

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 9.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.9.93>

УДК 004.8:658.78

*О. І. Кохан,
магістр, Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-5504-3091>*

МІЖНАРОДНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ: РОЛЬ ШІ У ТРАНСФОРМАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

*О. Kokhan,
Master, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

INTERNATIONAL TRENDS IN LOGISTICS DIGITALIZATION: THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS PROCESS TRANSFORMATION

У статті досліджуються міжнародні та українські тенденції цифровізації логістики з акцентом на визначенні ролі штучного інтелекту (ШІ) у трансформації бізнес-процесів. Показано, що цифровізація виступає ключовим драйвером підвищення ефективності логістичних систем, оскільки забезпечує перехід від традиційних моделей управління, орієнтованих на фізичні операції та паперовий документообіг, до інтегрованих цифрових платформ, здатних забезпечувати координацію в режимі реального часу. Особливу увагу приділено аналізу основних інструментів цифрової

трансформації, зокрема Інтернету речей (IoT), блокчейну, цифрових двійників та алгоритмів штучного інтелекту. Їх застосування у логістиці дозволяє ефективніше управляти ланцюгами постачання, оптимізувати транспортні маршрути, підвищувати точність управління запасами та впроваджувати проактивні підходи до ризик-менеджменту, що є критично важливим в умовах глобальної нестабільності.

Окремо висвітлено економічні переваги цифровізації - скорочення витрат, підвищення точності прогнозування, зростання рівня задоволеності клієнтів, а також екологічні ефекти, зокрема зменшення споживання пального та скорочення викидів CO₂ завдяки eco-routing і автоматизованому управлінню потоками. Значна увага приділяється українському контексту, де логістичний сектор функціонує в умовах війни, обмежених ресурсів та фрагментованої інфраструктури, але водночас демонструє прогрес у впровадженні автоматизованих складських систем, транспортних платформ та рішень на основі ШІ.

Зроблено висновок про стратегічне значення цифровізації та інтеграції ШІ для підвищення стійкості, конкурентоспроможності та екологічної відповідальності логістичних систем на міжнародному й національному рівнях.

The article explores international and Ukrainian trends in logistics digitalization with a specific focus on the role of artificial intelligence (AI) in transforming business processes. Digitalization is identified as a key driver for improving the efficiency of logistics systems, as it facilitates the transition from traditional management models, largely dependent on physical operations and paper-based workflows, to integrated digital platforms capable of ensuring real-time coordination and evidence-based decision-making. Particular attention is devoted to the analysis of major instruments of digital transformation, including the Internet of Things (IoT), blockchain, digital twins, and AI-based algorithms. Their implementation in logistics enables more effective supply chain management,

optimization of transport routes, improved accuracy in inventory control, and the introduction of proactive risk management approaches, which is critically important under conditions of global instability and market volatility. The article also highlights the economic benefits of digitalization, such as cost reduction, increased forecasting accuracy, and higher levels of customer satisfaction, as well as environmental effects, including lower fuel consumption and decreased CO₂ emissions achieved through eco-routing and automated flow control. Special emphasis is placed on the Ukrainian context, where the logistics sector operates under the challenges of war, limited resources, and fragmented infrastructure, yet demonstrates significant progress through the implementation of automated warehouse systems, transport management platforms, and AI-based solutions. The scientific novelty of the study lies in the complex assessment of the synergistic interaction of digital technologies and the identification of AI as a fundamental driver of their integration. The article concludes by underlining the strategic significance of digitalization and AI integration as essential factors for enhancing resilience, competitiveness, and environmental sustainability of logistics systems at both international and national levels, while also outlining long-term perspectives for their wider application.

Ключові слова: Цифровізація логістики, штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), блокчейн, цифрові двійники, управління ланцюгами постачання, екологічна сталість.

Keywords: Logistics digitalization, artificial intelligence, Internet of Things (IoT), blockchain, digital twins, supply chain management, environmental sustainability.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Розвиток цифровізації логістики відбувається під впливом комплексу глобальних чинників, серед яких ключовими є глобалізація, нестабільність ринкового

середовища, зростання клієнтських вимог та посилення екологічних стандартів. Розширення географії міжнародної торгівлі та ускладнення ланцюгів постачання призвели до зростання кількості учасників логістичних процесів, що ускладнило координацію дій та підвищило вразливість систем до збоїв. Пандемія COVID-19, геополітичні конфлікти та енергетичні кризи продемонстрували обмеженість традиційних підходів до управління постачаннями та актуалізували потребу у впровадженні цифрових технологій, здатних забезпечити адаптивність і стійкість логістичних систем у кризових умовах.

Додатковим викликом є зростання очікувань споживачів щодо швидкості, надійності та прозорості доставки. Вимога відстеження замовлень у режимі реального часу та можливість оперативної зміни параметрів обслуговування формують потребу у використанні цифрових платформ і аналітичних інструментів, що підвищують якість сервісу. Поряд із цим, логістична галузь залишається одним із найбільших джерел викидів CO₂, а отже, впровадження екологічно орієнтованих цифрових рішень.

