

УДК 338.43:519.86:004.9:330.45(477)
JEL classification: C61, Q10, O33

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ОПЕРАЦІЙ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

ГАЛИК Марія¹, РОМАНІЧ Ігор²

¹ Львівський національний університет імені Івана Франка
<https://orcid.org/0009-0007-8599-5252>
e-mail: mariia.halyk@lnu.edu.ua

² Львівський національний університет імені Івана Франка
<https://orcid.org/0009-0007-1980-3582>
e-mail: igor.romanych@lnu.edu.ua

В сучасних умовах ринкової економіки агробізнес потребує великої уваги щодо розвитку та можливостей покращення функціонування виробництва й невикористаних процесів, які його супроводжують. Якість продукції, яка виробляється, технологічність виробничих процесів, швидкість та інноваційність логістичних операцій прямо впливають на дохід аграрних компаній на мікрорівні, а на макrorівні – на економічну стабільність країни, країн-партнерів та контрагентів. Метою статті є побудова та дослідження оптимізаційної моделі операційних процесів підприємства сільськогосподарського сектору в цифровій ринковій економіці України. Методологічну основу дослідження становлять загальнонаукові та спеціальні методи аналізу ринкових економічних систем, а саме методи аналізу та синтезу, логічного узагальнення, системного підходу та порівняльного аналізу наукових концепцій розвитку аграрного сектору. Для формалізації економічних процесів і побудови моделі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації використано інструментарій економіко-математичного моделювання, економіко-статистичні методи й сценарне моделювання для оцінки альтернативних траєкторій розвитку операцій аграрного підприємства в умовах ринку. Результатом дослідження є побудована та розв'язана економіко-математична модель оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації, реалізований числовий приклад її застосування щодо пошуку кращих логістично-виробничих рішень. Побудова такої моделі допоможе визначити подальший розвиток підприємств аграрного сектору в умовах цифрової ринкової економіки. Запропонований підхід створює також підґрунтя для формування стратегій сталого розвитку агробізнесу, мінімізації ризиків та підвищення ефективності функціонування сільськогосподарського виробництва в динамічному ринковому середовищі. У цільовій функції побудованої моделі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації оригінально враховано витрати на впровадження цифрових рішень у логістичні процеси, що дозволяє більш точно оцінювати вплив інвестицій на економічні результати діяльності аграрних підприємств та підвищити економічну ефективність їх функціонування в умовах ринкової економіки.

Ключові слова: математичні методи і моделі, оптимізація, ринкові процеси, аграрний сектор, цифрова економіка, логістика, цифрові технології, економічна ефективність, логістичні витрати.

<https://doi.org/10.31891/mdes/2026-21-8>



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Стаття надійшла до редакції / Received 12.07.2026
Прийнята до друку / Accepted 06.08.2026
Опубліковано / Published 27.08.2026

© ГАЛИК Марія, РОМАНІЧ Ігор

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

В умовах трансформації ринкової економіки України, її цифровізації та зростання ролі аграрного сектору у формуванні національного доходу та надзвичайного впливу на національну економічну безпеку особливої важливості набувають питання підвищення ефективності функціонування сільськогосподарського виробництва та супроводжуючих його сервісних потоків. Це зумовлює необхідність поглибленого аналізу економічних процесів галузі та пошуку інструментів, які зможуть забезпечити чітке управління обмеженими ресурсами аграрних підприємств в умовах нестабільності ринкової ситуації.

У сучасних умовах цифрова економіка виступає ключовим фактором зміни традиційних підходів до ведення господарської діяльності, удосконалюючи характер взаємодії між економічними суб'єктами, принципи формування доданої вартості та підсилюючи способи досягнення конкурентних переваг. Для аграрного сектору це означає перехід до нової моделі функціонування, в якій зростає роль інформаційної складової, швидкості обробки даних та адаптивності до змін зовнішнього середовища. Водночас, недостатній рівень узгодженості операцій, обмеженість ресурсів і вплив зовнішніх ризиків формують потребу у вдосконаленні підходів до управління та підвищення ефективності використання наявного потенціалу аграрних підприємств.

