

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. 2026. № 5. ISSN 2307-2105



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

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.5.122>

УДК 658.7:004

О. О. Кавун,

к. е. н., доцент, доцент кафедри логістики та торговельного бізнесу,

Державний торговельно-економічний університет

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4282-5663>

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА: МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ

O. Kavun,

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logistics and Trade Business, State University of Trade and Economics

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ENTERPRISE LOGISTICS SYSTEM: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS

У статті досліджено вплив комплексного застосування штучного інтелекту, інтернету речей, блокчейн-технологій, робототехніки та аналітики великих даних на трансформацію функціональних областей логістики, зокрема закупівельної, транспортної, складської. Обґрунтовано взаємозв'язок між впровадженням цифрових технологій і зміною ключових показників, таких як рівень сервісу, витрати, швидкість і точність

виконання логістичних операцій. Особливу увагу приділено аналізу ризиків і обмежень цифровізації, а також явищу крихкості високоінтегрованих логістичних систем. Доведено, що цифрова трансформація має нелінійний характер і потребує забезпечення балансу між категоріями ефективності, стійкості та керованості. Визначено, що оптимальний рівень цифровізації полягає не в максимізації технологічного впровадження, а в адаптації процесу до реальних бізнес-процесів і управлінських можливостей підприємства

The article examines the essence and key directions of digital transformation in logistics under the conditions of rapid development of modern information and communication technologies. Particular attention is paid to the formation of integrated and adaptive logistics systems based on the synergy of advanced technologies, including artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain solutions, robotics, big data analytics, digital twins, and cloud-based infrastructures. The study substantiates that the implementation of these technologies fundamentally changes the paradigm of logistics management, transforming it from fragmented operational control into a data-driven, predictive, and self-adjusting system.

The paper analyzes the impact of digital technologies on the main functional areas of logistics, such as procurement, transportation, warehousing. The research also highlights the transformation of key performance indicators (KPIs), which evolve from static financial metrics into dynamic and manageable parameters influenced by algorithmic decision-making and real-time data processing.

Despite the significant benefits of digitalization, the study emphasizes the emergence of a new class of risks and limitations associated with highly integrated logistics systems. These include algorithmic risks related to the opacity of decision-making models, organizational challenges caused by the lack of relevant competencies, and systemic vulnerabilities such as cascading failures across interconnected supply chain components. It is argued that increased digital

integration may reduce the probability of local errors but significantly amplifies their potential impact.

Furthermore, the article identifies the existence of objective boundaries of digital transformation caused by the stochastic, context-dependent, and socially embedded nature of logistics systems, which contrasts with the deterministic logic of digital technologies. In conditions of high uncertainty, such as geopolitical instability or global crises, purely algorithmic decision-making becomes insufficient, requiring human expertise and adaptive management approaches.

The study concludes that digital transformation in logistics is inherently non-linear and requires balancing efficiency, resilience, and controllability. The optimal level of digitalization is not achieved through maximum technological adoption but rather through the appropriate integration of digital tools into real business processes and organizational capabilities.

Ключові слова: *цифрові технології, трансформація, логістична система, ключові показники ефективності, ризики, ефективність, стійкість*

Keywords: *digital technologies, transformation, logistics system, key performance indicators, risks, efficiency, sustainability*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. *Розвиток цифрових технологій зумовлює глибоку трансформацію логістичних бізнес-процесів, що призводить до переходу від ізольованого управління окремими операціями до формування адаптивної моделі функціонування ланцюгів постачання на засадах інтеграції та інтелектуалізації.*

Комплексне застосування штучного інтелекту, інтернету речей, робототехніки, дронів, блокчейн-технологій, інструментів роботи з великими даними, цифрових двійників, хмарних і периферійних обчислень створює технологічну основу цифрових ланцюгів постачання, здатних до

саморегуляції, адаптації в реальному часі та проактивного реагування на зміни середовища.

Формування єдиного цифрового середовища, у межах якого синхронізуються матеріальні, інформаційні та фінансові потоки, забезпечує нову якість управління логістикою — на основі даних, алгоритмів та прогнозних моделей.

