DOI: https://doi.org/10.35774/econa2025.01.302 **JEL classification: Q12, O32, M11**
UDC: 338.43:005.93:330.341.1:004.9

Валерій ХАХУЛА
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет, Україна
E-mail: valerii.khakhula@gmail.com
ORCID iD: 0000-0003-4100-262X

Людмила ПРАВДИВА
доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет, Україна
E-mail: bioplant_@ukr.net
ORCID iD: 0000-0002-5510-3934

Богдан ХАХУЛА
доктор філософії в галузі економіки, доцент кафедри менеджменту,
Білоцерківський національний аграрний університет, Україна
E-mail: bogdan.khakhula@gmail.com
ORCID iD: 0000-0003-4286-2381

Михайло ОСТРЕНКО
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет, Україна
E-mail: mykhailo.ostrenko@btsau.edu.ua
ORCID iD: 0000-0002-6772-3284

Ігор ПОКОТИЛО
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет, Україна
E-mail: pokotuloi@ukr.net
ORCID iD: 0000-0003-1594-2335

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ЦИФРОВІЗАЦІЇ В АГРАРНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ

Анотація

Вступ. У сучасних умовах цифрова трансформація аграрного сектору стає ключовим чинником підвищення ефективності виробництва та прийняття управлінських рішень. Інтелектуальне сільське господарство передбачає впровадження інноваційних цифрових рішень на всіх рівнях діяльності агропідприємств – від моніторингу ресурсів до оптимізації логістики та аналітики. Нагальною

© Валерій Хахула, Людмила Правдива, Богдан Хахула, Михайло Остренко, Ігор Покотило, 2025

Отримано: 02.02.2025 р. **Рекомендовано до друку:** 09.03.2025 р. **Опубліковано:** 26.03.2025 р.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0, яка дозволяє необмежене повторне використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії, за умови правильного цитування оригінальної роботи.

Як цитувати: Хахула В., Правдива Л., Хахула Б., Остренко М., Покотило І. Управління стійкістю сільськогосподарського виробництва: агротехнологічні та економічні аспекти. *Економічний аналіз.* 2025. Том 35. № 1. С. 302-311. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2025.01.302

проблемою залишається фрагментарність статистичних даних та відсутність єдиного інформаційного простору для прийняття обґрунтованих рішень.

Метою статті є формування інноваційних підходів до побудови інформаційно-аналітичної системи управління аграрними підприємствами з використанням технологій цифровізації для підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності.

Методологія дослідження ґрунтується на використанні абстрактно-логічного, статистико-економічного, розрахунково-конструктивного, монографічного методів, а також системного підходу.

У результаті дослідження проаналізовано джерела статистичних показників, розроблено структуру інформаційно-аналітичної системи з використанням вебтехнологій на основі архітектури «тонкий клієнт». Застосовано концепцію OLAP і реляційних баз даних для оптимізації зберігання та обробки інформації. Визначено переваги клієнт-серверної моделі, обґрунтовано ефективність використання сховищ даних у прийнятті рішень в аграрному менеджменті. Запропоновано напрями розвитку цифрової екосистеми в сільському господарстві, включаючи створення «розумних» аграрних об'єктів.

Ключові слова: цифровізація; аграрний менеджмент; інформаційно-аналітична система; бази даних; OLAP; інтелектуальне сільське господарство.

Вступ

Поява сучасних концепцій функціонування галузей народного господарства, включаючи аграрний сектор, дала можливість впровадити елементи стратегічного розвитку, включаючи цифрові технології в технологічний процес виробництва та управління.

Впровадження цифрових технологій у сільському господарстві передбачає не лише пілотні інші технології модернізації галузі, але й інтеграцію, мультипластинчасті форми співпраці.

Прийняття важливих управлінських рішень, результативні наукові дослідження та інше не можливе без доступу до повної та достовірної економіко-статистичної інформації. Розпорошеність звітних даних, які збираються різними державними органами з сільськогосподарських виробників, по збірниках міністерств та відомств не спрощують цього процесу.

