

УДК 004.72:63.018

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.1.14>

Олексій КРИШАН

кандидат економічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Придніпровський інститут ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», krishan@ki-maup.com.ua

ORCID: 0000-0002-2967-0126

Олександр КОРЕНЬ

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Придніпровський інститут ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», koren@ki-maup.com.ua

ORCID: 0000-0002-7406-7400

Всеволод БУДНІКОВ

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Придніпровський інститут ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», budnikov@ki-maup.com.ua

ORCID: 0009-0008-9862-4562

Вікторія БИВШЕВА

старший викладач кафедри економічного проектування та маркетингу, Придніпровський інститут ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», byvsheva@ki-maup.com.ua

ORCID: 0009-0000-1723-4813

Данило ШВЕД

аспірант кафедри інформаційних систем та мереж, Національний університет «Львівська політехніка», danylo.r.shved@lpnu.ua

ORCID: 0009-0005-4306-6805

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ
АГРОПРОМИСЛОВОЮ ЕКОНОМІКОЮ НА ОСНОВІ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ**

Анотація. Мета дослідження. Розробка інтелектуальної платформи для оптимізації управління агропромисловою економікою, яка базується на CALS-технологіях та інтегрує сучасні підходи до автоматизації збору, обробки та аналізу даних. Дослідження спрямоване на створення системи, що забезпечує оперативне прогнозування виробничих процесів, оптимізацію управлінських рішень та адаптацію до швидкозмінних ринкових умов, що є актуальним завданням у контексті цифрової трансформації аграрного сектора.

Методологія. У дослідженні застосовано комплексний підхід, що включає математичне моделювання динаміки системи за допомогою диференціальних рівнянь, розробку експертного модуля з прогнозування на базі штучних нейронних мереж та розробку алгоритмів оптимізації управлінських рішень. Архітектура платформи включає інтегроване управління даними, модуль налаштування під специфічні умови господарств та блок підтримки прийняття рішень, що забезпечує циклічну адаптацію системи до зовнішніх та внутрішніх впливів.

Наукова новизна. Запропоновано новий підхід до управління агропромисловою економікою, що ґрунтується на синергії CALS-технологій із сучасними інформаційними системами. Розроблена математична модель дозволяє не лише прогнозувати зміни ключових показників (виробництво, якість продукції, ринковий попит), але й коригувати управлінські рішення в режимі реального часу. Інноваційність платформи полягає у використанні гібридних методів аналізу даних та інтеграції алгоритмів машинного навчання для підтримки прийняття оптимальних рішень.

Висновки. Отримані результати демонструють ефективність застосування розробленої платформи, що дозволяє адаптивно реагувати на зміни ринкових умов та підвищувати конкурентоспроможність агропромислових підприємств. Чисельне моделювання підтвердило можливість оптимізації виробничих процесів через циклічну корекцію інвестицій, що позитивно впливає на обсяг виробництва, якість продукції та рівень ринкового попиту. Запропонована система має високий потенціал для практичного впровадження в аграрному секторі, а також відкриває перспективи подальших досліджень у сфері цифровізації управління економічними процесами.

Ключові слова: інтелектуальна платформа, агропромислове управління, CALS-технології, диференціальні рівняння, нейронні мережі, цифрова трансформація, оптимізація виробництва.

Oleksii KRYSHAN, Oleksandr KOREN, Vsevolod BUDNIKOV, Viktoriya Byvsheva, Danylo SHVED.
INTELLIGENT PLATFORM FOR OPTIMIZING MANAGEMENT OF AGRO-INDUSTRIAL ECONOMY BASED ON CALS TECHNOLOGIES

Abstract. Research objective. Development of an intelligent platform for optimizing the management of the agro-industrial economy, which is based on CALS technologies and integrates modern approaches to the automation of data collection, processing and analysis. The research is aimed at creating a system that provides operational forecasting of

production processes, optimization of management decisions and adaptation to rapidly changing market conditions, which is a relevant task in the context of the digital transformation of the agricultural sector.