Таким чином, постає науково-практична проблема забезпечення ефективного розвитку підприємств агропромислового комплексу України в умовах цифрової економіки, яка полягає у необхідності поєднання традиційних економічних механізмів із новими умовами функціонування ринку. Її вирішення безпосередньо пов'язане з підвищенням результативності виробничих,

логістичних процесів, оптимізацією використання ресурсів та зміцненням конкурентоспроможності аграрного сектору, що є важливим завданням як для окремих підприємств галузі, так і для національної економіки України загалом.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемам впровадження інновацій в логістичні процеси аграрного сектору України приділено досить багато уваги українськими вченими економістами. Зокрема у статті В. Скрипник [11] економічна ефективність аграрного сектору розглядається через призму інноваційного розвитку, через запровадження інноваційних розробок та технологій як ключового показника підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств.

У роботі Ярослава Гадзала та Юрія Лузана [2] розглянуто важливість удосконалення зовнішньоекономічної політики аграрних підприємств з метою забезпечення ефективності їх діяльності з урахуванням національних інтересів. У наукових розвідках Р. Савкова, Н. Карвацької [10] та С. Лисенка [7] запропоновано методологію оцінювання впливу цифровізації на ефективність бізнес-процесів агропідприємств, з акцентом на *KPI* та моделі зрілості. Дослідження фокусуються на інтеграції цифрових технологій (*IoT*, *AI*) для оптимізації процесів та сталого розвитку.

У науковій праці Метеленко Н., Свінцової Н. й Нікітенко В. [8] аналізуються ключові цифрові інструменти та зелені технології, наводячи приклади Китаю, де впроваджуються цифрові платформи для контролю за використанням водних ресурсів та якості ґрунтів; США, де підтримується точне землеробство з використанням *GPS*, *III* та *IoT*; України, де використовується цифрова інфраструктура для збору, обробки та аналізу екологічних та аграрних даних. Підкреслюється необхідність інтеграції цифрових рішень у національну аграрну політику для оптимізації ресурсів, скорочення викидів та досягнення цілей сталого розвитку.

У монографії [6, с. 238] знаходимо переваги економіко-математичного моделювання в царині поштової логістики, які є актуальним й для аграрної галузі: оригінальні методи та підходи до розв'язування економічно-технологічних задач, які постають перед поштово-логістичними компаніями, становлять наукову новизну. Актуальність моделювання практичних задач поштової логістики полягає у тому, що такі моделі можуть бути використані як інструмент побудови економічних стратегій поведінки поштово-логістичних компаній. Практична цінність результатів оптимізації процесів поштової логістики полягає в їх монетизації, в можливості виміряти їх фінансово, в можливості порівняти прибуток, витрати, рівень маржинальності та інші показники господарської діяльності поштово-логістичної компанії *as was and as is*.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

У наукових дослідженнях широко розглядаються задачі оптимізації виробництва, розподілу ресурсів, планування логістичних операцій та прогнозування результатів діяльності аграрних підприємств. Водночас більшість наявних моделей зосереджуються саме на традиційному підході до аналізу виробничих та транспортних витрат, не враховуючи вплив цифровізації логістичних процесів на економічні показники діяльності підприємств. Враховуючи це, у статті поставлено завдання розробити та реалізувати економіко-математичну модель, яка б враховувала потреби розвитку аграрного сектору в умовах ринкової економіки з урахуванням витрат на цифрову трансформацію логістичних процесів, що дозволить розширити аналітичні можливості оцінювання ефективності управлінських рішень та формування стратегій розвитку аграрних підприємств.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Основним завданням статті є побудова та розв'язок економіко-математичної моделі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації процесів. Згідно поставленого завдання окреслено наступні цілі:

- дослідити особливості розвитку аграрних підприємств в умовах ринкової економіки України;
- сформулювати задачу оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації;
- побудувати економіко-математичну модель задачі, дослідити її та проаналізувати результати застосування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Особливості розвитку аграрних підприємств в умовах ринкової цифрової економіки України

У сучасному світі бізнес-процеси підприємств переходять на новий рівень удосконалення, що зменшує участь людини в рутинній роботі використовуючи різні цифрові інструменти. В свою чергу працівники компаній можуть приділяти більше часу важливішим та інтелектуальнішим процесам, де без їхньої участі впоратись важко, а деколи й не можливо. Світ підприємництва зараз акцентує свою увагу саме на тому, щоб якомога зменшити участь людини в стандартних процесах та автоматизувати їх, а людині залишиться тільки функція контролю та прийняття важливих рішень.

