

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-5>

УДК 338.45:004:658.7

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШОСТОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УКЛАДУ В ЛОГІСТИКУ КОМПАНІЇ

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACH TO EVALUATING THE IMPLEMENTATION OF SIXTH TECHNOLOGICAL PARADIGM TECHNOLOGIES IN LOGISTICS

Біловол Артем Валерійович

аспірант,

Сумський державний університет

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5823-1379>**Тарасенко Світлана Вікторівна**

кандидат економічних наук, доцент,

доцент кафедри міжнародних економічних відносин,

Сумський державний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4829-0559>**Bilovol Artem, Tarasenko Svitlana**

Sumy State University

Технології шостого технологічного укладу інтегруються в логістичну діяльність компаній, що актуалізує необхідність оцінки їх впровадження. Метою дослідження є формування теоретико-методичних засад до оцінки впровадження технологій шостого технологічного укладу в логістику компанії. Систематизовано напрями досліджень щодо оцінки впровадження технологій шостого технологічного укладу в логістику компанії. Розроблено рамкову схему впливу технологій шостого технологічного укладу на логістику компанії. Запропоновано модель оцінки впровадження технологій шостого технологічного укладу в логістику компанії, що включає дві компоненти: нормативно-рекомендаційну компоненту та варіативну компоненту оцінки. Особливістю моделі оцінки впровадження технологій шостого технологічного укладу в логістику компанії є оцінка відповідності використання технологій вимогам стандарту (нормативна ефективність) і оцінка ефективності впровадження технологій шостого технологічного укладу в конкретних процесах або програмах компанії.

Ключові слова: блокчейн, дифузія технологій, ефективність, Інтернет речей, логістика, показники ефективності, робот, цифрові двійники.

Technologies of the sixth technological paradigm are being integrated into the logistics activities of companies, which highlights the need to assess their implementation. The aim of the study is to develop a theoretical and methodological approach to evaluating the implementation of sixth technological paradigm technologies in company logistics. The study is systematized research directions regarding the assessment of the sixth technological paradigm technologies implementation in logistics, focusing on the effects of using the Internet of Things in logistics; the effects of applying Industry 4.0 technologies in logistics; the effects of building smart warehouses and using digital twins; the effects of blockchain utilization in supply chains; and approaches to evaluating the sixth technological paradigm technologies implementation in company logistics. Trends in the adoption of the sixth technological paradigm technologies in international and Ukrainian logistics are analyzed. It is found that the global Internet of Things logistics market is rapidly growing, digital twins are becoming a key technology for modeling and visualizing logistics systems, and Ukrainian companies demonstrate increased interest in implementing the Internet of Things solutions and digital twins for automation and cargo monitoring. A framework for the impact of sixth technological paradigm technologies on company logistics is developed. It was substantiated that the increase in labor productivity, safety, and automation of logistics processes generates positive effects on the technical and economic indicators of a company's logistics activities. A model for evaluating the implementation of the sixth technological paradigm

technologies in company logistics is proposed, comprising two components: a normative-recommendatory component and a variable evaluation component. A distinctive feature of the model is the assessment of compliance with technology standards (normative efficiency) and the evaluation of the effectiveness of the sixth technological paradigm technology implementation in specific processes or programs within the company.

Kew words: blockchain, digital twins, diffusion of technologies, efficiency, Internet of Things, logistics, performance indicators, robot, digital twins.

Постановка проблеми. Використання технологій шостого технологічного укладу (ШТУ), зокрема, цифрових двійників, роботів, штучного інтелекту (ШІ), Інтернету речей (IoT), блокчейну забезпечує більш швидке та ефективне реагування/прийняття рішень в логістиці компанії за рахунок зменшення невизначеності, зниження витрат та підвищення продуктивності [4; 8; 13; 14–15; 17]. Водночас впровадження технологій апелює до певної перебудови бізнес-процесів суб'єкта господарювання, що ґрунтується на оцінці ефектів, які виникають в результаті інтеграції таких технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження щодо оцінки впровадження технологій ШТУ в логістиці компанії зосереджені на таких напрямках:

