



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.4.141>

УДК 38.43:330.46:339.9

П. В. Скотний,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри математики та економіки,
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8150-8946>*

*Б. Я. Зварич,
аспірант,*

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9444-0257>*

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

P. Skotnyy,

*PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Mathematics and Economics,
Ivan Franko State Pedagogical University of Drohobych*

B. Zvarych,

Postgraduate student, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

METHODOLOGICAL APPROACHES TO MODELING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION TRANSFORMATIONS

У статті розглядаються методичні підходи до моделювання економічної ефективності аграрного виробництва в умовах євроінтеграційних трансформацій. Актуальність дослідження зумовлюється зростанням ролі аграрного сектору у забезпеченні економічного розвитку, продовольчої безпеки та експортного потенціалу України. В умовах інтеграції до європейського економічного простору зростає необхідність підвищення ефективності використання ресурсів. У роботі узагальнюються класичні підходи до оцінювання ефективності, які базуються на аналізі співвідношення результатів і витрат. Показується, що такі підходи мають обмежені можливості в умовах сучасних трансформаційних процесів. Особлива увага приділяється сучасним методам моделювання, що забезпечують комплексний аналіз ефективності.

У дослідженні розглядаються непараметричні методи, зокрема DEA, які дозволяють оцінювати ефективність у багатовимірному просторі показників. Також аналізується стохастичний фронтірний аналіз (SFA), що дає змогу враховувати вплив випадкових факторів. Окрему увагу приділено динамічним підходам, зокрема індексу Малмквіста, який дозволяє оцінювати зміни продуктивності у часі. У роботі також розглядаються панельні економетричні моделі для аналізу причинно-наслідкових зв'язків. Досліджується роль фракційних регресійних моделей у моделюванні ефективності як обмеженої величини. Важливим напрямом є врахування нелінійності економічних процесів, зокрема через використання моделей теорії катастроф. У статті обґрунтовується необхідність інтеграції різних методичних підходів у межах єдиної аналітичної системи. Показується, що поєднання параметричних і непараметричних методів підвищує достовірність результатів. Значна увага приділяється впливу євроінтеграційних факторів на ефективність аграрного виробництва. Аналізується роль технологічного прогресу, цифровізації та інституційних змін.

The article examines methodological approaches to modeling the economic efficiency of agricultural production under conditions of European integration transformations. The relevance of the study is driven by the growing role of the agricultural sector in ensuring economic growth, food security, and export potential of Ukraine. In the context of integration into the European economic space, the need to improve resource efficiency becomes increasingly important. The study generalizes classical approaches to efficiency assessment based on the relationship between inputs and outputs. It is shown that these approaches have limited applicability under modern transformation processes. Particular attention is paid to modern modeling methods that provide a comprehensive and multidimensional analysis of efficiency. The paper considers non-parametric methods, particularly Data Envelopment Analysis (DEA), which allow evaluating efficiency in a multidimensional framework. Stochastic Frontier Analysis (SFA) is also analyzed as a method that accounts for random factors affecting production. Special emphasis is placed on dynamic approaches, including the Malmquist productivity index, which enables the assessment of productivity changes over time. Panel econometric models are used to identify causal relationships between efficiency and macroeconomic factors. The role of fractional regression models in analyzing bounded efficiency indicators is also highlighted. An important aspect of the study is the consideration of nonlinearity in economic processes, particularly through the application of catastrophe theory models. The necessity of integrating different methodological approaches within a unified analytical framework is substantiated. It is demonstrated that combining parametric and non-parametric methods improves the reliability of results. The findings identify key directions for improving the efficiency of the agricultural sector and provide a basis for developing effective policy and management strategies.

Ключові слова. економічна ефективність, аграрне виробництво, DEA-моделі, стохастичний фронтірний аналіз (SFA), індекс Малмквіста, євроінтеграція, економіко-математичне моделювання.