Methodology. The research used a comprehensive approach, including mathematical modeling of system dynamics using differential equations, development of an expert forecasting module based on artificial neural networks, and development of algorithms for optimizing management decisions. The platform architecture includes integrated data management, a configuration module for specific farm conditions, and a decision support unit that ensures cyclic adaptation of the system to external and internal influences.

Scientific novelty. A new approach to managing the agro-industrial economy is proposed, based on the synergy of CALS technologies with modern information systems. The developed mathematical model allows not only to predict changes in key indicators (production, product quality, market demand), but also to adjust management decisions in real time. The innovation of the platform lies in the use of hybrid methods of data analysis and the integration of machine learning algorithms to support optimal decision-making.

Conclusions. The results obtained demonstrate the effectiveness of the developed platform, which allows adaptively responding to changes in market conditions and increasing the competitiveness of agro-industrial enterprises. Numerical modeling confirmed the possibility of optimizing production processes through cyclical adjustment of investments, which positively affects the volume of production, product quality and the level of market demand. The proposed system has high potential for practical implementation in the agricultural sector, and also opens up prospects for further research in the field of digitalization of economic process management.

Key words: intellectual platform, agro-industrial management, CALS technologies, differential equations, neural networks, digital transformation, production optimization.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сучасних умовах агропромисловий комплекс переживає стрімкі трансформації, що спричинені інтеграцією цифрових технологій та зростаючою конкуренцією на внутрішньому та міжнародному ринках [1]. Інтелектуальна платформа, заснована на CALS-технологіях [2], відкриває нові можливості для оптимізації управлінських процесів, що дозволяє більш ефективно реагувати на зміни економічного середовища та потреби ринку.

Проблематика даного дослідження зосереджена на необхідності створення єдиної інтелектуальної платформи, здатної об'єднати сучасні CALS-технології для вирішення ключових управлінських завдань в агропромисловій сфері. Традиційні підходи, наприклад, [2], до управління стають все менш ефективними у зв'язку з динамічними змінами технологічного ландшафту, тому існує гостра потреба у впровадженні систем, що здатні забезпечити адаптивність, прогнозування та оперативне реагування на зовнішні та внутрішні виклики.

Зв'язок даної проблематики із сучасними науковими та практичними завданнями [3, 4] полягає у формуванні нових підходів до цифровізації економіки агропромислового комплексу, що можуть слугувати моделлю для інших галузей. Впровадження CALS-технологій у комплексне управління сприятиме підвищенню ефективності виробництва, зниженню витрат та збільшенню конкурентоспроможності підприємств, що має стратегічне значення для розвитку аграрного сектору в умовах глобальної економічної нестабільності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження у сфері цифровізації агропромислового комплексу свідчать про активну інтеграцію сучасних технологій управління даними, автоматизації виробничих процесів та аналітичних інструментів для підвищення ефективності підприємств [5]. Наукові публікації акцентують увагу на ролі інформаційних систем у створенні умов для прийняття оперативних управлінських рішень, проте часто не враховують специфіку аграрного сектора, де вплив зовнішніх факторів є надзвичайно значущим [6].

Дослідники [7] відзначають, що традиційні методи управління в агропромисловому комплексі не відповідають сучасним вимогам, пов'язаним із зростанням обсягів даних та необхідністю їхньої швидкої обробки. Останні публікації підкреслюють потенціал CALS-технологій як інструменту для інтеграції процесів планування, виробництва, логістики та контролю якості. Проте існує потреба в системному підході, який би об'єднав усі елементи управлінського ланцюга в єдину платформу.

Аналіз літератури свідчить про те, що окремі аспекти CALS-технологій вже успішно впроваджуються у виробничих процесах, але інтеграція цих технологій у єдину інтелектуальну платформу залишається недостатньо дослідженою [8]. Багато робіт зосереджено на технічних рішеннях окремих модулів, не розглядаючи комплексну синергію між ними, що може забезпечити більш ефективне управління всіма етапами виробництва та постачання продукції.