Такий рівень впровадження цифровізації не залишив осторонь і агробізнес, який є одним з найважливіших напрямків розвитку зовнішньої торгівлі України в час війни. Україна є одним з основних експортерів різних зернових культур, критично необхідних іншим країнам. Також аграрний сектор є одним із базових секторів національної економіки, драйвером розвитку сільських територій, забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки, який потребує відновлення та покращення функціонування підприємств в час війни та після неї [12]. Для досягнення цілей його сталого розвитку, сільськогосподарські підприємства впроваджують автоматизацію бізнес-процесів для пришвидшення поставок, збільшення врожаю, зменшення витрат, прогнозування погодних умов, оптимального вирощування культур, а також правильного догляду за ними, тим самим виходячи на новий рівень розвитку аграрного сектору.

Цифрова трансформація стає невід'ємною частиною сучасних методів управління, визначаючи нові тенденції в період технологічного прогресу. До основних аспектів такої трансформації належать штучний інтелект та машинне навчання, інтернет речей, цифрові екосистеми, розширена й віртуальна реальність, блокчейн та використання криптовалют, цифрова безпека та кіберзахист, роботизація та автоматизація процесів, зелена цифрова трансформація. Використання цих цифрових технологій вказує на постійний ріст та перспективи подальшого розвитку аграрної сфери [1].

Таким чином, розглядається декілька різних концепцій цифрової трансформації бізнес-процесів: технологічна (фокус саме на впровадженні цифрових технологій), організаційно-управлінська (спрямована на зміну бізнес-процесів та управлінської складової), стратегічна (цифровізація розглядається як елемент стратегічного розвитку), а також інтегративна (включає в себе організаційні, технологічні та економічні напрямки) [5].

На глобальному рівні розвиток цифровізації бізнес-процесів сільськогосподарського підприємства спрямований на:

- підвищення рівня ефективності підприємства: впровадження інноваційних рішень зменшує витрати та підвищує прибутки, зменшує потребу в традиційному підході до виробництва та управління, скорочує простой обладнання, збільшує урожайність;
- створення цифрових організацій: використання хмарних технологій та віддаленої роботи, яка допомагає контролювати та покращувати роботу підприємства [3].

Протягом останніх років досить стрімко розвинувся і надалі зростає ринок ІТ-продуктів для аграрного сектору. ІТ-компанії досліджують функціональність аграрних підприємств та створюють продукти, які допомагають не тільки власне компаніям, але й їхнім клієнтам автоматизувати роботу та оптимізувати процеси.

До прикладу, компанія «Soufflet Agro Ukraine» створила власний мобільний додаток Farmi, який включає такі сервіси як метеорологічні показники, включаючи температуру, швидкість вітру і вологість, основні агротехнічні поради, дозволяючи спеціалістам визначати оптимальний час для проведення господарських робіт. Фермери можуть дізнаватись чи доцільно здійснювати певні види робіт за поточних погодних умов. Додаток також має доступ до так званого «ринку цін», де фермери можуть побачити актуальні ціни на певну продукцію та порівнювати її, що сприяє кращому розумінню ринкових коливань, причин цих коливань та ухваленню правильних рішень для отримання оптимального прибутку [3].

Ураховуючи те, що в Україні більш як 65% серед орних земель займають чорноземи, загальну структуру економіки та історичну роль агросектору, зважаючи на те, що родючі ґрунти є однією з конкурентних переваг держави у розвитку сільського господарства, можемо стверджувати, що Україна є аграрною державою. Розвиток аграрних підприємств в умовах ринкової цифрової економіки потребує неабиякої уваги, він безпосередньо впливає на комплексний стан економіки в цілому. Впровадження цифрових інструментів управління, аналізу даних та автоматизації

допоможе досягти вищої ефективності в сільському господарстві, забезпечуючи більш точне аграрне виробництво, вчасне прийняття рішень, швидше реагування на зміни, а також контроль якості виробництва та бізнес-комунікацій.

2. Моделювання розвитку операцій аграрного сектору з урахуванням потреб цифровізації виробничо-логістичних процесів

Економічна постановка задачі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації процесів

Розглядається аграрне підприємство як мережа фермерських господарств, для якого організовуються перевезення продукції до різних її споживачів (склади, елеватори, порти, прикордонні переходи, внутрішні переробники тощо) в умовах ринкової економіки. Для кожного пункту відправлення наявний певний обсяг сільськогосподарської продукції, який підлягає відвантаженню, а для кожного пункту призначення – потреба (попит) у цій продукції.