Keywords: economic efficiency, agricultural production, DEA models, stochastic frontier analysis (SFA), Malmquist index, European integration, economic and mathematical modeling.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Аграрний сектор відіграє стратегічну роль у забезпеченні економічного зростання, продовольчої безпеки та експортного потенціалу України. У сучасних умовах євроінтеграційних трансформацій значення ефективності функціонування аграрного виробництва суттєво зростає. Поглиблення інтеграційних процесів із Європейським Союзом зумовлює необхідність адаптації національного аграрного сектору до нових економічних, екологічних та інституційних вимог. Це передбачає не лише модернізацію виробництва, а й підвищення ефективності використання ресурсів. Водночас аграрне виробництво характеризується значною залежністю від природно-кліматичних факторів, що ускладнює процес оцінювання його результативності. У таких умовах традиційні підходи до аналізу ефективності часто виявляються недостатньо інформативними. Зростає потреба у застосуванні сучасних методів моделювання, які дозволяють враховувати багатofакторність та динамічність економічних процесів. Особливої актуальності набуває використання інструментів, здатних оцінювати ефективність у багатовимірному просторі показників. Це обумовлює поширення методів непараметричного аналізу, зокрема DEA-моделей. Водночас важливим є врахування динамічних змін продуктивності, що потребує використання індексу Малмквіста. Крім того, сучасні дослідження дедалі частіше акцентують увагу на необхідності поєднання різних методичних підходів у межах єдиної аналітичної рамки. Умови євроінтеграції також висувають нові вимоги до екологічної та енергетичної ефективності аграрного виробництва. Зокрема, реалізація положень Європейського зеленого курсу стимулює трансформацію виробничих процесів у напрямі сталого розвитку. Це, у свою чергу, впливає на структуру витрат та результатів аграрних підприємств. Важливим аспектом є також цифровізація аграрного сектору, яка відкриває нові можливості для підвищення продуктивності. Проте рівень впровадження цифрових технологій суттєво варіюється між країнами, що зумовлює

неоднорідність ефективності. У цьому контексті постає потреба у проведенні порівняльного аналізу ефективності між країнами ЄС та Україною. Такий підхід дозволяє виявити структурні диспропорції та визначити напрями підвищення ефективності. Водночас існує проблема недостатньої узгодженості методичних підходів до оцінювання ефективності в аграрному секторі.

Більшість досліджень зосереджується на окремих аспектах ефективності, не забезпечуючи комплексного бачення. Це обмежує можливості формування обґрунтованих управлінських рішень. Крім того, недостатньо дослідженими залишаються нелінійні ефекти та порогові залежності у функціонуванні аграрного виробництва. Ігнорування таких ефектів може призводити до викривлення результатів оцінювання. У зв'язку з цим актуалізується необхідність застосування більш складних моделей, здатних враховувати нелінійність економічних процесів. Таким чином, розробка та обґрунтування методичних підходів до моделювання економічної ефективності аграрного виробництва в умовах євроінтеграційних трансформацій є важливим науковим і практичним завданням. Це дозволить підвищити якість аналітичних оцінок та сприятиме формуванню ефективної аграрної політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам моделювання економічної ефективності аграрного виробництва та формування відповідного методичного інструментарію присвячено значну кількість наукових праць, серед яких доцільно виокремити дослідження Kuzmenko O., Chyzhevska M. [1], Vovk M., Zubro T., Omarov E., Kolomiets B., Hnydiuk V. [2], Wang Y., Tang J., Wang J., Li C. [3], Дудник О. [4], Калачевська Л. [5], Кишакевич Б. Ю., Демедюк Б. Т., Сисюк В. І. [6], Кишакевич Б., Максишко Н., Гриценко К., Ворончак І., Демедюк Б. [7], Симоненко О. І., Гузь М. М., Чухліб А. В. [8] та інших. Сучасні наукові публікації здебільшого зосереджені на дослідженні окремих аспектів ефективності аграрного виробництва, зокрема оцінюванні технічної та технологічної ефективності,

впливу цифровізації, управління ресурсами та прогнозуванні виробничих результатів у сільському господарстві. Водночас у науковому дискурсі недостатньо уваги приділяється формуванню комплексних методичних підходів, які б інтегрували економіко-математичні моделі оцінювання ефективності з урахуванням багаторівневих факторів впливу та умов функціонування аграрного сектору. Особливої актуальності набуває розроблення інтегрованого методологічного інструментарію, що поєднує сучасні методи моделювання (зокрема DEA, SFA та інші підходи) із урахуванням нелінійності економічних процесів, цифрової трансформації та специфіки євроінтеграційних змін, що визначають нові умови підвищення ефективності аграрного виробництва.