Офіційно економіко-статистичні дані можна отримати з кількох груп джерел інформації: база даних сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств, дані вибіркового обстеження домогосподарств, база даних вибіркового обстеження особистих селянських господарств, загальні статистичні збірники. Зведення їх разом для потужного аналітичного обробітку дуже трудомісткий процес. Тому створення інформаційно-аналітичної системи побудованої на новітніх інформаційних технологіях є актуальним питанням, яке постало та повинно бути вирішено.

Проблеми та особливості цифровізації аграрної сфери представлені у наукових дослідженнях Г. Антонової, В. Василенка, В. М. Руденка, та інших. Вагомість ролі щодо активізації процесів цифровізації впроваджуваних у сфері управління підприємством досліджували В. Вишневська, В. Жуковська, В. Фостолович, Н. Хоменко та інші. Проте, зміни умов господарювання, що викликані інноваційним розвитком аграрного сектору України вимагає оперативного перегляду підходів щодо впровадження цифрових технологій управління господарствами корпоративного сектору аграрної економіки.

Мета статті

Мета статті – на основі узагальнення досліджень науковців запропонувати практичні рекомендації щодо впровадження цифрових технологій в систему управління сільськогосподарськими підприємствами, що забезпечить підвищення ефективності їх виробничо-господарської діяльності.

Виклад основних результатів дослідження

Встановлено, що основними перевагами використання цифрових технологій у сільському господарстві такі:

- потреба підвищення ефективності сільськогосподарського виробництв;
- мінімізація виробничих витрат та підвищення продуктивності праці без залучення значних інвестицій;

- своєчасна реакція на негативні загрози зовнішнього характеру;
- зменшення витрат, які мають трансакційний характер;
- мінімізація ризиків управлінського характеру;
- зменшення дефіциту персоналу та заміни відсутньої кількості персоналу автоматизованих систем виробництва сільського господарства;
- своєчасність забезпечення необхідних потоків інформації для виробників сільськогосподарської продукції.

Проблеми, на думку експертів основні чинники, що перешкоджають цифровізації сільського господарства в Україні є:

- дефіцит фінансових ресурсів для впровадження сучасних технологій інформації та комунікацій у більшості виробників сільського господарства;
- відсутність доступних складних рішень цифрової платформи переважно вітчизняних розробників для спільного використання виробників сільського господарства і, як наслідок, зменшує вартість цифрових послуг для них;
- дефіцит кваліфікованого персоналу - фахівців у галузі інформаційних технологій, які володіють знаннями в галузі сільськогосподарської економіки, для оперативної та високої якості впровадження цифрових продуктів та технологій в сільське господарство;
- слабке проникнення в аграрний сектор цифрової інфраструктури, що запобігає проникненню окремих технологій, включаючи Інтернет речей [1].

На думку експертів галузі, впровадження цифрових продуктів та технологій в агро - індустріальний комплекс дозволяє часом (два або більше разів) збільшити прибутковість виробництва сільського господарства та продуктивність за рахунок оптимізації витрат, ефективного розподілу ресурсів та оптимізації процесів управління [2].

При переході від загальних положень та методики збору і аналізу статистичних показників до побудови інформаційно-аналітичної системи, нам необхідно визначити, в якому програмно-інформаційному середовищі буде функціонувати ця система. Від правильного вибору буде залежати складність її розробки, впровадження та ефективність подальшого функціонування. Відповідно зроблено узагальнення підходів щодо побудови програмного комплексу статистичних показників АПК України. На рисунку 1. показано загальну схему функціонування.