У цьому контексті логістика трансформується із функції забезпечення потоків у ключову інфраструктурну систему підтримки стратегічної стійкості та конкурентоспроможності підприємств.

Водночас цифрова трансформація логістики має суперечливий характер. Разом з перевагами від впровадження сучасних технологій, процес цифрової трансформації логістики супроводжується появою ризиків та об'єктивною необхідністю врахування обмежень логістичної системи підприємства.

Отже, важливим науковим і практичним завданням є формування цілісного підходу до оцінки впливу цифровізації на функціонування логістичних систем, що враховує не лише економічні вигоди, а й обмеження, ризику та межі застосування технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав зростаючу увагу науковців до вивчення впливу цифрових технологій на трансформацію управлінської парадигми та підвищення ефективності логістичних процесів.

Роль блокчейну у цифровізації ланцюгів постачання досліджується у працях Карадуман О., Гюльхас Г. [1], а також Резаейнеджад С., Рейман К., Созер Б., Оджа Д. [2]

До питань інтеграції Інтернету речей та блокчейну для управління запасами у режимі реального часу виявили інтерес Такавіра Б., Дурі Б. [3]

Виконання замовлень електронної комерції з використанням штучного інтелекту досліджували Чжан Д., Пі Л. Г. та Куй Л. [4].

Значний внесок у розвиток концепції цифрових двійників ланцюгів постачання зроблено Д. Івановим та А. Долгуєм, які обґрунтовують їх роль у моделюванні ризиків і сценарному плануванні [5].

Проблематика стійкості ланцюгів постачання розкрита М. Крістофером та Х. Пеком у праці [6].

Канцедал Н., Лега О. та Морозов Є. у своїй статті [7] зосереджують увагу на SCM і WMS, Інтернет речей, блокчейн і штучний інтелект як ключових інструментах підвищення прозорості, оперативності та точності управлінських рішень в логістиці.

Лісіца В. В., Михайленко О. М. та Ротенберг О. В. розглядають вплив сучасних цифрових технологій на гнучкість, стійкість, продуктивність і рівень логістичного сервісу [8].

Разом з тим, розглянуті дослідження мають фрагментарний характер і зосереджуються здебільшого на окремих технологіях або функціональних областях логістики. Недостатньо уваги приділяється системному аналізу взаємозв'язку між цифровими технологіями, КРІ та обмеженнями функціонування логістичних систем. Крім того, у науковій літературі недостатньо уваги приділено вивченню ризиків цифровізації і обмежень логістичних систем.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є системне дослідження впливу цифрових технологій на трансформацію логістичних процесів підприємства з урахуванням взаємозв'язку між технологічними інструментами, ключовими показниками ефективності (КРІ) та обмеженнями функціонування логістичних систем.

Для досягнення поставленої мети у статті визначено такі основні завдання: обґрунтувати взаємозв'язок між застосуванням цифрових технологій та зміною КРІ у межах функціональних областей логістики; ідентифікувати ризики та обмеження цифрової трансформації логістики; визначити межі ефективної цифровізації логістичних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Переваги від впровадження інноваційних цифрових технологій мають прояв у кожній функціональній області логістики.

У закупівельній логістиці ключову роль відіграють технології штучного інтелекту та advanced data analytics, які забезпечують багатовимірне прогнозування потреб у матеріально-технічних ресурсах на основі аналізу великих масивів структурованих і неструктурованих даних: історії споживання, виробничих планів, планів продажу, коливань попиту, ринкових цін і зовнішніх ризиків.

Блокчейн-технології та смарт-контракти забезпечують прозорість договірних відносин із постачальниками, незмінність даних в процесі виконання зобов'язань сторонами комерційної угоди.

Цифровізація закупівель трансформує прогнозування попиту з історично орієнтованої функції у динамічний процес. Використання Big Data та AI-моделей дозволяє інтегрувати внутрішні (продажі, залишки, сезонність) і зовнішні (макроекономічні індикатори, погода, поведінка клієнтів) сигнали.

