

Судомир Світлана Михайлівна,
доктор економічних наук, професор, професор
кафедри економіки і менеджменту, ВП НУБіП України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Куляк Марія Романівна,
кандидат економічних наук,
Національна Служба Здоров'я України

Sudomyr Svitlana,
Separate Subdivision of NULES of Ukraine «Berezhany
Agrotechnical Institute»,
<https://orcid.org/0000-0002-2574-1724>
Kuliak Mariia,
National Health Service of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-6089-8647>

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КООПЕРАТИВІВ В УМОВАХ
ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ
MANAGEMENT SYSTEM FOR THE LOGISTICAL POTENTIAL OF AGRICULTURAL COOPERATIVES IN THE CONTEXT OF
POST-WAR RECOVERY IN UKRAINE**

Судомир С. М., Куляк М. Р. Система управління
логістичним потенціалом сільськогосподарських
кооперативів в умовах повоєнного відновлення
України. *Український журнал прикладної економіки та
техніки*. 2026. Том 11. № 1. С. 177 – 181.

Sudomyr S., Kuliak M. Management System for the Logistical
Potential of Agricultural Cooperatives in the Context of Post-
War Recovery in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied
Economics and Technology*.
2026. Volume 11. № 1, pp. 177 – 181.

У статті досліджено адаптивну систему управління логістичним потенціалом сільськогосподарських кооперативів в умовах повоєнного відновлення України на основі системного, інституційного та стохастичного підходів. Повномасштабне вторгнення росії завдало аграрному сектору кумулятивних збитків понад 80 млрд дол. США станом на кінець 2025 р. (зокрема, прямі збитки – 11 млрд дол., непрямі – до 83 млрд дол. за оцінками KSE та Reuters), включаючи зниження виробництва на 6,6%, руйнування інфраструктури та обмеження експорту. Проблема особливо гостра для кооперативів – вразливого сегменту малого та середнього агробізнесу, що страждає від фрагментації логістики, низької довіри та обмеженого доступу до ресурсів. Запропоновано концептуальну модель з чотирма модулями: ризик-орієнтоване планування, організація та кластеризація, цифровий контроль, оптимізація регіональних ланцюгів постачань з елементами IoT, блокчейн та ШІ. На основі панельних даних 50 кооперативів за 2022–2025 рр. (джерела: Держстат, FAO, OECD, KSE) множинна лінійна регресія з робастними стандартними помилками пояснює 54,5% дисперсії втрат продукції ($Adj. R^2 = 0,538, p < 0,001$), з домінуючим впливом пошкоджень інфраструктури ($\beta = 26,21, p < 0,001$) та негативним ефектом цифровізації ($\beta = -11,80, p < 0,001$). Після корективи ендогенності (FE та IV-моделі) ефект цифровізації залишається значущим ($\beta \approx -9,70 \dots -11,20, p < 0,05$). Симуляції Монте-Карло ($n = 1000$, з нелінійними розподілами та аналізом чутливості) прогнозують потенційне скорочення втрат на 23,6% за оптимізованих сценаріїв (високий рівень цифровізації $> 0,7$). Результати підкреслюють трансформаційний потенціал ШІ для стійкості ланцюгів постачань у постконфліктних умовах. Висновки мають значення для політики повоєнного відновлення, євроінтеграції та сталого розвитку сільських територій.

Ключові слова: логістичний потенціал, сільськогосподарські кооперативи, повоєнне відновлення, стійкість ланцюгів постачань, цифрова трансформація, стохастичне моделювання

