

УДК 631.11

Ю. С. Семененко,
PhD (д. філос. з економіки), старший викладач кафедри економічної кібернетики
та інформатики, Західноукраїнський національний університет
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-8334-9766>

DOI: 10.32702/2306-6792.2025.22.138

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ КРІ

Y. Semenenko,
PhD in Economics, Senior Lecturer of the Department of Economic
Cybernetics and Informatics, West Ukrainian National University

INTELLIGENT METHODS FOR ANALYZING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES BASED ON KPI

Стаття присвячена дослідженню інтелектуальних методів аналізу ефективності аграрних підприємств на основі ключових показників ефективності як інструменту цифрового управління. У сучасних умовах нестабільності ринкового середовища, кліматичних ризиків і зростання вимог до раціонального використання ресурсів аграрні підприємства потребують гнучких і точних механізмів оцінювання своєї діяльності. Традиційні методи контролю ефективності, побудовані на статистичних показниках, не забезпечують належного рівня адаптивності та не враховують багатовимірність процесів виробництва й переробки. Саме тому актуальним є впровадження інтелектуальних систем, здатних аналізувати динаміку КРІ, прогнозувати зміни продуктивності та формувати обґрунтовані управлінські рішення.

У статті розкрито сутність і переваги використання КРІ як структурованої системи кількісних орієнтирів для комплексної оцінки діяльності аграрних підприємств. Запропоновано підхід до формування багаторівневої моделі КРІ, що охоплює економічні, технологічні, екологічні та організаційні складові ефективності. Обґрунтовано доцільність застосування інтелектуальних методів, зокрема алгоритмів машинного навчання, кластеризації та нечіткої логіки, для виявлення прихованих закономірностей у даних, визначення критичних факторів впливу та побудови інтегрального показника ефективності. Такий підхід дає змогу створити цифрову платформу оцінювання ефективності, що здатна самонавчатися на основі накопиченого досвіду.

Розроблена методична концепція включає послідовні етапи: формування системи КРІ, збір і нормування даних, інтелектуальну обробку показників, побудову кластерів підприємств за рівнем ефективності, а також прогнозування змін у ключових зонах ризику. Для реалізації аналітичного процесу пропонується поєднання методів регресійного аналізу, дерев рішень і нейронних мереж, що дозволяє забезпечити не лише оцінювання поточного стану підприємства, а й моделювання майбутніх сценаріїв його розвитку. Особлива увага приділяється створенню системи візуалізації результатів, яка спрощує інтерпретацію висновків та підвищує зручність використання інструментів аналізу на рівні менеджменту.

Застосування інтелектуальних методів у КРІ-аналізі сприяє переходу аграрних підприємств від реактивного до проактивного управління. Це означає, що рішення приймаються не лише за підсумками минулих періодів, а з урахуванням прогнозних моделей, які визначають потенційні відхилення ефективності. Такий підхід підвищує точність планування виробництва, оптимізує використання матеріальних і трудових ресурсів, а також мінімізує вплив зовнішніх ризиків. У результаті підприємство отримує можливість забезпечити стабільне зростання прибутковості, стійкість до ринкових коливань і більш раціональне використання природного потенціалу.

Інтелектуальні методи аналізу ефективності на основі KPI формують нову методологічну парадигму управління в аграрному секторі. Вони поєднують системність економічного аналізу, гнучкість цифрових технологій і аналітичну силу штучного інтелекту. Запропонований підхід сприяє створенню єдиного аналітичного середовища для стратегічного, тактичного та оперативного рівнів управління, де дані, знання й алгоритми утворюють самонавчальну систему підтримки управлінських рішень. Це відкриває нові можливості для підвищення продуктивності, енергоефективності та конкурентоспроможності аграрних підприємств у цифровій економіці.

The article is devoted to the study of intelligent methods for analyzing the efficiency of agricultural enterprises based on key performance indicators (KPI) as a tool of digital management. In the current conditions of market instability, climate risks, and increasing requirements for the rational use of resources, agricultural enterprises need flexible and accurate mechanisms for assessing their performance. Traditional efficiency control methods based on statistical indicators do not provide the necessary level of adaptability and do not take into account the multidimensional nature of production and processing processes. Therefore, the implementation of intelligent systems capable of analyzing KPI dynamics, forecasting productivity changes, and generating well-grounded management decisions becomes relevant.

The article reveals the essence and advantages of using KPI as a structured system of quantitative benchmarks for a comprehensive assessment of agricultural enterprises' performance. An approach is proposed for developing a multilevel KPI model that covers economic, technological, environmental, and organizational components of efficiency. The feasibility of applying intelligent methods-particularly machine learning algorithms, clustering, and fuzzy logic-is substantiated to identify hidden patterns in data, determine critical influencing factors, and build an integrated efficiency indicator. This approach makes it possible to create a digital performance evaluation platform capable of self-learning based on accumulated experience.

The developed methodological concept includes sequential stages: forming the KPI system, collecting and normalizing data, intelligent processing of indicators, clustering enterprises by efficiency level, and forecasting changes in key risk areas. To implement the analytical process, a combination of regression analysis, decision trees, and neural networks is proposed, which makes it possible not only to assess the current state of an enterprise but also to model future development scenarios. Particular attention is paid to the creation of a results visualization system, which simplifies the interpretation of conclusions and improves the usability of analytical tools at the management level.