У компаніях цифрових лідерів (зокрема, Amazon) прогнозування попиту інтегроване із системами автоматичного поповнення запасів і комплексними платформами управління запасами (зокрема SCOT), які поєднують прогнозні моделі, оптимізаційні алгоритми та механізми прийняття рішень у режимі реального часу, що забезпечує багаторівневу оптимізацію закупівель, синхронізацію рішень між різними рівнями ланцюга постачання та одночасне мінімізування надлишкових запасів при збереженні високого рівня доступності товарів [9].

Цифрові інструменти оптимізації запасів забезпечують баланс між рівнем сервісу та витратами на зберігання. AI-алгоритми аналізують оборотність SKU, мінливість попиту та надійність постачальників, пропонуючи економічно оптимальні обсяги замовлень, що знижує частку закупівель понад необхідність [10].

IoT-моніторинг і цифрові control towers підвищують прозорість ланцюгів постачання. Сенсори та платформи відстеження дозволяють фіксувати статус поставок, затримки та відхилення ще до фактичного порушення термінів. Завдяки цьому підприємства можуть оперативніше коригувати плани закупівель

або активувати альтернативних постачальників, що безпосередньо підвищує показник своєчасності поставок [11].

AI-платформи автоматизують ключові закупівельні операції, зокрема формування замовлень, аналіз контрактів і обробку транзакцій, що зменшує потребу в ручних операціях, скорочує час узгодження та мінімізує операційні затримки.

Згідно з дослідженнями Accenture, застосування AI у закупівельній логістиці може забезпечити підвищення продуктивності у процесах прийняття рішень і виконання операцій на 40–60%, а також сприяє скороченню операційних витрат завдяки автоматизації процесів [10].

Цифровізація транспортної логістики насамперед відображається у зниженні середньої вартості доставки за рахунок AI-маршрутизації, динамічного планування та оптимізації завантаження транспортних засобів. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні й поточні дані про трафік, погодні умови, часові вікна доставки, характеристики вантажу та поведінку водіїв, дозволяючи мінімізувати пробіг і витрати пального. |

Таким чином, KPI вартості доставки трансформується з пасивного фінансового індикатора у керований параметр алгоритмічної оптимізації.

Скорочення середнього часу доставки є результатом синергії AI-маршрутизації та IoT-моніторингу транспорту. На відміну від статичних маршрутів, цифрові транспортні системи здійснюють безперервну переоптимізацію в реальному часі, реагуючи на затори, аварії чи погодні збої.

Для холодних ланцюгів постачання критичним KPI є дотримання температурних режимів. Цей показник напряму залежить від застосування IoT-датчиків температури, вологості та відкриття дверей, які забезпечують безперервний моніторинг стану вантажу. Особливо важливою така інформація є у фармацевтичній та харчовій логістиці.

Оптимальний рівень використання автопарку є ключовим показником ефективності транспортних активів. AI-інструменти управління дають змогу

зменшувати «порожні пробіги», підвищувати щільність маршрутів і покращувати планування змін.

Кількість інцидентів у перевезеннях зменшується завдяки впровадженню предиктивної аналітики, телематики та AI-систем безпеки. Аналіз поведінки водіїв, технічного стану транспорту та історичних інцидентів дозволяє прогнозувати ризики до їх фактичної реалізації.

Результати дослідження підтверджують, що поєднання телематики та AI-аналітики може забезпечити зниження кількості аварій на 47–63% протягом першого року використання [12]. Використання data-driven моделей дозволяє зменшити простої автопарку до 30% і знизити витрати на техобслуговування приблизно на 20% [13].

DHL впровадив IoT-платформу SmartSensor, яка забезпечує моніторинг температури, вологості та стану вантажу в режимі реального часу, а також підвищує контроль і прозорість логістичних процесів, що сприяє зменшенню операційних ризиків [11].

Технології дронів та автономних транспортних засобів формують нову архітектуру mid-mile і last-mile доставки, зменшуючи залежність від людського фактора та підвищуючи гнучкість транспортних систем.