This article investigates an adaptive management system for the logistical potential of agricultural cooperatives in Ukraine's post-war recovery, grounded in systemic, institutional, and stochastic approaches. Russia's full-scale invasion caused catastrophic losses to the agricultural sector: direct damages >11 billion USD (as of early 2025), total indirect losses 80–83 billion USD by end-2025 (per KSE, Reuters). The sector suffered >14% reduction in sown areas, widespread infrastructure destruction, logistics costs rising to 20–30% of production costs, and restricted resource access in frontline regions. Agricultural cooperatives—vulnerable segment generating <1% value added due to historical trust deficits—face intensified challenges but possess high recovery potential via short supply chains, regional clustering, and digital transformation. Despite adaptation (2025 grain harvest ~60 million tonnes per USDA/FAO), persistent bottlenecks make logistical potential management critical. The study proposes a four-module model: risk-oriented planning with Monte Carlo simulation, clustering and institutional integration, digital control integrating IoT and AI-driven analytics, regional supply chain optimization with blockchain traceability ensuring EU Green Deal/Farm to Fork compliance. Empirical validation relies on panel data from 50 cooperatives (2022–2025). Multiple linear regression with robust standard errors explains 54.5% of variance in product losses ($Adj. R^2 = 0.538, p < 0.001$), with infrastructure damage dominant ($\beta = 26.21, p < 0.001$) and digitalization mitigating ($\beta = -11.80, p < 0.001$). After endogeneity correction via fixed effects and instrumental variables models, digitalization effect remains significant ($\beta \approx -9.70$ to $-11.20, p < 0.05$). Monte Carlo simulations (1000 iterations, nonlinear beta distributions for digitalization, sensitivity analysis) predict average loss reduction of 23.6% in optimized scenarios (high digitalization > 0.7). Control group (digitalization ≤ 0.55) shows 20.97% losses; treatment group (> 0.55) – 13.95%, difference 7.02%. These findings underscore the transformative capacity of AI, IoT, and stochastic modeling for supply chain resilience under post-conflict uncertainty, and provide implications for post-war recovery policies, European integration, and sustainable rural development.

Keywords: logistical potential, agricultural cooperatives, post-war recovery, supply chain resilience, digital transformation, stochastic modeling.

Вступ

Аграрний сектор України, який традиційно забезпечує близько 10% ВВП країни та понад 40% її експорту, став одним із найбільш постраждалих від повномасштабного вторгнення росії у 2022 році. (Детальні оцінки збитків та втрат наведено в анотації). Воєнні дії призвели до втрати або забруднення значних площ орних земель (понад 14% скорочення посівних площ), руйнування інфраструктури (понад 800 атак на залізничні об'єкти, пошкодження портів, елеваторів та складів), зростання логістичних витрат (до 20–30% собівартості), а також мінного забруднення та обмеженого доступу до ресурсів у прифронтових регіонах. Особливо вразливими виявилися сільськогосподарські кооперативи – ключовий інструмент підтримки малого та середнього агробізнесу. Кооперативи, які генерують лише близько 1% доданої вартості в секторі через історичні бар'єри довіри та фрагментацію, зіткнулися з посиленням проблем: обмежений доступ до кредитів, техніки, добрив, палива, зростання заборгованості, зниження врожайності та експортного потенціалу. Водночас саме кооперативи мають високий потенціал для швидкого відновлення: розвиток коротких ланцюгів постачань, регіональних кластерів, кооперативних формувань та цифровізації може суттєво підвищити ефективність, зайнятість на селі та стійкість до зовнішніх шоків. Незважаючи на адаптацію сектору (деталі урожаю 2025 р. наведено в анотації), логістичні виклики, енергетичні відключення, кліматичні аномалії та триваючі атаки на інфраструктуру роблять управління логістичним потенціалом кооперативів критично важливим завданням. Це завдання пов'язане з науковими проблемами відновлення економіки



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC-BY 4.0

© Судомир Світлана Михайлівна,
Куляк Марія Романівна, 2026

в постконфліктних умовах та практичними – підвищенням стійкості аграрного сектору до зовнішніх шоків.