The application of intelligent methods in KPI analysis promotes the transition of agricultural enterprises from reactive to proactive management. This means that decisions are made not only based on the results of past periods but also taking into account predictive models that identify potential deviations in efficiency. Such an approach increases the accuracy of production planning, optimizes the use of material and labor resources, and minimizes the impact of external risks. As a result, the enterprise gains the ability to ensure stable profitability growth, resilience to market fluctuations, and more rational use of natural potential.

Intelligent methods of efficiency analysis based on KPI form a new methodological paradigm of management in the agricultural sector. They combine the systematic nature of economic analysis, the flexibility of digital technologies, and the analytical power of artificial intelligence. The proposed approach contributes to the creation of a unified analytical environment for strategic, tactical, and operational management levels, where data, knowledge, and algorithms form a self-learning decision support system. This opens new opportunities for improving productivity, energy efficiency, and competitiveness of agricultural enterprises in the digital economy.

Ключові слова: Ключові показники ефективності, KPI, ефективність агропідприємств, модель KPI, інтелектуальні методи аналізу

Key words: Key performance indicators, KPI, efficiency of agricultural enterprises, KPI model, intelligent analysis methods

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

У сучасних умовах цифрової трансформації аграрного сектору особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності управління підприємствами, що функціонують у середовищі високої мінливості ринкових і природних факторів. Традиційні методи оцінювання ефективності, засновані на фінансових і виробничих

показниках, не враховують складної взаємодії економічних, технологічних, екологічних і соціальних чинників, які визначають стійкість аграрного виробництва. Вони дозволяють здійснювати контроль на основі минулих даних, але не забезпечують можливості оперативного прогнозування та виявлення тенденцій зміни ключових показників ефективності KPI. Це обмежує здатність підприємств своєчасно реагувати на виклики, пов'язані з коливаннями ринку, кліматичними ризиками чи змінами ресурсної бази.

У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інтелектуальних методів аналізу, здатних обробляти великі обсяги аграрних даних, виявляти приховані закономірності й формувати обґрунтовані управлінські рішення. Інтелектуальні системи аналізу КРІ відкривають можливість переходу від статичного моніторингу показників до динамічного управління ефективністю, що базується на прогнозах і аналітичних сценаріях розвитку. Їх застосування забезпечує новий рівень прозорості, об'єктивності та адаптивності в управлінні виробничими і переробними процесами.

Актуальним є комплексне дослідження інтелектуальних методів аналізу ефективності аграрних підприємств на основі КРІ, спрямоване на розробку методичних і прикладних підходів до побудови систем оцінювання, прогнозування й оптимізації діяльності.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченням питання використання інтелектуальних методів аналізу займається велика кількість Українських та Європейських вчених. Юлія Білоконська, Ганна Яйлимова, Богдан Яйлимов, Андрій Шелестов, Леонід Шумило та Микола Лавренюк досліджують використання нечіткої логіки та супутникових даних для підвищення точності класифікації стану посівів [1]. Роман Ярошук вивчає вплив цифрових технологій на підвищення ефективності аграрного виробництва [2]. Олена Шебаніна, Світлана Тищенко, Олександр Пархоменко, Іван Хилько та Володимир Крайній досліджують використання штучного інтелекту для підвищення економічної ефективності управління землекористуванням у сільськогосподарському секторі [3]. Ірина Макалюк, Тетяна Кашпуренко та Максим Баранніков досліджують становище підприємств аграрного сектору України в умовах війни загалом [4]. Проте питання використання інтелектуальних методів аналізу ефективності аграрних підприємств залишається актуальним та потребує подальшого дослідження.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є дослідження теоретичних і прикладних аспектів використання інтелектуальних методів аналізу ефективності аграрних підприємств на основі ключових показників ефективності як інструменту підвищення результативності цифрового управління в аграрному секторі. У роботі розглядаються наукові підходи до поєднання системи КРІ з методами

штучного інтелекту, машинного навчання та аналітики даних для комплексної оцінки стану підприємств і прогнозування їх розвитку. Особлива увага приділяється побудові методичної моделі інтеграції КРІ-аналізу в інтелектуальні аналітичні системи, оцінці впливу таких технологій на точність вимірювання ефективності, швидкість обробки даних і рівень обґрунтованості управлінських рішень. Дослідження спрямоване на формування концептуальної основи створення адаптивних цифрових платформ управління ефективністю аграрних підприємств, що забезпечують підвищення продуктивності, стійкості та конкурентоспроможності у цифровій економіці.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Цифровізація аграрного сектору створює нові вимоги до системи управління ефективністю. Вона перетворює господарські процеси на динамічні, взаємопов'язані структури, які потребують постійного моніторингу. Класичні форми економічного аналізу втрачають здатність забезпечувати своєчасну оцінку стану підприємства. Ринкові коливання, зміна кліматичних умов і нерівномірність доступу до ресурсів формують ситуацію постійної невизначеності. В таких умовах ефективність стає не лише результатом, а й засобом адаптації підприємства до цифрової економіки. Підприємства, що не впроваджують сучасних механізмів аналітики, поступово втрачають конкурентоспроможність. Тому актуальність оцінювання ефективності визначається не тільки потребою у звітності, а й здатністю системи управління швидко виявляти проблеми, прогнозувати тенденції та підтримувати стійкий розвиток. У цифровій економіці аналіз ефективності трансформується з періодичної процедури у безперервний процес, який поєднує дані, алгоритми та управлінські рішення в єдину аналітичну систему.