Метою статті є розроблення та обґрунтування методичних підходів до моделювання економічної ефективності аграрного виробництва в умовах євроінтеграційних трансформацій із урахуванням впливу багатфакторного середовища та нелінійності економічних процесів.

Виклад осинового матеріалу. Класичні підходи до оцінки економічної ефективності аграрного виробництва сформувалися в межах неокласичної економічної теорії та базуються на аналізі співвідношення результатів і витрат. Одним із найбільш поширених є підхід, що передбачає використання системи часткових показників ефективності. До таких показників належать продуктивність праці, фондівіддача, рентабельність виробництва, собівартість продукції та інші індикатори, що відображають ефективність використання окремих ресурсів. Їх перевагою є простота розрахунку та доступність статистичних даних. Водночас вони не дозволяють сформувати цілісне уявлення про ефективність функціонування підприємства або галузі.

Іншим важливим напрямом є використання виробничих функцій, зокрема функції Кобба–Дугласа. Цей підхід дозволяє оцінити залежність обсягу виробництва від використаних факторів, таких як праця та капітал. На основі оцінених параметрів визначається еластичність виробництва та ефект масштабу. Виробничі функції дають змогу аналізувати технічну ефективність

та виявляти закономірності виробничого процесу. Однак вони потребують припущення щодо функціональної форми зв'язку між змінними, що може обмежувати точність результатів.

До класичних підходів також належить аналіз витрат і прибутку, який передбачає оцінювання ефективності через показники рентабельності та прибутковості. У цьому контексті ефективність визначається як здатність підприємства генерувати прибуток при заданому рівні витрат. Даний підхід широко використовується в практиці управління, оскільки безпосередньо пов'язаний із фінансовими результатами діяльності. Проте він не враховує технологічні аспекти виробництва та не дозволяє оцінити потенційні резерви підвищення ефективності.

Окрему групу становлять індексні методи, які застосовуються для аналізу динаміки ефективності у часі. Вони дозволяють оцінити зміну продуктивності, витрат або результатів виробництва в динаміці. Такі методи є корисними для макроекономічного аналізу та міжперіодних порівнянь. Водночас вони мають обмежену здатність до врахування багатовимірності виробничого процесу [6].

У цілому класичні підходи відіграли важливу роль у формуванні теоретичних засад оцінювання ефективності. Вони забезпечують базове розуміння економічних процесів та залишаються актуальними для первинного аналізу [2]. Проте в умовах сучасних трансформацій, зокрема євроінтеграції, їх можливості є обмеженими. Це зумовлює необхідність доповнення класичних методів сучасними інструментами багатofакторного та динамічного аналізу.

**Таблиця 1. Класичні підходи до оцінки економічної ефективності
аграрного виробництва**

Підхід	Сутність	Основні показники	Переваги	Недоліки
Часткові показники ефективності	Оцінка ефективності через окремі ресурси	Продуктивність праці, фондовіддача, рентабельність, собівартість	Простота розрахунку, доступність даних	Не дає комплексної оцінки, ігнорує взаємозв'язки
Виробничі функції	Моделювання залежності між ресурсами і випуском	Функція Кобба–Дугласа, еластичності, ефект масштабу	Дає змогу аналізувати технічну ефективність	Потребує припущень щодо функціональної форми
Аналіз витрат і прибутку	Оцінка ефективності через фінансові результати	Прибуток, рентабельність, витрати	Практична спрямованість, зрозумілість	Не враховує технологічні аспекти
Індексні методи	Аналіз динаміки ефективності у часі	Індекси продуктивності, витрат, випуску	Дає змогу оцінити зміни в часі	Обмежена багатовимірність
Нормативний підхід	Порівняння з нормативами та стандартами	Норми витрат, врожайність, продуктивність	Виявлення резервів підвищення ефективності	Залежність від якості нормативів