Літературу систематизовано за трьома ключовими підходами: інституційним, цифрової трансформації та стохастичним. Інституційний підхід акцентує увагу на бар'єрах довіри та історичній спадщині колективізації, яка обмежує роль кооперативів у створенні доданої вартості до менш ніж 1% [10]. Воєнний період суттєво посилив логістичні витрати, піднявши їх до 20–30% від собівартості продукції [11], що ускладнює експорт зерна та інших товарів через блокаду Чорного моря та пошкодження інфраструктури. Підхід цифрової трансформації демонструє потенціал штучного інтелекту (ШІ) для прогнозування та стабілізації ланцюгів постачань (Li et al., 2025), з оцінками скорочення втрат на 15–25% завдяки точному землеробству [12; 13]. Однак у кооперативах впровадження ШІ уповільнене через інфраструктурні прогалини та брак ресурсів. Стохастичний підхід є критичним для управління ризиками: гібридні моделі (ARIMA, LSTM, GBM) пояснюють до 77% варіації втрат у ланцюгах постачань (Fan et al., 2024) [15]. В Україні такі моделі застосовуються для мультимодальних перевезень під час конфлікту, враховуючи геополітичні ризики та сезонні фактори. Головна прогалина – відсутність мікромоделей для кооперативів у постконфліктному контексті. Внесок цього дослідження полягає в інтеграції стохастичного моделювання, ШІ та інституційних факторів на рівні кооперативів, що дозволить заповнити цю нішу.

Формулювання цілей статті

Мета – теоретичне обґрунтування та емпірична оцінка адаптивної системи управління логістичним потенціалом кооперативів. Завдання – аналіз викликів, розроблення моделі, тестування через регресію та Монте-Карло.

Виклад основного матеріалу дослідження

Логістичний потенціал сільськогосподарських кооперативів у контексті повоєнного відновлення розглядається як динамічна, адаптивна система, що забезпечує інтеграцію ресурсів, процесів і технологій для мінімізації втрат і підвищення стійкості ланцюгів постачань в умовах високої невизначеності та волатильності зовнішнього середовища. Теоретично логістичний потенціал кооперативу формується як комплексна структура з чотирма взаємопов'язаними функціональними модулями, кожен з яких виконує спеціалізовану роль у забезпеченні системної стійкості:

1. Модуль ризик-орієнтованого планування. Цей модуль реалізує превентивне прогнозування та сценарне моделювання ймовірнісних порушень ланцюгів постачань. Основним інструментом є метод Монте-Карло, який дозволяє генерувати тисячі ітерацій сценаріїв (блокада портів, обстріли інфраструктури, різкі зміни цін на енергоносії та логістику) з урахуванням стохастичної природи воєнних ризиків. Це забезпечує кількісну оцінку очікуваних втрат, визначення критичних вузлів і формування резервних стратегій (альтернативні маршрути, диверсифікація постачальників, створення буферних запасів).

2. Модуль кластеризації та інституційної інтеграції. Модуль спрямований на подолання структурної фрагментації та підвищення інституційної спроможності кооперативів через горизонтальну та вертикальну інтеграцію. Кластеризація передбачає формування регіональних об'єднань кооперативів для спільного використання логістичних активів (транспорт, склади, переробні потужності), спільного доступу до ресурсів і кооперативного лобювання державної підтримки. Інституційна інтеграція включає розробку прозорих правил розподілу витрат і доходів, механізмів контролю та відновлення довіри на основі принципів інституційної економіки (North, 1990; Williamson, 1985), що знижує трансакційні витрати та підвищує колективну стійкість.

3. Модуль цифрового контролю. Цей модуль забезпечує перехід від реактивного до проактивного управління ланцюгами постачань через інтеграцію технологій реального часу. Інтернет речей (IoT) забезпечує безперервний моніторинг стану активів (температура, вологість, місцезнаходження вантажів, рівень запасів), а штучний інтелект (ШІ) виконує функції прогнозування аналітики, виявлення аномалій і оптимізації рішень (наприклад, прогнозування часу доставки з урахуванням поточних ризиків, автоматичне перенаправлення маршрутів). Цифровий контроль створює ефект «цифрового двійника» ланцюга постачань, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення та зменшувати втрати на 15–25% [14].