Ключові показники ефективності формують основу цифрового управління підприємством. Вони дозволяють перетворити інформацію про діяльність у систему кількісних орієнтирів. Через КРІ здійснюється узгодження стратегічних і операційних рішень, а також контроль досягнення цілей. На відміну від традиційних економічних показників, КРІ відображають не лише результат, а й процес його досягнення. Вони створюють механізм порівняння між підрозділами, періодами та підприємствами. Для аграрного сектору це особливо важливо через залежність від природних, технологічних і ринкових чинників. КРІ

забезпечують об'єктивну основу для оцінювання продуктивності, використання ресурсів і рівня організаційної гнучкості. У сучасних цифрових системах показники ефективності інтегруються з аналітичними платформами, що дозволяє автоматизувати розрахунки, відстежувати відхилення та генерувати рекомендації. Такий підхід формує культуру управління, засновану на даних і вимірюваних результатах.

Традиційні методи оцінювання ефективності спираються на фіксовані коефіцієнти, середні показники й ретроспективні дані. Вони відображають минулі результати, але не дають змоги передбачати майбутні зміни. У сучасному аграрному виробництві така обмеженість знижує точність аналізу та уповільнює реакцію на ризики. Дані стають надто об'ємними й різномірними, тому ручна обробка втрачає ефективність. Методи, що не враховують часову динаміку або взаємозв'язок показників, спрощують реальну картину діяльності підприємства. У результаті управлінські рішення приймаються із запізненням і не враховують системних закономірностей. Інтелектуальні підходи долають ці обмеження, оскільки здатні виявляти приховані залежності, моделювати складні взаємозв'язки та адаптуватися до змін середовища. Вони дозволяють створювати аналітичні моделі, що не лише оцінюють ефективність, а й формують прогноз її розвитку. Такий підхід перетворює аналіз на активний елемент управління, який забезпечує точність, швидкість і обґрунтованість рішень.

Ефективність підприємства є узагальненою характеристикою результативності його діяльності з урахуванням витрачених ресурсів. У класичних економічних теоріях ефективність розглядалася як співвідношення результату до затрат, що визначає економічну доцільність функціонування системи. Такий підхід залишається фундаментальним, але в сучасній економіці він доповнюється критеріями стійкості, гнучкості та інноваційності. У межах системного підходу підприємство розглядається як відкрита динамічна система, ефективність якої формується під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. У цифровій економіці на перший план виходить здатність підприємства до адаптації, управління знаннями й оптимізації інформаційних потоків. Тому оцінювання ефективності дедалі частіше базується не лише на фінансових показниках, а й на індикаторах технологічного, організаційного та соціального розвитку. В сучасних дослідженнях ефективність трактується як результат взаємодії економічних і управлінських механізмів, які забезпечу-

ють максимізацію вартості підприємства через раціональне використання даних і технологій.

Ключові показники ефективності стають основним інструментом управління в аграрному виробництві, де висока мінливість середовища потребує постійного контролю результатів. КРІ дозволяють створити прозору систему спостереження за діяльністю підприємства та формують кількісну основу для управлінських рішень. У цифровій економіці вони стають сполучною ланкою між аналітикою даних і практикою управління. Показники ефективності дають змогу перетворити розрізнені дані про виробництво, ресурси та прибутковість у цілісну картину стану підприємства. На їх основі будується система моніторингу, яка відстежує відхилення від планових значень і визначає причини неефективності. Для аграрних підприємств КРІ мають особливе значення, оскільки відображають не лише економічний результат, а й рівень технологічної дисципліни, використання земельних і трудових ресурсів, стан екологічної безпеки. У цифрових умовах КРІ інтегруються в аналітичні платформи, що забезпечує автоматичне оновлення даних і підвищує точність оцінок. Це формує новий тип управління, де рішення приймаються на основі фактів і прогнозів, а не інтуїтивних оцінок.

Інтелектуальні методи аналізу в економіці формують систему підходів, що поєднують обчислювальні технології з аналітичним мисленням. Вони розвиваються у трьох взаємопов'язаних напрямках — аналітичному, прогностичному та оптимізаційному. Кожен із них має власні інструменти, які разом створюють повний цикл інтелектуального аналізу даних.

Аналітичний напрям ґрунтується на методах кластеризації, кореляційного аналізу та дерева рішень. Його мета — впорядкування даних, пошук закономірностей і визначення типових моделей поведінки підприємств. Цей рівень формує базу для подальшої аналітичної обробки та є основою побудови інтегральних показників ефективності.

Прогностичний напрям реалізується через алгоритми машинного навчання та нейронні мережі. Вони моделюють динаміку показників, відображають нелінійні зв'язки між ними та створюють основу для передбачення змін ефективності. Цей рівень аналітики дозволяє перейти від оцінювання минулих результатів до прогнозування майбутніх тенденцій.

Оптимізаційний напрям представлений еволюційними алгоритмами, нечіткою логікою та байєсівськими моделями. Він орієнтований на

пошук найкращих рішень у багатофакторному середовищі, де дані неповні або суперечливі. Завдяки цим методам формується адаптивна модель управління, здатна самостійно коригувати параметри за результатами аналізу.