Таким чином, глобальні виклики, пов'язані зі складністю управління розгалуженими ланцюгами постачання, нестабільністю ринків, підвищенням вимог клієнтів і дотриманням екологічних стандартів, формують потребу у комплексній цифровій трансформації логістики. Це зумовлює необхідність наукового дослідження ролі цифровізації та штучного інтелекту у трансформації бізнес-процесів, що визначає як наукову новизну, так і практичну значущість проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика цифровізації логістики та застосування штучного інтелекту в управлінні ланцюгами постачання має значне відображення у сучасній науковій літературі. Систематичні огляди у сфері логістики підкреслюють ключові напрями застосування ІІІ - прогнозування попиту, оптимізація маршрутів, управління запасами та оцінювання ризиків, наголошуючи на необхідності якісних даних та сучасної цифрової інфраструктури [1; 2]. Дослідження Wang K.,

Jarašūnienė A. та S. Taj. присвячені Інтернету речей (IoT), доводять його важливість для прозорості та ефективності логістичних процесів: сенсорні мережі дозволяють здійснювати моніторинг стану вантажів у реальному часі, що формує підґрунтя для енергоефективності та зниження втрат у холодних ланцюгах [3; 4; 5].

Окремий пласт досліджень стосується блокчейн-технологій: експериментальна платформа TradeLens, розроблена у співпраці Maersk та IBM, продемонструвала переваги смарт-контрактів та прозорості в міжнародній торгівлі, але водночас виявила інституційні бар'єри та труднощі масштабування [6].

Важливим напрямом є забезпечення екологічної сталості логістики. У роботах [7; 8] показано, що використання цифрових двійників та алгоритмів еко-маршрутизації дозволяє зменшувати операційні витрати й викиди CO₂, одночасно підвищуючи стійкість бізнес-процесів.

В українській науковій літературі проблематику цифровізації також висвітлено досить широко. Так, Дронова Т., Хурдей В. та Міщенко Д. аналізують застосування алгоритмів машинного навчання у прогнозуванні попиту та оптимізації маршрутів у стратегіях логістичних компаній [9].

У дослідженні Судук Н. та Герасимовича І. висвітлено сучасні практики впровадження ІІІ у виробничій логістиці, включаючи цифрових двійників та роботизовані системи, із виокремленням бар'єрів - нестачі якісних даних, високої вартості технологій та дефіциту кадрів [10].

Разом із тим, переважна більшість наявних праць розглядає окремі технологічні напрями - IoT, блокчейн, цифрові двійники чи алгоритми машинного навчання як самодостатні рішення. Наразі бракує робіт, які б дослідили взаємодію цифрових інструментів у логістиці та оцінили можливості їхньої інтеграції в українських умовах. Означена стаття спрямована на заповнення цієї прогалини шляхом систематизації міжнародного та вітчизняного досвіду й визначення потенціалу ІІІ як ключового драйвера синергії цифрових технологій у логістиці.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження міжнародних та українських тенденцій цифровізації логістики та визначення ролі штучного інтелекту у трансформації бізнес-процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифровізація у логістиці визначається як процес системної трансформації бізнес-процесів за допомогою цифрових технологій, що забезпечує перехід від традиційних інструментів управління до інтегрованих інформаційних систем. Її сутність полягає у використанні технологій збору, обробки та аналізу великих обсягів даних для оптимізації ланцюгів постачання, підвищення ефективності перевезень та забезпечення прозорості взаємодії між усіма учасниками логістичної системи.

У науковій літературі цифровізація часто розглядається як основа переходу від традиційної логістики, орієнтованої на фізичний рух товарів і документообіг, до цифрової логістики, де ключовим активом стають дані. Це дозволяє переходити від реактивного управління, коли рішення приймаються після виникнення проблеми, до проактивного із використанням прогностичних моделей і аналітики.

Таким чином, цифровізація виступає не лише як технологічна інновація, а як стратегічна основа розвитку сучасної логістики, що змінює підходи до управління, планування та координації процесів. Її практична реалізація забезпечується впровадженням комплексу цифрових інструментів, кожен із яких має власну функціональну специфіку та робить внесок у зниження ризиків і підвищення ефективності логістичних процесів. До таких технологій належать:

Інтернет речей (IoT) - використовується для моніторингу транспортних засобів і вантажів у режимі реального часу. Сенсори та GPS-трекери дозволяють контролювати місцезнаходження, температуру, вологість та інші параметри перевезення. Це особливо важливо у випадках нестабільності постачань або у галузях, що потребують дотримання «холодового ланцюга» (фармацевтика, харчова промисловість). Згідно з дослідженням Wang & Du,

IoT-системи у холодовій логістиці дозволяють знизити енергоспоживання на ~20%, збільшити точність температурного контролю до 94% та скоротити час транспортування на 8,33% [3]. У галузі складської логістики, за результатами Jarašūnienė et al., predictive maintenance на базі IoT знижує витрати на обслуговування, скорочує простої та підвищує продуктивність [4].