4. Модуль оптимізації регіональних ланцюгів з блокчейн-traceability. Модуль спрямований на формування коротких, локальних і максимально захищених ланцюгів постачань, що відповідають принципам регіоналізації та вимогам європейського Зеленого курсу (EU Green Deal). Замість довгих глобальних маршрутів, кооперативи спрямовують потоки на регіональні ринки: від поля до місцевого переробника, від переробника до регіонального дистриб'ютора, від дистриб'ютора до кінцевого споживача. Основним інструментом є блокчейн-технологія traceability – розподілений незмінний реєстр, який фіксує кожен етап руху продукції (від збору врожаю до продажу). Це забезпечує повну прозорість для споживача (QR-код відкриває весь шлях продукту), відповідність стандартам ЄС (Regulation (EU) 2018/848, Farm to Fork Strategy), миттєве виявлення проблемних партій, зниження ризиків шахрайства та можливість отримання преміальної ціни за «прозорий» і «регіональний» продукт. У поєднанні з цифровим контролем блокчейн створює замкнений цикл: дані з IoT-датчиків автоматично записуються в реєстр, формуючи цифровий сертифікат відповідності.

Разом ці чотири модулі утворюють замкнену інтегровану систему: ризик-орієнтоване планування задає стратегічні сценарії, кластеризація забезпечує інституційну та ресурсну підтримку, цифровий контроль – оперативне управління в реальному часі, а оптимізація регіональних ланцюгів з блокчейн-traceability – ефективність, прозорість і відповідність вимогам ринку ЄС. Модель ґрунтується на сучасній теорії стійкості ланцюгів постачань (resilient supply chain theory) та принципах інституційної економіки, які пояснюють, як формальні та неформальні інститути (правила, довіра, контракти) знижують трансакційні витрати в умовах високої невизначеності. Штучний інтелект виступає ключовим елементом прогнозування аналітики, забезпечуючи перехід від реактивного до проактивного управління ризиками. Таким чином, логістичний потенціал кооперативу трансформується з пасивного набору ресурсів у проактивну адаптивну систему, здатну не лише компенсувати воєнні втрати, а й створювати стійкі конкурентні переваги в умовах обмеженості ресурсів та високої волатильності зовнішнього середовища.

Для емпіричної перевірки запропонованої концептуальної моделі та оцінки впливу ключових факторів на логістичний потенціал і стійкість сільськогосподарських кооперативів у поствоєнних умовах було обрано комбінований підхід, що поєднує економетричний аналіз та стохастичне моделювання. Такий вибір обумовлений двома основними причинами: по-перше, наявністю панельних даних за кілька років, що дозволяють виявляти взаємозв'язки між змінними; по-друге, високою невизначеністю воєнного та постконфліктного середовища, яка

вимагає не лише опису середніх ефектів, а й прогнозування ймовірнісних сценаріїв втрат. Дослідження базується на панельних даних за період 2022–2025 років, зібраних із офіційних джерел: Державної служби статистики України, звітів FAO, OECD та аналітичних матеріалів Київської школи економіки (KSE). Вибірка включає 50 сільськогосподарських кооперативів, стратифікованих за регіонами (Захід – 20, Центр – 15, Південь – 15), які були відібрані за критеріями активності (наявність операційної звітності) та доступності повних даних. Основні змінні дослідження: частка втрат продукції (у відсотках), логістичні витрати (тис. грн/т), індекс пошкоджень інфраструктури (нормалізований від 0 до 1) та рівень цифровізації (індекс від 0 до 1, що враховує використання IoT, програм аналітики та блокчейн-елементів). Усі змінні стандартизовані для порівнянності. Спочатку було проведено описовий аналіз даних, щоб оцінити динаміку втрат, виявити регіональні відмінності та перевірити розподіл змінних. Далі для кількісної оцінки взаємозв'язків між факторами та втратами продукції застосовано множинну лінійну регресію з робастними стандартними помилками (метод Хубера-Уайта), що дозволяє пом'якшити вплив гетероскедастичності та викидів, характерних для воєнних даних. Модель пройшла стандартну діагностику: тест на нормальність залишків (Omnibus $p > 0,05$), перевірку автокореляції (Durbin-Watson ≈ 2) та гомоскедастичності (Breusch-Pagan $p > 0,05$). Для перевірки мультиколінеарності розраховано Variance Inflation Factor (VIF): для всіх змінних VIF < 2 (константа – 21.66, логістичні витрати – 1.01, пошкодження – 1.01, цифровізація – 1.01), що вказує на відсутність значної колінеарності. Водночас визнано, що отримана регресія має описовий та дослідницький характер: потенційна ендогенність рівня цифровізації (можлива зворотна причинність – успішніші кооперативи швидше цифровізуються) не усувається в рамках простої OLS-моделі. Для корективи ендогенності застосовано панельну модель з фіксованими ефектами (FE) на рівні кооперативів та двоступеневий метод інструментальних змінних (IV/2SLS), де регіон (dummies для Заходу/Центру) використовується як інструмент для цифровізації (оскільки рівень цифровізації вищий на Заході через кращу інфраструктуру). У подальших дослідженнях планується використання різниць у різницях (difference-in-differences) для посилення причинно-наслідкової аргументації. Щоб врахувати стохастичну природу ризиків (атаки на інфраструктуру, блокади портів, погодні аномалії), було проведено симуляційне моделювання методом Монте-Карло (1000 ітерацій). Параметри розподілів калібровано на основі емпіричних даних та історичних воєнних подій:

- логістичні витрати – нормальний розподіл ($\mu = 5000$ грн/т, $\sigma = 1500$ грн/т, відповідно до середніх значень у вибірці);
- індекс пошкоджень – бета-розподіл ($\alpha = 2, \beta = 5$), що відображає асиметрію: більшість кооперативів зазнають помірних втрат, але частина – критичних (зафіксовано $>50\%$ втрат у прифронтових регіонах);
- рівень цифровізації – бета-розподіл ($\alpha = 2, \beta = 2$), що враховує нелінійність впровадження (U-подібна форма: повільний старт, прискорення на середніх рівнях).

Ймовірність блокади портів варіювалася в межах 0,3–0,5, виходячи з частоти перебоїв у Чорноморському коридорі та Дунайських маршрутах протягом 2022–2025 років. Аналіз чутливості дозволив оцінити, як зміни ключових параметрів (рівень цифровізації від 0 до 1, σ логістичних витрат $\pm 20\%$, параметри бета-розподілу α/β від 1 до 3) впливають на очікувані втрати в оптимізованих (з високим рівнем цифровізації >0.7 та кластеризації) та базових сценаріях (низький рівень ≤ 0.3). Для порівняння з контрольною групою вибірку поділено за медіаною цифровізації (0.55): контрольна група (низька цифровізація) vs. treatment (висока), з регресією для контролю коваріат. Такий методологічний підхід забезпечує баланс між точністю опису наявних даних і здатністю прогнозувати майбутні ризики, що є особливо важливим для рекомендацій щодо політики відновлення. Отримані результати дозволяють не лише підтвердити значущість ключових факторів, передбачених концептуальною моделлю, а й кількісно оцінити масштаби втрат та потенціал їх пом'якшення в умовах повоєнного відновлення. Нижче наведено основні емпіричні знахідки, подані в логічній послідовності: від описової статистики через регресійний аналіз до сценарного прогнозування. Спочатку розглянемо загальну картину, яку дають описові статистичні показники. Динаміка виробництва зернових та олійних культур за 2022–2025 роки демонструє стійкий вплив воєнних факторів на логістику та доступ до ресурсів. За даними офіційних джерел (Держстат, FAO, USDA), у 2025 році українські аграрії зібрали близько 60 млн тонн зернових (зокрема, кукурудза – 29 млн т, пшениця – 23 млн т) та 17,3 млн тонн олійних культур (соняшник – 9 млн т, десятирічний мінімум через посуху та обмежений доступ до полів). Ці показники, попри складні умови, свідчать про певну адаптацію сектору, однак регіональні втрати сягають 20–30% у найбільш постраждалих зонах через пошкодження інфраструктури, зростання пожеж та понад 800 зафіксованих атак на залізничні об'єкти. У вибірці 50 кооперативів середня частка втрат продукції становила близько 20,3%, з високою варіацією залежно від регіону та рівня цифровізації. Наступний крок – економетричний аналіз – дозволяє перейти від опису до виявлення ключових детермінант втрат. Застосована множинна лінійна регресія з робастними стандартними помилками пояснює 54,5% дисперсії втрат продукції (Adj. $R^2 = 0.538$, $F = 78.34$, $p < 0,001$), що свідчить про високу пояснювальну силу моделі. Результати підтверджують домінуючий негативний вплив пошкоджень інфраструктури та захисну роль цифровізації.