У контексті задачі враховується цифровізація бізнес-процесів. Під цифровізацією розуміємо впровадження сучасних цифрових технологій у логістичні процеси підприємства та/або в операційні процеси контрагентів аграрного підприємства: автоматизованих систем управління перевезеннями (TMS), систем управління операціями на складах (WMS), систем моніторингу транспорту (GPS-контроль), цифрових платформ координації поставок, аналітичних модулів прогнозування попиту та оптимізації маршрутів, електронного документообігу тощо. Цифровізація дозволяє здійснювати оперативний облік запасів, відстеження переміщення продукції в режимі реального часу, автоматизований розрахунок маршрутів, а також моделювання альтернативних варіантів логістичних рішень. Таким чином, мова йде як про технічне оновлення інфраструктури, так і про трансформацію системи управління логістикою на основі даних.

Мета задачі – мінімізувати сумарні логістичні витрати аграрного підприємства (транспортні витрати, пов'язані з перевезенням сільськогосподарської продукції, або узагальнений «вартісний» показник) за умови виконання всіх вимог щодо обсягів перевезень, при цьому врахувавши вплив на такі сукупні витрати складову витрат із впровадження цифрових технологій в операційну діяльність підприємства.

Математична постановка задачі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектору в умовах цифровізації процесів

Нехай: $i = \overline{1, m}$ – індекс постачальників (фермерських господарств); $j = \overline{1, n}$ – індекс пунктів призначення (елеваторів); x_{ij} – обсяг сільськогосподарської продукції, що підлягає перевезенню від постачальника i до елеватора j , т.; B_{ij} – базова вартість перевезення однієї тонни продукції без застосування цифрових технологій, грн/т; S_i – наявний обсяг аграрної продукції у постачальника i ; D_j – потреба в продукції елеватора j ; γ – коефіцієнт економії від впровадження цифрових технологій; I_l – капітальні витрати на цифровізацію транспортних процесів агропідприємства, грн/т; I_k – капітальні витрати на цифровізацію бізнес-процесів його контрагентів, грн/т; O_l – операційні витрати на цифровізацію транспортних процесів агропідприємства, грн/т; O_k – операційні витрати на цифровізацію бізнес-процесів його контрагентів, грн/т.

Економіко-математична модель сформульованої задачі має вигляд:

$$\begin{aligned} \min L = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [B_{ij} \cdot (1 - \gamma \cdot \max(z_l, y_k)) + (I_l z_l + I_k y_k + O_l z_l + O_k y_k)] \cdot x_{ij} \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S_i, \quad i = \overline{1, m} \\ & \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq D_j, \quad j = \overline{1, n} \\ & x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \\ z_l \in \{0, 1\} = & \begin{cases} 1, \text{ якщо підприємство використовує цифрові технології;} \\ 0, \text{ якщо підприємство не використовує цифрові технології.} \end{cases} \\ y_k \in \{0, 1\} = & \begin{cases} 1, \text{ якщо контрагент використовує цифрові технології;} \\ 0, \text{ якщо контрагент не використовує цифрові технології.} \end{cases} \end{aligned}$$

Компанія «Soufflet Agro Ukraine» є дочірнім підприємством групи Groupe Soufflet, що працює в Україні в агропромисловому секторі, зокрема у зборі зернових культур, зберіганні,

трейдингу тощо. Згідно з даними [16], компанія має кілька елеваторів та складських потужностей і здійснює транспортні операції в логістичному ланцюзі сільськогосподарської продукції.

«Soufflet Agro Ukraine» закуповує продукцію (зернові культури) у фермерських господарств і організує її транспортування до власних елеваторів та складів для зберігання або подальшої реалізації. Компанія має флот транспортних засобів або укладає договори з перевізниками для забезпечення таких перевезень. В процесі транспортування виникають витрати на паливо, амортизацію, забезпечення водія, простої, порожні зворотні пробіги тощо. Управління витратами актуальне особливо в сільській місцевості України, де інфраструктура та графік збору врожаю створюють додаткові виклики.

Розв'язуючи сформульовану вище задачу – слід мінімізувати сумарні витрати на перевезення продукції фермерів до елеваторів підприємства «Soufflet Agro Ukraine», враховуючи вплив цифрових технологій. Зокрема, необхідно традиційно визначити оптимальні обсяги перевезень з фермерських господарств до елеваторів, а також виокремити, чи заходи з впровадження цифрових інструментів варто застосовувати (або не застосувати) в логістичному процесі з урахуванням того, що таке впровадження може зменшити логістичні витрати з одного боку, але вимагати інвестицій або змін в операційному процесі з іншого.