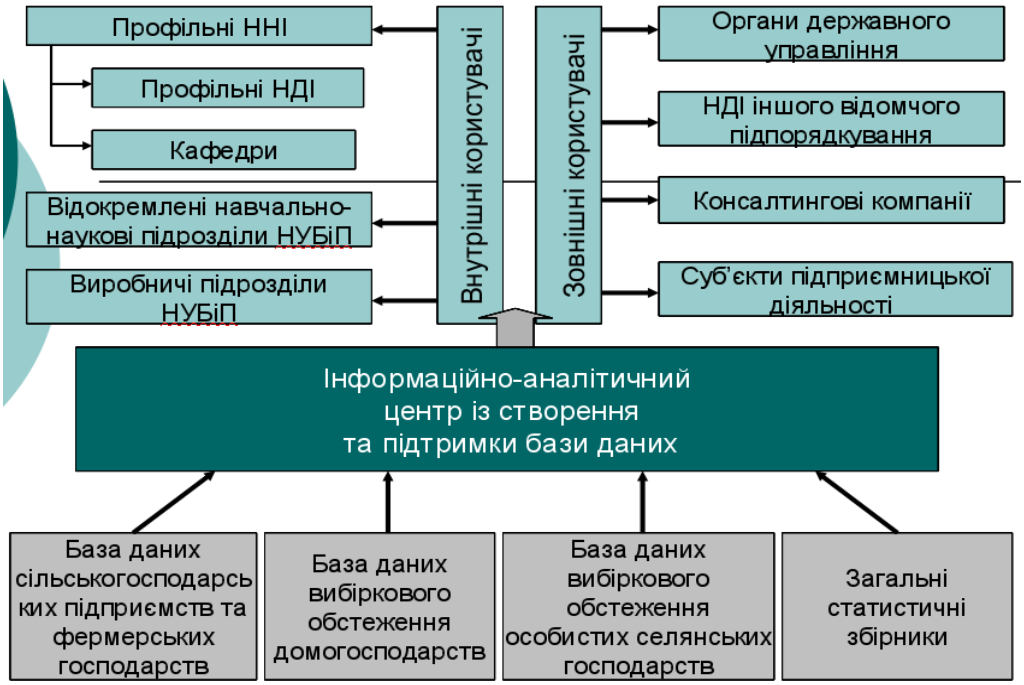


Рис. 1. Схема функціонування інформаційно-аналітичної системи

Під час виконання дослідження виділено чотири складові інформаційно-програмного комплексу: дані діяльності сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств, показники вибіркового обстеження домогосподарств, дані вибіркового обстеження особистих селянських господарств, дані загальних статистичних збірників.

При аналізі враховували великі об'єми, а також динамічність надходження інформації до кожної групи даних, так вибіркове обстеження домогосподарств формує 1140 показників по кожному з 12 тисяч респондентів за кожен з кварталів, що становить в результаті близько 5 млн. одиниць інформації.

Для роботи з інформаційним наповненням такого типу потрібно в обов'язковому порядку застосовувати методологію роботи з базами даних. База даних виступає стержневим елементом усієї системи, де концентруються та накопичуються зібрані дані, для подальшого свого обробітку. Управління всім масивом даних покладається на систему управління базами даних.

Іншим елементом інформаційно-аналітичної системи виступає аналітичне програмне середовище. Це центр обробітку інформації отриманої з бази даних. В процесі обробітку дані перетворюються та набувають нової якості та ваги, щоб в подальшому бути використаними в аналітичному аналізі та прийнятті управлінських рішень.

Найближчою до користувача частиною інформаційно-аналітичної системи виступає власне клієнтське середовище, яке надає можливість спілкування користувача з системою. В деяких випадках (наприклад, в малих або середніх системах) аналітичне середовище та клієнтське середовище являють собою нерозривну єдність програмного забезпечення [3].

Для побудови інформаційно-програмного комплексу статистичних показників запропоновано використати реляційну базу даних. Для бази даних характерні такі переваги організації інформаційного середовища:

- багаторазовість використання даних;
- зменшення надлишковості даних;
- простота та зручність внесення змін до бази даних;
- логічна та фізична незалежність даних від прикладних програм.

Проте основна перевага це структурованість даних, що дозволяє легко організувати пошук необхідних даних, та їх обробку.

Створюючи базу даних, користувач прагне впорядкувати інформацію з різних ознак і швидко витягати вибірку з довільним сполученням ознак. Зробити це можливо, тільки якщо дані структуровані.

Структурування – це введення закономірностей про способи подання даних. Неструктурованими називають дані, записані, наприклад, у звичайному текстовому файлі.

