



**INSTITUTE OF PUBLIC ADMINISTRATION AFFAIRS**

**INTERNATIONAL SECURITY STUDIOS:  
MANAGERIAL, TECHNICAL, LEGAL,  
ENVIRONMENTAL, INFORMATIVE  
ECONOMIC AND PSYCHOLOGICAL  
ASPECTS**

*International collective monograph.*

*Volume I.*

**Lublin, Republic of Poland, 2026**

UDC 327(100)-049.5

I 61

DOI 10.5281/zenodo.10.....

*Recommended for publication by the by INSTITUTE OF PUBLIC ADMINISTRATION AFFAIRS  
№ 3 dated 2026-04-01*

**Editorial committee:**

Doctor of Law, Prof., **JANUSZ NICZYPORUK**, Professor Maria Curie Skłodowska University (Lublin, Republic of Poland);

Doctor of Law, Prof., **OLEG BATIUK**, Chairman of the Board of the NGO "IESF" (Kyiv, Ukraine);

**Reviewers:**

Doctor of Humanities, Prof. **JANUSZ ZUZIAK**, Head of the Department of Security Studies Faculty of Social Sciences Jan Długosz University in Czestochowa (Czestochowa, Republic of Poland).

Doctor of Law, Prof., **OLHA BALYNSKA**, Academician of the National Academy of Sciences of Higher Education of Ukraine, Professor of the Department of Theory, History and Constitutional Law of the Lviv State University of Internal Affairs (Lviv, Ukraine).

Doctor of Law, Prof., **EWA JASIUK** professor Casimir Pulaski Radom University (Radom, Republic of Poland).

**Authors:** O. Batiuk, S. Tymchenko, L. Budnyk, I. Danylyuk, K. Didur, S. Fimyar, T. Ilchenko, S. Ivanov, H. Razumova, K. Izbash, A. Anosienkov, O. Kravets, L. Kriuchko, O. Maletova, O. Marmaza, O. Marushchak, I. Shymkova, S. Petkun, I. Andrushko, I. Ukhanova, O. Voronova, O. Vivchar.

**M 58 INTERNATIONAL SECURITY STUDIOS: managerial, technical, legal, environmental, informational, economic and psychological aspects.** *International collective monograph.* Volume I. ISAP, Research and Education. Lublin. 2026. – 596 p.


The International collective monograph is the result of the generalization of the conceptual work of scientists who consider current topics from such fields of knowledge as: management, technical sciences, law, economic sciences and psychological sciences through the prism of international security studies. For scientists, educational staff, PhD candidates, masters of educational institutions, university faculties, stakeholders, managers and employees of management bodies at various hierarchical levels, and for everyone, who is interested in current problems of management, technical sciences, law, economic and psychological sciences through the prism of international security studies.

**ISBN 978-83-68466-22-6**

**ISBN 978-617-95591-0-5**

© ISAP 2026;

© The collective of authors 2026

 Creative Commons Attribution 4.0  
International

## AUTHORS:

### CHAPTER 1.

#### Oleh BATIUK

Doctor of Legal sciences, Professor, Leading Research Fellow of the Research Laboratory for Force Development and Operational Employment of the National Guard of Ukraine, Educational and Scientific Institute for Command Personnel Training of the National Academy of the National Guard of Ukraine  
[olegbatiukibrpnt@gmail.com](mailto:olegbatiukibrpnt@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-2291-4247>

### Sergiy TYMCHENKO

PhD, Deputy Head of the Center - Head of the Research Department of Development Prospects and Problems of Supporting Models of Operations, Combat and Special Operations of the Simulation Modeling Center of the National Academy of the National Guard of Ukraine  
[timchenko.s.y@ukr.net](mailto:timchenko.s.y@ukr.net)  
<https://orcid.org/0000-0002-3987-7358>

### CHAPTER 3.

#### Iryna DANYLYUK

PhD in Economics, West Ukrainian National University, Department of Economic Cybernetics and Informatics, (11, Lvivska Street, Ternopil, 46009, Ukraine)  
[irynadanylyuk9@gmail.com](mailto:irynadanylyuk9@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-5090-0926>

### CHAPTER 5.

#### Svitlana FIMYAR

Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economics, Finance, Accounting, Mathematical and Information Disciplines, Cherkasy Branch of the Ukrainian Higher Education Establishment European University (83, Smilyanska str., Cherkasy, 18008, Ukraine)  
[svitlana.fimyar@e-u.edu.ua](mailto:svitlana.fimyar@e-u.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0003-0432-2587>

### CHAPTER 2.

#### Liudmyla BUDNYK

Ph.D. in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Security and Law Enforcement, West Ukrainian National University, (Ternopil, Ukraine)  
[l.budnyk@wunu.edu.ua](mailto:l.budnyk@wunu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-1393-9354>

### CHAPTER 4.

#### Kateryna DIDUR

PhD in Economics, Doctoral candidate of the Department of Economics, Dnipro State Agrarian and Economic University  
[Kdidyr@ukr.net](mailto:Kdidyr@ukr.net)  
<https://orcid.org/0000-0002-8489-0308>

### CHAPTER 6.

#### Tetiana ILCHENKO

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Marketing Dnipro State Agrarian and Economic University, (Serhii Efremov St, 25, Dnipro, 49000, Ukraine)  
[ilchenko.t.v@dsau.dp.ua](mailto:ilchenko.t.v@dsau.dp.ua)  
<https://orcid.org/0000-0003-1879-6310>

## CHAPTER 6. DIGITALIZATION AS A TOOL FOR LOGISTICS MANAGEMENT OPTIMIZATION

**Tetiana ILCHENKO**

PhD in Economics, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Marketing  
Dnipro State Agrarian and Economic University,  
(Serhii Efremov St, 25, Dnipro, 49000, Ukraine)

[ilchenko.t.v@dsau.dp.ua](mailto:ilchenko.t.v@dsau.dp.ua)

<https://orcid.org/0000-0003-1879-6310>

**Abstract.** The development of digital technologies is radically transforming logistics management, establishing fundamentally new requirements for managing material, information, and financial flows within enterprises. This chapter examines the theoretical and applied dimensions of digitalization as a managerial instrument for optimizing logistics systems. Digital technologies are systematized and classified according to functional logistics domains: inventory management, transportation, warehousing, supply chain planning, and customer service. Drawing on a qualimetric approach, the author proposes an original four-level model of digital maturity for logistics systems, spanning from analogue logistics to intelligent solutions based on artificial intelligence and digital twins. A KPI monitoring system for digital logistics process performance is developed, with benchmark values defined for enterprises of varying scales. The structure of barriers and risks associated with digital logistics transformation is analyzed, along with mechanisms for overcoming them under resource constraints. A strategic digitalization roadmap for logistics management is proposed, adapted to the specifics of agro-industrial enterprises and adjacent economic sectors.

**Keywords:** logistics digitalization, digital maturity, logistics management, supply chain, internet of things, predictive analytics, managerial decision-making.

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

**Анотація.** Розвиток цифрових технологій кардинально трансформує логістичний менеджмент, формуючи принципово нові вимоги до управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками підприємств. У розділі досліджується сукупність теоретичних і прикладних аспектів цифровізації як управлінського інструменту оптимізації логістичних систем. Систематизовано та класифіковано цифрові технології за функціональними доменами логістики: управлінням запасами, транспортуванням, складуванням, плануванням ланцюгів поставок і клієнтським сервісом. На основі кваліметричного підходу запропоновано авторську чотирирівневу модель цифрової зрілості логістичних

систем – від аналогової логістики до інтелектуальних рішень на базі штучного інтелекту та цифрових двійників. Розроблено КРІ-систему моніторингу ефективності цифрових логістичних процесів з визначенням бенчмаркових значень для підприємств різного масштабу. Обґрунтовано структуру бар'єрів і ризиків цифрової трансформації логістики та механізми їхнього подолання в умовах ресурсних обмежень. Запропоновано стратегічну дорожню карту цифровізації логістичного менеджменту, адаптовану до специфіки підприємств агропромислового комплексу та суміжних галузей.

**Ключові слова:** цифровізація логістики, цифрова зрілість, логістичний менеджмент, ланцюг поставок, інтернет речей, предиктивна аналітика, управлінські рішення.

**Вступ.** Логістика давно перестала бути суто операційною функцією – вона перетворилася на архітектурний стрижень, навколо якого вибудовується конкурентоспроможність підприємства у сучасному середовищі. Ця трансформація відбувалася поступово: спочатку логістику розуміли виключно як транспортування і складування, потім – як управління запасами і розподілом, а сьогодні вона охоплює весь горизонт від прогнозування попиту до зворотної логістики і сталого розвитку. Цифрові технології прискорили і поглибили цей процес до такої міри, що підприємства, які не встигають за темпом трансформації, втрачають конкурентні позиції не поступово, а стрибкоподібно. За даними глобального опитування McKinsey, дев'яносто відсотків керівників логістичних підрозділів зіткнулися з суттєвими операційними труднощами впродовж 2024 року, при цьому головним джерелом уразливості залишається недостатня цифрова інтеграція ланцюгів поставок (*McKinsey & Company, 2024a*).