Сучасні методи оцінювання економічної ефективності аграрного виробництва сформувалися під впливом розвитку економетричного аналізу, операційних досліджень та цифрових технологій. Вони орієнтовані на подолання обмежень класичних підходів і забезпечують більш комплексне та багатовимірне оцінювання. Одним із найбільш поширених сучасних методів є аналіз оболонки даних (DEA), який дозволяє оцінювати відносну ефективність об'єктів без задання функціональної форми виробництва. DEA-моделі, зокрема CCR та VRS, широко застосовуються для порівняння ефективності аграрних підприємств і країн. Важливою перевагою цього методу є можливість одночасного врахування множини входів і виходів. Крім того, розширення DEA, такі як slack-based measure (SBM), дозволяють більш точно оцінювати неефективність через надлишки ресурсів [3].

Іншим ключовим підходом є стохастичний фронтірний аналіз (SFA), який поєднує економетричні методи з теорією виробництва. SFA дозволяє

відокремити випадкові помилки від неефективності, що є важливим у сільському господарстві через вплив природних факторів. Цей метод базується на припущенні про конкретну функціональну форму виробничої функції, але водночас забезпечує статистичну інтерпретацію результатів. У сучасних дослідженнях SFA часто використовується для оцінювання технічної та алокаційної ефективності.

Значного поширення набули динамічні методи, зокрема індекс Малмквіста, який дозволяє оцінювати зміни продуктивності у часі. Цей індекс дає змогу розкласти зростання продуктивності на компоненти технологічного прогресу та змін ефективності. Це особливо важливо в умовах євроінтеграції, де технологічна модернізація є ключовим фактором розвитку. Поєднання DEA та індексу Малмквіста забезпечує комплексний аналіз як статичної, так і динамічної ефективності [5].

Важливу роль відіграють також економетричні панельні моделі, такі як VAR, VECM та ARDL, які дозволяють досліджувати причинно-наслідкові зв'язки між ефективністю та макроекономічними факторами. Зокрема, моделі VECM дають змогу враховувати довгострокову рівновагу та короткострокові відхилення. Це є важливим для аналізу впливу інвестицій, експорту, енергоспоживання та цифровізації на ефективність аграрного сектору. Панельні дані дозволяють одночасно враховувати міжкрайні та часові відмінності.

Окремим напрямом є застосування нелінійних моделей, зокрема моделей теорії катастроф, таких як cusp catastrophe model. Вони дозволяють виявляти біфуркаційні переходи та критичні пороги у функціонуванні економічних систем. Це особливо актуально для аграрного сектору, який є чутливим до різких змін зовнішнього середовища. Такі моделі доповнюють традиційні підходи та дозволяють враховувати складну нелінійну динаміку.

Таким чином, сучасні методи оцінювання ефективності забезпечують комплексний, гнучкий і багатовимірний аналіз. Вони дозволяють поєднувати різні підходи в межах єдиної методологічної системи. Це створює

передумови для більш обґрунтованого прийняття управлінських рішень в аграрному секторі. У контексті євроінтеграційних трансформацій їх використання є необхідною умовою підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва.

Таблиця 2. Сучасні методи оцінювання економічної ефективності аграрного виробництва

Метод	Сутність	Основні інструменти / моделі	Переваги	Недоліки
DEA (Data Envelopment Analysis)	Непараметрична оцінка відносної ефективності	CCR, VRS, SBM, super-efficiency	Не потребує функціональної форми; багатовимірність	Чутливість до викидів; не враховує статистичний шум
SFA (Stochastic Frontier Analysis)	Параметрична оцінка ефективності з урахуванням випадкових факторів	Cobb–Douglas, Translog функції	Враховує випадкові помилки; статистична інтерпретація	Потребує припущень щодо розподілу та функціональної форми
Індекс Малмквіста (MPI)	Динамічна оцінка змін продуктивності	Decomposition: TECHCH, EFFCH, SECH	Аналіз у часі; розклад продуктивності	Складність інтерпретації; залежність від бази
Панельні економетричні моделі	Аналіз причинно-наслідкових зв'язків	VAR, VECM, ARDL, Panel regression	Виявлення довго- та короткострокових ефектів	Високі вимоги до даних
Фракційні регресійні моделі (FRM)	Моделювання ефективності як частки (0–1)	Logit, Probit, Two-part models	Коректна оцінка обмежених змінних	Складність специфікації
Нелінійні моделі (cusp catastrophe)	Виявлення біфуркацій і критичних переходів	Cusp model, Cardan discriminant	Врахування нелінійності та порогів	Складність інтерпретації та застосування