Користувачами бази даних можуть бути різні прикладні програми, програмні комплекси, а також фахівці предметної області, що виступають у ролі споживачів або джерел даних, які називаються кінцевими користувачами.

У сучасній технології баз даних передбачається, що створення бази даних, її підтримка й забезпечення доступу користувачів до неї здійснюються централізовано за допомогою спеціального програмного інструментарію – системи керування базами даних.

Централізований характер керування даними в базі даних припускає необхідність існування деякої особи (групи осіб), на яке покладають функції адміністрування даними, збереженими в базі.

За технологією обробки даних бази даних підрозділяються на централізовані й розподілені.

Централізована база даних зберігається в пам'яті однієї обчислювальної системи. Якщо ця обчислювальна система є компонентом мережі ЕОМ, можливий розподілений доступ до такої бази. Такий спосіб використання баз даних часто застосовують у локальних мережах ПК.

Розподілена база даних складається з декількох, можливо пересічних або навіть дублюючих один одного частин, збережених у різних ЕОМ обчислювальній мережі. Робота з такою базою здійснюється за допомогою системи керування розподіленою базою даних (СУРБД).

Централізовані бази даних мають одну значну перевагу — легкість в адмініструванні та

контроль за роботою системи. Але при значному накопиченні даних та розподіленні системи територіально може виникнути потреба до переходу на розподілену систему. Попередній аналіз даних кількості статистичних показників не виявив потреби у використанні розподіленої бази даних.

По способі доступу до даних бази даних розділяються на бази даних з локальним доступом і бази даних з віддаленим (мережним) доступом. Оскільки розроблювана система не планується тільки для персонального використання, то однозначно база даних повинна проектуватися як мережна.

Системи централізованих баз даних з мережним доступом використовують різні архітектури подібних систем:

- файл-сервер;
- клієнт-сервер.

Файл-сервер. Архітектура систем БД із мережним доступом припускає виділення однієї з машин мережі в якості центральної (сервер, файлів). На такій машині зберігається спільно використовувана централізована БД. Всі інші машини мережі виконують функції робочих станцій, за допомогою яких підтримується доступ користувацької системи до централізованої бази даних.

Файли бази даних відповідно до користувацьких запитів передаються на робочі станції, де в основному й відбувається обробка. При великій інтенсивності доступу до тим самим даних продуктивність інформаційної системи падає. Користувачі можуть створювати також на робочих станціях локальні БД, які використаються ними монопольно.

Клієнт-сервер. У цій концепції мається на увазі, що крім зберігання централізованої бази даних центральна машина (сервер бази даних) повинна забезпечувати виконання основного обсягу обробки даних. Запит на дані, видаваний клієнтом (робочою станцією), породжує пошук і добування даних на сервері. Витягнуті дані (але не файли) транспортуються по мережі від сервера до клієнта. Специфікою архітектури клієнт-сервер є використання мови запитів SQL.

Отже, з врахуванням майбутніх вимог система буде будуватися на технології клієнт-сервер. Що дозволить прискорити роботу системи та забезпечити її цілісність надійність та безпеку. Дана архітектура являє собою домінуючу концепцію у створенні розподілених мережних застосувань. Вона передбачає такі основні компоненти:

- набір серверів, які надають інформацію або інші послуги програмам, які звертаються до них;
- набір клієнтів, які використовують сервіси, що надаються серверами;
- мережа, яка забезпечує взаємодію між клієнтами та серверами.

З розвитком економіки та розгортанням IT-інфраструктури збільшуються й обсяги збережених даних. Для бізнесів-користувачів з'являються проблеми з оперативним доступом до інформації для проведення аналітики [4]. Для вирішення подібних завдань компанії будують спеціалізовані аналітичні сховища даних.

Реляційні бази даних, розроблені для оперативних додатків, не є кращим рішенням для систем аналітичної обробки даних. Для таких завдань в організаціях впроваджуються предметно-орієнтовані сховища даних. Їхня відмінність від систем оперативної обробки транзакцій у тім, що вони оптимізовані спеціально для швидкої обробки звітів і аналітичних даних.