1) ефекти від використання IoT в логістиці. Зокрема, Ertürk M.A. (2024) [15], Song Y. та ін. (2021) [23], Zrelli I., Rejeb A. (2024) [27] досліджують потенціал IoT-додатків у забезпеченні прозорості, відстежуваності й автоматизації ланцюгів постачання. Результати дослідження Ayoola та ін. (2024) свідчать, що інтеграція IoT-пристроїв (RFID-міток, сенсорів, шлюзів), технологій комп'ютерного зору суттєво підвищує точність інвентаризації, автоматизує облік і зменшує кількість помилок, забезпечуючи моніторинг руху товарів [11];

2) ефекти від використання в логістиці технологій Індустрії 4.0. У публікації Bigliardi B. та ін. (2021) виявлено, що у логістичній сфері в контексті Індустрії 4.0 можуть застосовуватися IoT, RFID, симуляційні технології, 3D-друк, ШІ, дрони [12];

3) ефекти від побудови смарт-складів та використання цифрових двійників. Le T. V., Fan, R. (2023) [20], Tiwari S. (2023) [24] встановили, що цифрові двійники у логістиці найбільше застосовуються для моніторингу, прогнозової аналітики та оптимізації операцій, тобто для підвищення продуктивності, оптимізації операційної ефективності, підтримки прийняття рішень;

4) ефекти від використання блокчейну у ланцюгах постачання досліджені у праці

Saberi та ін. (2018) [22]. Дослідження Betti Q. та ін. (2019) демонструє, що впровадження блокчейну та смартконтрактів у гіперзв'язаний логістиці дозволяє мінімізувати ризики дублювання або фальсифікації записів, спростити автоматизацію операцій та знизити витрати на координацію між суб'єктами господарювання [13];

5) підходи до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії. Вплив технологій на оптимізацію ланцюгів постачання та підвищення продуктивності обґрунтований у статті Зрибнєвої І. [4]. Для оцінки впровадження цифрових технологій в сфері управління логістикою підприємств Кривов'язюк І. пропонує використовувати такі показники ефективності як економічний ефект, економічна ефективність від капітальних вкладень і термін окупності капітальних вкладень [7].

Проаналізовані дослідження вчених описують, моделюють ефекти від впровадження технологій ШТУ, частково вимірюючи ефективність їх впровадження. Водночас актуальним є розроблення теоретико-методичного підходу до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета дослідження розроблення теоретико-методичного підходу до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Завдання дослідження: 1) аналіз тенденцій впровадження технологій ШТУ в міжнародній та українській логістиці; 2) розроблення рамкової схеми впливу технологій ШТУ на логістику компанії; 3) формування моделі оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії.

Об'єкт дослідження: теоретико-методичний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Предмет дослідження: процеси оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Методи дослідження: аналіз наукових джерел щодо впровадження технологій шостого технологічного укладу в логістику; моделювання та концептуальне проектування для

розроблення моделі оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Впродовж останніх років технології ШТУ інтенсивно впроваджуються в логістику міжнародних та українських компаній.

Глобальний ринок використання IoT у логістиці у 2024 р. становив \$35,5 млрд і прогнозовано зростатиме до \$85,7 млрд у 2033 р. [18]. Альтернативні джерела вказують на вищий темп зростання, до \$166,39 млрд дол. у 2033 р. [16]. За прогнозами аналітиків ринок цифрових двійників у логістиці збільшиться з \$1,5 млрд (2024 р.) до \$5,1 млрд (2030 р.) [14].

Ринок IoT-сенсорів з 2020 р. до 2024 р. виріс з \$12,21 млрд дол. до \$27,64 млрд (на 126 %), прогнозується його зростання до \$780,4 млрд у 2037 р. [21; 25]. Головними гравцями на ринку IoT-сенсорів є такі компанії, як STMicroelectronics, Bosch Sensortec, TE Connectivity, ABB, Henkel, Infineon Technologies.