Ще одна нерозкритна проблема полягає в оптимізації алгоритмів обробки даних та прийняття рішень на основі великих обсягів інформації. Більшість досліджень не пропонують ефективних моделей для інтеграції традиційних підходів з сучасними інтелектуальними системами, що обмежує можливість прогнозування та своєчасного реагування на змінні умови ринку.

Крім того, актуальним залишається питання забезпечення сумісності між різними інформаційними системами та протоколами обміну даними. Це створює перешкоди для впровадження єдиних стандартів у цифровій трансформації агропромислового комплексу. Недостатня увага до аспектів кібербезпеки та захисту інформації також висвітлюється як ключова проблема, що потребує подальшого дослідження.

Отже, створення інтелектуальної платформи для оптимізації управління агропромисловою економікою на основі CALS-технологій вирішує ряд важливих питань: інтеграцію різних технологічних рішень в єдину систему, розробку сучасних алгоритмів для аналізу даних, забезпечення сумісності між різними системами та підвищення рівня кібербезпеки. Це дозволяє не лише покращити ефективність управління, а й створити основу для подальших наукових досліджень і практичних впроваджень у сфері цифровізації аграрного сектора.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є розробка інтелектуальної платформи, яка на базі CALS-технологій забезпечує інтегроване управління агропромисловою економікою, оптимізує процеси планування, виробництва та контролю якості, а також сприяє прийняттю своєчасних і ефективних управлінських рішень у відповідь на сучасні виклики ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Запропонована інтелектуальна платформа для оптимізації управління агропромисловою економікою базується на принципах CALS-технологій, що забезпечують безперервне отримання, обробку та обмін інформацією на всіх етапах життєвого циклу підприємства (рис. 1). Платформа інтегрує сучасні методи автоматизації, управління даними та підтримки прийняття рішень, що дозволяє підвищити оперативність та точність управлінських процесів, а також оптимізувати виробництво та збут продукції. Фрагмент-папка «Головне меню інтелектуальної платформи» наведено в таблиці 1.



Рис. 1. Структурна схема запропонованої інтелектуальної платформи

Архітектура платформи містить декілька ключових модулів. Серед першочергових – модуль інтегрованого управління даними, який поєднує інформацію з різних джерел: виробничих показників, ринкових тенденцій, кліматичних та природно-кліматичних характеристик регіонів. Такий модуль забезпечує єдине сховище даних, що є основою для аналізу та прийняття рішень. Важливу роль відіграють

CALS-технології, що дозволяють створювати цифрові моделі виробничих процесів і забезпечувати безперервне оновлення інформації.

Експертний модуль платформи призначений для підтримки ухвалення рішень. Він включає базу знань, алгоритми обробки даних, систему накопичення фактичної інформації та аналітичні інструменти, що дозволяє прогнозувати розвиток подій, оцінювати ризики та розробляти рекомендації щодо оптимізації технологічних процесів. Цей модуль адаптований до ширшого спектру агропромислових завдань, включаючи управління вирощуванням, переробкою та збутом продукції.

Для забезпечення гнучкості та адаптивності системи передбачено модуль налаштування, який бере до уваги специфічні умови кожного господарства, включаючи природно-кліматичні характеристики, особливості використовуваних технологій та структуру виробництва. Завдяки цьому модуль налаштування дозволяє адаптувати систему під конкретні умови аграрного підприємства, забезпечуючи ефективну інтеграцію всіх інформаційних потоків та підтримку керування в режимі реального часу.

Платформа передбачає розробку інтуїтивного інтерфейсу користувача, який поєднає всі функціональні модулі в єдину систему. Це дозволяє кінцевим користувачам – від операторів до керівників – оперативно отримувати доступ до необхідної інформації, аналізувати дані та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Через війну використання цієї інтелектуальної платформи сприяє підвищенню конкурентоспроможності агропромислового комплексу рахунок оптимізації процесів, поліпшення якості продукції і на зниження витрат за збереження високого ступеня адаптивності до умов ринку.