Парадокс полягає в тому, що технологічні рішення для логістики існують у широкому асортименті і є доступними навіть для середнього бізнесу – проте переважна більшість підприємств не може відповісти на просте запитання: на якому рівні цифрового розвитку вони перебувають і що конкретно потрібно зробити, аби перейти на наступний. Ринок пропонує хмарні TMS-платформи, IoT-датчики, системи предиктивної аналітики, блокчейн для прозорості ланцюгів постачання – але підприємства, особливо середнього і малого сегментів, нерідко впроваджують їх хаотично, без системної логіки. Результатом стає те, що дорогі цифрові

інструменти або дублюють одне одного, або функціонують у роз'єднаних «силосах», не забезпечуючи наскрізної видимості ланцюга поставок, яку вони мали б забезпечити. Дослідження World Economic Forum підтверджує: більше сорока відсотків організацій навіть після кількох років цифровізації мають обмежену або нульову видимість до постачальників першого рівня (*World Economic Forum, 2025*).

Ще однією нерозв'язаною проблемою є відсутність адекватного вимірювального апарату. Інвестиції у цифровізацію логістики зростають, але компанії дедалі частіше визнають, що не мають кількісно обґрунтованих бізнес-кейсів для оцінювання їхньої доцільності: за даними McKinsey, третина респондентів не здатна розрахувати повернення інвестицій від впроваджених систем планування (*McKinsey & Company, 2024a*). Систематичний огляд Winkelhaus та Grosse, що охопив 114 публікацій, засвідчив відсутність уніфікованої операціоналізованої концепції «Logistics 4.0», придатної для практичного управлінського застосування (*Winkelhaus S., Grosse E. H., 2020*).

Для українських підприємств ці виклики набувають додаткової гостроти. Аналіз показників цифровізації в логістичній сфері демонструє значне відставання від країн Центральної та Східної Європи за рівнем впровадження інтегрованих WMS і TMS-систем, хоча загальна цифрова інфраструктура та кадровий потенціал є цілком достатніми для розгортання сучасних рішень (*Zrybnieva I. та ін., 2023*). Воєнні умови додатково ускладнили ситуацію: порушення логістичних маршрутів і необхідність швидкої переорієнтації ланцюгів поставок поставили перед підприємствами вимоги гнучкості та стійкості, до яких традиційні логістичні системи виявилися непідготовленими. Разом із тим саме ця ситуація сформувала потужний запит на прагматичні, швидко впроваджувані цифрові рішення, здатні забезпечити реальний управлінський ефект.

Дослідження логістики в контексті цифрової трансформації аграрних підприємств засвідчує, що питання оптимізації логістичних процесів тісно переплітається із загальною проблематикою цифровізації операційної та маркетингової діяльності (*Льченко Т. В., 2021*). Проте існуючі роботи розглядають

ці напрями переважно відокремлено, тоді як реальні підприємства потребують інтегрованого погляду: цифровізація логістики не є ізольованим проєктом – вона органічно поєднана з трансформацією збуту, клієнтського сервісу та управлінського обліку.

У цьому контексті центральними питаннями розділу є такі: яким чином систематизувати цифрові технології стосовно конкретних логістичних функцій; як оцінити реальний рівень цифрової зрілості логістичної системи підприємства; якими показниками вимірювати прогрес і ефективність трансформації; які бар'єри є найбільш критичними і як їх долати в умовах обмежених ресурсів. Відповіді на ці питання формують методичну основу практичних рекомендацій, що завершують розділ стратегічною дорожньою картою цифровізації, адаптованою до реальних умов українських підприємств.

## **1. Теоретичні засади цифровізації логістичного менеджменту.**

### **1.1. Еволюція концепцій логістичного менеджменту в умовах Industry 4.0.**

Логістичний менеджмент пройшов кілька виразних концептуальних фаз, кожна з яких відображала не лише зміну технологій, а й переосмислення самої природи управлінської задачі. Класичне розуміння логістики як сукупності транспортно-складських операцій, що домінувало до кінця 1980-х років, поступово змінилося парадигмою інтегрованого управління ланцюгами поставок, у центрі якої – координація матеріальних, інформаційних і фінансових потоків між усіма учасниками від постачальника сировини до кінцевого споживача. Chopra описує цю трансформацію через призму шести ключових драйверів ефективності ланцюга поставок: виробничих потужностей, запасів, транспортування, інформації, джерел постачання та ціноутворення, стверджуючи, що баланс між ними, а не окремі технологічні рішення, визначає справжній конкурентний потенціал (*Chopra S., 2019*).

Варто зазначити, що в академічній літературі сформувалося кілька конкуруючих концептуальних рамок для опису цифрової трансформації логістики. Поряд із «Logistics 4.0» активно використовуються поняття «Smart

Logistics», «Digital Supply Chain» і «Cyber-Physical Logistics». Аналіз Büyüközkan та Göçer дозволяє виявити спільний знаменник цих концепцій: усі вони акцентують на інтеграції кіберфізичних систем, даних у реальному часі і автономного прийняття рішень як трьох взаємопов'язаних умов переходу до якісно нового рівня управління ланцюгами поставок (*Büyüközkan G., Göçer F., 2018*). Для практичних цілей важливіше розуміти технологічний і організаційний зміст трансформації, ніж термінологічні нюанси. Саме тому у представленому дослідженні прийнятий підхід, орієнтований не на концептуальні дефініції, а на операціоналізовані рівні зрілості, що безпосередньо вказують на управлінські пріоритети.

Четверта промислова революція, що набрала практичного виміру у другій половині 2010-х років, суттєво зрушила ці акценти. Поява кіберфізичних систем, масовий розвиток інтернету речей, хмарних обчислень і великих даних створили технологічну інфраструктуру, яка вперше в історії логістики дозволяє отримувати повну наскрізну видимість ланцюга поставок у режимі реального часу. Hofmann та Rüsç зафіксували цей перехід ще у 2017 році, описавши Industry 4.0 як каталізатор, що переводить логістику від реактивного управління до проактивного, від фіксованих маршрутів до динамічних, від ручного контролю до автономних рішень (*Hofmann E., Rüsç M., 2017*).

Концепція «Logistics 4.0», сформульована Winkelhaus і Grosse як «логістична система, що забезпечує стале задоволення індивідуалізованих потреб споживачів без зростання витрат завдяки цифровим технологіям», наразі є найповнішим теоретичним узагальненням цієї трансформації (*Winkelhaus S., Grosse E. H., 2020*). Систематичний огляд авторів охопив технологічні кластери від IoT і кіберфізичних систем до великих даних і хмарних платформ, однак визнав, що практичний управлінський синтез цих елементів залишається відкритим дослідницьким питанням. Саме цей пробіл – між технологічним переліком і операціоналізованою управлінською моделлю – є ключовою точкою докладання зусиль у представленому дослідженні.

Паралельно у науковій літературі активно розвивається тематика цифрових двійників як наступного рівня управління ланцюгами поставок. Ivanov та Dolgui запропонували концепцію Digital Supply Chain Twin – комп'ютеризованої моделі, що відображає стан мережі постачань у будь-який момент реального часу, поєднуючи модельні підходи з аналітикою даних для управління збуреннями (Ivanov D., Dolgui A., 2021). Практична значимість цього підходу підтверджується дослідженнями McKinsey: компанії, що вже впровадили ці рішення, фіксують скорочення дефіциту запасів на 30% і зниження надзвичайних логістичних витрат на 20% (McKinsey & Company, 2024b).

Важливо підкреслити, що еволюція концепцій відбувається нелінійно і нерівномірно. Глобальні лідери – Amazon, DHL, Maersk, Toyota – вже оперують логістичними системами рівня 3-4 за будь-якою з існуючих моделей зрілості, тоді як переважна більшість підприємств середнього і малого бізнесу, у тому числі в Україні, залишаються на рівні базової автоматизації окремих функцій. Ця асиметрія є не лише технологічною, а насамперед управлінською – вона відображає різницю у здатності організацій трансформувати технологічні можливості у вимірювані операційні результати. Розуміння цього розриву є необхідною передумовою для розроблення диференційованих рекомендацій, що враховують реальний стартовий рівень конкретного підприємства.

Окремо слід розглянути питання визначення логістичного менеджменту в контексті цифровізації. Mentzer та співавтори ще у 2001 році запропонували концепцію управління ланцюгом поставок як системи координації між підприємствами, спрямованої на досягнення стратегічних цілей (Mentzer J. T. *et al.*, 2001). Сьогодні ця координація реалізується переважно через цифрові платформи і стандартизовані інтерфейси обміну даними, але її управлінська сутність – узгодження інтересів і дій різних учасників ланцюга поставок заради спільної цінності для кінцевого споживача – залишається незмінною. Цифровізація не скасовує цю управлінську задачу, вона лише надає якісно нові інструменти для її вирішення. Розуміння цього принципу є важливою умовою

уникнення технологічного фетишизму – ситуації, коли впровадження технологій стає самоціллю, а не засобом досягнення бізнес-результатів.

## **1.2. Класифікація цифрових технологій за функціональними доменами логістики.**

Цифрові технології у логістиці утворюють складну багатовимірну систему, де одні рішення є міжфункціональними платформами, інші – вузькоспеціалізованими інструментами, треті – інфраструктурними компонентами, що забезпечують роботу перших двох. Спроба розглядати цю систему як простий перелік технологічних трендів, без прив'язки до конкретних управлінських функцій, породжує ту саму фрагментованість впровадження, яка вже була описана у вступі. Тому у представленому дослідженні пропонується систематизація цифрових технологій через призму функціональних доменів логістики – відповідно до структури управлінських процесів, а не технологічних категорій.