Український ринок логістики за прогнозом зросте з \$6,34 млрд у 2025 р. до \$7,69 млрд у 2030 р. [26], зокрема, найбільше зростання відбудеться у сегменті впровадження IoT у логістику (особливо у складській діяльності, на флоті та переміщенні вантажів) за рахунок заходів цифровізації, підтриманих стратегією «Drive Ukraine 2030» [19].

Отже, глобальний ринок IoT у логістиці швидко зростає, що відкриває можливості

для автоматизації транспортування, зберігання та моніторингу вантажів. Також цифрові двійники стають ключовою технологією перебудови логістики, впроваджуються додаткові бізнес-процеси моделювання та візуалізації логістичних систем.

Український логістичний сектор демонструє позитивну динаміку впровадження технологій ШТУ, зокрема, підвищується інтерес до впровадження цифрових двійників та IoT-рішень серед національних компаній.

Для оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компаній доцільним є розроблення схеми впливу технологій ШТУ на логістику компанії.

Рамкова схема впливу технологій ШТУ на логістику компанії представлена на рис. 1.

Основні технології ШТУ (ШІ, IoT, цифрові двійники, блокчейн, роботи) впливають на логістику компанії таким чином:

- 1) зростання автоматизації процесів;
- 2) підвищення продуктивності праці;
- 3) підвищення безпеки виробничих та адміністративних процесів компанії.

Зростання продуктивності праці, безпеки та автоматизації процесів позитивно впливає на технічні та економічні показники логістичної діяльності компанії (блок «Оцінка ефективності»). Виявлені можливості підвищення ефективності логістичної діяльності за рахунок впровадження технологій ШТУ визначають додаткові конкурентні переваги компанії.

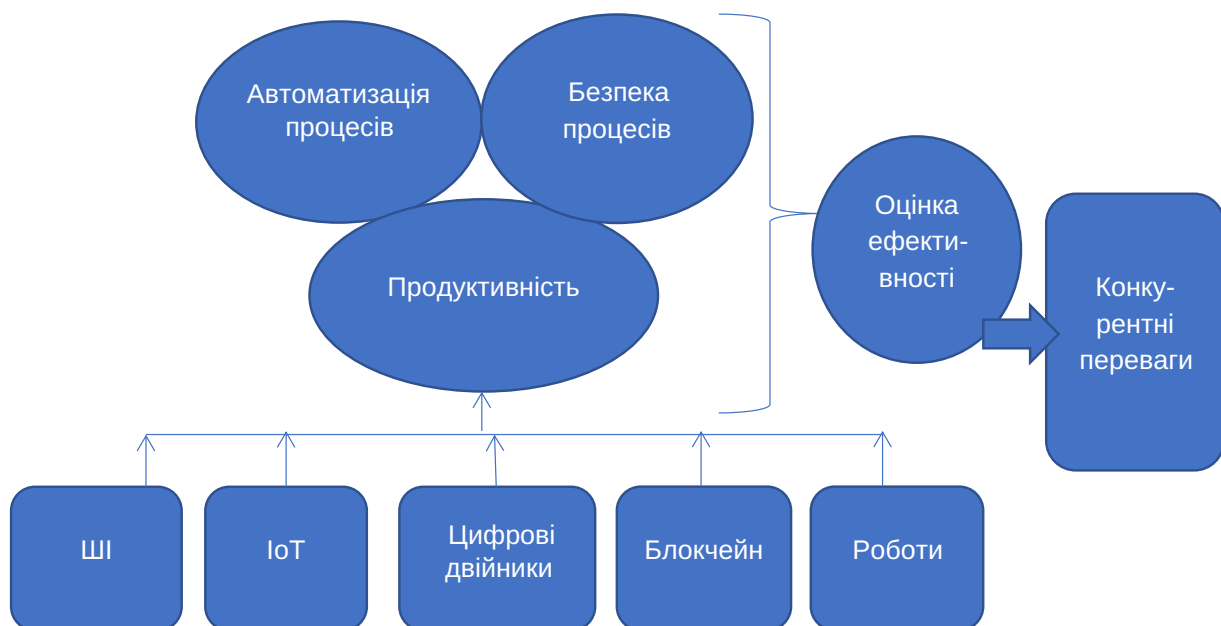


Рис. 1. Рамкова схема впливу технологій ШТУ на логістику компанії

Джерело: власна розробка авторів

Для оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії використовують такі підходи:

1. Структурно-функціональний підхід передбачає аналіз впровадження технологій за функціональними напрямками в рамках певної організаційної структури (наприклад, автоматизація логістичних операцій, цифровізація складів, наявність ERP та SCM-систем, ступінь інтеграції інформаційних потоків, тощо). Такий підхід дозволяє ідентифікувати «вузькі місця», описати логістичну інфраструктуру. Оцінка впровадження технологій ШТУ у логістику компанії при структурно-функціональному підході орієнтована на структуру організації та функції окремих підрозділів;

2. Системний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії включає оцінку на операційному рівні й на стратегічному рівні логістичних рішень, що передбачає багаторівневу оцінку ефектів від впровадження технологій. Використання системного підходу для оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії дозволяє оцінити вплив технологій на загальну ефективність логістичної діяльності;

3. Процесний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії фокусується на оцінці впровадження технологій на рівні процесів, зокрема, можливим є моделювання логістичних процесів у вигляді цифрових двійників, що дозволяє виявити неефективність в логістичних ланцюгах, вузькі місця на рівні операцій. Ключовими техніками моделювання логістичних процесів є симуляції;

4. Програмний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії передбачає оцінку впливу впровадження технологій в рамках окремих програм (наприклад, програми оптимізації маршрутів за допомогою ШІ; оптимізації процесів відвантаження-розвантаження за допомогою роботів). Програми можуть бути спрямовані на підвищення ефективності окремих логістичних процесів або бути наскрізними, охоплювати весь блок логістичної діяльності компанії.

Отже, залежно від завдань оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії може використовуватися один підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії або декілька підходів одночасно.

Важливим в оцінці впровадження технологій ШТУ у логістику компанії є база порівняння (наприклад, вплив і показники можуть оцінюватися в динаміці або шляхом порівняння з

наявним стандартом використання технологій ШТУ в логістиці компанії).

Запропонована модель оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії продемонстрована на рис. 2. Модель оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику включає дві компоненти: нормативно-рекомендаційну компоненту та варіативну компоненту оцінки.

Нормативно-рекомендаційна компонента оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії передбачає оцінку відповідності впровадження технологій ШТУ в логістику компанії стандарту використання технологій у логістиці (рівень держави, галузі або окремої компанії). Варіативна компонента оцінки включає оцінку ефективності впровадження технологій ШТУ в рамках окремих програм або пілотних проєктів на рівні процесів.

Особливістю запропонованої моделі оцінки впровадження технологій ШТУ у логістику компанії є оцінка відповідності використання технологій вимогам стандарту (нормативна ефективність) і оцінка ефективності впровадження технологій ШТУ в конкретних процесах або програмах компанії.

Принципами оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії виступають:

1) принцип системності, що передбачає врахування усіх взаємовпливів інтеграції технологій ШТУ в логістику компанії;

2) принцип вимірюваності, що означає використання кількісних показників для оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії;

3) принцип стандартизованості, що передбачає наявність регламентованого переліку показників оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії;

4) принцип ефективності, що означає проведення оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії з найменшими витратами/найбільшими ефектами;

5) принцип масштабованості, що означає можливість реплікації процесів оцінки при подальших контролях, моніторингу впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Етапи оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії включають:

1) етап оцінки відповідності стандарту використання технологій ШТУ в логістиці компанії;

2) етап оцінки ефективності впровадження технологій ШТУ в рамках окремих програм або пілотних проєктів на рівні процесів компанії.



Рис. 2. Модель оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії

Джерело: власна розробка авторів

Етап оцінки відповідності стандарту використання технологій ШТУ в логістиці компанії передбачає оцінку впровадження технологій ШТУ в логістику компанії відповідно до критеріїв, процесів, показників, задекларованих у стандарті використання технологій ШТУ в логістиці (рівень держави, галузі або окремої компанії).