Сховища даних широко використовуються компаніями в усьому світі й вирішують завдання трансформування даних в інформацію. Крім того, що необхідно мати доступ до історичних даних або даних минулих періодів, досить важливу роль грають й економічні аспекти. Зовсім очевидно, що витрати на IT для великої компанії - інвестиції в розширення бізнесу. Сховища даних надають компаніям можливість істотно підвищити рівень обслуговування клієнтів, розширити спектр надаваних послуг і одержувати необхідну інформацію про свою діяльність для її аналізу.

Точно також як БД створюються для роботи продуктивних систем, сховища даних використаються для підтримки різного роду аналітичних додатків. Незважаючи на те, що спектр завдань, які вирішують аналітичні системи, вкрай широкі й самі ці додатки призначені для різних категорій користувачів, є одна властивість, що завжди відрізняє їх від продуктивних. За допомогою перших дані

витягають, останні ж призначені для їхньої реєстрації.

Основна відмінність сховища від бази даних - організація інформації. БД оптимізуються на виконання коротких транзакцій. Її ідеальна схема - нормалізована структура. Багато невеликих зв'язаних таблиць із короткими записами. Це дозволяє швидко додавати нову інформацію або змінювати неї. Для сховища даних ідеальною схемою є одна дуже велика таблиця, що містить масу надлишкової інформації, але може швидко одержувати відповідь на питання аналітиків. Звичайно, на практиці структура сховища рідко відповідає еталонам, як, втім, і БД далеко не завжди нормалізовані.

Отже, прийняти будь-яке зважене управлінське рішення неможливо без володіння необхідною для цього інформацією. Інформація, яка використовується в процесі аналізу має накопичуватися в спеціально призначеному для цього місці [5]. Для цього необхідно створення сховищ даних (Data warehouses), тобто процес збору, відсівання й попередньої обробки даних з метою надання результатної інформації користувачам для статистичного аналізу (а нерідко й створення аналітичних звітів).

В сховищах даних міститься інформація, що вже оброблена і не потребує коригування, доповнення чи зміни. Для роботи з первинною або необробленою інформацією використовують бази даних, а для управління ними системи управління базами даними або СУБД. Інформація в базах даних зберігається у формі таблиць.

Така форма збереження і розміщення інформації дістала назву реляційної. В процесі накопичення інформації постає проблема зі зручністю і швидкістю роботи з нею. Для більш зручного доступу до потрібних даних використовується технологія OLAP. Концепція OLAP не так широко відома, хоча термін «куби OLAP» добре відомий в сфері роботи з базами даних. Online Analytical Processing (OLAP) - це технологія, яка використовується для створення великих баз даних та оброблення й аналізу інформації. OLAP – представляє собою окремо взятий програмний продукт і не являється мовою програмування.

Різні компанії по розробці програмних продуктів пропонують нам різноманітні системи для управління базами даних. І наступна наша задача відібрати саме ту з них, яка найбільше буде відповідати вимогам нашої системи.

Модель клієнт-серверної взаємодії визначається перш за все розподілом обов’язків між клієнтом та сервером. Логічно можна виокремити три рівні операцій:

- рівень представлення даних, який по суті являє собою інтерфейс користувача і відповідає за представлення даних користувачеві і введення від нього керуючих команд;
- прикладний рівень, який реалізує основну логіку застосування і на якому здійснюється необхідна обробка інформації;
- рівень управління даними, який забезпечує зберігання даних та доступ до них.
- Дворівнева клієнт-серверна архітектура передбачає взаємодію двох програмних модулів – клієнтського та серверного. В залежності від того, як між ними розподіляються наведені вище функції, розрізняють :
- модель тонкого клієнта, в рамках якої вся логіка застосування та управління даними зосереджена на сервері. Клієнтська програма забезпечує тільки функції рівня представлення;
- модель товстого клієнта, в якій сервер тільки керує даними, а обробка інформації та інтерфейс користувача зосереджені на стороні клієнта.