Блокчейн – технологія, що забезпечує безпечний і незмінний обмін інформацією між учасниками ланцюга постачання. Він мінімізує ризики шахрайства, пришвидшує документообіг та зменшує кількість помилок у митних і фінансових операціях. Зокрема, у кейсі Maersk впровадження блокчейну скоротило час оформлення документів на 40% та знизило витрати на транзакції на 8-10% [6]. Блокчейн має значний потенціал для інтеграції у митну логістику України, де проблемою залишається високий рівень бюрократії та корупційні ризики.

Цифрові двійники - віртуальні моделі фізичних логістичних процесів, які дозволяють моделювати різні сценарії та тестувати вплив зовнішніх факторів без ризику для реальних операцій. За даними DHL Innovation Center, використання цифрових двійників підвищує ефективність планування на 20-25% і знижує витрати на експерименти в реальних умовах на 30% [8]. В українських дослідженнях Судука та Герасимовича цифрові двійники розглядаються як основа «розумних складів», що дозволяють автоматизувати планування та прогнозування у динамічному середовищі [10].

Штучний інтелект (ШІ) при цьому виконує роль аналітичного ядра цифрової логістики. Якщо IoT, блокчейн та цифрові двійники забезпечують збір, збереження й моделювання даних, то ШІ трансформує їх у практичні управлінські рішення. Алгоритми машинного навчання дозволяють прогнозувати попит, оптимізувати маршрути, управляти запасами й проактивно виявляти ризики. За даними McKinsey, інтеграція ШІ у прогнозування попиту зменшила рівень помилок на 20-50%, що призвело до скорочення замороженого капіталу на складах на 20-30% [1]. В українському контексті Дронова також, що впровадження алгоритмів ШІ є критично

важливим [9], в тому числі, для інтеграції вітчизняної логістики в європейський цифровий простір.

Таблиця 1. Виклики логістики, цифрове рішення та приклади ефективності

Виклик	Цифрове рішення рішення	Приклад ефективності
Розширення географії міжнародної торгівлі та ускладнення поставань	Інтернет речей (IoT) - сенсори та GPS трекери для відстеження транспорту і вантажів	Зниження витрат на обслуговування транспорту на 10-12%; скорочення втрат від псування продукції на 15-25%
Багаторівнева взаємодія учасників (митні, перевізники, дистриб'ютори), високий рівень бюрократії	Блокчейн - захищений обмін даними та прозорий документообіг	скорочення часу оформлення документів на 40%, зменшення Транзакційних витрат на 8-10%
Нестабільність ринків, перебої у поставаннях, вплив зовнішніх факторів (COVID-19, війна, кліматичні кризи)	Цифрові двійники (Digital Twins) - моделювання сценаріїв і віртуальне тестування	Підвищення ефективності планування на 20-25%, зменшення витрат на експерименти у реальних умовах на 30%
Непередбачуваність попиту, ризик надлишкових запасів або дефіциту	Штучний інтелект - прогнозування попиту, управління запасами	Зниження рівня помилок прогнозу на 20-50%; скорочення замороженого капіталу на складах на 20-30%
Високі вимоги клієнтів до прозорості та швидкості доставки	ШІ + IoT -інтеграція клієнтських сервісів відстеження	Зростання задоволеності клієнтів на 12-18% завдяки онлайн-відстеженню в реальному часі

Джерело: сформовано автором на основі [3;5;8;10;11]

Невід'ємною складовою логістики є прогнозуванні попиту, традиційні підходи (ARIMA/ETS, сезонна декомпозиція, регресії з кількома змінними) добре працюють на стабільних рядах з чіткою сезонністю та трендом, коли структуру даних можна описати невеликою кількістю параметрів і інтерпретувати вручну, проте вони показали слабку адаптацію до нелінійностей, різких структурних зламів і великої кількості зовнішніх ознак.

Машинне навчання (Gradient Boosting, Random Forest, Recurrent Neural Networks) масштабовано враховує десятки й сотні ознак: ціни, промо, погоду,

локальні події, ефекти канібалізації товарних підкатегорій та підтримує ієрархічні структури (конкретна товарна позиція → категорія → регіон). Результати міжнародного змагання M5 Forecasting Accuracy Competition показали, що ансамблеві ML-підходи на основі методів ієрархічної агрегації суттєво перевершують стандартні показники точності, системно знижуючи помилки у порівнянні з класичними моделями, такими як набори метрик: WRMSSE, MAPE і тд. [2].

Говорячи про проблематику планування транспортних перевезень, воно традиційно зводиться до задачі Vehicle Routing Problem (VRP), яка характеризується високою обчислювальною складністю. Класичні методи розв'язання, зокрема лінійне програмування чи евристичні алгоритми (Tabu Search, Clarke-Wright Savings), залишаються основою транспортної оптимізації. Проте в умовах сучасних динамічних ринків вони дедалі частіше виявляють обмежену ефективність, оскільки автоматично не враховують оперативних змін у режимі реального часу - заторів, погодних умов, непередбачуваних обмежень у дорожній інфраструктурі.