Для оцінки впровадження технологій ШТУ на логістику компанії на етапі оцінки ефективності впровадження технологій в рамках окремих програм або пілотних проєктів на рівні процесів доцільно застосовувати такі групи показників (табл. 1).

Отже, групи показників оцінки ефективності впровадження технологій ШТУ в логістику компанії в рамках окремих програм/пілотних проєктів на рівні процесів включають:

1) групу показників автоматизації, що відображають рівень заміщення ручної праці ШІ, IoT та роботизованими рішеннями (дозволяє підвищити швидкість і точність виконання логістичних операцій);

2) групу показників безпеки, що характеризують ступінь захищеності логістичних процесів від ризиків втрати, пошкодження вантажів чи викривлення даних, а також рівень прозорості, контрольованості ланцюга постачання;

3) групу показників продуктивності, що вимірюють результативність та швидкість

виконання логістичних операцій, ефективність взаємодії між учасниками логістичних операцій та відповідність прогнозованому попиту;

4) групу показників економічної ефективності, що визначають ефекти та ефективність впровадження технологій ШТУ, зокрема рівень скорочення різних видів витрат, ROI та рентабельність логістичної діяльності компанії.

Таким чином, запропонований теоретико-методичний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії формує цілісну систему оцінки інтеграції технологій ШТУ в логістичні процеси суб'єкта господарювання на основі поєднання нормативного аналізу відповідності стандарту та варіативної оцінки ефективності програм/пілотних проєктів впровадження технологій ШТУ за групами показників.

Висновки. Наукові публікації останніх років значною мірою фокусуються на ефектах впровадження IoT, цифрових двійників, блокчейн-рішень та інших технологій Індустрії 4.0 у логістику. Основні результати проаналізованих досліджень підтверджують, що технології ШТУ забезпечують автоматизацію процесів, підвищення продуктивності праці, прозорість та безпеку ланцюгів постачання, а також сприяють зниженню витрат і підвищенню якості обслуговування клієнтів.

Розроблена рамкова схема впливу технологій ШТУ на логістику компанії та модель

Таблиця 1

Групи показників оцінки ефективності впровадження технологій ШТУ в рамках окремих програм/пілотних проєктів на рівні процесів в логістиці компанії

№ п/п	Група показників	Перелік показників	Рівень застосування
1	Показники автоматизації	Показник автоматизації (відсоток автоматизованих операцій)	Процесний
		Показник використання потужностей складів і транспортних засобів (%)	Процесний
		Кількість робіт, що припадає на 1 людину (роб/люд)	Процесний/ програмний
		Відсоток процесів, що управляються на основі даних та аналітики (%)	Процесний
2	Показники безпеки	Відсоток випадків втрати чи пошкодження вантажів (%)	Процесний/ програмний
		Час перевірки й верифікації вантажів (год)	Процесний/ програмний
		Відсоток відвантажень продукції, що відповідають номенклатурі замовлення (%)	Програмний
		Відхилення від запланованих маршрутів (%)	Процесний/ програмний
		Показник прозорості у ланцюзі постачання (%)	Процесний
		Відсоток відстежуваних у реальному часі товарів (%)	Процесний/ програмний
3	Показники продуктивності	Середній час відвантаження/розвантаження продукції (год)	Процесний
		Відсоток прогнозованого попиту, що відповідає реальному (%)	Процесний/ програмний
		Середній час доставки вантажу від початкової точки до кінцевого пункту (години/дні)	Процесний/ програмний
		Рівень співпраці між учасниками ланцюга поставок (індекс взаємодії)	Процесний/ програмний
		Кількість оброблених одиниць товару на одного працівника на день (од./люд)	Процесний/ програмний
		Середній час обробки замовлення на складі (год)	Процесний
		Відсоток затриманих у часі замовлень (%)	Процесний/ програмний
		Час реагування на запити клієнтів (середній час відповіді на запит або скаргу)	Процесний/ програмний
4	Показники економічної ефективності	Зменшення операційних витрат на обробку замовлення (%)	Програмний
		Скорочення витрат на зберігання запасів (%)	Процесний/ програмний
		Скорочення витрат на паливо завдяки оптимізації маршрутів (% економії на 1 км пробігу)	Процесний/ програмний
		ROI, рівень окупності інвестицій впровадження технологій ШТУ в логістику (%)	Програмний
		Рентабельність логістичної діяльності (%)	Процесний/ програмний