Функціональний домен управління запасами охоплює весь цикл від прогнозування потреби до розміщення замовлень і контролю залишків. Тут ключовою технологічною компонентою є системи предиктивної аналітики на базі машинного навчання, що замінюють традиційні статистичні моделі більш адаптивними алгоритмами. IoT-датчики і RFID-теги забезпечують автоматичну ідентифікацію і моніторинг запасів у реальному часі, усуваючи похибки ручного обліку (*Ben-Daya M., Hassini E., Bahrour Z., 2019*). На рівні прийняття рішень ці технології інтегруються у WMS-системи управління складом, що координують весь цикл складських операцій від приймання до відвантаження.

Домен транспортування і доставки є технологічно найбільш зрілим: TMS-системи сьогодні забезпечують не просто планування маршрутів, а динамічну оптимізацію у відповідь на зміну дорожньої ситуації, погодних умов чи завантаженості. DHL у звіті Logistics Trend Radar 7.0 відзначає, що саме транспортна галузь стала першим сектором логістики, де AI-застосування вийшли за межі пілотних проєктів і набули масштабного операційного характеру

(DHL, 2024). Домен планування ланцюгів поставок представлений APS-системами, що забезпечують наскрізне планування від попиту до постачань із врахуванням обмежень потужностей і транспортних ресурсів. За даними McKinsey, лише десять відсотків компаній завершили повне впровадження APS-систем (McKinsey & Company, 2024a).

Технології прозорості й відстежуваності охоплюють блокчейн-рішення, що забезпечують незмінний цифровий реєстр операцій у ланцюгу поставок. Saberi та співавтори доводять, що ключова цінність блокчейну полягає не стільки у захищеності транзакцій, скільки у створенні механізмів довіри між учасниками ланцюга, які ніколи не взаємодіяли прямо (Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L., 2019). Для аграрного сектору це є особливо важливим з огляду на вимоги до прослідковуваності продукту від поля до споживача. Систематизацію всіх виділених технологій за функціональними доменами представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Класифікація цифрових технологій за функціональними доменами логістики

Функціональний домен	Ключові технології	Операційний ефект	TRL	Приклади платформ
Управління запасами	WMS, RFID/ІоТ, предиктивна аналітика ML	Скорочення надлишків на 20–35%, точність обліку до 99%	TRL 7–9	SAP EWM, Manhattan WMS, Oracle WMS
Транспортування та доставка	TMS, GPS-телематика, динамічна маршрутизація AI	Зниження транспортних витрат на 10–25%, OTD до 95%	TRL 8–9	SAP TM, Oracle OTM, project44
Планування ланцюгів поставок	APS, хмарні SCM-платформи, Digital Twin	Скорочення циклу планування на 40–60%, точність прогнозу +25–30%	TRL 6–8	Blue Yonder, Kinaxis, o9 Solutions
Прозорість та відстежуваність	Блокчейн, ІоТ-сенсори, Track&Trace системи	Скорочення часу розслідування інцидентів з тижнів до годин	TRL 5–7	IBM Food Trust, VeChain, Everledger
Клієнтський сервіс і зворотна логістика	OMS, чат-боти AI, платформи зворотної логістики	Задоволеність клієнтів +15–20%, витрати на повернення –30%	TRL 7–9	Salesforce OMS, Loop Returns, AfterShip

Складено авторкою на основі (DHL, 2024; McKinsey & Company, 2024a; Winkelhaus S., Grosse E. H., 2020)

Представлена класифікація має управлінську цінність саме у прив'язці до функціонального домену: керівник підприємства, що прагне покращити точність виконання замовлень, отримує чітке розуміння того, у якому технологічному кластері шукати рішення, а фахівець з оцінювання інвестицій – можливість порівняти рівень зрілості конкретної технології з очікуваними ефектами. Рівень готовності технологій (TRL) є важливим сигналом для підприємств з обмеженою толерантністю до ризику: технології рівня 5–6 несуть вищі ризики впровадження, тоді як рівень 8–9 відповідає зрілим комерційним рішенням.

Розглянемо детальніше домен планування ланцюгів поставок, оскільки саме він демонструє найбільший розрив між технологічним потенціалом і реальним рівнем впровадження. APS-системи (Advanced Planning and Scheduling) принципово відрізняються від традиційних ERP-модулів: замість послідовного обчислення плану на основі нормативів вони реалізують оптимізаційні алгоритми, що одночасно враховують обмеження виробничих потужностей, наявність матеріалів, транспортні вікна і зобов'язання перед клієнтами. Практика впровадження свідчить, що скорочення часу планувального циклу з тижнів до годин є одним із найбільш відчутних ефектів для підприємств, що успішно впровадили APS. Проте вимоги до якості вхідних даних є надзвичайно високими: жодна APS-система не компенсує неточний облік запасів або нестандартизовані специфікації. Саме тому розгортання APS доцільно лише після досягнення рівня 3 цифрової зрілості, коли якість і зв'язність даних достатні для живлення оптимізаційних алгоритмів без постійного ручного коригування.

Окремого розгляду заслуговує питання інтеграції між різними класами систем у межах одного функціонального домену. Класичний сценарій – «зоопарк систем» – означає ситуацію, коли підприємство має WMS одного постачальника, TMS іншого, ERP третього, і всі вони обмінюються даними через файли у форматі Excel, що вручну завантажуються операторами. У цій конфігурації цифровізація є видимістю, а не реальністю: дані є, але вони застарівають

щогодини, і жодне аналітичне рішення не дасть точного результату на такому фундаменті. Подолання цього стану потребує не заміни систем, а впровадження middleware-рішень або iPaaS-платформ (Integration Platform as a Service), що забезпечують стандартизований обмін даними між існуючими системами в режимі реального часу. Це значно дешевше і швидше за повний «великий заміни», а ефект у вигляді підвищення актуальності даних є негайним і вимірюваним.

### **1.3. Аналіз глобальних тенденцій цифровізації ланцюгів поставок.**

Глобальний ландшафт цифровізації логістики у 2023-2025 роках характеризується декількома взаємопов'язаними тенденціями, що формують нову операційну реальність. Перша і найбільш системна – це перехід від автоматизації окремих функцій до наскрізної інтеграції ланцюга поставок. Показово, що частка компаній, які впровадили дашборди наскрізної видимості, зросла з 39% у 2022 році до 79% у 2023 році, однак конвертувати цю видимість у реальне сценарне планування змогли лише близько половини з них (*McKinsey & Company, 2024a*).

Друга тенденція – штучний інтелект як операційна реальність, а не технологічна перспектива. DHL у своєму Logistics Trend Radar 7.0 зафіксував, що AI-кластер вперше вийшов за межі технологічної секції і посів центральне місце серед бізнес-трендів, що визначають стратегічні пріоритети галузі (*DHL, 2024*). Застосування AI у логістиці вже охоплює прогнозування попиту, динамічне ціноутворення на транспорт, оптимізацію завантаження, автоматизовану обробку претензій і підтримку клієнтів. Третя тенденція – зростання значення стійкості ланцюга поставок як управлінського пріоритету. Збурення, що тривають понад місяць, трапляються у середньому раз на 3,7 року і здатні знищити до 45% річного прибутку підприємства (*World Economic Forum, 2025*). Ivanov та Dolgui показали, що цифровий двійник ланцюга поставок є не просто аналітичним інструментом, а системою управління адаптацією, здатною моделювати каскадні ефекти збурень і генерувати варіанти відновлення у режимі реального часу (*Ivanov D., Dolgui A., 2021*).

Четверта тенденція стосується переосмислення ролі даних як стратегічного активу. Аналіз Zrybnieva та співавторів підтверджує, що для українських підприємств проблема якості і зв'язності даних є більш критичною перешкодою, ніж відсутність доступу до технологій (Zrybnieva I. та ін., 2023). П'ята тенденція – нерівномірність цифрового розвитку між галузями і сегментами. Для аграрної логістики специфічними викликами є сезонний характер вантажопотоків, залежність від погодних умов і складність прослідковуваності від поля до споживача – аспекти, що формують самостійне дослідницьке поле зі своєю специфікою пріоритетів.

Стосовно аграрного сектору України, аналіз стану цифровізації логістичних процесів у агропромислових підприємствах виявляє кілька характерних закономірностей. Птащенко та Сохацька фіксують, що логістична діяльність підприємств в умовах діджиталізації трансформується від традиційних операційних функцій до стратегічного управління потоками, однак більшість українських агропідприємств не мають систематизованого підходу до цієї трансформації (Птащенко О. В., Сохацька О. М., 2022). Відсутність чітко визначених пріоритетів, дефіцит управлінських компетенцій у сфері цифрових технологій і нестача фінансових ресурсів формують характерний трикутник обмежень, всередині якого опиняється типове аграрне підприємство при спробі розпочати цифрову трансформацію логістики. Подолання цього трикутника вимагає не загальних рекомендацій про важливість цифровізації, а конкретних практичних інструментів – яким і присвячені наступні розділи.

## **2. Методичні засади оцінювання цифрової трансформації логістики.**

### **2.1. Авторська модель цифрової зрілості логістичних систем.**

Оцінювання рівня цифрового розвитку підприємства є необхідною передумовою для будь-якого осмисленого планування трансформації. Моделі зрілості є усталеним інструментом такого оцінювання в управлінській науці, однак їхнє застосування до логістики залишається проблематичним через відсутність консенсусу щодо критеріїв і рівнів. Schumacher, Erol та Sihn

запропонували загальну модель оцінки готовності до Industry 4.0, що включає дев'ять вимірів від технологій до стратегії і культури, однак ця модель орієнтована переважно на виробничі підприємства і не враховує специфіку логістичних функцій (*Schumacher A., Erol S., Sihn W., 2016*).