Поєднання трьох напрямів створює ієрархію інтелектуального аналізу. На нижньому рівні відбувається обробка даних, на середньому — моделювання закономірностей, на верхньому — оптимізація управлінських рішень. Така структура дає змогу відобразити інтелектуальні методи у вигляді системної моделі, де інформаційні потоки переходять від опису до прогнозу, а потім до вибору рішень.

Сучасна тенденція полягає у створенні гібридних систем, що поєднують кілька методів в єдиній аналітичній архітектурі. Вони утворюють цифрове середовище, здатне інтегрувати КРІ-аналітику з процесами управління. Така еволюція методів формує основу для побудови інтелектуальних систем оцінювання ефективності аграрних підприємств і дозволяє візуалізувати зв'язки між даними, моделями та управлінськими діями.

Інтеграція КРІ-аналітики з технологіями штучного інтелекту змінює саму природу управління ефективністю аграрного підприємства. Якщо традиційна аналітика зосереджена на підрахунку показників і порівнянні результатів, то інтелектуальна система створює динамічне середовище, у якому дані постійно оновлюються, аналізуються й формують основу для автоматизованих рішень. Штучний інтелект не лише обробляє інформацію, а й виявляє приховані взаємозв'язки між показниками, навчаючись на основі історичних спостережень. Це забезпечує глибше розуміння факторів, які впливають на зміну ефективності.

Концептуально така інтеграція базується на трьох взаємопов'язаних рівнях. Перший рівень — інформаційний, де здійснюється збір і очищення даних КРІ із внутрішніх і зовнішніх джерел. Другий — аналітичний, у якому штучний інтелект здійснює моделювання залежностей між показниками, оцінює тренди й прогнозує зміни ефективності. Третій рівень — управлінський, що використовує результати аналітики для корекції стратегій і формування оптимальних сценаріїв діяльності. Завдяки цьому КРІ стають не лише індикаторами результатів, а й основою для проактивного управління.

У межах цієї концепції формується цифрова аналітична платформа, яка поєднує бази даних, алгоритмічні модулі та засоби візуалізації (рис. 1). Вона здатна самостійно визначати відхилення, прогнозувати наслідки управлінсь-

ких рішень і генерувати рекомендації. Такий підхід створює безперервний цикл "дані — аналіз — дія — зворотний зв'язок". У цьому циклі аналітика КРІ перетворюється на інструмент прогнозування й оптимізації, а штучний інтелект забезпечує її адаптивність і точність. Інтеграція цих технологій стає основою формування цифрових двійників аграрних підприємств, де кожна зміна показників одразу відображається у моделі управління.

Машинне навчання є ядром інтелектуальної аналітики, яка працює з показниками ефективності. Воно забезпечує здатність системи самостійно виявляти закономірності у великих наборах даних, що часто є неоднорідними, неповними або нечіткими. У контексті КРІ ці алгоритми виконують кілька ключових функцій — класифікацію підприємств, виявлення факторів впливу та прогнозування змін у рівні ефективності.

Кластеризація використовується для групування підприємств за схожими профілями КРІ. Вона дозволяє виділити типові моделі ефективності та знайти відхилення від середніх значень. Такі результати дають змогу виявити сильні й слабкі сторони підприємства, визначити потенціал розвитку та вибудувати реалістичні орієнтири. Алгоритми дерева рішень створюють логічну структуру взаємозв'язків між показниками. Вони відображають, як зміна одного параметра впливає на загальну ефективність, і допомагають формувати управлінські сценарії. Нейронні мережі застосовуються для глибокого аналізу, коли між показниками існують складні нелінійні залежності. Вони здатні прогнозувати зміну КРІ з урахуванням прихованих факторів, які неможливо визначити класичними методами.

Комбінація цих алгоритмів створює аналітичну архітектуру, що поєднує діагностику, прогнозування та навчання системи. Вона дозволяє оцінювати ефективність у реальному часі, формувати персоналізовані стратегії управління та моделювати наслідки прийнятих рішень. У результаті машинне навчання перетворює КРІ із засобу вимірювання на динамічний механізм аналітичного передбачення. Такий підхід робить оцінку ефективності аграрних підприємств точнішою, адаптивнішою та більш релевантною до реальних умов функціонування.

Аграрна економіка характеризується високим рівнем невизначеності, тому дані, що використовуються для оцінювання ефективності, часто мають неповний, неточний або суб'єктивний характер. Нечітка логіка дозволяє працю-