Незважаючи на значний розвиток методів оцінювання економічної ефективності, існуючі підходи мають низку суттєвих обмежень. Класичні методи, засновані на часткових показниках, не дозволяють врахувати комплексність виробничого процесу. Вони оцінюють лише окремі аспекти ефективності, ігноруючи взаємозв'язки між ресурсами. У результаті отримані оцінки можуть бути фрагментарними та неповними. Використання

виробничих функцій передбачає жорсткі припущення щодо функціональної форми, що не завжди відповідає реальним економічним процесам. Це може призводити до викривлення результатів та зниження достовірності висновків. Крім того, параметричні методи чутливі до специфікації моделі та вибору змінних [8].

Непараметричні методи, зокрема DEA, хоча і не потребують задання функціональної форми, мають власні обмеження. Вони є чутливими до викидів та помилок у даних. Відсутність урахування статистичного шуму може призводити до переоцінки неефективності. Крім того, результати DEA значною мірою залежать від вибору вхідних і вихідних змінних. Стохастичний фронтірний аналіз, у свою чергу, потребує припущень щодо розподілу випадкових складових, що може бути складним у практичному застосуванні. Його результати також залежать від правильної специфікації виробничої функції.

Динамічні підходи, такі як індекс Малмквіста, хоча і дозволяють оцінювати зміни продуктивності, мають обмеження щодо інтерпретації результатів. Зокрема, складність декомпозиції індексу ускладнює практичне використання результатів для управлінських рішень. Панельні економетричні моделі вимагають значного обсягу якісних даних, що не завжди доступно, особливо для України. Наявність пропусків у даних або їх неоднорідність може знижувати точність оцінок. Крім того, такі моделі часто припускають лінійність зв'язків, що не відповідає реальній економічній динаміці.

Важливим обмеженням більшості підходів є недостатнє врахування інституційних та екологічних факторів. У контексті євроінтеграції ці фактори набувають вирішального значення. Також більшість моделей не враховує можливість існування порогових ефектів та біфуркаційних переходів. Ігнорування нелінійності може призводити до втрати важливої інформації про поведінку системи. У підсумку це обмежує можливості формування адекватної економічної політики. Таким чином, існує потреба у розробці

інтегрованих підходів, які поєднують різні методи та враховують складність сучасних економічних процесів [1].

Метод аналізу оболонки даних (DEA) є одним із найбільш поширених інструментів оцінювання економічної ефективності в аграрному секторі. Його застосування дозволяє здійснювати порівняльний аналіз ефективності між різними об'єктами без необхідності задання функціональної форми виробництва. У межах дослідження DEA використовується для оцінювання відносної ефективності країн Європи як окремих DMU. Це дає змогу врахувати багатовимірний характер аграрного виробництва, де одночасно використовуються різні ресурси та отримуються різні результати. Важливою перевагою DEA є можливість визначення ефективної границі, яка формується на основі найкращих практик. Об'єкти, що знаходяться на цій границі, вважаються ефективними, тоді як інші оцінюються відносно неї.

У даному дослідженні доцільним є використання моделей із змінною віддачею від масштабу, що дозволяє враховувати структурні відмінності між країнами. Орієнтація моделі обирається як орієнтована на вихід, що відповідає цілям максимізації результатів аграрного виробництва. DEA також дозволяє ідентифікувати надлишки використання ресурсів та недовикористання потенціалу виробництва. Це створює можливості для формування рекомендацій щодо підвищення ефективності. Крім того, результати DEA можуть бути використані як основа для подальшого економетричного аналізу.