На нашу думку, модель цифрової зрілості логістичної системи має будуватися за трьома ключовими принципами. По-перше, вона повинна бути функціонально специфічною – враховувати зрілість у кожному з виділених логістичних доменів окремо, оскільки реальні підприємства демонструють суттєву нерівномірність між доменами. По-друге, модель має бути операціоналізованою – кожен рівень описується через конкретні верифіковані ознаки. По-третє, модель повинна мати практичну спрямованість: не лише описувати поточний стан, а й вказувати на критичні кроки переходу між рівнями. Запропонована авторська чотирирівнева модель (рис. 1) розроблена на основі цих принципів з урахуванням кваліметричного підходу до оцінювання якості управлінських систем.

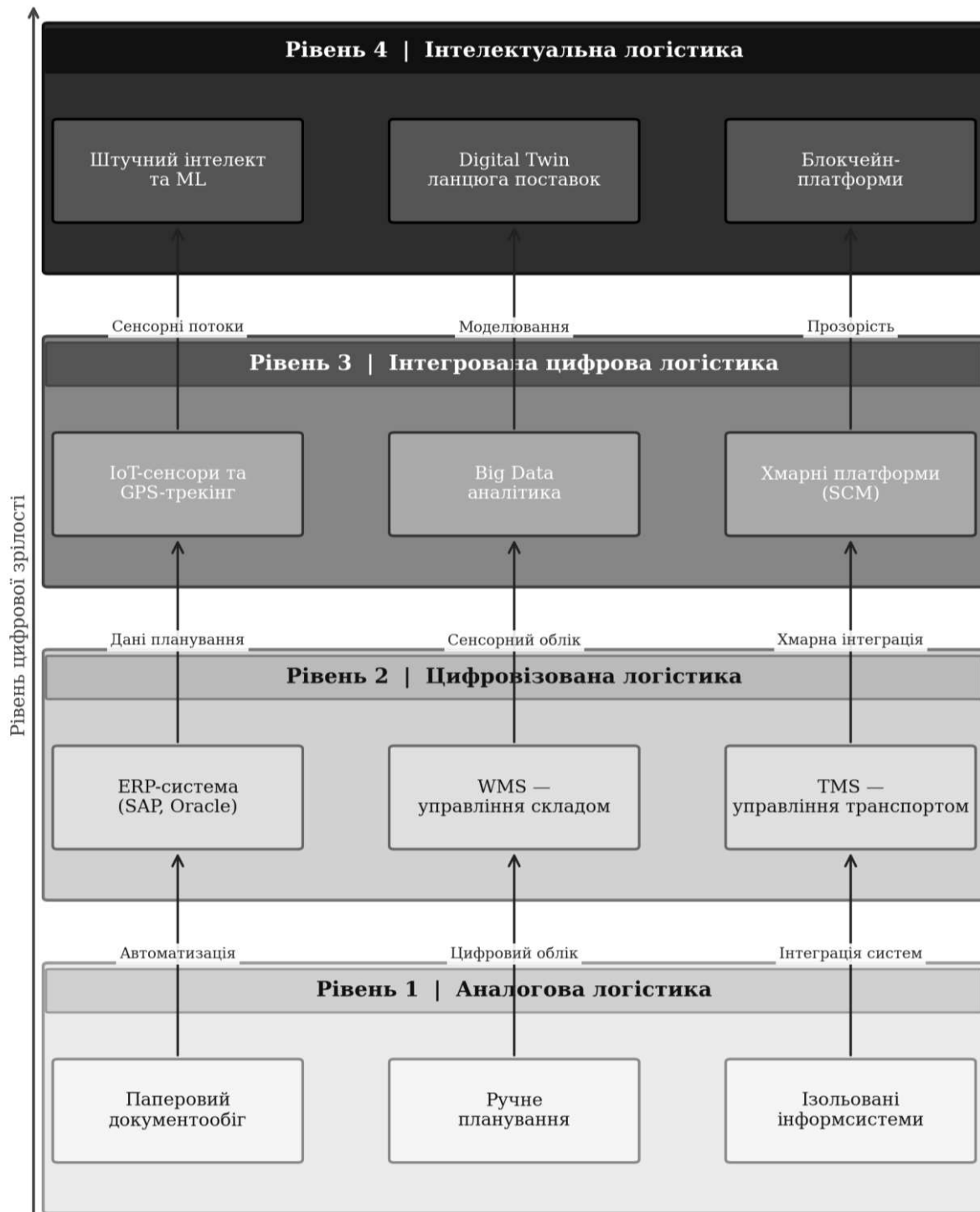


Рис. 1. Модель цифрової зрілості логістичної системи

Розроблено авторкою

Рівень 1 – «Аналогова логістика» – характеризується переважанням паперового документообігу, відсутністю інтегрованих інформаційних систем і ручним плануванням на основі досвіду менеджерів. Рівень 2 – «Цифровізована

логістика» – означає перехід до автоматизованих систем обліку і планування: впровадження ERP-системи, WMS для управління складом, TMS для планування транспорту. Проте системи, як правило, функціонують відокремлено – «силосами», без наскрізної інтеграції. Рівень 3 – «Інтегрована цифрова логістика» – визначається наявністю єдиного інформаційного простору, де всі логістичні системи обмінюються даними в режимі реального часу. На цьому рівні з'являються IoT-датчики, хмарна SCM-платформа і аналітичний потенціал для виявлення закономірностей у даних (Аулін В. В., Тищенко С. Ю., Гриньків А. В., 2024). Рівень 4 – «Інтелектуальна логістика» – є найвищим щаблем зрілості, де цифрові технології виходять за межі обліку і планування в бік автономного прийняття рішень на базі AI/ML, Digital Twin і блокчейн-платформ. Детальний опис рівнів та критеріїв переходу між ними наведено у таблиці 2.

Слід особливо підкреслити відмінність між поняттями «рівень цифрової зрілості» і «рівень цифрових інвестицій». Підприємства з великими бюджетами на ІТ нерідко залишаються на рівні 2, тоді як менш ресурсні компанії досягають рівня 3 завдяки кращій якості даних і більш послідовній реалізації. Ключовими факторами переходу між рівнями є не розмір інвестицій, а наявність власника цифрового процесу, якість майстер-даних і здатність організації навчатися на результатах впровадження. Модель цифрової зрілості, представлена у таблиці 2, є одночасно діагностичним і прогностичним інструментом: вона дозволяє не лише оцінити поточний стан, а й ідентифікувати конкретні дії, що забезпечать перехід на наступний рівень з мінімальними ризиками і максимальним використанням вже наявних ресурсів.

## Авторська модель цифрової зрілості логістичних систем

Рівень / Назва	Ключові ознаки	Характерні технології	KPI-орієнтири	Критичний крок переходу
Рівень 1 / Аналогова логістика	Паперовий документообіг; ручне планування; ізольовані системи; залежність від індивідуального знання	Excel, електронна пошта, телефонний зв'язок	OTD < 75%; точність запасів < 85%; час обробки > 48 год	Впровадження базової ERP і стандартизація даних
Рівень 2 / Цифровізована логістика	Автоматизований облік у ERP/WMS/TMS; цифровий документообіг; базовий GPS-трекінг	ERP (SAP, 1C), WMS, TMS, електронний документообіг	OTD 75–85%; точність запасів 90–95%; час обробки 24–48 год	Інтеграція систем через API і впровадження IoT-моніторингу
Рівень 3 / Інтегрована логістика	Наскрізна видимість у реальному часі; IoT-моніторинг; хмарна SCM-платформа; аналітичні дашборди	IoT/RFID, хмарні SCM, APS, предиктивна аналітика	OTD 85–93%; точність запасів 97–99%; час обробки 4–24 год	Розгортання AI-моделей і Digital Twin для сценарного управління
Рівень 4 / Інтелектуальна логістика	Автономні рішення на базі AI/ML; Digital Twin; блокчейн-прозорість; предиктивне управління збуваннями	AI/ML, Digital Twin, Blockchain, Computer Vision	OTD > 93%; точність запасів > 99%; час обробки < 4 год	Постійне вдосконалення моделей і розширення екосистеми партнерів

Складено авторкою

Модель має кілька важливих операційних наслідків для управлінської практики. Перший – це відмова від ілюзії, що перехід відразу з рівня 1 до рівня 4 є реалістичним чи доцільним: кожен рівень формує технологічну і організаційну інфраструктуру, без якої наступний рівень не матиме ефекту. Другий – нерівномірність між доменами є нормою, а не патологією: підприємство може перебувати на рівні 3 у транспортуванні і на рівні 1 у плануванні ланцюгів поставок, і це визначає першочерговий напрям інвестицій. Третій – переходи між рівнями є не лише технічними, а управлінськими і

культурними завданнями, успішність яких визначається не бюджетом, а якістю підготовки і послідовністю реалізації.

## 2.2. КРІ-система оцінювання ефективності цифровізації логістики.

Ефективність цифрових логістичних рішень не може вимірюватися виключно фактом їхнього впровадження – необхідна система кількісних показників, що забезпечує зворотний зв'язок між управлінськими рішеннями і операційними результатами. Відсутність такої системи є однією з головних причин розчарування підприємств від цифрових інвестицій: коли немає чітких КРІ, неможливо ні оцінити повернення від вкладень, ні ідентифікувати функціональні домени, що потребують першочергової уваги.