Для підбору найкращої серверної платформи для реалізації баз даних було проаналізовано різні системи управління базами даних. На першому етапі було вирішено з різних моделей баз даних зупинитися саме на реляційній, як такій, яка найбільш відповідає поставленим до СУБД вимогам. Реляційні СУБД, які піддалися огляду повинні були відповідати таким функціональним можливостям: керування даними у зовнішній пам'яті, управління буферами оперативної пам'яті, управління транзакціями, журналізація і відновлення баз даних після відмов програмного або апаратного забезпечення, підтримка мов баз даних.

Значна частина веб-ресурсів на сучасному етапі є динамічними, тобто вони не існують в

заздалегідь підготовленому вигляді, а створюються безпосередньо в процесі обробки запиту від користувача. Тобто в процесі їх розробки використовують мови програмування, скрипт яких виконується на сервері.

При створенні бази даних, ми прагнули якомога ефективніше впорядкувати інформацію для забезпечення швидкої вибірки з довільним сполученням ознак. Зробити це можливо завдяки багатомірній структурі бази даних побудованій за схемою «сніжинка». Відмінністю обраної схеми від традиційної схеми «зірка» є те, що тут таблиці вимірів нормалізовані з рядом інших зв'язаних вимірювальних таблиць, - тоді як в «зірці» таблиці вимірів повністю ненормалізовані, з кожним виміром представленим в виді єдиної таблиці, без з'єднань на зв'язані таблиці в схемі "сніжинка". Чим більше степінь нормалізації таблиць вимірів, тим складніший має вигляд структура схеми «сніжинка». Створюваний «ефект сніжинки» відноситься тільки до таблиці вимірів, і не зачіпає таблиці фактів.

Центральною частиною створеної структури бази даних є таблиця фактів, тобто таблиця в якій містяться дані статистичних показників. При цьому такі дані мають кілька важливих характеристик окрім власне значення. А це:

- показник, значення якого зберігається;
- підприємство, яке звітується даним показником;
- джерело, з якого цей показник береться;
- дата, на яку значення цього показника є актуальним.

Оскільки розроблювана нами система не повинна бути статичною, а натомість динамічною, з можливістю накопичення даних щомісячно, щоквартально та щорічно (в залежності від джерела даних), то на вимогу правил нормалізації баз даних, в окремі сутності виділено дані по:

- джерелах інформації: назва індекс, форми, періодичність звітування;
- статистичні показники: назва, група показників, метрика;
- підприємства: назва, тип підприємства, область, форма власності, адреса, тощо.

Продовження дотримання вимог правил нормалізації заставляє нас виділяти деякі нові сутності для позбавлення в базі даних протиріч та надлишковості інформації. Так, було створено нові таблиці для груп показників та областей України.

Складність даної схеми зумовлена тим, що один і то й же показник може стосуватися до різної підгалузі АПК, різних типів підприємства і територіальних одиниць [6]. Так, наприклад показник "Чистий дохід (виручка) від реалізації продукції" може відноситися як до сільськогосподарських так і до фермерських господарств, підприємств рослинництва або тваринництва; а також відноситися як до форми 50 - сг «Основні економічні показники роботи сільськогосподарських підприємств», статистичного збірника «Сільське господарство», так і до 2 - ферм. «Основні показники господарської діяльності фермерського господарства». Дане ж структурування дозволяє не тільки позбавитися дублювання, а й ефективного відображення необхідної кінцевому користувачу інформації в розрізі галузей, територій (областей, економічних, агрокліматичних зон), типу, форми власності господарства і часовому проміжку. Важливим ефектом використання даного структурування є покращення форми введення інформації, а також ефективність використання дискового простору сервера бази даних.

Вважаємо, що під час впровадження в аграрний сектор процесу цифровізації повинно бути розроблено кілька складних проектів для підвищення продуктивності праці:

- «розумне сільськогосподарське підприємство»;
- «розумна ферма»;
- «розумне поле»;
- «розумна теплиця»;
- «розумний сад».