Таблиця 1

Головне меню запропонованої інтелектуальної платформи

АРМ птахівника	База даних	Експертна система	Генератор налаштування
Відтворення птиці	Породи птахів світу	Хвороби птахів за: віком, породами, видами Діагностика: лікування, профілактика	Природно-кліматичні характеристики районів та регіону
Технологія переробки продуктів птахівництва	Раціон годування	Блок накопичених фактичних даних: інформація щодо епізоотичної обстановки (0); можливі етіологічні чинники хвороби (1); характеристика збудника хвороби та патогенез (2)	Характеристика порід господарства
Яйце: упаковка, зберігання, збут	Технологія утримання та вирощування	Блок прийняття рішення порода та напрямок продуктивності; річна продуктивність; жива маса; % безпеки; % запліднюваності; % виведення курчат – маса яйця	Закупівля племінних порід
Менеджмент	Оцінка рішення	Рекомендації щодо оптимального відбору, вирощування та утримання птахів з використанням методів авібіомоніторингу	Монтаж та введення в експлуатацію птахофабрики
Маркетинг	Планування та контроль	Утилізація відходів птахівництва	–

Математична модель інтелектуальної платформи складається з декількох взаємопов'язаних компонентів, які описують динаміку системи, оцінку її ефективності та прийняття оптимальних управлінських рішень.

Позначимо вектор стану агропромислового підприємства як $X(t)$, який включає показники виробництва, ринкові дані, кліматичні та інші релевантні параметри. Динаміка зміни стану описується системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F(X(t), U(t), \xi(t)), \quad (1)$$

де $U(t)$ – вектор управлінських рішень, а $\xi(t)$ – вектор випадкових зовнішніх впливів (наприклад, ринкові коливання або погодні умови). Ця модель дозволяє у реальному часі відслідковувати та прогнозувати зміну стану системи.

Для оцінки ефективності управління формується цільова функція, яка характеризує вигоду від прийнятих рішень з урахуванням витрат:

$$J = \int_0^T [\alpha \cdot Q(X(t)) - \beta \cdot C(U(t))] dt, \quad (2)$$

де $Q(X(t))$ – функція, що описує якість та продуктивність виробництва, $C(U(t))$ – функція витрат, пов’язаних із впровадженням управлінських рішень, а α та β – вагові коефіцієнти, що визначають важливість відповідних компонентів. Максимізація J дозволяє знаходити оптимальний баланс між прибутковістю та витратами.

На основі отриманих даних з центральної бази та аналізу стану системи, експертний модуль формує рекомендації щодо управлінських рішень. Цей процес можна представити як розв’язання оптимізаційної задачі:

$$\max_{U(t) \in U} J, \quad (3)$$

при обмеженнях, що задаються ресурсними, технологічними та нормативними вимогами.

Для забезпечення адаптивного управління платформа включає блок інтелектуальної обробки даних, який аналізує історичні та поточні дані системи. Приймається $Z(t)$ – набір ознак, що формується на основі стану $X(t)$. Прогнозування здійснюється за допомогою функції

$$\hat{X}(t + \Delta t) = G(Z(t), \theta), \quad (4)$$

де $G(\bullet)$ – нелінійна функція (наприклад, модель машинного навчання), що використовує параметри θ для прогнозування майбутнього стану системи через проміжок часу Δt .

Результати прогнозування використовуються у блоці підтримки прийняття рішень. Приймається $D(t)$ – множина рекомендацій, яку генерує система, базуючись на прогнозованому стані $\hat{X}(t + \Delta t)$ та поточних умовах. Математично блок підтримки рішень описується як:

$$J = \arg \max_{U(t) \in U} \{ \alpha \cdot Q(\hat{X}(t + \Delta t)) - \beta \cdot C(U(t)) + \gamma \cdot R(D(t)) \}, \quad (5)$$

де $R(D(t))$ – функція, що оцінює додаткову вигоду від рекомендацій, а γ – коефіцієнт ваги цього критерію.

Усі блоки працюють у режимі безперервного циклу:

- модуль збору даних формує $X(t)$ та $Z(t)$;
- модуль прогнозування на основі $Z(t)$ генерує $\hat{X}(t + \Delta t)$;
- блок підтримки прийняття рішень аналізує $\hat{X}(t + \Delta t)$ та формує оптимальне управління $U^*(t)$, що максимізує цільову функцію J ;
- застосування $U^*(t)$ впливає на майбутній стан системи, і цикл повторюється.