Запропонована авторська КРІ-система структурована за п'ятьма групами показників: операційна ефективність, управління запасами, транспортна ефективність, якість даних і цифрова інтеграція, клієнтський досвід. При формуванні бенчмаркових значень використано дані McKinsey Supply Chain Leader Survey та DHL Logistics Trend Radar з адаптацією до реалій середніх підприємств. Детальну КРІ-систему з методами вимірювання і бенчмарковими значеннями наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

КРІ-система оцінювання ефективності цифровізації логістичного менеджменту

Група КРІ	Показник	Метод вимірювання	Граничні значення	Джерело даних
Операційна ефективність	OTD (On-Time Delivery), %	Частка замовлень, доставлених вчасно	$\geq 90\%$	TMS / ERP
Операційна ефективність	Час обробки замовлення, год	Від отримання до відвантаження	$\leq 24$ год	OMS / WMS
Управління запасами	Точність обліку запасів, %	Відповідність фактичних і системних залишків	$\geq 97\%$	WMS / інвентаризація
Управління запасами	Коефіцієнт оборотності запасів	Виручка / середня вартість запасів	$\geq 6$ разів/рік	ERP / фін. облік
Транспортна ефективність	Коефіцієнт завантаження транспорту, %	Корисне навантаження / мах. вантажопідйомність	$\geq 82\%$	TMS / телематика

Продовження таблиці 3.

Транспортна ефективність	Витрати на доставку / одиниця, грн	Транспортні витрати / кількість відправлень	Індивідуальний	TMS / фін. облік
Цифрова інтеграція	Частка автоматизованих операцій, %	Операції без ручного втручання / загальна кількість	≥ 75%	ERP / WMS / TMS
Цифрова інтеграція	Data Quality Index (DQI)	Частка записів без помилок, дублів, пропусків	≥ 95%	MDM / аудит
Клієнтський досвід	Рівень виконання замовлень (OTIF), %	Повнота і своєчасність доставки	≥ 92%	OMS / CRM
Клієнтський досвід	Індекс задоволеності клієнтів (CSI)	Опитування за шкалою NPS або CSAT	NPS ≥ 40	CRM / опитування

Складено авторкою на основі (McKinsey & Company, 2024a; DHL, 2024; Гуржій Н. М. та ін., 2023)

Практичне застосування цієї системи передбачає кілька важливих застережень. КРІ мають сенс лише у динаміці: абсолютні значення є менш інформативними, ніж тренди і порівняння з власними базовими показниками «до впровадження». Data Quality Index є показником, специфічним для цифрового середовища і часто ігнорованим у традиційних логістичних аудитах, – але саме він є провідним індикатором здатності системи генерувати достовірні управлінські сигнали. Наведена на рисунку 2 порівняльна характеристика значень ключових КРІ до і після цифровізації наочно демонструє потенціал трансформації.

Стосовно специфіки вимірювання КРІ в аграрній логістиці, слід зазначити кілька принципових відмінностей від промислових підприємств. По-перше, показник OTD (On-Time Delivery) у агропродовольчому ланцюгу має враховувати не лише своєчасність, а й дотримання параметрів якості продукту при доставці, оскільки запізнення навіть на кілька годин при порушенні холодового ланцюга може повністю знецінити партію. По-друге, коефіцієнт оборотності запасів для аграрних підприємств суттєво варіює між сезонами, що

вимагає розрахунку нормативних значень окремо для кожного сезонного periody, а не єдиного річного бенчмарку. По-третє, показник видимості ланцюга поставок для агрохолдингів має включати не лише постачальників першого рівня – засобів виробництва та обладнання, – а й трейдерів, елеватори і переробні підприємства як критичних посередників у русі кінцевого продукту до споживача. Врахування цих особливостей дозволяє зробити КРІ-систему релевантним управлінським інструментом, а не формальним переліком показників.

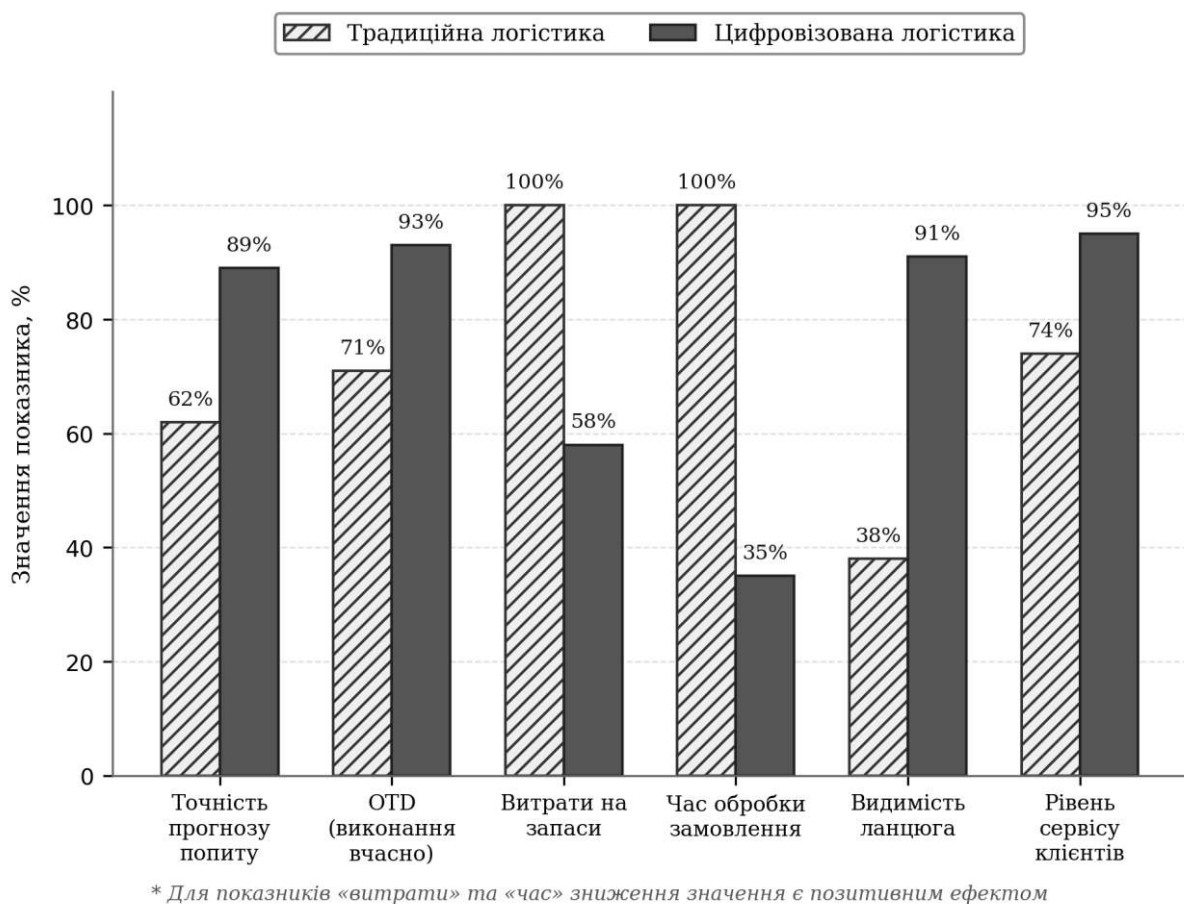


Рис. 2. Порівняльна ефективність логістичних КРІ до та після цифровізації, %

Складено авторкою на основі узагальнення даних галузевих досліджень

Важливим аспектом практичного застосування КРІ-системи є формування базового рівня показників до початку цифрової трансформації. Без чіткого «до» неможливо об'єктивно виміряти «після», а отже – обґрунтувати інвестиції перед керівництвом або фінансовими партнерами. На жаль, саме цей крок найчастіше пропускається: підприємства починають впровадження не маючи

задокументованих базових значень, а потім не можуть довести ефективність трансформації навіть якщо вона є очевидною для операційних менеджерів. Рекомендований підхід передбачає тримісячний базовий вимірювальний період до старту будь-якого технологічного впровадження, в рамках якого фіксуються значення всіх десяти показників із таблиці 3. Ця інвестиція часу є незначною відносно тривалості трансформаційного проекту, але її цінність для управлінського обліку результатів є принципово важливою.

Особливо примітними є ефекти за показниками, що відображають трансформацію операційної моделі. Видимість ланцюга поставок зростає від 38% до 91% – це означає принципово іншу якість управлінських рішень, оскільки керівник бачить не ретроспективні звіти, а поточний стан у реальному часі. Зниження часу обробки замовлення та скорочення витрат на утримання запасів відображають системний ефект автоматизації – він є наслідком усунення інформаційних розривів, що призводили до надлишкових страхових запасів і затримок через очікування підтверджень.

### **2.3. Бар'єри та ризики цифрової трансформації логістики.**

Цифровізація логістики наштовхується на систему взаємопов'язаних бар'єрів, природа яких є значно складнішою, ніж проста нестача фінансових ресурсів. Технологічні бар'єри пов'язані насамперед із проблемою спадщини: більшість підприємств мають IT-інфраструктуру, що формувалася протягом 10–20 років і є технічно несумісною з сучасними хмарними рішеннями без суттєвої переробки архітектури. Дослідження McKinsey підтвердило: якість даних є головним «вузьким місцем» для більшості поточних проєктів цифровізації, – жодна компанія не оцінює свої дані як ідеальні (*McKinsey & Company, 2024a*).