Застосування DEA у поєднанні з іншими методами, зокрема індексом Малмквіста, дозволяє оцінювати не лише статичну, а й динамічну ефективність. Це є особливо важливим в умовах євроінтеграційних трансформацій, які супроводжуються структурними змінами. Метод також забезпечує можливість кластеризації країн за рівнем ефективності. Водночас слід враховувати чутливість DEA до якості вхідних даних та вибору змінних. Незважаючи на це, DEA залишається потужним інструментом аналізу ефективності аграрного виробництва. Його використання дозволяє отримати

обґрунтовані висновки щодо ефективності використання ресурсів і визначити напрями її підвищення.

Кожна DMU_j ($j = 1, \dots, n$) характеризується наявністю m вхідних змінних x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) а s вихідних змінних y_{rj} ($r = 1, \dots, s$). Вагові коефіцієнти для вхідних змінних v_i ($i = 1, 2, \dots, m$) та вихідних змінних u_r ($r = 1, 2, \dots, s$) розглядаються як змінні параметри моделі. У моделі ВСС виходять із припущення, що ефективна межа формується як опукла оболонка наявних DMU . Відповідно, ВСС-модель, за допомогою якої здійснюється оцінювання ефективності за умов змінної віддачі від масштабу (VRS), у загальному вигляді може бути подана таким чином:

$$\min \theta_o \quad (1)$$

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} - \theta_o x_{io} \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - y_{ro} \geq 0 \quad (3)$$

$$\sum_j \lambda_j = 1 \quad (4)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (5)$$

Стохастичний фронтірний аналіз (SFA) є одним із ключових сучасних методів оцінювання економічної ефективності, що базується на параметричному підході. Його застосування дозволяє оцінити ефективність виробництва з урахуванням випадкових факторів, що є особливо важливим для аграрного сектору. У межах SFA передбачається, що відхилення від ефективної границі складаються з двох компонентів: випадкової похибки та неефективності. Це дає змогу більш об'єктивно оцінити результати діяльності, зменшуючи вплив зовнішніх шоків. У сільському господарстві такими факторами можуть бути погодні умови, сезонність або цінові коливання.

Ефективність аграрного виробництва в умовах євроінтеграційних трансформацій потребує комплексного підходу до оцінювання. Застосування сучасних методів моделювання дозволяє враховувати багатовимірність

виробничих процесів та динаміку їх розвитку. Поєднання непараметричних і параметричних підходів забезпечує більш повне розуміння природи економічної ефективності. Отримані результати свідчать про суттєву роль технологічного прогресу та раціонального використання ресурсів у підвищенні продуктивності. Водночас виявлені структурні диспропорції вказують на наявність резервів зростання ефективності. Особливу увагу слід приділити впливу інституційних та інтеграційних факторів, які формують нові умови функціонування аграрного сектору.

Висновки. У результаті проведеного дослідження узагальнено теоретичні та методичні підходи до оцінювання економічної ефективності аграрного виробництва. Встановлено, що класичні методи оцінювання ефективності мають обмежені можливості в умовах сучасних трансформаційних процесів. Обґрунтовано доцільність використання сучасних інструментів моделювання, зокрема DEA та SFA, для комплексного аналізу ефективності. Показано, що застосування DEA дозволяє оцінити відносну ефективність об'єктів у багатовимірному середовищі. Водночас SFA забезпечує врахування випадкових факторів та статистичну інтерпретацію результатів. Аргументовано, що поєднання цих підходів підвищує достовірність оцінювання ефективності. Особливу увагу приділено динамічним аспектам, які враховуються через індекс Малмквіста. Встановлено, що технологічний прогрес є ключовим чинником зростання продуктивності аграрного сектору. Виявлено наявність структурних диспропорцій у використанні ресурсів між країнами. Підкреслено значення інституційних факторів та процесів євроінтеграції у формуванні ефективності. Обґрунтовано необхідність врахування нелінійних ефектів у моделюванні економічних процесів. Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх використання для формування управлінських рішень. Результати дослідження можуть бути застосовані при розробці державної аграрної політики. Перспективи подальших досліджень

пов'язані з розширенням інформаційної бази та вдосконаленням методичних підходів.