Цифровізація складської логістики насамперед проявляється у різкому зростанні пропускної здатності складів. Роботизація пікінгу, застосування автономних мобільних роботів, система «товар до людини» зменшують непродуктивні витрати часу на переміщення та пошук товарів.

Галузеві оцінки свідчать, що ручне комплектування зазвичай забезпечує близько 80-120 виборок за годину, тоді як автоматизовані та роботизовані системи можуть забезпечувати 200-350 одиниць [14].

У провідних fulfillment-центрах Amazon інтеграція понад 1 млн роботів у поєднанні з AI-системами керування потоками (зокрема DeepFleet) підвищує ефективність і швидкість обробки замовлень, оптимізуючи переміщення товарів і зменшуючи обсяг ручної повторюваної праці [15].

Точність інвентаризації є критичним системоутворюючим KPI складу. Цифровізація через RFID, IoT-сенсори та інтегровані WMS забезпечує безперервну синхронізацію фізичних запасів і облікових запасів.

У традиційних складах точність інвентаризації зазвичай становить близько 65-70%, тоді як впровадження RFID-систем підвищує її до понад 95% і дозволяє скоротити час циклічних інвентаризацій приблизно на 80% [16].

Таким чином, цифровізація трансформує інвентаризацію з періодичної операції контролю у безперервну функцію управління запасами.

Швидкість пікінгу є показником ефективності технологічних операцій на складі. Використання AI-алгоритмів, а також технологій vision-picking, voice-picking і AR-підтримки зменшує когнітивне навантаження на працівника та скорочує час прийняття рішень під час виконання операцій комплектації.

Зменшення кількості помилок комплектації є одним із найважливіших якісних результатів цифровізації. «Комп'ютерний зір», AI-верифікація SKU, роботизовані pick-and-place системи та автоматичний контроль відповідності замовлень знижують рівень помилок навіть за високих обсягів обробки. На складах DHL впровадження роботизованих систем пікінгу дозволило суттєво знизити кількість помилок на 50% у порівнянні з ручним пікінгом [17].

Вартість операцій на складі (cost per order) є інтегральним KPI, що акумулює всі ефекти цифровізації складської логістики. Автоматизація пікінгу, інвентаризації, пакування та внутрішнього транспорту зменшує частку змінних витрат, роблячи вартість виконання замовлення більш прогнозованою.

Alibaba впроваджує smart-warehouses на основі інтеграції AI-алгоритмів, роботів і даних, де їх узгоджена координація забезпечує підвищення операційної ефективності, продуктивності праці та зниження кількості помилок у процесах виконання замовлень [4].

Цифрові двійники розподільчих мереж та ланцюгів постачання дають змогу моделювати альтернативні сценарії зміни попиту, будувати оптимальні маршрути або перерозподіляти запаси ще до моменту впровадження відповідних управлінських рішень.

Інформаційна логістика виконує роль інтеграційного каркаса всієї логістичної системи. Хмарні технології забезпечують масштабованість і глобальну доступність WMS, TMS та ERP-рішень, а Big Data та AI — обробку й аналітичне осмислення потоків логістичних даних.

Цифрові двійники, аналітичні панелі та сценарне моделювання дозволяють підтримувати управлінські рішення в умовах високої невизначеності, тоді як блокчейн і засоби кібербезпеки забезпечують незмінність, достовірність і захищеність інформаційних потоків.

Слід зазначити, що цифрова трансформація логістики супроводжується не лише зростанням ефективності, прозорості та швидкості прийняття рішень, а й формуванням нового класу ризиків і обмежень, які мають системний характер та когнітивну природу виникнення та прояву. На відміну від традиційних логістичних ризиків, ці ризики виникають у контексті взаємодії технологій, даних і управлінських процесів, що обумовлює їх латентність та ускладнює процес ідентифікації.

Одним із ключових обмежень цифрової трансформації є «ефект крихкості» високоінтегрованих логістичних систем. Підвищення рівня цифрової інтеграції між закупівельною, складською, транспортною та розподільчою логістикою обумовлює зростання ризику каскадних відмов, за яких дисфункція окремого компонента (масивів даних, планів, сенсорів або цифрових платформ) може спричинити системний параліч логістичної системи.