У цьому контексті інтеграція методів machine learning (ML) та reinforcement learning (RL) відкриває нові можливості для адаптивного планування маршрутів. Наприклад, роботи Li et al. показали, що застосування глибинного підкріплювального навчання для VRP забезпечує швидшу адаптацію до змінних умов порівняно з традиційними евристиками [12], а дослідження Pan, W. та Liu, S. доводить, що використання нейронних архітектур для динамічного VRP дозволяє зменшити середню довжину маршруту на 12-18% при збереженні обмежень часу доставки [13].

Особливого значення в останні роки набуває концепція есо-routing, спрямована не лише на мінімізацію часу або відстані, а й на скорочення витрат пального та викидів CO₂. Дослідження Li et al., також відзначають, що поєднання есо-routing із системами інтелектуального управління трафіком дозволяє одночасно зменшити час доставки та викиди, що безпосередньо відповідає цілям сталого розвитку [12].

Складність і глобальний характер сучасних ланцюгів постачання зумовлюють їхню високу вразливість до різноманітних ризиків. У логістиці прийнято виділяти кілька таких груп: природні (стихійні лиха, кліматичні зміни), технічні (збої транспорту та обладнання), геополітичні (війни, санкції, закриття кордонів) та інформаційні (кібератаки, витік даних).

Досвід пандемії COVID-19 продемонстрував доцільність застосування алгоритмів обробки природної мови (NLP) та методів машинного навчання, які здатні ідентифікувати аномалії та формувати сигнали про потенційні загрози ще до їхнього безпосереднього впливу на логістичні процеси. Вже у 2020 році провідні логістичні оператори, зокрема DHL через платформу Resilience360, інтегрували AI-модулі для відстеження локальних обмежень і прогнозування можливих перебоїв. Алгоритми аналізували урядові постанови, транспортні обмеження та дані з епідеміологічних центрів, завдяки чому компанії могли заздалегідь оцінювати ризики блокування окремих маршрутів і пропонувати альтернативні сценарії постачання [14].

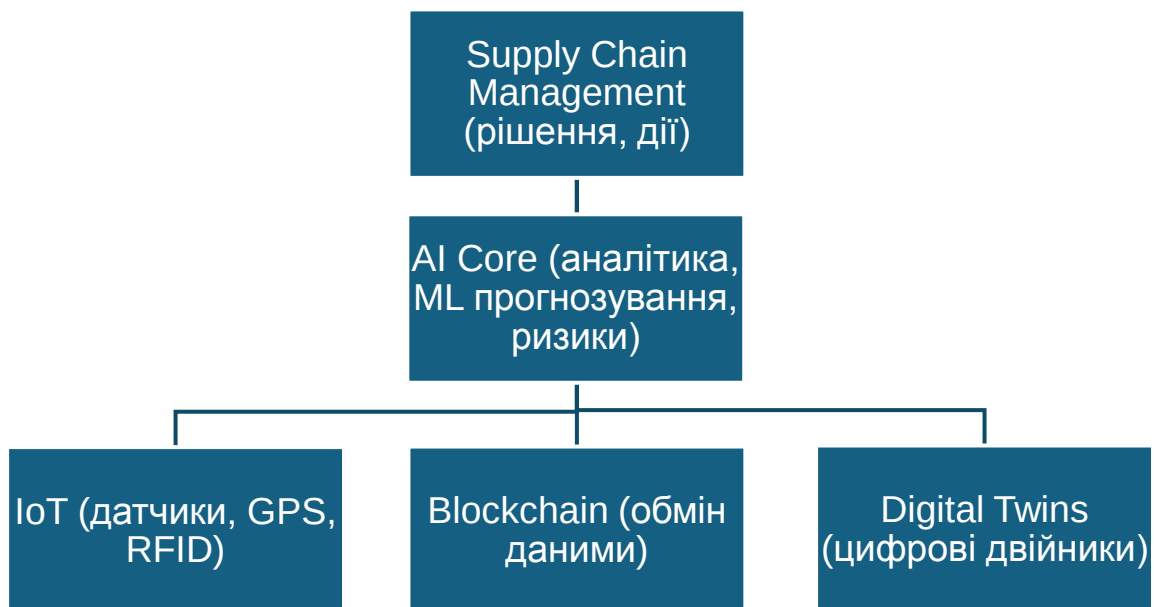


Рис. 1. Схема взаємодії цифрових технологій у сучасній логістиці

Говорячи про впровадження цифрових рішень у логістику, слід насамперед врахувати, що воно потребує значних фінансових зусиль. За оцінками McKinsey, згадується, що 87% компаній або підтримують, або

нарошують витрати на цифрову логістику, і 93% планують зберігати або збільшувати цифрові витрати в найближчі три роки [15]. Основними статтями витрат залишаються модернізація IT-інфраструктури, закупівля обладнання та інтеграція програмних платформ. За даними Capgemini Research Institute, впровадження цифрових технологій у ланцюгах постачання демонструє високу економічну віддачу: середній термін окупності таких проєктів становить близько 12 місяців [16]. Водночас для малого та середнього бізнесу високий вхідний бар'єр створює ризик відставання від міжнародних конкурентів.