Організаційні бар'єри проявляються у вигляді опору змінам з боку персоналу, недостатніх цифрових компетенцій і відсутності власників цифрових процесів. Saberi та співавтори виявили, що організаційна неготовність і брак управлінської підтримки є більш значущими перешкодами, ніж суто технічні обмеження (*Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L., 2019*). Фінансові бар'єри

є реальними, але часто переоцінюються: для малого і середнього бізнесу ключовою проблемою є не стільки вартість технологій – хмарні рішення зробили базові рівні цифровізації доступними навіть для невеликих підприємств, – скільки нездатність обґрунтувати очікуваний ROI і відповідно отримати внутрішнє схвалення для інвестицій.

Ризики безпеки є специфічним викликом, що загострюється в міру поглиблення цифрової інтеграції. Для українських підприємств цей ризик є особливо актуальним з огляду на воєнний контекст і цілеспрямовані кібератаки на критичну інфраструктуру. Тому при плануванні цифровізації логістики питання кібербезпеки і безперервності операцій має бути включене як обов'язковий компонент. Для підприємств, що планують цифрову трансформацію логістики, найбільш ефективною стратегією управління бар'єрами є поетапний підхід із чіткими критеріями переходу між фазами: кожен наступний крок розпочинається лише після верифікації результатів попереднього.

Управління бар'єрами цифрової трансформації логістики потребує системного, а не реактивного підходу. Аулін, Тищенко та Гриньків аналізують проблематику цифровізації складської логістики і підкреслюють, що комплексне вирішення технологічних і організаційних бар'єрів одночасно є значно ефективнішим, ніж послідовне усунення окремих обмежень (Аулін В. В., Тищенко С. Ю., Гриньків А. В., 2024). На практиці це означає, що паралельно з впровадженням технологічних рішень підприємство має цілеспрямовано формувати цифрові компетенції персоналу, стандартизувати дані і описувати процеси. Зволікання з будь-яким із цих трьох компонентів призводить до того, що технологічне рішення або залишається недовикористаним, або генерує нові операційні проблеми замість вирішення наявних. Результати аналізу бар'єрів безпосередньо формують принципи побудови стратегічної дорожньої карти цифровізації, яка розглядається у параграфі 3.3.

### **3. Практичні механізми цифрової оптимізації логістичного менеджменту.**

#### **3.1. IoT та предиктивна аналітика в управлінні запасами і транспортуванням.**

Серед усього спектру технологій, що трансформують логістику сьогодні, інтернет речей і предиктивна аналітика займають особливе місце: саме вони забезпечують перехід від управління за фактом до управління на випередження – здатності виявляти проблему до того, як вона матеріалізувалась у збиток або затримку. Застосування IoT в управлінні запасами відбувається на кількох рівнях. Базовий – це автоматична ідентифікація і відстежування одиниць зберігання через RFID-мітки з прив'язкою до WMS-системи. Наступний рівень – IoT-сенсори для моніторингу умов зберігання: температури, вологості, освітленості – критично важливий для агропродовольчого сектору, де порушення температурного ланцюга є однією з головних причин втрат продукції. Ben-Daya, Hassini та Bahroun зафіксували, що саме в управлінні харчовими і фармацевтичними ланцюгами поставок IoT демонструє найвищу концентрацію успішних впроваджень з верифікованими операційними результатами (Ben-Daya M., Hassini E., Bahroun Z., 2019).

Предиктивна аналітика запасів функціонує принципово інакше, ніж традиційні статистичні методи прогнозування. Алгоритми машинного навчання – передусім ансамблеві методи типу Gradient Boosting і нейронні мережі для часових рядів – здатні виявляти нелінійні залежності і враховувати сотні змінних одночасно, що дає точність прогнозування на 25–35% вищу порівняно зі статистичними моделями за умови достатнього обсягу якісних даних. У транспортуванні поєднання IoT-телематики і предиктивної аналітики створює систему динамічної маршрутизації, що принципово відрізняється від статичного планування маршрутів. Tang та Veelenturf підкреслюють, що стратегічна роль цифрових рішень у транспортуванні полягає не у вартості, а у генерації стійких конкурентних переваг через швидкість реакції на зміни, яку конкуренти без

цифрової інфраструктури фізично не можуть відтворити (*Tang C. S., Veelenturf L. P., 2019*).

Для аграрних підприємств, де логістика є структурно складнішою через рознесеність виробництва, сезонні піки відвантаження і необхідність координації між полем, елеватором, переробкою і збутом, ці технологічні можливості набувають особливої актуальності. Теоретичні засади функціонування логістичних систем у таких умовах детально розглядаються у навчальному посібнику «Логістика», де особлива увага приділяється специфіці заготівельної та розподільчої логістики підприємств агросфери (*Безугла Л. С., Юрченко Н. І., Ільченко Т. В. та ін., 2021*). Переведення цих теоретичних засад у цифровий контекст вимагає насамперед аудиту поточних інформаційних потоків і виявлення розривів, де ручне введення даних або відсутність зворотного зв'язку між учасниками ланцюга поставань є джерелом затримок і помилок.

Практичний алгоритм впровадження IoT і предиктивної аналітики передбачає послідовність від простого до складного. Початковою точкою є автоматизація збору даних – встановлення датчиків і налаштування їхньої інтеграції з обліковою системою, що само по собі дає ефект підвищення точності обліку без будь-якої аналітики. Наступним кроком є побудова аналітичної бази – накопичення достатнього масиву якісних даних. Лише після цього доцільне розгортання предиктивних моделей, починаючи з найбільш передбачуваних функцій і поступово переходячи до складніших завдань. Такий поетапний підхід забезпечує накопичення організаційного досвіду і формування довіри персоналу до системи, що є необхідною умовою її подальшого масштабування.

Варто також розглянути питання вибору між розробкою власних ML-моделей і використанням хмарних AI-сервісів для предиктивної аналітики в логістиці. Для більшості підприємств середнього розміру власна розробка є нереалістичною з огляду на відсутність відповідних компетенцій і значні витрати часу на навчання моделей. Натомість хмарні AI-сервіси – Azure Machine Learning, Google Vertex AI, AWS SageMaker – пропонують готові алгоритми

прогнозування, що налаштовуються на дані конкретного підприємства протягом кількох тижнів, а не місяців. Ключова умова їхнього ефективного використання – достатній обсяг якісних історичних даних: щонайменше 2–3 роки щоденних або тижневих спостережень за попитом і рухом запасів. Підприємства, що лише починають цифрову трансформацію і не мають такого масиву даних, повинні розглядати перший рік впровадження WMS і ERP-системи насамперед як накопичення аналітичної бази, а не очікувати негайного ефекту від предиктивних алгоритмів. Ця часова логіка є важливою для управління очікуваннями керівництва щодо термінів і масштабів ефектів цифровізації.

У контексті управління запасами агропродовольчих підприємств особливої уваги заслуговує питання сезонного прогнозування попиту – задача, де предиктивна аналітика демонструє найбільш значні переваги перед традиційними методами. Аграрна продукція характеризується складним поєднанням регулярної сезонності, циклічних коливань врожайності, кон'юнктурної мінливості цін і логістичних обмежень, що принципово ускладнює прогнозування на основі лінійних моделей. Алгоритми типу LSTM і Prophet, спеціально розроблені для роботи з часовими рядами, здатні враховувати ці закономірності і забезпечувати точність прогнозу в горизонті 4-8 тижнів на рівні 80-90%, що є достатнім для обґрунтованого управління закупівельними і збутовими запасами. Перехід до предиктивного управління запасами знижує потребу в страхових запасах на 15-30%, що в умовах обмеженого оборотного капіталу є критично важливим фінансовим ефектом.

### **3.2. Блокчейн та платформенні рішення для прозорості ланцюгів поставок.**

Питання прозорості ланцюга поставань щоденно проявляється у невидимих витратах: надлишкових страхових запасах, що тримаються через невизначеність постачань; затримках оплати через суперечки щодо дати і стану поставленого товару; неможливості швидко змінити постачальника. Блокчейн як технологія розподіленого реєстру пропонує системний підхід до вирішення цих

проблем через два ключові механізми: незмінність записів і децентралізовану верифікацію. Saberi та співавтори доводять, що саме здатність формувати довіру між «незнайомцями» у ланцюгу поставань є найбільш трансформативним ефектом блокчейну, що виходить далеко за межі технологічних характеристик платформи (*Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L., 2019*).

Практичне застосування блокчейну у логістиці сьогодні зосереджено переважно у агропродовольчому секторі і фармацевтиці, де вимоги до відстежуваності є законодавчо закріпленими або стратегічно критичними для управління репутацією. IBM Food Trust, розгорнутий у партнерстві з Walmart, є найбільш масштабним діючим прикладом: час, необхідний для відстеження походження конкретної партії продукту, скоротився з тижнів до секунд. Kshetri виокремлює чотири ключові функції, в яких блокчейн і платформенні рішення створюють верифіковану цінність: управління взаємовідносинами з постачальниками, відстежуваність продукту, управління фінансовими потоками і дотримання вимог сталого розвитку (*Kshetri N., 2018*).