Джерело: власна розробка авторів на основі [4–9]

оцінки інтеграції технологій ШТУ дозволяють оцінити ефективність їх впровадження в логістичну діяльність суб'єкта господарювання. Запропоновані групи показників (автоматизації, безпеки, продуктивності, економічної ефективності) формують уніфіковану основу для вимірювання ефектів/ефективності від впровадження технологій ШТУ в логістику компанії.

Таким чином, запропонований теоретико-методичний підхід до оцінки впровадження технологій ШТУ в логістику компанії може розглядатися як інструмент оцінки інтеграції технологій ШТУ в логістичні процеси компаній різних галузей, що сприятиме підвищенню обґрунтованості управлінських рішень суб'єкта господарювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Васильців Н. Трансформація та адаптація логістики до викликів в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*. 2023. № 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78>
2. Завербний А., Двуліт З., Вуєк Х. Особливості формування логістичних ланцюгів в умовах війни та у післявоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2022. № 43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-54>
3. Завербний А., Ломага Ю. Проблеми та перспективи формування логістичних ланцюгів постачання у воєнний період за умов активізування євроінтеграції. *Економіка та суспільство*. 2022. № 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-23>
4. Зрибнева І. (2024). Аналіз новітніх технологій, методів та підходів у логістиці, їх вплив на оптимізацію ланцюгів постачання та підвищення продуктивності. *Економіка та суспільство*. 2024 № 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60>
5. Державна митна служба України. Статистика та реєстри. 2024. URL: <https://customs.gov.ua> (дата звернення: 04.05.2025).
6. Державна служба статистики України. Транспорт. 2024. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 04.05.2025).
7. Кривов'язюк І. Оцінювання ефективності впровадження цифрових технологій в сфері управління логістикою підприємств. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*. 2023. С. 34–38. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/703>
8. Македон В. Інтеграція цифрових інструментів у міжнародну логістичну діяльність. *Економіка та суспільство*. 2024. № 65. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-109>
9. Марінов Є. А. Інноваційні технології у транспортній логістиці: економічний потенціал і виклики впровадження. *Академічні візії*. 2024. № 30. С. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13846667>
10. Озарко К. С. Особливості логістичних процесів у воєнний період: проблеми та перспективи розвитку. *Економічний вісник Донбасу*. 2022. № 2. С. 74–78. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-2\(68\)-74-78](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-2(68)-74-78)
11. Ayoola V. B., Osam-Nunoo G., Umeaku C., Awotiwon B. O. IoT-driven Smart Warehouses with Computer Vision for Enhancing Inventory Accuracy and Reducing Discrepancies in Automated Systems. *IRE Journals*. 2024. 8(5). P. 176–210.
12. Bigliardi B., Casella G., Bottani E. Industry 4.0 in the logistics field: A bibliometric analysis. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*. 2021. № 3. P. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.1049/cim2.12015>
13. Betti Q., Khoury R., Hallé S., Montreuil B. Improving Hyperconnected Logistics With Blockchains and Smart Contracts. *IT Professional*. 2019. 21(4). P. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.1109/MITP.2019.2912135>
14. Digital Twin in Logistics – Global Strategic Business Report. *Research and Markets*. 2025. URL: https://www.researchandmarkets.com/reports/6067896/digital-twin-in-logistics-global-strategic?utm_source=Glob-May2&utm_medium=288 (дата звернення: 10.05.2025).
15. Ertürk M. A. Internet of Things (IoT) Applications in Logistics and Supply Chain Management. *Contemporary Challenges and Practices in Logistics and Supply Chain Management*. 2024. P. 101–115. DOI: <https://doi.org/10.26650/B/SS05ET50.2024.016.07>
16. Global IoT-powered Logistics Market. *Spherical Insights*. 2025. URL: https://www.sphericalinsights.com/reports/iot-powered-logistics-market?utm_source=Glob-May2&utm_medium=288 (дата звернення: 10.05.2025).
17. Ili I., Rejeb A. A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*. 2024. № 10(16) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578>
18. Internet of Things (IoT) in Logistics Market. *Verified Market Reports*. 2025. URL: https://www.verifiedmarketreports.com/download-sample/?rid=87284&utm_source=Glob-May2&utm_medium=288 (дата звернення: 10.05.2025).
19. Internet of Things – Ukraine. *Statista*. 2024. URL: https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/ukraine?utm_source=Glob-May2&utm_medium=288 (дата звернення: 10.05.2025).