Поряд із фінансовими аспектами одним із найбільш критичних викликів є доступність і якість даних. Більшість компаній стикається з фрагментованістю інформаційних потоків: дані зберігаються у різних форматах, у застарілих системах або ізольованих відділах. Міжнародна організація GS1 доводить, що впровадження єдиних стандартів ідентифікації товарів забезпечує точність інвентаризації на рівні 95%, що створює підґрунтя для подальшого використання AI-рішень у логістиці [17].

При цьому цифрова трансформація логістики вимагає не лише фінансових і технологічних інвестицій, але й фахівців із новими компетенціями. Дослідження показують, що кадровий дефіцит є для багатьох організацій реальною перешкодою. Згідно з Reuters, 68% керівників відзначають помірний або значний дефіцит цифрових навичок [18]. Брак спеціалістів, які одночасно володіють знаннями у сфері управління ланцюгами постачання та аналітики даних, суттєво уповільнює процеси цифровізації. Для України ця проблема ще більш відчутна: дослідження Інституту економіки та прогнозування НАНУ вказує на критичну нестачу кадрів у сфері цифрової логістики, що зумовлює необхідність розвитку освітніх програм та міжнародних партнерств [19, с. 221].

І навіть при значних інвестиціях інтеграція інтелектуальних систем супроводжується ризиком невизначеності результатів. KPMG зазначає, що лише 43% компаній вважають, що AI-системи працюють на рівні enterprise-

масштабу, що свідчить про те, що значна частина AI-зусиль так і не принесли очікуваної доданої вартості [20, с. 7]. Окрім того, зростає вразливість до кіберзагроз, оскільки використання AI та IoT-платформ збільшує залежність компаній від цифрової інфраструктури. Це створює додатковий рівень ризику, який потребує інвестицій у захист даних.

Таблиця 2. Порівняння витрат і вигод від впровадження ІІІ

Показник	Витрати і ризики	Очікувані вигоди
Фінансові інвестиції	~1-5% річного обороту на модернізацію IT-інфраструктури, сенсори, RFID, софт.	Окупність у середньому 12 місяців завдяки зниженню операційних витрат
Інфраструктура даних	Витрати на стандартизацію, очищення та інтеграцію даних - до 20% бюджету цифровізації	Точність інвентаризації зростає до 95% при використанні єдиних стандартів
Кадрові ресурси	Витрати на підготовку та залучення фахівців ~ до 30% додаткових витрат на цифрові проекти	Підвищення ефективності процесів на 15-20% завдяки компетенціям у сфері AI Logistics
Операційні ризики	Можливість «недоотриманої вигоди» через помилки моделей	Зниження надлишкових запасів на 20-30%, скорочення замороженого капіталу
Транспорт	Інвестиції в AI-оптимізацію маршрутів та есо-routing (алгоритми, інтеграція з GPS)	Економія пального до 10%, зменшення викидів CO ₂ на 8-11%
Склади	Витрати на автоматизацію (роботи, сканери, RFID-системи)	Зростання продуктивності обробки на 25% та зростання точності інвентаризації до 95%

Джерело: сформовано автором на основі [12-20]

В українському контексті питання цифровізації набуло особливої актуальності у зв'язку з війною та масштабними руйнуваннями транспортної інфраструктури. Закриття портів, пошкодження залізничних і автомобільних шляхів, перебої з паливним забезпеченням та кібератаки на логістичні системи створили безпрецедентний рівень невизначеності, що суттєво обмежив можливості експорту й імпорту [21]. У таких умовах цифровізація

перестала бути довгостроковою стратегією та перетворилася на критично необхідний інструмент адаптації. Інтегровані інтелектуальні платформи, зокрема AI-рішення для аналізу супутникових даних про стан транспортних коридорів і використання великих масивів відкритої інформації (open-source intelligence), відкривають можливість формувати сценарії альтернативних логістичних маршрутів і забезпечувати прозорість та контроль за потоками товарів у режимі реального часу. Це дозволяє бізнесу підтримувати мінімальний рівень стійкості навіть за умов воєнної економіки, а державі - інтегрувати українську логістику у європейський цифровий простір.

Стратегія «Цифрова економіка України - 2030» визначає цифровізацію логістики одним із пріоритетів, акцентуючи на використанні штучного інтелекту, IoT та блокчейну для інтеграції з європейським економічним простором [22]. Ці ініціативи формують нормативну та технологічну базу для системної цифрової трансформації транспортно-логістичного сектору.