Нехай у процесі транспортування беруть участь чотири фермерські господарства із відповідною пропозицією зернових: ФГ «Зерно Поділля» (Вінницька обл.; 1200 тонн), ФГ «Колос Агро» (Хмельницька обл.; 900 тонн), ФГ «АгроСвіт» (Черкаська обл.; 1500 тонн), ФГ «ГрінЛенд» (Полтавська обл.; 800 тонн), а також три елеватори компанії «Soufflet Agro Ukraine» з відповідним попитом: «Каролінський» (1000 тонн), «Городоцький» (1200 тонн), «Жашківський» (2200 тонн).

Для розрахунку базових витрат на перевезення однієї тонни зерна було використано статистичні відомості щодо фактичних витрат на перевезення зернових культур. У звіті [14] зазначено, що середня вартість автомобільного транспортування однієї метричної тонни зерна на відстань 100 миль (приблизно 160 км) в Україні становила 15,19 доларів США. На основі цього значення з урахуванням того, що собівартість транспортування на кожні 100 км становить приблизно 9,5 дол./т (з розрахунку 15,19 дол./т на 160 км) було виконано розрахунок базових витрат відповідно до відстаней між фермерськими господарствами та елеваторами компанії «Soufflet Agro Ukraine» (за допомогою сервісу Google Maps). Для конвертації витрат на перевезення з дол. США в гривні, було використано умовний базовий курс 41,9782 грн./дол. у 2025 році. Результати розрахунків зведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Базові витрати логістичного процесу до елеваторів
 «Soufflet Agro Ukraine», на 1 тонну зернових**

Елеватор	Каролінський			Городоцький			Жашківський		
	Відстань км	Витрати дол	Витрати грн	Відстань км	Витрати дол	Витрати грн	Відстань км	Витрати дол	Витрати грн
Поста- чальник									
Зерно Поділля	56	5,32	223,32	270	25,65	1076,74	197	18,72	785,83
Колос Агро	297	28,22	1184,63	69	6,56	275,38	400	38	1595,17
АгроСвіт	453	43,04	1806,74	716	68,02	2855,36	363	34,49	1447,83
ГрінЛенд	466	44,27	1858,38	695	66,03	2771,82	424	40,28	1690,88

Джерело: побудовано авторами

У разі намірів компанії щодо впровадження та використання цифрових технологій до базових витрат на перевезення додаються капітальні витрати на обладнання і впровадження цифрових систем, а також операційні витрати на підписки на агросервіси та їх обслуговування. Водночас цифровізація може зменшувати змінні витрати за рахунок оптимізації маршрутів, скорочення простоїв та зменшення порожніх пробігів. Окрім того, компанія може додатково інвестувати в інноваційні рішення, які підвищують ефективність логістики. Тому в моделі одночасно враховуються і витрати на цифровізацію, і економія від її застосування. Впровадження систем моніторингу, телематики [13], електронного документообігу супроводжується: амортизованими капітальними витратами Саpex – відображають вкладення у цифрові технології, які роблять логістику більш ефективною: телематика на транспорті, обладнання для елеваторів, розробка TMS, WMS тощо; та поточними витратами Opex [15] – обслуговування цифрових систем, підписки, хмарні сервіси, абонплата, навчання персоналу.

В логістичній моделі використання цифрових технологій враховується через булеві змінні, які приймають значення 1, якщо елемент логістичного процесу використовує цифрові інструменти, та 0, якщо ні. Зокрема, змінна z_l відповідає за застосування цифрових технологій в транспортних процесах (наприклад, GPS-моніторинг, телематичні системи, IoT-датчики температури та вологості, оптимізація маршрутів через TMS), а змінна y_k – за застосування цифрових технологій в бізнес-процесах із постачальниками чи клієнтами (наприклад, електронний документообіг, впровадження CRM систем управління взаємовідносинами, ERP для агробізнесу, планування відвантажень, відстеження вантажів в реальному часі). При включенні інструментів цифровізації на конкретному маршруті витрати на перевезення тонни вантажу зменшуються на певний коефіцієнт економії γ , при цьому одночасно враховуються капітальні та операційні витрати на впровадження та обслуговування цифрових інструментів.