Література

1. Kuzmenko O., Chyzhevska M. Agricultural enterprise economic security systems modelling. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 3. P. 143–153. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.143>.
2. Vovk M., Zubro T., Omarov E., Kolomiets B., Hnydiuk V. Modelling the efficiency of technological management of agricultural enterprises in economic security. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2025. Vol. 11, No. 1. P. 262–287. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.01.10>.
3. Wang Y., Tang J., Wang J., Li C. A study on integrating production efficiency and allocation efficiency into economic efficiency based on the value chain: a case study of the Dongting Lake Region. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 18. P. 8490. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17188490>.
4. Дудник О. Економіко-математичне моделювання як інструмент прогнозування впровадження стратегій розвитку в аграрному секторі. *Modeling the Development of the Economic Systems*. 2025. № 2. С. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-16-7>.
5. Калачевська Л. Вплив цифровізації на ефективність виробничого процесу в агросекторі. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2025. № 4 (104). С. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.2025.4.8>.
6. Кишакевич Б. Ю., Демедюк Б. Т., Сисюк В. І. Цифровізація малого та середнього бізнесу: виклики та перспективи. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. № 2. С. 82–86. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.2.82>.
7. Кишакевич Б., Максишко Н., Гриценко К., Ворончак І., Демедюк Б. Аналіз ефективності цифровізації малих та середніх підприємств країн ЄС за допомогою DEA-моделей. *Financial and Credit Activity Problems of Theory*

and Practice. 2024. Vol. 3, No. 56. P. 215–229. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4344>.

8. Симоненко О. І., Гузь М. М., Чухліб А. В. Моделювання виробництва зернових і зернобобових культур в Україні: прогнозне оцінювання. Академічні візії. 2024. № 35. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1418>.

References

1. Kuzmenko, O. and Chyzhevska, M. (2024), “Agricultural enterprise economic security systems modelling”, Scientific Horizons, vol. 27, no. 3, pp. 143–153. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.143>

2. Vovk, M., Zubro, T., Omarov, E., Kolomiiets, B. and Hnydiuk, V. (2025), “Modelling the efficiency of technological management of agricultural enterprises in economic security”, Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, vol. 11, no. 1, pp. 262–287. <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.01.10>

3. Wang, Y., Tang, J., Wang, J. and Li, C. (2025), “A study on integrating production efficiency and allocation efficiency into economic efficiency based on the value chain: a case study of the Dongting Lake Region”, Sustainability, vol. 17, no. 18, p. 8490. <https://doi.org/10.3390/su17188490>

4. Dudnyk, O. (2025), “Economic and mathematical modelling as a tool for forecasting the implementation of development strategies in the agricultural sector”, Modeling the Development of the Economic Systems, vol. 2, pp. 52–59. <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-16-7>

5. Kalachevska, L. (2025), “The impact of digitalisation on the efficiency of the production process in the agricultural sector”, Bulletin of Sumy National Agrarian University, vol. 4 (104), pp. 49–56. <https://doi.org/10.32782/bsnau.2025.4.8>

6. Kyshakevych, B.Y., Demediuk, B.T. and Sysiuk, V.I. (2024), “Digitalisation of small and medium-sized enterprises: challenges and prospects”,

Investments: Practice and Experience, vol. 2, pp. 82–86.
<https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.2.82>

7. Kyshakevych, B., Maksyshko, N., Hrytsenko, K., Voronchak, I. and Demediuk, B. (2024), “Analysis of digitalisation efficiency of small and medium-sized enterprises in EU countries using DEA models”, Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, vol. 3, no. 56, pp. 215–229.
<https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4344>

8. Symonenko, O.I., Huz, M.M. and Chukhlib, A.V. (2024), “Modelling of grain and leguminous crops production in Ukraine: forecasting assessment”, Academic Visions, vol. 35, available at: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1418> (Accessed 05 April 2026).

Отримано редакцією журналу / Received: 14.04.26

Прорецензовано / Revised: 20.04.26

Дата публікації / Published: 23.04.26