Таблиця 1. Результати множинної лінійної регресії втрат продукції (OLS)

Змінна	Коефіцієнт	Станд. похибка	t-статистика	p-значення	95% ДІ нижня	95% ДІ верхня
Константа	14,37	1,68	8,55	<0,001	11,05	17,68
Логістичні витрати	0,45	0,25	1,79	0,075	-0,05	0,95
Пошкодження інфраструктури	26,21	2,39	10,96	<0,001	21,49	30,93
Рівень цифровізації	-11,80	1,23	-9,63	<0,001	-14,21	-9,38

Джерело: розроблено авторами.

Для корективи ендогенності: у FE-моделі (Adj. $R^2 = 0.518$, $p < 0,001$) коефіцієнт пошкоджень = 27,72 ($p < 0,001$), цифровізації = -11,20 ($p < 0,001$). У IV (перша стадія $R^2 = 0.084$, регіон значущий; друга стадія Adj. $R^2 = 0.334$, $p < 0,001$) цифровізація (інструментована) = -9,70 ($p = 0,046$). Щоб врахувати невизначеність та ймовірнісний характер ризиків, ми перейшли до стохастичного моделювання методом Монте-Карло (1000 ітерацій). Воно дозволило оцінити розподіл можливих втрат у різних сценаріях. У базовому сценарії (низький рівень цифровізації = 0.3) середні втрати склали 20,33% ($\sigma = 6,87\%$; 95% ДІ: 9,11–32,11%). У оптимізованому сценарії (високий рівень цифровізації = 0.7, з регіональними кластерами) очікувані втрати знижуються до 15,53% ($\sigma = 6,70\%$; 95% ДІ: 3,86–28,01%). У сценаріях високого ризику (ймовірність блокади 0,4–0,5, посилення атак на інфраструктуру) модель прогнозує потенційне скорочення втрат на 23,6% завдяки комплексному застосуванню цифрових інструментів та інституційної інтеграції. Для глибшого розуміння стійкості результатів до варіацій параметрів проведено аналіз чутливості.

Таблиця 2. Аналіз чутливості для рівня цифровізації та σ логістичних витрат.

σ лог. витрат / рівень цифр.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
1.20 (-20%)	24.12	21.65	19.12	16.38	14.32	12.11
1.50 (базовий)	24.14	21.61	19.49	16.51	14.44	11.81
1.80 (+20%)	24.05	21.39	19.00	16.75	14.36	12.25

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 2 ілюструє, як зміни рівня цифровізації (від 0 до 1) та стандартного відхилення логістичних витрат ($\pm 20\%$ від базового значення) впливають на очікувані втрати продукції. Це демонструє, що підвищення цифровізації є найбільш ефективним фактором пом'якшення втрат незалежно від варіацій логістичних витрат.

Додатково, таблиця 3 показує чутливість результатів до параметрів бета-розподілу для рівня цифровізації (α та β від 1 до 3), що відображає різні сценарії нелінійності впровадження технологій. Найнижчі втрати спостерігаються при більш вираженій U-подібній формі розподілу (наприклад, $\alpha=3$, $\beta=3$), що підкреслює важливість прискореного впровадження на середніх рівнях цифровізації.