Поряд із державними програмами ключову роль відіграють приватні компанії, які впроваджують цифрові рішення у власних процесах. Так, «Нова пошта» інтегрувала ML-алгоритми та роботизацію у сортувальних центрах, що дозволило автоматизувати обробку та скоротити час доставки у пікові періоди. [23, с. 5]. «Укрпошта», у свою чергу, впровадила модернізовані логістичні мережі та сортувальну інфраструктуру, що передбачає впровадження нової моделі сортування, а також повну цифровізацію операційних процесів, включно з обробкою поштових відправлень, періодичних видань і друкованих медіа [24, с. 18]. Подібні практики демонструють, що навіть у кризових умовах українські компанії здатні застосовувати інноваційні рішення, орієнтовані на міжнародні стандарти.

Разом з тим, процес цифрової трансформації супроводжується низкою бар'єрів для України. Найсуттєвішими з них залишаються слабка інтеграція IT-систем між учасниками ланцюгів постачання, що ускладнює обмін даними, обмежені фінансові ресурси, особливо у секторі малого та середнього бізнесу, а також нестача якісних даних для навчання алгоритмів

штучного інтелекту, саме ці фактори стримують поширення AI-рішень і створюють ризик цифрового розриву між Україною та країнами ЄС.

Попри наявні проблеми, цифровізація логістики в Україні має значний потенціал завдяки інтеграції у європейський економічний простір та розвитку міжнародних партнерств, навіть у складних умовах війни.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку. Проведене дослідження засвідчує, що цифровізація логістики є не лише технологічним трендом, а стратегічною необхідністю для забезпечення конкурентоспроможності та стійкості бізнес-процесів у глобалізованій економіці. Аналіз показав, що ключовими драйверами трансформації є глобалізація, нестабільність ринків, зростання клієнтських вимог та посилення екологічних стандартів. У цих умовах традиційні підходи управління ланцюгами постачання втрачають ефективність, а вирішальну роль починають відігравати цифрові технології - інтернет речей, блокчейн, цифрові двійники та штучний інтелект.

Розгляд окремих напрямів впровадження ІІІ у логістиці дозволяє зробити висновок, що саме він виступає «інтелектуальним ядром» цифрової трансформації. Алгоритми машинного навчання довели свою ефективність у прогнозуванні попиту, де рівень помилок скорочується на 20-50% порівняно з класичними методами, що забезпечує зменшення обсягів замороженого капіталу та витрат на складування. У сфері планування транспортних перевезень впровадження інтелектуальних систем дозволяє оптимізувати маршрути, скорочувати витрати пального до 10% та знижувати викиди CO₂, що відповідає принципам сталого розвитку. Управління запасами поступово переходить від концепції «safety stock» до проактивних моделей, підсилених IoT та RFID, що забезпечує прозорість, точність інвентаризації та зменшення надлишкових залишків. У сфері управління ризиками ІІІ забезпечує створення моделей раннього попередження, які інтегрують дані з різних джерел - від фінансових показників постачальників до аналітики новинних потоків - і дозволяють своєчасно реагувати на кризові ситуації.

Економічний аналіз показав, що цифровізація супроводжується високими початковими витратами, проблемами інтеграції даних та кадровим дефіцитом. Водночас очікувані вигоди значно перевищують ці виклики: скорочення надлишкових запасів на 20-30%, економія пального на 8-11%, підвищення точності інвентаризації до 95%.

В українському контексті цифровізація логістики набула особливого значення через воєнні виклики. Руйнування інфраструктури, блокування портів та високий рівень кібератак створили умови, коли цифрові рішення стали єдиним інструментом забезпечення стійкості логістичних потоків. Приклади практичного впровадження («Нова пошта», «Укрпошта») доводять, що навіть у кризових умовах інтеграція ШІ, IoT та систем GPS-моніторингу дозволяє підвищувати ефективність і прозорість процесів. Разом з тим, головними бар'єрами залишаються недостатня інтеграція IT-систем, фінансові обмеження та дефіцит кваліфікованих кадрів.

Перспективи подальшого розвитку у цьому напрямку визначаються кількома ключовими векторами. По-перше, поширення автономних транспортних засобів та технології platooning сприятиме не лише зниженню витрат, але й формуванню «розумних транспортних коридорів», де ШІ координуватиме взаємодію різних видів транспорту. По-друге, розвиток цифрових двійників відкриває можливості для моделювання комплексних сценаріїв інтеграції України у європейські логістичні системи. По-третє, інтеграція ШІ з IoT і блокчейном у форматі єдиних цифрових екосистем стане базовою умовою прозорості та довіри між учасниками глобальних ланцюгів постачання. І нарешті, формування кадрового потенціалу та нормативної бази має стати стратегічним пріоритетом, адже лише за умови поєднання технологічних та інституційних інновацій цифрова логістика зможе реалізувати свій повний потенціал.

Отже, цифровізація логістики із залученням штучного інтелекту є комплексним процесом, що поєднує технологічні, економічні та соціальні аспекти. Вона не лише забезпечує ефективність операцій, але й формує

основу для інтеграції компаній зі всього світу у глобальні ланцюги постачання, сприяючи підвищенню їхньої стійкості, прозорості та екологічної відповідальності.