Однією з найважливіших проблем поширення інноваційних цифрових технологій в сільськогосподарському виробництві є низька обізнаність про господарства про можливості нових розробок [7]. Додатковою перешкодою є відсутність безкоштовних коштів для модернізації основних засобів.

Ефект діджиталізації не буде повним, якщо державна політика буде побудована виключно на залучення додаткових інвестицій у галузь. Впроваджуючи інновації, необхідно створити умови та механізм взаємодії між бізнесом та

наукою, навчальними установами, які важливі для формування інтелектуальної співпраці та розробки процесів інтеграції. Інтелектуальну співпрацю слід розуміти як систему відносин у суспільстві, що супроводжується комплексом знань, щоб зменшити вартість кожної одиниці виробництва. Інноваційна інтеграція - це система відносин, побудованих на розділенні праці та розподілу спеціалізацій ринкових структур для отримання нових продуктів або сировини.

Використання цифрових технологій позитивно впливає на темпи зростання продуктивності та прибутковість агро - індустріального комплексу. Вражаючий приклад - Ізраїль, в якому лише 20% земельних ресурсів підходять для сільськогосподарської діяльності, і в той же час забезпечення населення з продовольством становить 95%. У цьому випадку відсутність відповідних кліматичних умов компенсується можливостями інноваційних технологій. Іншим прикладом ефективності використання цифрових технологій в аграрному секторі є створення «розумних» ферм. Ця технологія дозволяє збільшити урожай молока в середньому на 30-40%, використання сучасних методів управління транспортом може зменшити витрати на пальне на 20% [8]. Досвід використання цифрових технологій у сільськогосподарському бізнесі показав, що вектор автоматизації та цифровізація дозволяє зменшити витрати навіть у короткостроковій перспективі - при впровадженні оперативного управління виробництвом на заводі з обробки м'яса в перший місяць зменшився на 30%, а загальні виробничі витрати зменшилися на 10%.

Висновки

Для активної участі суб'єктів господарювання до діджиталізації економіки держава повинна створити відповідну інфраструктуру, популяризувати такі сфери розвитку в суспільстві та покращити законодавчі рамки.

Цифровізація сільського господарства сприяє значному зниженню виробничих витрат та збільшенню фінансової доступності продовольства, забезпечує раціональне використання потенціалу природних ресурсів. Створення оптимальної цифрової екосистеми, тобто ринку, неможливе без розвитку великої мережі цифрових платформ та підплатформ у всіх сферах діяльності в сільськогосподарському господарстві. Дотримання поетапної реалізації цифрових технологій не тільки оптимізує час для освоєння технологій, залучення інвесторів, але й ефективно керуватиме аграрною економікою регіону в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ільченко Т. В. Діджиталізація як інструмент інноваційного розвитку агробізнесу. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. № 3. С. 81-85.
2. Свиноус І. В. Гаврик О. Ю., Ткаченко К. В., Микитюк Д. М., Семисал А. В. Організаційно-економічні засади використання цифрових технологій у діяльності сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2020. № 16. С. 9-14.
3. Максимова І., Куриляк В. Діджиталізація світової індустрії у контексті забезпечення кліматичної нейтральності. *Журнал європейської економіки*. 2022. Т. 21, № 3. С. 353-370.
4. Водянка, Л. Д., Юрій, Т. П. Цифровізація та цифрова платформа в економічному розвитку аграрного сектору. *Економіка АПК*, 2020. №12. С. 67-73.
5. Швиденко М. З., Мокрієв М. В. Оцінка та вибір програмного забезпечення для створення атоматизованої системи моніторингу соціально-економічного розвитку АПК України. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2019. Вип. 83. С. 14-22.

6. Свиноус І. В. Гаврик О. Ю., Ткаченко К. В., Микитюк Д. М., Семисал А. В. Сучасний стан та проблеми впровадження цифрових технологій в практику діяльності сільськогосподарських підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 15-16. С. 35-39.

7. Халатур, С. М., Павлова, Г. Є., Рудакова, В. Ю., Матвійчук, Є. Д. Методичні аспекти управління фінансовою стійкістю аграрних підприємств в умовах їх діджиталізації. *Агросвіт*. 2021. № 21-22. С. 19-26.