Таким чином, цифровізація сприяє зниженню ймовірності локальних помилок, однак одночасно підвищує масштабність їх потенційного прояву.

Інтенсивне використання штучного інтелекту та аналітичних моделей зумовлює виникнення алгоритмічних ризиків, пов'язаних із непрозорістю

прийняття рішень, переоцінкою точності моделей і їх структурною невідповідністю динаміці зовнішнього середовища. Це призводить до ситуацій, коли логістичні рішення є формально оптимальними з позицій алгоритму, проте контекстно неадекватними, особливо в умовах криз, за яких історичні дані втрачають прогностичну релевантність.

Випереджальний характер цифрової трансформації відносно розвитку логістичних компетенцій і кадрового потенціалу формує структурні дисбаланси в системі управління. Зокрема, надмірна автоматизація обумовлює втрату спроможності до ручного управління процесами, підвищує залежність від зовнішніх технологічних постачальників та обмежує здатність системи до неформальної адаптації. У кризових умовах це трансформується у зниження організаційної гнучкості попри високий рівень технологічної зрілості логістичної системи.

Цифровізація логістики має об'єктивні межі, зумовлені не лише технологічними, а передусім соціально-організаційними чинниками. Однією з ключових таких меж є стохастичний, контекстно залежний і соціально вбудований характер логістичних систем, що істотно відрізняється від детермінованої або квазидетермінованої природи функціонування цифрових технологій.

У ситуаціях радикальної невизначеності (геополітичні кризи, війни, пандемії тощо) управлінські рішення мають інтуїтивно-евристичний характер і не приймаються за діючими алгоритмами.

Крім того, надмірна цифровізація може призводити до зниження адаптивної спроможності логістичних систем та обмеження їх еволюційного розвитку в умовах стресових ситуацій. Оптимізовані цифрові ланцюги постачання, як правило, характеризуються високим рівнем операційної ефективності, проте можуть демонструвати недостатню стійкість до зовнішніх збурень.

Існує також когнітивна межа цифровізації, коли надлишок даних знижує якість стратегічних рішень через моральне перевантаження та обмеження можливостей персоналу до сприйняття, обробки інформації.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Цифрова трансформація логістики не формує лінійної залежності між зростанням рівня технологічного оснащення та підвищенням ефективності прийняття управлінських рішень. Натомість вона має нелінійний характер і відображає процес балансування між рівнем автоматизації, управлінським досвідом та необхідністю забезпечення стійкості логістичної системи. Деструктивний потенціал цифровізації проявляється у тих випадках, коли цифрові рішення не доповнюють, а заміщують управлінське мислення, що призводить до зниження якості рішень у складних і нестабільних умовах.

Оптимальний рівень цифровізації логістики доцільно розглядати не як максимально можливу інтеграцію технологій, а як такий рівень їх застосування, за якого сукупний ефект забезпечує максимізацію системної корисності логістики з урахуванням не лише показників ефективності, а й ризиків, стійкості та керованості системи.

З огляду на це, подальший розвиток логістики має ґрунтуватися не на екстенсивному нарощуванні рівня цифровізації, а на визначенні її функціонально доцільних меж та інтеграції цифрових технологій у контекст реальних бізнес-процесів, організаційних структур і людських компетенцій.

Перспективи подальших наукових розвідок у даному напрямі доцільно пов'язати з поглибленням міждисциплінарного підходу до дослідження цифрової трансформації логістики, зокрема, розробленням моделей визначення оптимального рівня цифровізації логістичних систем з урахуванням компромісу між ефективністю та стійкістю, а також обґрунтуванню підходів до управління алгоритмічними ризиками в контексті підвищення прозорості та пояснюваності AI-рішень у логістиці.

Таким чином, подальший розвиток наукових досліджень має бути спрямований на формування збалансованої парадигми цифрової логістики, у

межах якої технології розглядаються не як самодостатня мета, а як інструмент підсилення адаптивності, стійкості та якості управлінських рішень.