Література

1. McKinsey & Company. AI-Driven Operations Forecasting in Data-Light Environments. 15 February 2022. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/ai-driven-operations-forecasting-in-data-light-environments>
2. M5 accuracy competition: Results, findings, and conclusions. Computers & Operations Research. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207021001874>
3. Wang K., Du N. Real-time monitoring and energy consumption management strategy of cold chain logistics based on the Internet of Things. Energy Informatics. 2025. Vol. 8. Article No. 34. URL: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-025-00493-w>
4. Jarašūnienė A., et al. Impact of Internet of Things (IoT) on Warehouse Management: A Literature Survey. Communications in Computer and Information Science. 2023. PubMed Central (PMC9967450). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9967450/>
5. Taj S. IoT-based supply chain management: Review article. Sustainable Logistics and Supply Chain. 2023. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660523003050>
6. Blockchain in Global Trade: Insights from the TradeLens Experiment. Maersk Case Study. 2024. URL: <https://ru.scribd.com/document/861096765/Maersk-TradeLens-Case-Study>
7. Evaluating private and system-wide impacts of freight eco-routing. Transportation Research Part D. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920924001275>

8. Enhancing Supply Chain Resilience and Efficiency through Logistics Digital Twins: A Case Study of DHL. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/391905083_Enhancing_Supply_Chain_Resilience_and_Efficiency_through_Logistics_Digital_Twins_A_Case_Study_of_DHL
9. Дронова Т., Хурдей В., Міщенко Д. Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування попиту та оптимізації маршрутів у маркетингових стратегіях логістичних компаній. Економічний простір. 2025. С. 32–38. URL: <https://economic-prostir.com.ua/wp-content/uploads/2025/03/199-32-38-dronova.pdf>
10. Guan Hui. An empirical study on logistic service quality, customer satisfaction, and cross-border repurchase intention. Heliyon. 2024. Vol. 10, Issue 17. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024171873>
11. Судук Н., Герасимович І. Застосування штучного інтелекту у виробничій логістиці: сучасні практики та перспективи розвитку. Економіка та суспільство. 2024. № 49. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5865>
12. Li J., Ma Y., Gao R., Cao Z., Lim A., Song W., Zhang J. Deep Reinforcement Learning for Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem. ArXiv preprint. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2110.02629>
13. Pan W., Liu S. Deep reinforcement learning for the dynamic and uncertain vehicle routing problem (DU-VRP). Cognitive Computation. 2022. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-022-03456-w>
14. DHL. Resilience 360. 2016. URL: https://tapcrowdstatic-ie.s3-eu-west-1.amazonaws.com/5544/confbagfiles/event/10890/CSI_DHL_Resilience360_1474895712_1507195876.pdf
15. McKinsey & Company. Digital logistics: Technology race gathers momentum. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-logistics-technology-race-gathers-momentum>

16. Capgemini Research Institute. The Digital Supply Chain's Missing Link: Focus. 2020. URL: <https://www.capgemini.com/news/press-releases/digital-supply-chain-report/>
17. GS1 UK. EPC-enabled RFID item level tagging (infographic). 2015. URL: https://www.gs1uk.org/sites/default/files/inline-files/Infographic%20%20EPCRFID_Final20150710.pdf
18. Sustainability profession scrambles to fill 'extreme gap' in digital skills to harness power of AI. Reuters. 28 November 2024. URL: <https://www.reuters.com/sustainability/society-equity/sustainability-profession-scrambles-fill-extreme-gap-digital-skills-harness-2024-11-28/>
19. Інститут економіки та прогнозування НАН України. Цифрова економіка та логістика. 2023. URL: https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37482/1/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0_2019.pdf
20. KPMG. Thriving in an AI World: Unlocking the value of AI across seven key industries. 2021. URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/es/pdf/2021/04/thriving-ai-world-2021.pdf>
21. KPMG. Agentic AI deployment accelerates despite risks. CFO Dive. 2025. URL: <https://www.cfodive.com/news/agentic-ai-deployment-triples-despite-risks-kpmg/751789/>
22. Стратегії цифрового розвитку інновацій WINWIN 2030. AIN.UA. 14 January 2025. URL: <https://ain.ua/2025/01/14/strategiiu-cifrovogo-rozvitku-innovacii-do-2030-roku/>
23. ТОВ «Нова пошта». Консолідований звіт про управління. 2022. URL: <https://site-assets.novapost.com/d0f6de76-d9b9-44fc-96f1-6b40906d8417.pdf>
24. JSC Ukrposhta. Management Report 2023. URL: https://www.ukrposhta.ua/doc/issuer-reporting/Management_report_for_2023.pdf