У межах дослідження пропонується практичний чисельний приклад застосування розробленої інтелектуальної платформи (рис. 1) з інтегрованою інтелектуальною обробкою даних, прогнозуванням та блоком підтримки прийняття рішень.

Припускається, що система описується трьома основними показниками, які входять до вектора стану $X(t) = [P(t), Q(t), D(t)]$, де $P(t)$ – обсяг виробництва (одиниць продукції); $Q(t)$ – якісний індекс продукції (балів); $D(t)$ – ринковий попит (одиниць продукції). На початковий момент $t = 0$ встановлено (у тисячах одиниць): $P(0) = 1000$ (вироблено 1000 одиниць), $Q(0) = 80$ (індекс якості), $D(0) = 500$ (ринковий попит).

Управлінське рішення $U(t)$ визначає рівень інвестицій у автоматизацію та модернізацію (в грошових одиницях). Припускається, на $t = 0$ платформа спочатку рекомендує інвестицію $U(0) = 50$. При цьому необхідно враховувати вплив зовнішніх факторів $\xi(t)$, наприклад, позитивний ринковий імпульс, який приймається за $\xi(0) = +5$.

Для простоти застосовується дискретна модель зміни кожного показника за одиницю часу ($\Delta t = 1$), яка враховує вплив управлінського рішення, відхилення від оптимальних значень і зовнішні впливи:

1) Обсяг виробництва: $P(t + 1) = P(t) + 0.1 \cdot U(t) - 0.05 \cdot (P(t) - 1000) + \xi(t)$, де 1000 – бажаний обсяг виробництва;

2) Індекс якості продукції: $Q(t + 1) = Q(t) + 0.05 \cdot U(t) - 0.02 \cdot (Q(t) - 85)$, де 85 – цільове значення індексу якості.

3) Ринковий попит: $D(t + 1) = D(t) + 0.03 \cdot U(t) - 0.01 \cdot (D(t) - 500) + 0.5 \cdot \xi(t)$, де 500 – базовий рівень попиту.

Розрахунок на першій ітерації ($t = 0 \rightarrow t = 1$). За вихідними даними: $P(0) = 1000$, $Q(0) = 80$, $D(0) = 500$, $U(0) = 50$, $\xi(0) = +5$ розраховуються нові значення:

1) Обсяг виробництва: $P(1) = 1000 + 0.1 \cdot 50 - 0.05 \cdot (1000 - 1000) + 5 = 1000 + 5 + 0 + 5 = 1010$;

2) Індекс якості продукції: $Q(1) = 80 + 0.05 \cdot 50 - 0.02 \cdot (80 - 85) = 80 + 2.5 - 0.02 \cdot (-5) = 80 + 2.5 + 0.1 = 82.6$;

3) Ринковий попит: $D(1) = 500 + 0.03 \cdot 50 - 0.01 \cdot (500 - 500) + 0.5 \cdot 5 = 500 + 1.5 + 0 + 2.5 = 504$.

Отже, після першої ітерації система переходить у стан: $X(1) = [1010, 82.6, 504]$.

Блок інтелектуальної обробки використовує поточні дані $X(0)$ та формує набір ознак $Z(0)$. Модель прогнозування (наприклад, навчена методом зворотного поширення похибки із застосуванням оптимізатора Adam [9, 10] нейронна мережа прямого поширення архітектури 5–12–3, рис. 2) прогнозує стан на наступний період: $\hat{X}(1) = G(Z(0), \theta) \approx (1010, 82.6, 505)$, тобто, прогноз співпадає з фактичними розрахунками для демонстрації роботи системи.