Для розрахунку витрат на впровадження цифрових технологій на одну тонну для транспорту, було обрано орієнтовний типовий річний обсяг перевезень продукції автотранспортним підрозділом або групою зерновозів компанії «Soufflet Agro Ukraine», а саме 5000 т. Щодо витрат на впровадження цифрових технологій на одну тонну для контрагента обсяг продукції було оцінено в 1500 т., що базується на розмірі типової партії зернової продукції фермерського господарства, яке співпрацює з «Soufflet Agro Ukraine», та постачає зерно на елеватор чи відправляє на експорт.

Капітальні та операційні витрати з впровадження цифровізації транспорту та відносин з контрагентами наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Капітальні та операційні витрати на впровадження цифрових технологій у логістичні процеси, на 1 тонну зернових

Елемент витрат на:	Капітальні витрати, грн				Операційні витрати, грн	
	Загальна сума	Термін експлуатації, років	Річні витрати/ амортизація	Витрати	Річні витрати/ амортизація	Витрати
Транспорт	44100	5	8820	1,76	151250	30,25
Контрагент	51100	5	10220	6,81	61620	41,08
Всього	95200	5	19040	8,57	212870	71,33

Джерело: розраховано авторами на основі [4; 9]

ВИСНОВКИ З ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК

Першим етапом розв'язку сформульованої задачі оптимізації логістичних витрат підприємств аграрного сектора в умовах цифровізації процесів, очевидно, є моделювання та оптимізація логістичних потоків сільськогосподарської продукції без впровадження цифрових технологій за допомогою класичної транспортної задачі. В результаті оптимального розподілу між постачальниками та елеваторами мінімальні сукупні витрати на транспортні операції склали 4313051 грн. Ця сума відображає класичну структуру витрат, в якій враховано тільки прямі витрати на перевезення без жодних додаткових сервісів чи цифрових рішень. Далі було розглянуто ту ж задачу, але вже з урахуванням впровадження сучасних цифрових технологій у логістиці, й сукупні логістичні витрати з урахуванням цифровізації знизилися до 4147925 грн.

Таким чином, абсолютна економія коштів завдяки впровадженню цифрових рішень склала 165126 грн за сезон, що становить близько 3,8% від витрат базового режиму. Цифрові рішення в сільськогосподарській логістиці дозволили ефективніше розподілити вантажопотоки, зменшити простой транспорту, покращити завантаження парку автомобілів та знизити кількість зайвих пробігів. Використання електронного документообігу та CRM-системи скоротило тривалість і затратність адміністративних операцій, що також позначилося на зниженні загальних логістичних витрат.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Буяк Л.А. Сучасні тенденції та основні теоретичні підходи до цифрової трансформації агробізнесу. *Журнал стратегічних економічних досліджень*. 2023. № 6(17). DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.6.5>
2. Гадзало Я.М., Лузан Ю.Я. Зовнішньоекономічна діяльність та результативність функціонування аграрного сектору економіки України. *Економіка АПК*. 2021. № 4. С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202104006>