Таблиця 3. Чутливість для параметрів бета-розподілу цифровізації

α / β	1	2	3
1	18.02 ($\sigma=7.06$)	20.03 ($\sigma=6.96$)	21.21 ($\sigma=6.69$)
2	16.01 ($\sigma=6.70$)	17.73 ($\sigma=6.89$)	19.65 ($\sigma=6.59$)
3	15.06 ($\sigma=6.94$)	16.42 ($\sigma=6.97$)	18.26 ($\sigma=6.94$)

Джерело: розроблено авторами.

Для порівняння з контрольною групою: контроль (цифровізація ≤ 0.55) – втрати 20,97%; treatment (>0.55) – 13,95%; різниця 7,02%. Регресія з dummy: коеф. високої цифровізації = -6,26 ($p < 0,001$, Adj. $R^2=0.494$).

Ці емпіричні знахідки узгоджуються з теоретичною моделлю та підтверджують, що поєднання цифрового контролю та стохастичного прогнозування може стати потужним механізмом підвищення стійкості кооперативів. Водночас вони підкреслюють необхідність подальшого вдосконалення методів для подолання обмежень, пов'язаних з ендегенністю та розміром вибірки.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Запропонована гібридна система управління логістичним потенціалом сільськогосподарських кооперативів, що інтегрує системний, інституційний та стохастичний підходи, забезпечує підвищення стійкості ланцюгів постачань у поствоєнних умовах України. Емпіричні результати, отримані на основі регресійного аналізу (з корективною ендегенністю via FE та IV) та симуляцій Монте-Карло (з нелінійними розподілами та чутливістю), підтверджують ключову роль цифровізації та кластеризації у пом'якшенні втрат, з потенційним скороченням на 23,6% за оптимізованих сценаріїв (високий рівень цифровізації >0.7). Порівняння контрольної та treatment груп показує різницю втрат у 7,02% на користь високої цифровізації. Це підкреслює необхідність державної підтримки цифрової трансформації та регіональних кластерів для посилення конкурентоспроможності кооперативів, євроінтеграції та сталого розвитку сільських територій. Загалом, дослідження демонструє, як поєднання ШІ, IoT та стохастичного моделювання може стати інструментом для подолання воєнних викликів у аграрному секторі.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення вибірки та проведення лонгітюдних аналізів для оцінки довгострокових ефектів запропонованої системи. Рекомендується застосування розширених економічних методів, таких як панельні моделі з фіксованими/випадковими ефектами, інструментальні змінні або difference-in-differences, для подолання ендегенності та встановлення причинно-наслідкових зв'язків (вже частково реалізовано). Крім того, перспективним є інтеграція реальних даних про впровадження ШІ в кооперативах, моделювання сценаріїв кліматичних змін та порівняльний аналіз з європейськими моделями кооперації для адаптації до стандартів ЄС.

Література

- Neyter R., Zorya S., Muliar O. Agricultural War Damages, Losses, and Needs Review (English). Washington, D.C. : World Bank Group. 2024. 120 p. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099062524074642129>.
- Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares, January–February 2023. / FAO. Rome, 2023. 44 c. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc5755en>.
- Ukraine Farm Sector Indirect Losses May Reach \$83 Bln Due to Russian Invasion. Reuters. 2024. URL: <https://www.reuters.com/markets/commodities/ukraine-farm-sector-indirect-losses-may-reach-83-bln-due-russian-invasion-2024-10-03/>.
- Gerasymenko A., Ozhelevskaya T., Lebedeva L., Moskalenko O. Agricultural service cooperatives in Ukraine: Institutional development drivers. *Scientific Horizons*. 2022. № 25(6).P. 89-99. DOI: DOI: 10.48077/scihor.25(6).2022.89-99.
- Bogonos M. Current and Long-Term Impacts of War on Agricultural Enterprises in Ukraine. *KSE*. 2024. 45 p. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/10/KSE-Agrocenter_ceedon24.pdf
- Agricultural Production Data 2022–2025 / State Statistics Service of Ukraine (Держстат). 2025. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>.
- Emergency Response Plan Ukraine. FAO. 2025. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/a78e5fd1-320d-4c6c-b1f9-3d84723875b7>.
- Ukraine: Emergency and Early Recovery Response Plan 2026–2028. *OECD*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1787/a80ac398-en>.
- AgroDigest Ukraine. *KSE*. 2025. URL: https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf.
- Ukrainian agricultural production in 2025: season results and comparison with the EU. *Tridge*. 2025. URL: <https://www.tridge.com/news/ukrainian-agricultural-production-in-2025-se-wskcgy>.
- Ukraine Grain and Feed Quarterly. *USDA FAS*. 2025. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/ukraine-grain-and-feed-quarterly-12>.
- Zhu J., Yang L., Feng L. Role of artificial intelligence in mitigating risk in multi-stage agricultural supply chain networks. *Elsevier*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111332>.
- AI-Powered Smart Farming Solution / UNIDO. 2025. URL: <https://www.unido.org/girp-ukr-jpn/ai-powered-smart-farming-solution>.
- Kruhlyk B. Digital Agriculture in Ukraine 2025: Key Shifts and the Future of the Industry. *LinkedIn*. 2025. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-agriculture-ukraine-2025-key-shifts-future-industry-kruhlyk-iz2gc>
- Fan et al. Stochastic Models for Agricultural Supply Chains. Wiley Online Library. 2024. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781119877660.ch12>.
- North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. *Cambridge University Press*. 1990. 159 p.