Поряд із блокчейном важливу роль відіграють мультисторонні SCM-платформи – хмарні рішення, що об'єднують постачальників, виробників, перевізників і дистриб'юторів в єдиному інформаційному просторі. Для середніх підприємств, що не мають ресурсів для розгортання власної блокчейн-інфраструктури, саме платформенний підхід є реалістичним шляхом до підвищення прозорості з прийнятними інвестиціями. Дослідження Dubey та співавторів підтверджує, що компанії з розвиненими аналітичними здатностями демонструють суттєво вищу стійкість до збурень ланцюга поставань, і ця стійкість прямо корелює з рівнем цифрової інтеграції між учасниками (*Dubey R. et al., 2021*). Таким чином, інвестиції у прозорість ланцюга поставань є одночасно інвестиціями у його стійкість – і цей аргумент є особливо переконливим в умовах, коли ризики збурень є хронічними, а не епізодичними.

Оцінюючи перспективи блокчейн-рішень для українських підприємств, слід враховувати специфічний регуляторний і ринковий контекст. З одного боку,

активна євроінтеграція України означає поступове наближення до стандартів ЄС щодо відстежуваності харчових продуктів, де вимоги до документування маршруту продукту від виробника до споживача постійно посилюються. Ці вимоги формують об'єктивний попит на верифіковані системи прослідковуваності, і блокчейн є одним із технологічних рішень, здатних забезпечити необхідний рівень довіри до даних. З іншого боку, успішне впровадження блокчейну вимагає участі критичної маси учасників ланцюга поставань, що є суттєвим організаційним викликом в умовах, де частина партнерів може не мати технічних можливостей або мотивації для підключення до загальної платформи. Реалістичний підхід передбачає поетапне залучення учасників: спочатку найбільші і технологічно зрілі партнери, потім середні, і лише після досягнення критичної маси – масштабування на весь ланцюг поставань.

Для розуміння практичної цінності платформених рішень у контексті аграрної логістики варто розглянути конкретний управлінський сценарій. Агрохолдинг, що вирощує зернові культури на площі 50 000 га і реалізує продукцію через кілька трейдерів та елеваторів, стикається з типовою проблемою: менеджер відділу логістики не має актуальних даних про залишки зерна на всіх точках зберігання, стан транспортних замовлень і дату фактичного розрахунку за відправлені партії. У режимі «ручного» управління збір і звірка цих даних займає 2-4 години щодня і все одно залишає інформаційні прогалини. SCM-платформа з порталом для партнерів вирішує цю проблему системно: кожен учасник ланцюга – елеватор, перевізник, трейдер – бачить лише свою частину операцій, але всі дані агрегуються в єдину панель управління для менеджера агрохолдингу. Навіть без блокчейну і складних аналітичних алгоритмів такий підхід скорочує час формування операційної звітності з годин до хвилин і суттєво підвищує якість управлінських рішень щодо відвантаження і транспортування.

### **3.3. Стратегічна дорожня карта цифровізації логістичного менеджменту.**

Систематизація технологій, модель зрілості і KPI-система утворюють аналітичний фундамент для прийняття рішень. Проте аналітика сама по собі не трансформує логістику – це робить структурований план дій, що враховує поточний стан підприємства, пріоритети розвитку, наявні ресурси і послідовність кроків. Стратегічна дорожня карта побудована за принципом поетапної акумуляції цифрових компетенцій і розрахована на три горизонти планування.

Короткостроковий горизонт (6-18 місяців) охоплює фундаментні кроки: проведення аудиту поточних логістичних процесів і даних, стандартизацію майстер-даних і документообігу, впровадження або оновлення базових ERP/WMS/TMS-систем, а також встановлення KPI-системи і початок регулярного моніторингу. Цей горизонт відповідає переходу з рівня 1 на рівень 2 або консолідації рівня 2. Ключовий управлінський результат – цифровий облік, що замінює паперовий, і перша система вимірювань ефективності.

Середньостроковий горизонт (18-36 місяців) передбачає інтеграцію систем і розгортання аналітичних інструментів: API-інтеграцію між ERP, WMS і TMS для усунення інформаційних «силосів»; впровадження IoT-датчиків для моніторингу запасів і умов зберігання; підключення до хмарної SCM-платформи з ключовими постачальниками; запуск предиктивної аналітики попиту. Саме на цьому горизонті формується наскрізна видимість ланцюга поставань і з'являється здатність до проактивного управління. Ivanov та Dolgui вказують, що саме цей перехід є найбільш трансформативним з управлінської точки зору, оскільки змінює не технологію, а логіку і культуру прийняття рішень (*Ivanov D., Dolgui A., 2021*).

Паралельно з технологічними горизонтами дорожньої карти необхідно формувати план розвитку цифрових компетенцій персоналу, що є самостійним і рівнозначним компонентом трансформації. Гуржій, Гавран та Сапотніцька

підкреслюють, що ефективне управління логістичними процесами в умовах цифровізації потребує формування нових ролей і компетенцій: Data Owner (власник даних), Process Digitalization Manager і Supply Chain Analyst, що здатний інтерпретувати аналітику і транслювати її у конкретні управлінські рішення (Гуржій Н. М., Гавран В. Я., Сапотницька Н. М., 2023). У малих підприємствах ці ролі можуть поєднуватися в одній людині, у великих – ставати окремими штатними позиціями. Важливо, що ці ролі не мають бути виключно ІТ-фахівцями: навпаки, найефективніші «цифрові чемпіони» в операційній логістиці є передусім фахівцями з логістики, що набули цифрових компетенцій, а не навпаки. Програми розвитку цифрових компетенцій в рамках кожного горизонту дорожньої карти є не меншою інвестицією, ніж технологічні рішення, і повинні плануватися з аналогічною ретельністю.

Довгостроковий горизонт (36+ місяців) стосується інтелектуалізації логістики: впровадження ML-моделей для оптимізації запасів і маршрутів; пілотування Digital Twin для моделювання сценаріїв ланцюга поставань; розгляду блокчейн-рішень для відстежуваності у пріоритетних товарних потоках; розвитку власних цифрових компетенцій через навчання персоналу і формування ролі Data Owner у логістичній функції.

Критичним аспектом реалізації дорожньої карти є управління змінами – організаційний вимір трансформації, що нерідко залишається поза увагою технологічно орієнтованих програм. Аулін, Тищенко та Гриньків підкреслюють, що нестача кваліфікованих кадрів залишається одним із найпотужніших структурних обмежень для цифровізації складської і транспортної логістики в Україні (Аулін В. В., Тищенко С. Ю., Гриньків А. В., 2024). Тому кожен з трьох горизонтів дорожньої карти повинен включати компонент розвитку людського капіталу поряд із технологічними інвестиціями.

Для підприємств агропромислового комплексу дорожня карта потребує специфічної адаптації. Сезонна концентрація логістичних потоків означає, що впровадження нових систем є найменш ризикованим у міжсезонні period і не

може відбуватися у розпал збирання чи відвантаження. Географічна розпорошеність виробничих об'єктів потребує особливої уваги до надійності телекомунікаційної інфраструктури і можливості офлайн-роботи систем. Нарешті, вертикально інтегровані агрохолдинги і відносно невеликі фермерські господарства мають принципово різний стартовий рівень і різні можливості для цифрових інвестицій, що визначає необхідність диференційованих рекомендацій залежно від масштабу підприємства.

Практичний досвід реалізації дорожніх карт цифровізації у різних галузях засвідчує, що найбільш поширеною причиною невдач є не технічні проблеми, а розрив між стратегічним баченням і операційною реалізацією. Цей розрив проявляється у затримках з прийняттям рішень щодо змін у процесах, неготовності середньої ланки менеджменту до нових ролей, відсутності системи управління змінами, що забезпечила б плавний перехід персоналу до роботи з цифровими інструментами. Дорожня карта, запропонована у цьому дослідженні, враховує ці виклики: кожен горизонт включає не лише технологічні, а й організаційні і людські компоненти трансформації. Така збалансованість є принциповою умовою досягнення сталих результатів, а не лише демонстрації технологічних можливостей у ході пілотного проєкту.

**Висновки.** Проведене дослідження дозволяє сформулювати ряд висновків, що мають як теоретичне, так і практично-управлінське значення для підприємств, що стоять перед необхідністю або вибором цифрової трансформації своїх логістичних систем.

Цифровізація логістичного менеджменту є не технологічним трендом, а структурним зрушенням у природі конкуренції – переходом від боротьби за якість продукту і ціну до боротьби за якість потоків: швидкість, надійність, передбачуваність і адаптивність переміщення товарів, інформації та ресурсів. Підприємства, що розглядають цифровізацію виключно як засіб скорочення витрат, недооцінюють її стратегічний потенціал: повна операційна видимість ланцюга поставань, предиктивне управління запасами і здатність швидко

перебудувати логістичні потоки у відповідь на збурення є конкурентними перевагами, які принципово важко відтворити без відповідної цифрової інфраструктури.

На нашу думку, подальші дослідження у сфері цифровізації логістичного менеджменту мають бути зосереджені на трьох пріоритетних напрямках. По-перше, емпіричне тестування запропонованої моделі цифрової зрілості на вибірці українських підприємств дозволить верифікувати класифікаційні критерії і встановити статистично достовірні кореляції між рівнем зрілості і фінансовими результатами логістичних операцій. По-друге, розроблення галузевих адаптацій KPI-системи – з урахуванням специфіки аграрного, харчового і роздрібного секторів – підвищить практичну цінність інструментарію для конкретних категорій підприємств. По-третє, дослідження організаційних умов успішної трансформації – зокрема ролі лідерства, організаційної культури і системи мотивації у подоланні інерції традиційних логістичних процесів – заповнить важливу прогалину між технологічними і людськими аспектами цифровізації. Реалізація цих дослідницьких напрямів дозволить сформулювати доказову базу для управлінських рекомендацій, що матимуть не лише теоретичне, а й верифіковане практичне підґрунтя.