20. Le T. V., Fan R. Digital twins for logistics and supply chain systems: Literature review, conceptual framework, research potential, and practical challenges. *Computers & Industrial Engineering*. 2023. № 187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109768>
21. Research Nester. *IoT Sensor Market – Historic Data (2019-2024), Global Trends 2025, Growth Forecasts 2037*. 2025. URL: https://www.researchnester.com/reports/iot-sensors-market/6435?utm_source (дата звернення: 10.05.2025).
22. Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 2018. № 57 (7). P. 2117–2135. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
23. Song Y., Yu F. R., Zhou L., Yang X., He Z. Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey. *IEEE Internet of Things Journal*. 2021. № 8 (6). P. 4250–4274. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3034385>
24. Tiwari S. Smart warehouse: A bibliometric analysis and future research direction. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*. 2023. № 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100014>
25. Transportation & Logistics – Smart Sensors Market Statistics. *Grand View Research*. 2025. URL: <https://www.grandviewresearch.com/horizon/statistics/smart-sensors-market/industrial/transportation-logistics/global?utm> (дата звернення: 10.05.2025).
26. Ukraine Freight & Logistics Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025–2030). *Mordor Intelligence*. 2025. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ukraine-freight-and-logistics-market?utm> (дата звернення: 10.05.2025).
27. Zrelli I., Rejeb A. A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*. 2024. 10 (16). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578>

REFERENCES:

1. Vasylytsiv N. (2023). Transformatsiya ta adaptatsiya lohistyky do vyklykiv v umovakh voyennoho stanu [Logistics transformation and adaptation to the challenges in the martial law conditions]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78> (in Ukrainian)
2. Zaverbnyi, A., Dvulit, Z., & Vuyek, Kh. (2022). Osoblyvosti formuvannya lohistychnykh lantsiukiv v umovakh viiny ta u pislyavoiennyi period [Features of formation of logistics chain in war and post-war period]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-54> (in Ukrainian)
3. Zaverbnyi, A., & Lomaha, Yu. (2022). Problemy ta perspektyvy formuvannya lohistychnykh lantsiukiv postachannya u voiennyi period za umov aktyvizatsii yevrointegratsii [Problems and prospects of the formation of logistics supply chains during the war period under the condition of activating european integration]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-23> (in Ukrainian)
4. Zrybnieva, I. (2024). Analiz novitnikh tekhnolohiy, metodiv ta pidkhodiv u lohistytsi, yikh vplyv na optymizatsiyu lantsiukiv postachannya ta pidvyshchennya produktyvnosti [Analysis of the newest technologies, methods and approaches in logistics, their impact on supply chain optimization and increase of productivity]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60> (in Ukrainian)
5. Derzhavna mytna sluzhba Ukrainy [State Customs Service of Ukraine]. (2024). Statystyka ta reiestry [Statistics and registers]. Available at: <https://customs.gov.ua> (accessed 04.05.2025). (in Ukrainian)
6. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (2024). Transport [Transport]. Available at: <https://ukrstat.gov.ua> (accessed 04.05.2025). (in Ukrainian)
7. Kryvov'aziuk, I. (2023). Otsiniuvannya efektyvnosti vprovadzhennya tsyfrovyykh tekhnolohiy v sferi upravlinnya lohistikoyu pidpriemstv [Evaluation of the effectiveness of the implementation of digital technologies in the field of enterprise logistics management]. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, pp. 34-38. Available at: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/703> (in Ukrainian)
8. Makedon, V. (2024). Intehratsiya tsyfrovyykh instrumentiv u mizhnarodnu lohistychnu diyalnist [Integration of digital tools in international logistics activities]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 65. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-109> (in Ukrainian)
9. Marinov, Ye. A. (2024). Innovatsiyni tekhnolohiyi u transportniy lohistytsi: ekonomichniy potentsial i vyklyky vprovadzhennya [Innovative technologies in transport logistics: economic potential and implementation challenges]. *Akademichni vizyiyi*, no. 30. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13846667> (in Ukrainian)
10. Ozarko, K. S. (2022). Osoblyvosti lohistychnykh protsesiv u voiennyi period: problemy ta perspektyvy rozvytku [Peculiarities of logistics processes during the war period: problems and development prospects]. *Ekonomichniy visnyk Donbasu*, no. 2(68), pp. 74–78. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-2\(68\)-74-78](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-2(68)-74-78) (in Ukrainian)