8. Швиденко М. З. Сучасні інформаційні технології моніторингу і аналізу стану інфраструктури аграрного ринку України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Сер. : Економіка, аграрний менеджмент, бізнес. 2013. Вип.181(4). С. 350-359

REFERENCES

1. Ilchenko, T. V. (2024). Digitalization as a tool for innovative development of agribusiness. *Investments: Practice and Experience*, (3), 81–85.

2. Svynous, I. V., Havryk, O. Yu., Tkachenko, K. V., Mykytiuk, D. M., & Semysal, A. V. (2020). Organizational and economic principles of using digital technologies in the activities of agricultural enterprises. *Agrosvit*, (16), 9–14.

3. Maksymova, I., & Kuryliak, V. (2022). Digitalization of the global industry in the context of ensuring climate neutrality. *Journal of European Economy, 21*(3), 353–370.

4. Vodianka, L. D., & Yurii, T. P. (2020). Digitalization and digital platforms in the economic development of the agricultural sector. *Economy of Agro-Industrial Complex*, (12), 67–73.

5. Shvydenko, M. Z., & Mokriiev, M. V. (2019). Evaluation and selection of software for creating an automated monitoring system for socio-economic development of the agro-industrial complex of Ukraine. *Modeling and Information Systems in the Economy*, (83), 14–22.

6. Svynous, I. V., Havryk, O. Yu., Tkachenko, K. V., Mykytiuk, D. M., & Semysal, A. V. (2020). Current state and problems of implementation of digital technologies in the practice of agricultural enterprises. *Investments: Practice and Experience*, (15–16), 35–39.

7. Khalatur, S. M., Pavlova, H. Ye., Rudakova, V. Yu., & Matviichuk, Ye. D. (2021). Methodological aspects of managing financial stability of agricultural enterprises under digitalization. *Agrosvit*, (21–22), 19–26.

8. Shvydenko, M. Z. (2013). Modern information technologies for monitoring and analyzing the state of infrastructure of the agricultural market in Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Economics, Agrarian Management, Business*, 181(4), 350–359.

Valerii Khakhula, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production Technologies and Plant Protection, Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine
Liudmyla Pravdyva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production Technologies and Plant Protection, Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine
Bohdan Khakhula, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Management,
Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine
Mykhailo Ostrenko, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production Technologies and Plant Protection, Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine
Ihor Pokotylo, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production Technologies and Plant Protection, Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine

Innovative approaches to the implementation of smart agriculture and digitalization in agricultural management

Abstract
Introduction. In the current context, the digital transformation of the agricultural sector is becoming a key factor in enhancing production efficiency and improving decision-making processes. Smart agriculture involves the implementation of innovative digital solutions at all levels of agricultural enterprise activity—from resource monitoring to logistics optimization and analytics. However, a pressing issue remains the fragmentation of statistical data and the lack of an integrated information space for making well-grounded decisions.
The purpose of this article is to develop innovative approaches for building an information and analytical management system for agricultural enterprises using digital technologies to improve the efficiency of production and economic activities.
The research methodology is based on the use of abstract-logical, statistical-economic, computational-constructive, and monographic methods, as well as a systems approach.
Results. The study analyzes sources of statistical indicators and develops the structure of an information and analytical system using web technologies based on the «thin client» architecture. The OLAP concept and relational databases are applied to optimize data storage and processing. The advantages of the client-server model are highlighted, and the effectiveness of data warehouses in agricultural management decision-making is substantiated. Directions for the development of a digital ecosystem in agriculture are proposed, including the creation of «smart» agricultural facilities.

Keywords: digitalization; agricultural management; information and analytical system; databases; OLAP; smart agriculture.

Cite as: Khakhula, V., Pravdyva, L., Khakhula, B., Ostrenko, M., and Pokotylo, I. (2025). Innovative approaches to the implementation of smart agriculture and digitalization in agricultural management. *Economic analysis,* 35 (1), 302-311. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2025.01.302