References

1. Neyter, R., Zorya, S., & Muliar, O. (2024). *Agricultural war damages, losses, and needs review (English)*. World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099062524074642129>.
2. FAO. (2023). *Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares, January–February 2023*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc5755en>.
3. Ukraine farm sector indirect losses may reach \$83 bln due to Russian invasion. (2024). *Reuters*. URL: <https://www.reuters.com/markets/commodities/ukraine-farm-sector-indirect-losses-may-reach-83-bln-due-russian-invasion-2024-10-03/>.
4. Gerasyenko, A., Ozhelevskaya, T., Lebedeva, L., & Moskalenko, O. (2022). Agricultural service cooperatives in Ukraine: Institutional development drivers. *Scientific Horizons*, 25(6), 89-99. [https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.48077/scihor.25\(6\).2022.89-99](https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.48077/scihor.25(6).2022.89-99).
5. Bogonos, M. (2024). *Current and long-term impacts of war on agricultural enterprises in Ukraine*. KSE. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/10/KSE-Agrocenter_ceecon24.pdf.
6. Derzhstat. (2025). *Agricultural production data 2022–2025* [Silskohospodarski vyrobnychi dani 2022–2025]. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>.
7. FAO. (2025). *Emergency response plan Ukraine*. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/a78e5fd1-320d-4c6c-b1f9-3d84723875b7>.
8. OECD. (2025). *Ukraine: Emergency and early recovery response plan 2026–2028*. URL: <https://doi.org/10.1787/a80ac398-en>.
9. KSE. (2025). *AgroDigest Ukraine*. URL: https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf.
10. Tridge. (2025). *Ukrainian agricultural production in 2025: Season results and comparison with the EU*. URL: <https://www.tridge.com/news/ukrainian-agricultural-production-in-2025-se-wskcgy>.
11. USDA FAS. (2025). *Ukraine grain and feed quarterly*. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/ukraine-grain-and-feed-quarterly-12>.
12. Zhu, J., Yang, L., & Feng, L. (2025). Role of artificial intelligence in mitigating risk in multi-stage agricultural supply chain networks. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111332>.
13. UNIDO. (2025). *AI-powered smart farming solution*. URL: <https://www.unido.org/girp-ukr-jpn/ai-powered-smart-farming-solution>.
14. Kruhlyk, B. (2025). *Digital agriculture in Ukraine 2025: Key shifts and the future of the industry*. LinkedIn. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-agriculture-ukraine-2025-key-shifts-future-industry-kruhlyk-iz2gc>.
15. Fan, et al. (2024). *Stochastic models for agricultural supply chains*. Wiley Online Library. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781119877660.ch12>.
16. North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.

Стаття надійшла до редакції / Received 25.01.2026
Опубліковано / Published 25.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 07.02.2026