References

1. McKinsey & Company (2022), “AI-Driven Operations Forecasting in Data-Light Environments”, available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/ai-driven-operations-forecasting-in-data-light-environments> (Accessed 9 September 2025).
2. M5 accuracy competition (2021), “Results, findings, and conclusions”, Computers & Operations Research, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207021001874> (Accessed 9 September 2025).
3. Wang, K. and Du, N. (2025), “Real-time monitoring and energy consumption management strategy of cold chain logistics based on the Internet of Things”, Energy Informatics, vol. 8, article 34, available at: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-025-00493-w> (Accessed 9 September 2025).
4. Jarašūnienė, A. (2023), “Impact of Internet of Things (IoT) on Warehouse Management: A Literature Survey”, Communications in Computer and Information Science, PubMed Central PMC9967450, available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9967450/> (Accessed 9 September 2025).
5. Taj, S. (2023), “IoT-based supply chain management: Review article”, Sustainable Logistics and Supply, Chain, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660523003050> (Accessed 9 September 2025).
6. Maersk (2024), “Blockchain in Global Trade: Insights from the TradeLens Experiment”, available at: <https://ru.scribd.com/document/861096765/Maersk-TradeLens-Case-Study> (Accessed 9 September 2025).
7. Transportation Research Part D (2024), “Evaluating private and system-wide impacts of freight eco-routing”, available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920924001275> (Accessed 9 September 2025).

8. Enhancing Supply Chain Resilience and Efficiency through Logistics Digital Twins: A Case Study of DHL. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/391905083_Enhancing_Supply_Chain_Resilience_and_Efficiency_through_Logistics_Digital_Twins_A_Case_Study_of_DHL

9. Dronova, T., Khurdei, V. and Mishchenko, D. (2025), “The use of machine learning algorithms for demand forecasting and route optimization in logistics companies’ marketing strategies”, *Ekonomichnyi prostir*, pp. 32–38, available at: <https://economic-prostir.com.ua/wp-content/uploads/2025/03/199-32-38-dronova.pdf> (Accessed 9 September 2025).

10. Guan, H. (2024), “An empirical study on logistic service quality, customer satisfaction, and cross-border repurchase intention”, *Heliyon*, vol. 10, issue 17, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024171873> (Accessed 9 September 2025).

11. Suduk, N. and Herasymovych, I. (2024), “The application of artificial intelligence in production logistics: modern practices and development prospects”, *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 49, available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5865> (Accessed 9 September 2025).

12. Li, J., Ma, Y., Gao, R., Cao, Z., Lim, A., Song, W. and Zhang, J. (2021), “Deep Reinforcement Learning for Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem”, *ArXiv preprint*, available at: <https://arxiv.org/abs/2110.02629> (Accessed 9 September 2025).

13. Pan, W. and Liu, S. (2022), “Deep reinforcement learning for the dynamic and uncertain vehicle routing problem (DU-VRP)”, *Cognitive Computation*, available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-022-03456-w> (Accessed 9 September 2025).

14. DHL (2016), “Resilience 360”, available at: https://tapcrowdstatic-1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/5544/confbagfiles/event/10890/CSI_DHL_Resilience360_1474895712_1507195876.pdf (Accessed 9 September 2025).
15. McKinsey & Company (2024), “Digital logistics: Technology race gathers momentum”, available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-logistics-technology-race-gathers-momentum> (Accessed 9 September 2025).
16. Capgemini Research Institute (2020), “The Digital Supply Chain’s Missing Link: Focus”, available at: <https://www.capgemini.com/news/press-releases/digital-supply-chain-report/> (Accessed 9 September 2025).
17. GS1 UK (2015), “EPC-enabled RFID item level tagging (infographic)”, available at: https://www.gs1uk.org/sites/default/files/inline-files/Infographic%20%20EPCRFID_Final20150710.pdf (Accessed 9 September 2025).
18. Reuters (2024), “Sustainability profession scrambles to fill ‘extreme gap’ in digital skills to harness power of AI”, 28 November, available at: <https://www.reuters.com/sustainability/society-equity/sustainability-profession-scrambles-fill-extreme-gap-digital-skills-harness-2024-11-28/> (Accessed 9 September 2025).
19. Instytut ekonomiky ta prognozuvannia NAN Ukrainy (2023), “Digital economy and logistics”, available at: https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/37482/1/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0_2019.pdf (Accessed 9 September 2025).
20. KPMG (2021), “Thriving in an AI World: Unlocking the value of AI across seven key industries”, available at: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/es/pdf/2021/04/thriving-ai-world-2021.pdf> (Accessed 9 September 2025).

21. KPMG (2025), “Agentic AI deployment accelerates despite risks”, CFO Dive, available at: <https://www.cfodive.com/news/agentic-ai-deployment-triples-despite-risks-kpmg/751789/> (Accessed 9 September 2025).

22. AIN.UA (2025), “Strategies of digital development of innovations WINWIN 2030”, 14 January, available at: <https://ain.ua/2025/01/14/strategiiu-cifrovogo-rozvitku-innovacii-do-2030-roku/> (Accessed 9 September 2025).

23. Nova Poshta (2022), “Consolidated Management Report”, available at: <https://site-assets.novapost.com/d0f6de76-d9b9-44fc-96f1-6b40906d8417.pdf> (Accessed 9 September 2025).

24. Ukrposhta (2023), “Management Report”, available at: https://www.ukrposhta.ua/doc/issuer-reporting/Management_report_for_2023.pdf (Accessed 9 September 2025).

Стаття надійшла до редакції 12.09.2025 р.