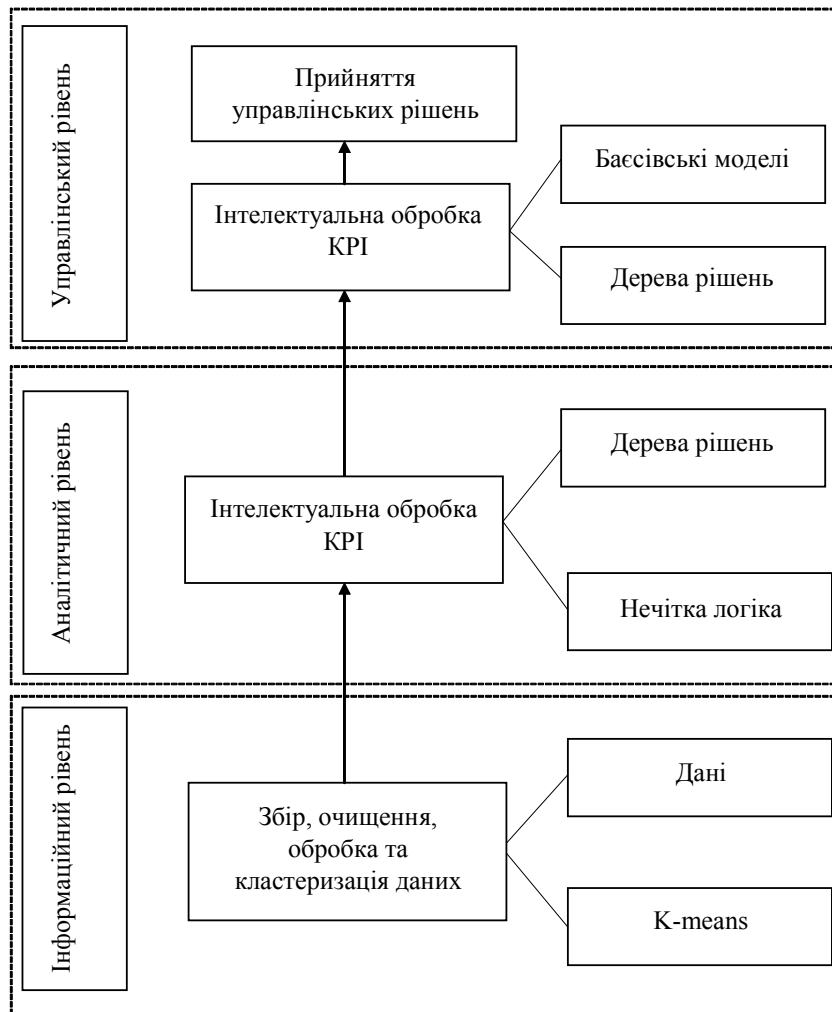


Рис. 1. Структурна модель інтелектуального аналізу ефективності підприємства на основі КРІ

вати з такими даними без втрати достовірності висновків. Вона замінює бінарні оцінки на багатозначні, описуючи реальні економічні явища через ступінь належності до певного рівня ефективності. Це робить можливим аналіз ситуацій, де традиційні математичні методи не дають точного результату.

У межах КРІ-аналітики нечітка логіка дозволяє інтерпретувати якісні показники, наприклад рівень організаційної гнучкості чи якість управління, у кількісній формі. Модель розподіляє значення КРІ за шкалою лінгвістичних змінних — "низький", "середній", "високий" рівень і надає кожному значенню певну вагу. Це створює можливість об'єднати кількісні й якісні параметри в єдиній системі. Результатом є більш гнучке й реалістичне оцінювання ефективності, яке відображає не лише цифри, а й контекст їх формування.

Інтегральний показник ефективності є узагальненою оцінкою стану підприємства, що формується на основі багатовимірних

КРІ. Його побудова в межах інтелектуального аналізу ґрунтується на поєднанні кількох аналітичних методів. На першому етапі здійснюється кластеризація показників і визначення їхніх групових ваг. На другому — застосовуються алгоритми дерева рішень або регресійного аналізу, що визначають вплив кожного показника на загальний рівень ефективності. На завершальному етапі нейронна мережа формує нелінійну інтеграційну функцію, яка враховує взаємозалежність між показниками.

Отриманий інтегральний індекс дозволяє не лише порівнювати підприємства за рівнем ефективності, а й відстежувати зміни у часі. Він виступає цифровим маркером стану системи, який реагує на навіть незначні коливання у виробничих чи фінансових процесах. Завдяки інтелектуальній обробці даних інтегральний показник набуває властивостей адаптивності, тобто може оновлюватися автоматично зі зміною базових КРІ. Це створює основу для по-

стійного моніторингу ефективності без додаткового ручного втручання.

Аналітична модель інтелектуального оцінювання об'єднує всі етапи роботи з даними в єдину систему. Вона має послідовну логіку — збір інформації, кластеризація, моделювання, інтеграція показників та формування управлінських висновків. Її структура поєднує модулі машинного навчання, нечіткої логіки та оптимізаційних алгоритмів. Така модель не просто розраховує показники, а створює інтелектуальний простір прийняття рішень. Кожен модуль взаємодіє з іншими, утворюючи зворотні зв'язки, які забезпечують навчання системи та підвищення точності прогнозів.

Модель дозволяє переходити від простого спостереження до управління на основі даних. Її головна функція полягає у виявленні тенденцій, що формують рівень ефективності, та визначенні точок впливу, де управлінське втручання дає максимальний ефект. В аналітичній моделі КРІ виступають не окремими показниками, а елементами інтегрованої системи, яка описує підприємство як адаптивну соціоекономічну мережу. Це створює основу для побудови цифрового двійника підприємства, який відображає його поведінку у реальному часі та забезпечує проактивне управління ефективністю.

Архітектура аналітичної системи інтелектуального аналізу ефективності базується на принципі наскрізної інтеграції даних, алгоритмів і управлінських процесів. Вона має багаторівневу структуру, у якій кожен компонент виконує окрему функцію, але всі разом формують замкнений цикл аналізу та прийняття рішень. Основу архітектури становить потік даних, що проходить три послідовні етапи — вхід, інтелектуальна обробка, візуалізація результатів. Кожен із них формує власний інформаційний шар системи та взаємодіє з іншими у реальному часі.