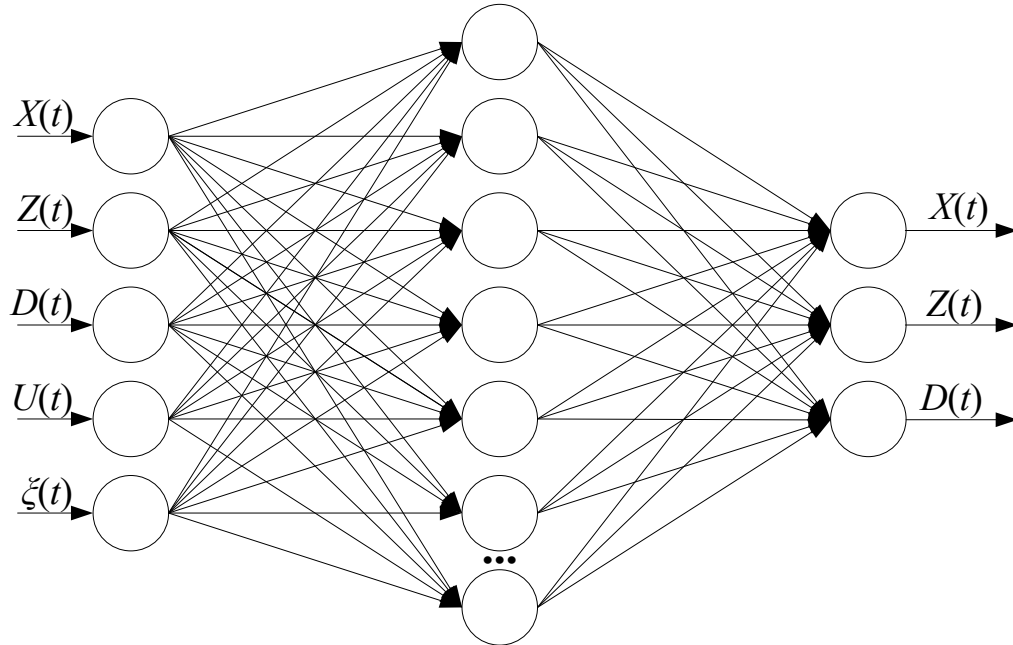


Рис. 2. Зовнішній вигляд розробленої мережі прямого поширення архітектури 5–12–3

На основі прогнозу $\hat{X}(1)$ система аналізує, чи задовольняє поточне управлінське рішення оптимальним критеріям (максимізація цільової функції, де враховано продуктивність і витрати). Якщо прогнозована динаміка показує позитивну тенденцію, система може рекомендувати невелике коригування інвестицій. Наприклад, аналіз може показати, що для подальшого зростання варто збільшити U на 10 %.

Отже, блок підтримки рішень рекомендує: $U^*(0) = 50 \cdot 1.1 = 55$.

На наступному кроці $t = 1$, використовуючи рекомендацію $U(1) = 55$ і, припускаючи, що інший зовнішній вплив $\xi(1) = +3$, перераховуються нові значення:

1) Обсяг виробництва: $P(2) = 1010 + 0.1 \cdot 55 - 0.05 \cdot (1010 - 1000) + 3 = 1010 + 5.5 - 0.05 \cdot 10 + 3 = 1010 + 5.5 - 0.5 + 3 = 1018$;

2) Індекс якості продукції: $Q(2) = 82.6 + 0.05 \cdot 55 - 0.02 \cdot (82.6 - 85) = 82.6 + 2.75 - 0.02 \cdot (-2.4) \approx 82.6 + 2.75 + 0.048 = 85.398$;

3) Ринковий попит: $D(2) = 504 + 0.03 \cdot 55 - 0.01 \cdot (504 - 500) + 0.5 \cdot 3 = 504 + 1.65 - 0.04 \cdot 4 + 1.5 \approx 504 + 1.65 - 0.04 + 1.5 = 507.11$.

Отже, стан системи на $t = 2$ стає: $X(2) \approx [1018, 85.40, 507.11]$.

За допомогою такого циклічного процесу платформа дозволяє адаптивно реагувати на зміни зовнішнього середовища та внутрішніх показників, що сприяє оптимізації управління агропромисловою економікою.