Література

1. Karaduman Ö., Gülhas G. Blockchain-Enabled Supply Chain Management: Security, Traceability, and Data Integrity. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 9. P. 5168. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/9/5168> (дата звернення: 07.05.2026).
2. Rezaeinejad S., Rayman K., Sauser B., Ojha D. How Can Blockchain Contribute to Cyber Resilience? *Information Systems Frontiers*. 2025. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-025-10651-w> (дата звернення: 07.05.2026).
3. Takawira B., Duri B. Integrating IoT and Blockchain for Real-Time Inventory Visibility and Traceability. *Logistics*. 2026. Vol. 10, No. 3. P. 57. URL: <https://www.mdpi.com/2305-6290/10/3/57> (дата звернення: 07.05.2026).
4. Zhang D., Pee L. G., Cui L. Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse. *International Journal of Information Management*. 2021. Vol. 57, No. 4. P. 102304. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102304.
5. Ivanov D., Dolgui A. A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks. *International Journal of Production Research*. 2020. Vol. 59, No. 24. P. 7425–7442.
6. Christopher M., Peck H. Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*. 2004. Vol. 15, No. 2. P. 1–14.
7. Канцедал Н., Лега О., Морозов Є. Цифровізація логістики: нові технології для покращення управління та оптимізації. *Економічний простір*. 2023. № 199. С. 45–51. URL: <https://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/326831> (дата звернення: 08.05.2026).

8. Лісіца В. В., Михайленко О. М., Ротенберг О. В. Цифрові ланцюги постачання: технології, тенденції та напрями розвитку. *Причорноморські економічні студії*. 2023. № 81. С. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.81-17>.

9. The evolution of Amazon's inventory planning system. URL: <https://www.amazon.science/latest-news/the-evolution-of-amazons-inventory-planning-system> (дата звернення: 08.05.2026).

10. A targeted AI approach to maximizing value in procurement. URL: <https://www.accenture.com/us-en/blogs/supply-chain/maximize-value-ai-procurement> (дата звернення: 08.05.2026).

11. Enable Visibility in Logistics. Smarter, more connected supply chains with Internet of Things (IoT). URL: <https://www.dhl.com/us-en/home/innovation-in-logistics/innovation-in-action/dhl-smartsensor.html> (дата звернення: 08.05.2026).

12. Samsara study found customers' crashes and idling down, utilization up after year of adoption. URL: <https://www.fleetmaintenance.com/equipment/safety-and-technology/article/21279456/samsara-samsara-study-found-customers-crashes-and-idling-down-utilization-up-after-year-of-adoption> (дата звернення: 08.05.2026).

13. From Data to Action: How Predictive Maintenance Reduces Costs and Technical Downtime in Fleet Management. URL: <https://www.octotelematics.com/blog/from-data-to-action-how-predictive-maintenance-reduces-costs-and-technical-downtime-in-fleet-management/> (дата звернення: 08.05.2026).

14. Warehouse Picking Labor Metrics: Picks Per Hour And Travel Distance. URL: <https://atomoving.com/blog/warehouse-management/warehouse-picking-labor-metrics-picks-per-hour-and-travel-distance-11012026-upgrade/> (дата звернення: 08.05.2026).

15. Amazon has more than 1 million robots that sort, lift, and carry packages—see them in action. URL:

<https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center> (дата звернення: 08.05.2026).

16. RFID Warehouse Management: How RFID Technology is Transforming Inventory Tracking and Efficiency? URL: <https://www.metaoption.com/blog/metawms-advance-warehouse-solution/rfid-warehouse-management/> (дата звернення: 08.05.2026).

17. Case Study: DHL Supply Chain's AI Robotics Are Redefining the Future of Warehousing. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/case-study-dhl-supply-chains-ai-robotics-redefining-odz9f> (дата звернення: 08.05.2026).

References

1. Karaduman, Ö. and Gülhas, G. (2025), "Blockchain-Enabled Supply Chain Management: Security, Traceability, and Data Integrity", *Applied Sciences*, vol. 15, no. 9, p. 5168, MDPI, available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/9/5168> (Accessed 8 May 2026).