На етапі вхідних даних система отримує інформацію з різних джерел — облікових систем, сенсорних мереж, геоінформаційних платформ і виробничих звітів. Дані проходять автоматичну фільтрацію, очищення та нормування, що забезпечує їх придатність до подальшого аналізу. Особливість цього етапу полягає у стандартизації показників КРІ — усі дані перетворюються до єдиної системи координат, що дозволяє зіставляти різні параметри ефективності між собою. Структуровані дані надходять у сховище, де формуються динамічні набори для машинного аналізу.

Етап обробки є центральним ядром архітектури. Тут реалізуються алгоритми машинного навчання, нейронні мережі, дерева рішень і модулі нечіткої логіки. Їх взаємодія створює гібридну систему, здатну не лише аналізувати дані, а й адаптуватися до їхніх змін. На цьому рівні відбувається класифікація підприємств, побудова інтегрального показника ефективності та прогнозування майбутніх тенденцій. Результати аналізу надходять до аналітичної бази знань, де фіксуються виявлені закономірності, сценарії та рекомендації. Цей шар архітектури забезпечує системі властивості самонавчання, коли кожен новий цикл аналізу підвищує точність оцінок.

Заключним етапом є візуалізація результатів, яка перетворює числові масиви у зрозумілі графічні форми. Для цього використовуються інтерактивні дашборди, карти ефективності та графі залежностей між показниками. Користувач отримує не лише показники, а й пояснення причин їх змін, що дає змогу оперативно реагувати на ризики. Візуалізація виконує подвійну функцію — інтерфейсну, оскільки забезпечує зручність сприйняття, і стратегічну, оскільки формує основу для управлінських рішень. Архітектура аналітичної системи таким чином створює цілісний цикл, дані переходять у знання, знання — у рішення, а результати управління повертаються в систему як нові вхідні сигнали для аналізу.

Побудова моделі інтелектуального аналізу ефективності підприємства є послідовним процесом, у якому кожен етап формує підґрунтя для наступного. Збір даних охоплює акумуляцію кількісних і якісних показників, що характеризують різні аспекти діяльності аграрного підприємства. Інформація надходить із внутрішніх систем обліку, цифрових сенсорів, ринкових баз та зовнішніх відкритих джерел. Основне завдання цього етапу — забезпечення репрезентативності даних та їх відповідності структурі ключових показників ефективності. Паралельно здійснюється перевірка на повноту, достовірність і часову узгодженість, що дає змогу уникнути спотворення результатів подальшого аналізу.

Етап нормування передбачає перетворення зібраних даних до єдиного масштабу та усунення різниці між одиницями виміру. У процесі використовуються методи стандартизації та перерахунку, які дають змогу порівнювати показники різних типів і масштабів. Для якісних параметрів застосовується нечітка логіка, що переводить експертні оцінки у числову форму. Нормування створює умови для об'єктивного

порівняння ефективності різних підрозділів або підприємств без впливу структурних і галузевих відмінностей.

Аналітичний етап є центральним у моделі. Він охоплює кластеризацію підприємств за рівнем ефективності, побудову дерев рішень для виявлення факторів впливу, формування інтегрального показника та моделювання сценаріїв розвитку. Алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та регресійні методи забезпечують здатність системи виявляти закономірності, що не піддаються лінійному опису. Результатом аналізу є система знань про взаємозв'язки між КРІ, яка слугує основою для прогнозування. На завершальному етапі створюється прогностична модель, здатна оцінювати динаміку показників у часовій перспективі. Вона визначає напрямки змін ефективності, враховує ризики та можливі відхилення. Цей етап формує вихідний масив даних для управлінських рішень і створює підґрунтя для системи підтримки рішень у режимі реального часу.

Цифрова платформа є інфраструктурним ядром інтелектуального аналізу ефективності. Вона забезпечує інтеграцію усіх компонентів системи — від збору та зберігання даних до їхньої інтерпретації і передачі результатів користувачеві. Платформа поєднує бази даних, аналітичні модулі, інтерфейси користувача та сервіси візуалізації. Її архітектура побудована за принципом відкритої взаємодії, що дозволяє підключати зовнішні джерела інформації, додаткові алгоритмічні модулі та інструменти штучного інтелекту.

Інтеграція КРІ-аналітики у платформу відбувається через створення уніфікованої системи метрик. Кожен показник має власний формат, вагу та алгоритм оновлення, а система автоматично синхронізує їх між модулями. Це забезпечує узгодженість інформаційних потоків і стабільність результатів аналізу. Платформа підтримує модульність, завдяки чому аналітичні інструменти можна розширювати або адаптувати до специфіки підприємства. Вона також містить підсистему доступу, яка забезпечує багаторівневу взаємодію користувачів — від операційного персоналу до стратегічного менеджменту.

Важливою властивістю цифрової платформи є можливість інтеграції з системами ERP, CRM та геоінформаційними модулями. Така взаємодія створює єдине інформаційне середовище, у якому КРІ стають не лише індикаторами ефективності, а й активним інструментом управління. Через платформу користувачі отримують динамічні дашборди, карти ефектив-

ності, прогностичні сценарії та автоматизовані рекомендації. Вона забезпечує прозорість управління, прискорює прийняття рішень і підвищує точність оцінювання. У підсумку цифрова платформа перетворює КРІ-аналітику з набору показників на адаптивну екосистему, здатну підтримувати процеси стратегічного, тактичного й оперативного управління аграрним підприємством.