3. Демчук О.І., Русин-Гринюк Р.Р. Сучасний рівень діджиталізації бізнес-процесів агропідприємств. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-143>
4. Ефективна робота агротехніки за допомогою IoT-рішень. Kyivstar Business Hub. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/efektyvna-robota-agrotehniky-za-dopomogoyu-iot-rishen>
5. Зубков С.О., Ляпота В.С., Пономарьов М.П. Методологія оцінювання впливу цифровізації на економічну ефективність бізнес-процесів підприємства. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торівлі та послуг: збірник наукових праць*. 2025. Випуск 1(37). С. 93–107. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/38165a7e-de36-419d-92e2-f2e9fe5a116b>
6. Інформаційно-аналітичне забезпечення управління соціально-економічними системами: теорія, методологія, практика: колективна монографія / за заг. ред. д.е.н., проф. І.Б. Шевчук. Bialystok, Poland: e-publisher.com, 2025. 353 с.
7. Лисенко С.М. Оцінка ефективності цифрової трансформації в управлінні бізнес-процесами агропромислових підприємств. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*. 2025. Випуск 6(83). С. 367–372. DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.83-60>
8. Метеленко Н., Свінцова Н., Нікітенко В. Цифровізація аграрного сектору як інструмент впровадження зелених технологій у контексті сталого розвитку. *Humanities Studies*. 2025. Випуск 23(100). С. 256–266. DOI: <https://doi.org/10.32782/hst-2025-23-100-29>
9. Провідний цифровий продукт для оптимізації вирощування сільськогосподарських культур на Ваших полях та польових зонах. Xarvio Digital Farming Solutions. URL: <https://www.xarvio.com/ua/uk/pricing/pricing.html>
10. Савков Р.В., Карвацка Н.С. Оцінка стану та напрямів використання цифрових технологій в діяльності сільськогосподарських підприємств. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique. Section 5. Gestion, administration publique et administration*. 2024. С. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-01.03.2024.018>
11. Скрипник В.В. Інноваційний розвиток аграрних підприємств України: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку. *Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут"*. 2021. № 20. С. 19–24. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.20.2021.252585>
12. Шпикуляк О.Г., Ксенофонтова К.Ю., Грищенко О.Ю. Макроекономічна динаміка розвитку аграрного сектору економіки України: аспекти ролі підприємництва. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. Випуск 8(08). С. 248–255. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.8-41>
13. Що таке телематика? Linqo. URL: <https://linqo.com.ua/news/shcho-take-telematyka/>
14. Agricultural Marketing Service (USDA). Ukraine Grain Transportation. 2025. URL: www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Ukraine%20June%202025.pdf
15. Capex vs Opex – Топ-7 корисних відмінностей з інфографікою. Education-Wiki. URL: <https://uk.education-wiki.com/4381650-capex-vs-opex>
16. International Finance Corporation. Ukraine Farmers (IFC-50643). URL: <https://ewdata.rightsindevelopment.org/projects/IFC-50643/>

REFERENCES:

1. Buiak L. A. (2023) Suchasni tendentsii ta osnovni teoretychni pidkhody do tsyfrovoy transformatsii ahrobiznesu [Modern trends and main theoretical approaches to digital transformation of agribusiness]. *Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzhen – Journal of Strategic Economic Research*, vol. 6(17). DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.6.5>
2. Hadzalo Ya. M., Luzan Yu. Ya. (2021) Zovnishnoekonomichna diialnist ta rezul'tatyvnist funktsionuvannya ahrarynoho sektoru ekonomiky Ukrainy [Foreign economic activity and performance of the agricultural sector of Ukraine]. *Ekonomika APK*, no. 4, pp. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202104006>
3. Demchuk O. I., Rusyn-Hryniuk R. R. (2024) Suchasnyi riven didzhitalizatsii biznes-protsesiv ahropidpriemstv [Current level of digitalization of business processes of agricultural enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-143>
4. Efektyvna robota ahrotekhniki za dopomohoiu IoT-rishen [Effective operation of agricultural machinery using IoT solutions]. Kyivstar Business Hub. Available at: <https://hub.kyivstar.ua/articles/efektyvna-robota-agrotehniky-za-dopomogoyu-iot-rishen>
5. Zubkov S. O., Liapota V. S., Ponomarov M. P. (2025) Metodolohiia otsiniuvannya vplyvu tsyfrovizatsii na ekonomichnu efektyvnist biznes-protsesiv pidpriemstva [Methodology for assessing the impact of digitalization on the economic efficiency of enterprise business processes]. *Ekonomichna stratehiia i perspektyvy rozvytku sfery torhivli ta posluh*, vol. 1(37), pp. 93–107. Available at: <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/38165a7e-de36-419d-92e2-f2e9fe5a116b>
6. Shevchuk I. B. (ed.) (2025) Informatsiino-analitychne zabezpechennia upravlinnia sotsialno-ekonomichnymy systemamy: teoriia, metodolohiia, praktyka [Information and analytical support for management of socio-economic systems: theory, methodology, practice]. Bialystok: e-publisher.com