2. Rezaeinejad, S., Rayman, K., Sauser, B. and Ojha, D. (2025), "How Can Blockchain Contribute to Cyber Resilience?", *Information Systems Frontiers*, Springer, available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-025-10651-w> (Accessed 8 May 2026).

3. Takawira, B. and Duri, B. (2026), "Integrating IoT and Blockchain for Real-Time Inventory Visibility and Traceability", *Logistics*, vol. 10, no. 3, p. 57, MDPI, available at: <https://www.mdpi.com/2305-6290/10/3/57> (Accessed 8 May 2026).

4. Zhang, D., Pee, L.G. and Cui, L. (2021), "Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse", *International Journal of Information Management*, vol. 57, no. 4, p. 102304. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102304>

5. Ivanov, D. and Dolgui, A. (2020), "A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks", *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 24, pp. 7425–7442.

6. Christopher, M. and Peck, H. (2004), “Building the Resilient Supply Chain”, *The International Journal of Logistics Management*, vol. 15, no. 2, pp. 1–14.

7. Kantsedal, N., Leha, O. and Morozov, Ye. (2023), “Digitalization of logistics: new technologies for management and optimization”, *Ekonomichnyi prostir*, vol. 199, pp. 45–51, available at: <https://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/326831> (Accessed 8 May 2026).

8. Lisitsa, V.V., Mykhailenko, O.M. and Rotenberg, O.V. (2023), “Digital supply chains: technologies, trends and development directions”, *Prychornomorski ekonomichni studii*, vol. 81, pp. 99–106, available at: <https://doi.org/10.32782/bses.81-17>

9. Amazon Science (2026), “The evolution of Amazon’s inventory planning system”, available at: <https://www.amazon.science/latest-news/the-evolution-of-amazons-inventory-planning-system> (Accessed 8 May 2026).

10. Accenture (2026), “A targeted AI approach to maximizing value in procurement”, available at: <https://www.accenture.com/us-en/blogs/supply-chain/maximize-value-ai-procurement> (Accessed 8 May 2026).

11. DHL (2026), “Enable Visibility in Logistics: Smarter, more connected supply chains with Internet of Things (IoT)”, available at: <https://www.dhl.com/us-en/home/innovation-in-logistics/innovation-in-action/dhl-smartsensor.html> (Accessed 8 May 2026).

12. Samsara (2026), “Samsara study found customers’ crashes and idling down, utilization up after year of adoption”, available at: <https://www.fleetmaintenance.com/equipment/safety-and-technology/article/21279456/samsara-samsara-study-found-customers-crashes-and-idling-down-utilization-up-after-year-of-adoption> (Accessed 8 May 2026).

13. Octo Telematics (2026), “From data to action: How predictive maintenance reduces costs and technical downtime in fleet management”, available at: <https://www.octotelematics.com/blog/from-data-to-action-how-predictive->

maintenance-reduces-costs-and-technical-downtime-in-fleet-management/
(Accessed 8 May 2026).

14. Atomoving (2026), “Warehouse picking labor metrics: Picks per hour and travel distance”, available at: <https://atomoving.com/blog/warehouse-management/warehouse-picking-labor-metrics-picks-per-hour-and-travel-distance-11012026-upgrade/> (Accessed 8 May 2026).

15. Amazon (2026), “Amazon has more than 1 million robots that sort, lift, and carry packages—see them in action”, available at: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center> (Accessed 8 May 2026).

16. MetaOption (2026), “RFID warehouse management: How RFID technology is transforming inventory tracking and efficiency?”, available at: <https://www.metaoption.com/blog/metawms-advance-warehouse-solution/rfid-warehouse-management/> (Accessed 8 May 2026).

17. LinkedIn (2026), “Case study: DHL Supply Chain’s AI robotics are redefining the future of warehousing”, available at: <https://www.linkedin.com/pulse/case-study-dhl-supply-chains-ai-robotics-redefining-odz9f> (Accessed 8 May 2026).

Отримано редакцією журналу / Received: 10.05.26

Прорецензовано / Revised: 20.05.26

Дата публікації / Published: 26.05.26