Проведений аналіз також підтвердив, що цифровізація логістики є не ізольованим технологічним проєктом, а органічним елементом ширшої цифрової трансформації підприємства. Інвестиції у цифрову логістику дають найвищу віддачу за умови їхньої синхронізації з цифровізацією суміжних функцій – продажів, клієнтського сервісу, фінансового планування. Саме ця системна взаємодія між логістичними і маркетинговими процесами у контексті цифровізації аграрних підприємств наголошується у роботах вітчизняних дослідників, зокрема стосовно необхідності формування наскрізної цифрової стратегії підприємства, що охоплює всі функціональні домени, а не лише окремі операційні процеси (Ільченко Т. В., 2021). Логістична складова такої стратегії є

однією з найбільш ресурсоємних, але й однією з найбільш вигідних з точки зору вимірюваного операційного ефекту.

Запропонована класифікація цифрових технологій за функціональними доменами логістики забезпечує управлінськи значущу систематизацію, що відповідає реальній структурі прийняття рішень на підприємстві. Авторська чотирирівнева модель цифрової зрілості логістичних систем наповнює поняття «цифрова зрілість» конкретним операціоналізованим змістом: кожен рівень описується через верифіковані ознаки, характерні технології та KPI-орієнтири, а критичні кроки переходу між рівнями підказують першочергові управлінські дії. Модель враховує реальну нерівномірність цифрового розвитку між різними функціональними доменами одного підприємства, що є типовою картиною для аграрних і виробничих підприємств середнього розміру.

KPI-система, розроблена у дослідженні, вирішує проблему «невимірюваної цифровізації». Особливої ваги набуває Data Quality Index – показник, специфічний для цифрового середовища, але провідний індикатор здатності системи генерувати достовірні управлінські сигнали. Аналіз бар'єрів цифрової трансформації підтвердив, що технологічні обмеження є менш критичними, ніж організаційні та методичні: проблема якості даних, опір персоналу і нездатність сформулювати кількісно обґрунтований бізнес-кейс є системними викликами, що потребують управлінських, а не технічних відповідей.

Стратегічна дорожня карта цифровізації, побудована на трьох послідовних горизонтах планування, забезпечує реалістичний маршрут трансформації, що враховує обмеження ресурсів і необхідність накопичення організаційного досвіду. Поєднання технологічних інвестицій із паралельним розвитком цифрових компетенцій персоналу є необхідною умовою стійкості досягнутих результатів у довгостроковій перспективі.

Практичний досвід реалізації дорожніх карт цифровізації у різних галузях засвідчує, що найбільш поширеною причиною невдач є не технічні проблеми, а

розрив між стратегічним баченням і операційною реалізацією. Цей розрив проявляється по-різному: у затримках з прийняттям рішень щодо змін у процесах, у неготовності середньої ланки менеджменту до нових ролей, у відсутності системи управління змінами, що забезпечила б плавний перехід персоналу до роботи з цифровими інструментами. Дорожня карта, запропонована у цьому дослідженні, враховує ці виклики: кожен горизонт включає не лише технологічні, а й організаційні і людські компоненти трансформації. Така збалансованість є принциповою умовою досягнення сталих результатів, а не лише демонстрації технологічних можливостей у ході пілотного проєкту.

Розглянемо детальніше домен планування ланцюгів поставок, оскільки саме він демонструє найбільший розрив між технологічним потенціалом і реальним рівнем впровадження. APS-системи (Advanced Planning and Scheduling) принципово відрізняються від традиційних ERP-модулів планування: замість послідовного обчислення плану на основі нормативів вони реалізують оптимізаційні алгоритми, що одночасно враховують обмеження виробничих потужностей, наявність матеріалів, транспортні вікна і зобов'язання перед клієнтами. Практика впровадження свідчить, що скорочення часу планувального циклу з тижнів до годин – один із найбільш відчутних ефектів для підприємств, що успішно впровадили APS. Проте вимоги до якості вхідних даних є надзвичайно високими: жодна APS-система не компенсує неточний облік запасів, нестандартизовані специфікації або відсутність достовірних даних про потужності. Саме тому розгортання APS доцільно лише після досягнення рівня 3 цифрової зрілості, коли якість і зв'язність даних достатні для живлення оптимізаційних алгоритмів без постійного ручного коригування.

Окремого розгляду заслуговує питання інтеграції між різними класами систем у межах одного функціонального домену. Класичний сценарій – «зоопарк систем» – означає ситуацію, коли підприємство має WMS одного постачальника, TMS іншого, ERP третього, і всі вони обмінюються даними через файли у

форматі Excel, що вручну завантажуються операторами. У цій конфігурації цифровізація є видимістю, а не реальністю: дані є, але вони застарівають щогодини, і жодне аналітичне рішення не дасть точного результату на такому фундаменті. Подолання цього стану потребує не заміни систем – що є дорогим і ризикованим – а впровадження middleware-рішень або iPaaS-платформ (Integration Platform as a Service), що забезпечують стандартизований обмін даними між існуючими системами в режимі реального часу. Це значно дешевше і швидше за «великий замін», а ефект у вигляді підвищення актуальності даних є негайним і вимірюваним.

### References:

- Аулін В. В., Тищенко С. Ю., Гриньків А. В. Інноваційні рішення в складській логістиці. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч. 1. С. 270-285. DOI: 10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.270-285.
- Ben-Daya M., Hassini E., Bahroun Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 57, No. 15-16. P. 4719-4742. DOI: 10.1080/00207543.2017.1402140.
- Безугла Л. С., Юрченко Н. І., Ільченко Т. В., Пальчик І. М., Воловик Д. В. *Логістика: навч. посіб.* Дніпро: Пороги, 2021. 252 с. ISBN 978-617-518-395-3.
- Büyüközkan G., Göçer F. Digital supply chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*. 2018. Vol. 97. P. 157-177. DOI: 10.1016/j.compind.2018.02.010.
- Chopra S. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 7th ed. Pearson, 2019. ISBN 978-1-292-25789-1.
- DHL. *The DHL Logistics Trend Radar 7.0*. DHL Group, 2024. URL: <https://www.dhl.com/discover/en-global/news-and-insights/reports-and-press-releases/logistics-trend-radar-2024> (дата звернення: 14.02.2026).
- Dolgui A., Ivanov D., Sokolov B. Reconfigurable supply chain: The X-network. *International Journal of Production Research*. 2020. Vol. 58, No. 13. P. 4138-4163. DOI: 10.1080/00207543.2020.1774679.
- Dubey R., Gunasekaran A., Childe S. J., Wamba S. F., Roubaud D., Foropon C. Empirical investigation of data analytics capability and organizational flexibility as complements to supply chain resilience. *International Journal of Production Research*. 2021. Vol. 59, No. 1. P. 110-128. DOI: 10.1080/00207543.2019.1582820.
- Гуржій Н. М., Гавран В. Я., Сапотницька Н. М. Цифрові технології та їхній вплив на управління логістичними процесами підприємств. *Економіка та суспільство*. 2023. № 55. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-55-20.
- Hofmann E., Rüsç M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*. 2017. Vol. 89. P. 23-34. DOI: 10.1016/j.compind.2017.04.002.
- Ільченко Т. В. Маркетингова стратегія діяльності аграрних підприємств в умовах діджиталізації. *Економіка та суспільство*. 2021. Вип. 26. DOI: 10.32782/2524-0072/2021-26-21.

- Ivanov D., Dolgui A. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*. 2021. Vol. 32, No. 9. P. 775-788. DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450.
- Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 57, No. 3. P. 829-846. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533275.
- Kshetri N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*. 2018. Vol. 39. P. 80-89. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.
- McKinsey & Company. *Supply chains: Still vulnerable*. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey-2024> (дата звернення: 16.02.2026).
- McKinsey & Company. *Digital twins: The key to unlocking end-to-end supply chain growth*. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/digital-twins-the-key-to-unlocking-end-to-end-supply-chain-growth> (дата звернення: 14.02.2026).
- Mentzer J. T., DeWitt W., Keebler J. S., Min S., Nix N. W., Smith C. D., Zacharia Z. G. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*. 2001. Vol. 22, No. 2. P. 1-25. DOI: 10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x.
- Птащенко О. В., Сохацька О. М. Особливості логістичної діяльності в умовах діджиталізації. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022. № 6(276). С. 50-54. DOI: 10.33216/1998-7927-2022-276-6-50-54.
- Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 2117-2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261.
- Schumacher A., Erol S., Sihn W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 52. P. 161-166. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.040.
- Tang C. S., Veelenturf L. P. The strategic role of logistics in the Industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2019. Vol. 129. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.tre.2019.06.004.
- Winkelhaus S., Grosse E. H. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*. 2020. Vol. 58, No. 1. P. 18-43. DOI: 10.1080/00207543.2019.1612964.
- World Economic Forum. *Leveraging digital tools in the age of supply chain disruption*. 2025. URL: <https://www.weforum.org/stories/2025/01/supply-chain-disruption-digital-winners-losers/> (дата звернення: 20.02.2026).
- Zrybnieva I., Pichugina J., Sigaieva T., Saienko V., Korolkov V. Benchmarking in the logistics management system of Ukrainian enterprises. *Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12, No. 66. P. 206-224. DOI: 10.34069/AI/2023.66.06.20.