Візуалізація результатів є завершальним етапом інтелектуального аналізу ефективності, який забезпечує перетворення складних аналітичних моделей у наочну, інтерпретовану форму. Її головна функція полягає в тому, щоб зробити дані зрозумілими для управлінців різних рівнів, зберігаючи аналітичну точність і контекст. Для цього застосовуються інтерактивні панелі моніторингу, графічні звіти, карти ефективності та теплові діаграми. Вони відображають динаміку КРІ, порівняльні рейтинги, рівні ризиків і прогностичні сценарії.

Система візуалізації має двошарову логіку. На першому рівні формується оперативна аналітика, орієнтована на контроль щоденних процесів. Вона відображає стан основних показників у реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на відхилення. На другому рівні функціонує стратегічна аналітика, у межах якої узагальнюються результати періодичного аналізу та прогнозування. Вона показує загальні тенденції зміни ефективності, структуру витрат, рівень використання ресурсів і потенціал зростання. Завдяки цьому керівництво може оцінити не лише поточну ситуацію, а й напрями розвитку підприємства.

Формування управлінських рекомендацій ґрунтується на синтезі результатів машинного аналізу, моделювання ризиків і прогностичних оцінок. Інтелектуальна система перетворює аналітичні висновки на конкретні дії, пропонуючи можливі сценарії рішень і оцінюючи їх наслідки. Рекомендації формуються у вигляді параметричних індикаторів — наприклад, допустимого рівня витрат, оптимального обсягу виробництва або очікуваного рівня прибутковості. Для управлінця це означає перехід від аналізу до практичної дії, коли рішення ухвалюється не інтуїтивно, а на основі об'єктивних даних і прогнозів.

Інтеграція візуалізації з системою підтримки рішень створює адаптивне середовище управління. Кожне рішення, прийняте на основі рекомендацій системи, впливає на подальшу структуру даних, формуючи зворотний зв'язок. Це дозволяє системі самонавчатися та підвищувати точність оцінок у наступних циклах

аналізу. Візуалізація і рекомендації стають спільним контуром, де аналітика переходить у практику управління, забезпечуючи узгодженість між даними, моделями й управлінськими діями.

Самонавчання є ключовим елементом інтелектуальної аналітичної системи, що забезпечує її здатність до постійного вдосконалення без прямого втручання користувача. Основою цього механізму виступають історичні дані, у яких накопичено досвід функціонування підприємства, зміни показників КРІ та результати управлінських рішень. Система аналізує ці дані, визначає закономірності між подіями, оцінює ефективність прийнятих рішень і поступово коригує власні аналітичні алгоритми. У такий спосіб вона адаптується до нових умов середовища й підвищує точність прогнозів.

Процес самонавчання відбувається за циклічною схемою. На першому етапі система накопичує масиви історичних показників, що охоплюють виробничі, фінансові, екологічні та організаційні параметри. Потім здійснюється перевірка якості даних і побудова вибірок для навчання. На другому етапі модулі машинного навчання проводять переоцінку вагових коефіцієнтів моделей, визначаючи, які фактори мали вирішальний вплив на зміну ефективності. Далі відбувається корекція нейронних зв'язків у мережевих структурах, що дозволяє адаптувати прогностичну модель до поточних тенденцій.

На етапі тестування система перевіряє результати нового навчання на контрольних вибірках, порівнюючи точність прогнозів із попередніми періодами. Якщо похибка зменшується, модель зберігає оновлені параметри, якщо ні — алгоритм повторно проходить цикл оптимізації. Таким чином, відбувається еволюційне вдосконалення системи без необхідності ручного коригування. У процесі навчання система не лише уточнює ваги окремих КРІ, а й здатна виявляти нові приховані залежності між показниками, що не були враховані на початкових етапах аналізу.

Результатом самонавчання є підвищення аналітичної стійкості системи та зниження ризику помилкових управлінських рішень. Кожна нова ітерація роботи системи збагачує її базу знань, перетворюючи історичні дані на джерело інтелектуального досвіду. Це дозволяє системі функціонувати як адаптивний організм, здатний реагувати на зміни середовища, оновлювати власні моделі та підвищувати рівень достовірності прогнозів. Механізм самонавчання забезпечує сталий розвиток ана-

літичної платформи й формує основу для створення цифрового двійника підприємства, який здатен відтворювати та передбачати його поведінку у реальному часі.

Інтелектуальні методи аналізу ефективності на основі КРІ формують нову методологію управління аграрними підприємствами. Їх перевага полягає у поєднанні точності цифрової аналітики з гнучкістю адаптивних алгоритмів. Система, що побудована на таких правилах, не лише оцінює стан ефективності, а й постійно вдосконалює власні моделі на основі нових даних. Вона перетворює інформаційні потоки підприємства на аналітичну базу для прийняття обґрунтованих рішень, підвищуючи рівень прозорості та швидкість управлінських реакцій.