Отже, запропонована інтелектуальна платформа, що базується на CALS-технологіях, демонструє свою ефективність через інтеграцію модулів збору даних, інтелектуальної обробки та прогнозування, а також підтримки прийняття рішень, що дозволяє адаптивно оптимізувати управління агропромисловою економікою шляхом безперервного циклічного коригування управлінських рішень на основі аналізу поточного стану системи та прогнозування її розвитку, що підтверджується чисельним прикладом переходу від початкового стану до оптимізованого при збільшенні інвестицій.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

1. Запропоновано єдину інтелектуальну платформу на основі CALS-технологій для управління агропромисловою економікою, що дозволяє інтегрувати модулі збору, обробки даних, прогнозування та підтримки прийняття рішень.

2. Розроблено математичну модель з використанням диференціальних рівнянь, яка описує динаміку ключових показників (виробництво, якість продукції, ринковий попит) та дозволяє оптимізувати управлінські рішення в режимі реального часу.

3. Побудовано архітектуру платформи, що включає інтегрований модуль управління даними, експертний блок з прогнозуванням на основі нейронних мереж та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для кінцевих користувачів.

4. Проведено чисельне моделювання, яке продемонструвало ефективність платформи – адаптивна корекція інвестицій призвела до зростання обсягу виробництва, підвищення якості продукції та збільшення ринкового попиту.

5. Перспективи подальших розвідок даному напрямку:

- оптимізація методів обробки даних та алгоритмів прогнозування з використанням сучасних машинних алгоритмів для підвищення точності прийняття рішень;
- інтеграція додаткових параметрів та показників, що впливають на агропромислове виробництво, для більш комплексного аналізу і підтримки прийняття рішень;
- розробка стандартів сумісності між різними інформаційними системами та посилення заходів кібербезпеки для захисту інформації в умовах цифрової трансформації.

Список використаних джерел:

1. Дригола К. В., Вертелецька О. М., Бойко В. В. Агропромисловий комплекс України в контексті виходу на міжнародний ринок. *Економічний простір*. 2019. № 146. С. 5–19.
2. Волікова В. В. Управління конкурентоспроможністю продукції українських товаровиробників на світовому ринку. *Молодіжний економічний вісник ХНЕУ ім. С. Кузнеця* : електронний журнал. 2021. № 6. С. 39–43.
3. Кравець М. А., Гріхогодов М. С., Казакова Н. А. АПК України на сучасному етапі розвитку (стан і перспективи). *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2015. Вип. 13. Ч. 1. С. 22–28.
4. Дергалюк М. О. PEST-аналіз факторів зовнішнього впливу на розвиток АПК регіонів. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № (2(10)). С. 148–152.
5. Антонюк Г. Я., Панюра Г. Я. Проблеми розвитку АПК на сільських територіях Львівщини. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2013. Вип. 6 (104). С. 220–228.
6. Стоволос Н. Б. Модель формування загальнодержавної системи виробництва органічної продукції. *Вісник ЖДТУ. Серія : Економічні науки*. 2014. № 4 (70). С. 98–102.
7. Малік М. Й., Шпикуляк О. Г. Розвиток аграрного підприємництва в умовах інституціональних трансформацій. *Економіка АПК*. 2017. № 2. С. 5–16.
8. Козловський С. В., Козловський В. О., Бурлака О. М. Стійкість розвитку аграрної галузі регіону як чинник економічного зростання України. *Економіка України*. 2014. № 9(634). С. 59–73.
9. MLP (multi-layer perceptron) and RBF (radial basis function) neural network approach for estimating and optimizing 6-gingerol content in *Zingiber officinale* Rosc. in different agro-climatic conditions / M. Sahoo, S. Dey, S. Sahoo, A. Das, A. Ray, S. Nayak, E. Subudhi. *Industrial Crops and Products*. 2023. Vol. 198. 116658.
10. Souza P. R., Dotto G. L., Salau N. P. G. Artificial neural network (ANN) and adaptive neuro-fuzzy interference system (ANFIS) modelling for nickel adsorption onto agro-wastes and commercial activated carbon. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2018. Vol. 6. Iss. 6. P. 7152–7160.