11. Ayoola V. B., Osam-Nunoo, G., Umeaku C., Awotiwon B. O. (2024). IoT-driven Smart Warehouses with Computer Vision for Enhancing Inventory Accuracy and Reducing Discrepancies in Automated Systems. *IRE Journals*, vol. 8, pp. 176–210.
12. Bigliardi B., Casella G., Bottani E. (2021). Industry 4.0 in the logistics field: A bibliometric analysis. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, vol. 3, pp. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.1049/cim2.12015>
13. Betti Q., Khoury R., Hallé S., Montreuil B. (2019). Improving Hyperconnected Logistics With Blockchains and Smart Contracts. *IT Professional*, vol. 21(4), pp. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.1109/MITP.2019.2912135>
14. Digital Twin in Logistics – Global Strategic Business Report. (2025). *Research and Markets*. Available at: <https://www.researchandmarkets.com/reports/6067896/digital-twin-in-logistics-global-strategic?utm> (accessed: 10.05.2025).
15. Ertürk M. A. (2024). Internet of Things (IoT) Applications in Logistics and Supply Chain Management. *Contemporary Challenges and Practices in Logistics and Supply Chain Management*. pp. 101–115. DOI: <https://doi.org/10.26650/B/SS05ET50.2024.016.07>
16. Global IoT-powered Logistics Market. (2025). *Spherical Insights*. Available at: <https://www.sphericalinsights.com/reports/iot-powered-logistics-market?utm> (accessed: 10.05.2025).
17. Ili I., Rejeb A. (2024). A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*, vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578>
18. Internet of Things (IoT) in Logistics Market. (2025.). *Verified Market Reports*. Available at: https://www.verifiedmarketreports.com/download-sample/?rid=87284&utm_source=Glob-May2&utm_medium=288 (accessed: 10.05.2025).
19. Internet of Things – Ukraine. (2024). *Statista*. Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/ukraine?utm> (accessed: 10.05.2025).
20. Le T. V., Fan R. (2023). Digital twins for logistics and supply chain systems: Literature review, conceptual framework, research potential, and practical challenges. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109768>
21. Research Nester. (2025). *IoT Sensor Market – Historic Data (2019-2024), Global Trends 2025, Growth Forecasts 2037*. Available at: https://www.researchnester.com/reports/iot-sensors-market/6435?utm_source (accessed: 10.05.2025).
22. Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L. (2018). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, vol. 57, pp. 2117–2135. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
23. Song Y., Yu F. R., Zhou L., Yang X., He Z. (2021). Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, pp. 4250–4274. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3034385>
24. Tiwari S. (2023). Smart warehouse: A bibliometric analysis and future research direction. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, vol. 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100014>
25. Transportation & Logistics – Smart Sensors Market Statistics. (2025). *Grand View Research*. Available at: <https://www.grandviewresearch.com/horizon/statistics/smart-sensors-market/industrial/transportation-logistics/global?utm> (accessed: 10.05.2025).
26. Ukraine Freight & Logistics Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025–2030). (2025). *Mordor Intelligence*. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ukraine-freight-and-logistics-market?utm> (accessed: 10.05.2025).
27. Zrelli I., Rejeb A. (2024). A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*, vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578>