технологій інтернету речей в сільському господарстві. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2022. № 2. С. 54–61.
2. Пиріг Ю. В., Кайдан М. В., Гордійчук-Бублівська О. В. Аналіз концепції ітернету речей та динаміки її розвитку у різних галузях. *Вісник Університету «Україна»*. 2020. № 1 (24). С. 124–135.
3. Дідич З. «Інтернет речей»: можливості та перспективи їх використання у сільському господарстві України. *Аграрна економіка*. 2018. Т. 11, № 1-2. С. 102–108.
4. Raneesha Madushanki A. A., Halgamuge Malka N., Surangi Wirasagoda W. A. H., Syed Ali. Adoption of the Internet of Things (IoT) in Agriculture and Smart Farming towards Urban Greening: A Review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 2019. Vol. 10, No. 4. P. 11–28.
5. Duguma Amenu Leta, Bai Xiuguang. How the internet of things technology improves agricultural efficiency. *Artificial Intelligence Review*. 2025. P. 45–59.
6. Когут А. Л. Міжнародний досвід інноваційного відновлення агропромислового сектору в контексті смарт-спеціалізації. *Агросвіт*. 2025. № 11. С. 32–40.
7. Антонова Г. В., Кедич А. В., Ковирьова О. В. Інтернет речей та бездротові смарт-мережі в точному землеробстві. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2019. № 18. С. 115–122.
8. Антонова Г. В., Ковирьова О. В. Бездротові технології як ланка цифровізації сільського господарства. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2018. № 17. С. 88–95.
9. Бурляй А. П., Охрименко Б. О. Точне землеробство як напрям модернізації аграрного виробництва. *Modern Economics*. 2021. № 29. С. 24–30.
10. Бабій Л., Юрків М., Четверіков Б., Бурштинська Х. Точність GPS і RTK-навігації та їхній вплив на зменшення перекрыттів і втрат під час польових робіт. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2025. Вип. 91. С. 15–26.
11. Ліщук А. М., Парфенюк А. І., Карачинська Н. В., Безноско І. В. Інновації точного землеробства у зменшенні екологічних ризиків в агроєкосистемах України. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 48–56.

Mykola Demchyna

ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9161-4843>

King Danylo University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

PhD (Technical Sciences), Associate Professor, Department of Information

IOT COMPUTER NETWORK OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. Modern agriculture must operate as efficiently as possible while ensuring high product quality. This is crucial in both crop cultivation and animal husbandry. Consequently, modern data analysis technologies and artificial intelligence-based solutions are increasingly applied today. One of the most widespread technologies is IoT (Internet of Things). It is actively used for data collection, forecasting, and classification of various processes. Over time, IoT has also become popular in the agricultural sector, as it helps create precision farming and decision-support systems. Combined with artificial neural networks, IoT can partially replace traditional modeling methods, serving as a modern and more flexible alternative. Neural networks have long been used worldwide to increase agricultural production efficiency, optimize processes, and obtain the best quality products. The implementation of intelligent systems allows for continuous real-time monitoring of soil conditions, moisture levels, and livestock health. Thanks to an extensive network of sensors, data is transmitted to central servers for further processing by machine learning algorithms. This minimizes the influence of the human factor and allows for prompt responses to critical changes in environmental parameters. Special attention is paid to the architecture of the computer network, which must ensure high throughput and resilience to external interference in field conditions. The use of cloud computing in combination with edge computing significantly reduces latency in managerial decision-making. Research confirms that the integration of IoT platforms into the structure of the agro-industrial complex contributes to a significant reduction in resource costs, such as water, fertilizers, and energy. This not only increases the profitability of farms but also ensures the environmental sustainability of production. The further development of such systems involves improving data transfer security protocols and scaling networks to cover large territories. Creating a unified

information space for an agricultural enterprise becomes a key stage in the transition to the Agriculture 4.0 concept. Furthermore, issues of energy efficiency for wireless sensor nodes operating in remote locations without stable power supply are considered. The application of low-power protocols such as LoRaWAN or NB-IoT becomes critical for ensuring long-term autonomous equipment operation. An important aspect is also the integration of satellite imagery and data from unmanned aerial vehicles into the general network infrastructure, providing a comprehensive picture of land status. Big Data analysis opens new opportunities for genetic yield forecasting and automated pest detection at early stages. Thus, the digital transformation of the agricultural sector ensures not only economic benefits but also global food security in the face of climate change.

Keywords: automation; agriculture; internet of things; intelligent technologies; agro-industrial complex

References

1. Bondarenko D. A. (2022) Application of Internet of Things technologies in agriculture. *Telecommunications and Information Technologies*, 2, 54–61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttit_2022_2_9
2. Pyrih Yu. V., Kaidan M. V., & Hordiichuk-Bublivska O. V. (2020) Analysis of the concept of the Internet of Things and the dynamics of its development in various fields. *Visnyk Universytetu «Ukraina»*, 1 (24), 124–135. URL: https://uu.edu.ua/visnik_archive
3. Didych Z. (2018) «Internet of Things»: opportunities and prospects for their use in the agriculture of Ukraine. *Agricultural Economics*, 11 (1-2), 102–108. URL: <http://journals.pnu.edu.ua/index.php/ae>
4. Raneesha Madushanki A. A., Halgamuge M. N., Surangi Wirasagoda W. A. H., & Syed A. (2019) Adoption of the Internet of Things (IoT) in Agriculture and Smart Farming towards Urban Greening: A Review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10 (4), 11–28. URL: <https://theijas.com/index.php/ijacsa>
5. Duguma A. L., & Bai X. (2025) How the internet of things technology improves agricultural efficiency. *Artificial Intelligence Review*, 45–59. URL: <https://link.springer.com/journal/10462>
6. Kohut A. L. (2025) International experience of innovative recovery of the agro-industrial sector in the context of smart specialization. *Agrosvit*, 11, 32–40. URL: <http://www.agrosvit.info>
7. Antonova H. V., Kedych A. V., & Kovyriova O. V. (2019) Internet of Things and wireless smart networks in precision farming. *Computer tools, networks and systems*, 18, 115–122. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2019_18_15
8. Antonova H. V., & Kovyriova O. V. (2018) Wireless technologies as a link in the digitalization of agriculture. *Computer tools, networks and systems*, 17, 88–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2018_17_12
9. Burliai A. P., & Okhrymenko B. O. (2021) Precision farming as a direction of modernization of agricultural production. *Modern Economics*, 29, 24–30. URL: <https://modecon.mnau.edu.ua>
10. Babii L., Yurkiv M., Chetverikov B., & Burshtynska Kh. (2025) Accuracy of GPS and RTK navigation and their impact on reducing overlaps and losses during field work. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 91, 15–26. URL: <https://istcgcap.lpnu.ua>
11. Lishchuk A. M., Parfeniuk A. I., Karachynska N. V., & Beznosko I. V. (2024) Innovations of precision farming in reducing environmental risks in agroecosystems of Ukraine. *Balanced Nature Management*, 3, 48–56. URL: <http://journals.uran.ua/bnp>

Посилання на публікацію

- APA Demchyna, M. (2026). IoT computer network of the agro-industrial complex. *Management of Development of Complex Systems*, 65, 117–123, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.117-123.
- ДСТУ Демчина М. М. Комп'ютерна мережа IoT агропромислового комплексу. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2026. № 65. С. 117 – 123, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.117-123.