Розроблена архітектура аналітичної системи демонструє можливість створення цілісного механізму оцінювання, який об'єднує збір даних, інтелектуальну обробку, візуалізацію та формування рекомендацій. Її впровадження забезпечує перехід від реактивного управління до проактивного, коли рішення ґрунтуються не лише на звітних даних, а на прогнозах і сценаріях розвитку. У підсумку така система сприяє підвищенню ефективності, стійкості та конкурентоспроможності аграрних підприємств у цифровій економіці.

ВИСНОВКИ

Застосування інтелектуальних методів аналізу ефективності на основі ключових показників ефективності є одним із найперспективніших напрямів цифрової трансформації аграрного управління. Поєднання КРІ-аналітики з технологіями штучного інтелекту дозволяє перейти від описового контролю результатів до динамічного управління ефективністю, яке реагує на зміни зовнішнього середовища в режимі реального часу. Такий підхід забезпечує глибшу аналітичну інтерпретацію показників, формує передумови для автоматизованого прогнозування та створює основу для розвитку адаптивних систем підтримки управлінських рішень.

Розроблена трирівнева модель інтелектуального аналізу об'єднує інформаційні, аналітичні та управлінські компоненти в єдину логічну структуру. На рівні даних відбувається їх збір і кластеризація, на аналітичному — формування інтегрального показника ефективності, а на управлінському — вироблення рішень і моделювання сценаріїв. Особливе значення має механізм самонавчання системи, який забезпечує її здатність до адаптації та

підвищення точності оцінювання на основі історичних даних. Це надає системі властивостей еволюційного розвитку та стійкості до зовнішніх змін.

Практичне значення дослідження полягає у створенні методичного підґрунтя для впровадження цифрових платформ аналітичного управління в аграрному секторі. Запропонована архітектура може бути основою для розроблення корпоративних інформаційних систем, які поєднують КРІ-моніторинг, інтелектуальну обробку даних і модулі прогнозування. Її використання сприятиме зниженню ризиків, оптимізації витрат і підвищенню конкурентоспроможності підприємств. У перспективі розвиток таких систем дозволить створити цифрових двійників аграрних підприємств, здатних самостійно аналізувати, прогнозувати й оптимізувати власну діяльність, забезпечуючи стабільне зростання ефективності у цифровій економіці.

Література:

1. Bilokonska, H. Yailymova, B. Yailymov, A. Shelestov, L. Shumilo and M. Lavreniuk, "Losses Assessment for Winter Crops Based on Satellite Data and Fuzzy Logic," 2020 IEEE 5th International Symposium on Smart and Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), Dortmund, Germany, 2020, pp. 1—5.

2. Ярошук, Р. (2024). Вплив цифрових технологій на підвищення ефективності аграрного виробництва. Економіка та суспільство, (68)

3. Shebanina, O., Tyshchenko, S., Parkhomenko, O., Khylo, I., & Krainii, V. (2025). Application of artificial intelligence to improve the economic efficiency of land use management in the agricultural sector. *Ekonomika APK*, 32(1), 82—90

4. Макалюк, І., Кашпуренко, Т., & Баранников, М. (2023). Становище підприємств аграрного сектору України в умовах війни: фінансово-інвестиційні аспекти. *Економіка та суспільство*, (49).

References:

1. Bilokonska, H., Yailymova, B., Yailymov, A., Shelestov, A., Shumilo, L. and Lavreniuk, M. (2020), "Losses assessment for winter crops based on satellite data and fuzzy logic", *Proceedings of the 2020 IEEE 5th International Symposium on Smart and Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS)*, Dortmund, Germany, pp. 1—5.

2. Yaroshchuk, R. (2024), "The impact of digital technologies on improving the efficiency of agricultural production", *Economy and Society*, vol. (68).

3. Shebanina, O., Tyshchenko, S., Parkhomenko, O., Khylo, I. and Krainii, V. (2025), "Application of artificial intelligence to improve the economic efficiency of land use management in the agricultural sector", *Ekonomika APK*, vol. 32 (1), pp. 82—90.

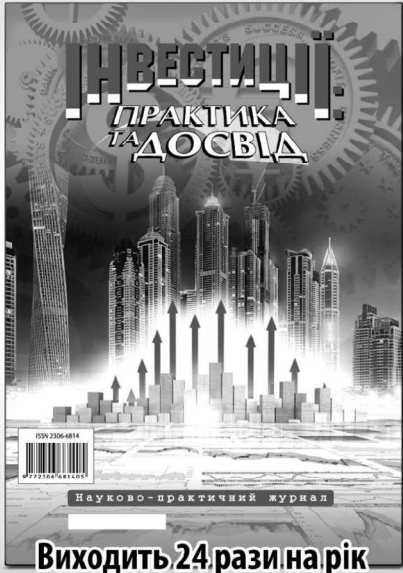
4. Makalyuk, I., Kashpurenko, T. and Baranikov, M. (2023), "The situation of agricultural enterprises in Ukraine during wartime: financial and investment aspects", *Economy and Society*, vol. (49).

Стаття надійшла до редакції 06.11.2025 р.

ІНВЕСТИЦІЇ.

ПРАКТИКА ТА ДОСВІД

<https://nayka.com.ua>



Науково-практичний журнал

Виходить 24 рази на рік

Передплатний індекс: 23892

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

ЕКОНОМІЧНИХ НАУК та ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ

(Наказ Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020)

Спеціальності - 051, 071, 072, 073, 075, 076, 281, 292