7. Lysenko S. M. (2025) Otsinka efektyvnosti tsyfrovoy transformatsii v upravlinni biznes-protsesamy ahropromyslovykh pidpriemstv [Assessment of the effectiveness of digital transformation in managing business processes of agro-industrial enterprises]. *Biznes-navihator*, vol. 6(83), pp. 367–372. DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.83-60>
8. Metelenko N., Svintsova N., Nikitenko V. (2025) Tsyfrovizatsiia aharnoho sektoru yak instrument vprovadzhennia zelenykh tekhnolohii u konteksti staloho rozvytku [Digitalization of the agricultural sector as a tool for implementing green technologies in the context of sustainable development]. *Humanities Studies*, vol. 23(100), pp. 256–266. DOI: <https://doi.org/10.32782/hst-2025-23-100-29>
9. Providnyi tsyfrovyy produkt dlia optymizatsii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur na Vashykh poliakh ta polovykh zonakh [Leading digital product for optimizing of agricultural production cultivation on your fields and field zones]. *Xarvio Digital Farming Solutions*. Available at: <https://www.xarvio.com/ua/uk/pricing/pricing.html>
10. Savkov R. V., Karvatska N. S. (2024) Otsinka stanu ta napriamiv vykorystannia tsyfrovyykh tekhnolohii v diialnosti silskohospodarskykh pidpriemstv [Assessment of the state and directions of using digital technologies in the activities of agricultural enterprises]. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique*, Section 5, pp. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-01.03.2024.018>
11. Skrypyuk V. V. (2021) Innovatsiinyi rozvytok ahrarykh pidpriemstv Ukrainy: suchasnyi stan, problemy ta perspektyvy rozvytku [Innovative development of agricultural enterprises of Ukraine: current state, problems and prospects]. *Ekonomichniy visnyk NTUU "Kyivskiy politekhnichnyi instytut"*, no. 20, pp. 19–24. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.20.2021.252585>
12. Shpykuliak O. H., Ksenofontova K. Yu., Hryshchenko O. Yu. (2023) Makroekonomichna dynamika rozvytku aharnoho sektoru ekonomiky Ukrainy: aspekty roli pidpriemnytstva [Macroeconomic dynamics of the development of the agricultural sector of Ukraine: aspects of the role of entrepreneurship]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, vol. 8(08), pp. 248–255. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.8-41>
13. Shcho take telematyka? [What is telematics?]. *Linqo*. Available at: <https://linqo.com.ua/news/shcho-take-telematyka/>
14. Agricultural Marketing Service (USDA). Ukraine Grain Transportation. 2025. URL: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Ukraine%20June%202025.pdf>
15. Capex vs Opex – Top-7 korysnykh vidminnostei z infografikoiu [Capex vs Opex – Top-7 useful differences with infographics]. *Education-Wiki*. Available at: <https://uk.education-wiki.com/4381650-capex-vs-opex>
16. International Finance Corporation. Ukraine Farmers (IFC-50643). URL: <https://ewdata.rightsindevelopment.org/projects/IFC-50643/>

MODELING OF THE DEVELOPMENT OF OPERATIONS OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF UKRAINE IN THE DIGITAL MARKET ECONOMY CONDITIONS

HALYK Mariia, ROMANYCH Ihor
Ivan Franko National University of Lviv

In the modern conditions of the market economy agribusiness needs a lot of attention regarding the development and possibilities of improving the production and non-production processes that accompany it. The quality of the products produced, the technology of production processes, the speed and innovation of logistics operations directly affect the income of agricultural companies at the micro level, the economic stability of the country, partner countries and contractors at the macro level. The purpose of the article is to build and research an optimization model of the operational processes of an enterprise of the agricultural sector in the digital market economy of Ukraine. The methodological basis of the research is general scientific and special methods of analysis of market economic systems, namely methods of analysis and synthesis, logical generalization, systemic approach and comparative analysis of scientific concepts of the development of the agrarian sector. To formalize economic processes and build a model for optimizing logistics costs of agricultural sector enterprises in conditions of digitization, economic-mathematical modeling tools, economic-statistical methods were used as well as scenario modeling to evaluate alternative trajectories of operations development of agricultural company in market conditions. The result of the study is a built and solved economic-mathematical model of optimizing logistics costs of enterprises of the agricultural sector in the conditions of digitalization, an example of its application to search the best logistics and production solutions was implemented. The construction of such a model will help to determine the further development of agricultural sector enterprises in the conditions of a digital market economy. The proposed approach also creates a basis for the formation of strategies for the sustainable development of agribusiness, minimizing risks and increasing the efficiency of the functioning of agricultural production in a dynamic market environment. In the target function of the constructed model of optimization of logistics costs of enterprises of the agrarian sector in the conditions of digitalization, the costs of implementing digital solutions in logistics processes are originally taken into account, what allows for a more accurate assessment of the impact of investments on the economic results of the activities of agricultural enterprises and to increase the economic efficiency of their operation in the conditions of a market economy.

Keywords: mathematical methods and models, optimization, market processes, agricultural sector, digital economy, logistics, digital technologies, economic efficiency, logistics costs.