

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ ТА МАРКЕТИНГУ
КАФЕДРА МІЖНАРОДНОЇ ЕКОНОМІКИ**

«На правах рукопису»
УДК 339.9:656.07:004.9

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Сергій ВОЙТКО
«___» _____ 2026 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Міжнародна економіка»
зі спеціальності 051 «Економіка»
на тему: «Розвиток глобального ринку транспортних послуг в умовах
Індустрії 4.0»

Виконала:
студентка IV курсу, групи УС-21
Щербакова Єлизавета Юріївна _____

Керівник:
професор кафедри міжнародної економіки,
д.е.н., професор,
Войтко Сергій Васильович _____

Рецензент:
завідувачка кафедри менеджменту
підприємств, д.е.н., професор,
Дергачова Вікторія Вікторівна _____

Засвідчую, що у цій бакалаврській
дипломній роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет менеджменту та маркетингу
Кафедра міжнародної економіки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 051 «Економіка»

Освітньо-професійна програма «Міжнародна економіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ВОЙТКО

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

Щербаковій Єлизаветі Юріївні

1. Тема дипломної роботи «Розвиток глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0», науковий керівник дипломної роботи Войтко Сергій Васильович, д.е.н., професор, затверджені наказом № 2003-с від 29 травня 2026 року.
2. Термін подання студентом дипломної роботи до 11 червня 2026 року.
3. Об'єкт дослідження – економічна складова глобального ринку транспортних послуг.
4. Вихідні дані: наукові праці іноземних та вітчизняних науковців, електронні книжки, національні та іноземні статті, матеріали тез конференцій, дані фінансової звітності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» як бази практики, звіти та статистичні бази міжнародних організацій – Світового банку, UNCTAD, COT, WEF, OECD та інші електронні джерела.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- систематизувати теоретичні засади функціонування глобального ринку транспортних послуг та запропонувати авторську інтерпретацію поняття «транспортна послуга на глобальному ринку»;
- дослідити сутність та особливості реалізації логістичних послуг на глобальному ринку в умовах Індустрії 4.0, включаючи класифікацію провайдерів за моделлю 1PL–5PL;
- обґрунтувати вибір методів дослідження через порівняльний аналіз альтернатив та розробити формалізований алгоритм і систему розрахункових формул;
- здійснити кількісний аналіз динаміки та структурної концентрації глобального ринку транспортних послуг із застосуванням індексного методу та індексу Герфіндаля-Гіршмана;
- проаналізувати зовнішньоекономічну діяльність підприємств транспортної галузі України та ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» зокрема і побудувати кореляційно-регресійну модель залежності ефективності логістичних систем від рівня цифрової зрілості;
- дослідити структурну трансформацію логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0 та визначити роль ТМТМ для інтеграції України у глобальні ланцюги постачань;
- удосконалити систему індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг та розробити авторський Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи;
- розробити практичні рекомендації з удосконалення електронних систем логістичних замовлень та оцінити ефективність використання конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: кількість рисунків – 11, таблиць – 37.

7. Дата видачі завдання 02 березня 2026 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Строки виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1.	Вибір теми дипломної роботи (з керівником) та їхнє обговорення на засіданні кафедри	27 лютого 2026 р.	виконано
2.	Видача завдання	02 березня 2026 р.	виконано
3.	Розроблення плану дипломної роботи	10 березня 2026 р.	виконано
4.	Підбір наукової літератури з теми дослідження та її аналіз	13 березня 2026 р.	виконано
5.	Підготовка теоретичного розділу та узгодження його змісту з науковим керівником	31 березня 2026 р.	виконано
6.	Дослідження за обраною темою наукових досліджень	09 квітня 2026 р.	виконано
7.	Проведення комплексного аналізу практичної складової наукового дослідження	21 квітня 2026 р.	виконано
8.	Остаточне завершення другого розділу дипломної роботи	30 квітня 2026 р.	виконано
9.	Підготовка матеріалів третього розділу дипломної роботи	14 травня 2026 р.	виконано
10.	Узагальнення отриманих наукових результатів, використання матеріалів закордонної літератури та досвіду для подальшого аналізу та підготовка загальних висновків	22 травня 2026 р.	виконано
11.	Оформлення матеріалів дипломної роботи та подання його на перевірку науковому керівнику	27 травня 2026 р.	виконано
12.	Нормоконтроль і оцінювання якості підготовки матеріалів дипломної роботи	29 травня 2026 р.	виконано
13.	Усунення виявлених недоліків керівником, підготовка доповіді та наочних матеріалів для захисту	01 червня 2026 р.	виконано
14.	Перевірка дипломної роботи на збіги текстових фрагментів і плагіат, отримання відгуку наукового керівника	02 червня 2026 р.	виконано
15.	Подання дипломної роботи на рецензування і отримання рецензії	08 червня 2026 р.	виконано
16.	Подання рецензії, відгуку наукового керівника, зброшурованої дипломної роботи на кафедру (при наявності надаються інші документи / довідка чи акт про впровадження, копії наукових статей чи тез доповідей)	11 червня 2026 р.	
17.	Захист дипломної роботи перед Екзаменаційною комісією згідно із затвердженим графіком	згідно із затвердженим графіком	

Студентка

(підпис)

Єлизавета ЩЕРБАКОВА

Науковий керівник

(підпис)

Сергій ВОЙТКО

РЕФЕРАТ

Відомості про обсяг текстової частини: 11 рисунків, 37 таблиць, 3 додатків і 51 бібліографічних найменувань.

Актуальність теми. Транспортні послуги забезпечують переміщення понад 80 % глобального вантажообігу і є матеріальною основою міжнародної торгівлі. Цифрові технології дедалі активніше впливають на розвиток транспортно-логістичних систем. Їх використання змінює підходи до організації перевезень, управління логістичними процесами та формування конкурентних переваг підприємств галузі. За Індексом ефективності логістики Світового банку Україна опустилась з 69-го місця у 2018 р. до 79-го у 2023 р., що вказує на системне відставання вітчизняного сектору від міжнародних стандартів. Геополітичні зміни останніх років зумовили переорієнтацію частини євразійських вантажопотоків на Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут, обсяг перевезень яким у 2019–2024 рр. збільшився у шість разів. Відсутність у науковій літературі кількісних моделей залежності ефективності логістичних систем від рівня цифровізації у регіональному розрізі та інтегральних індексів цифрової зрілості транспортно-логістичних систем зумовлює актуальність і наукову новизну дослідження.

Мета роботи – визначення та обґрунтування напрямів удосконалення глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 на основі системно-структурного аналізу динаміки міжнародних ринків, побудови регресійної моделі залежності ефективності логістичних систем від рівня цифровізації.

Об’єкт дослідження – економічна складова глобального ринку транспортних послуг.

Предмет дослідження – теоретичні засади та практичні рекомендації щодо цифрової трансформації транспортних послуг на міжнародних ринках в умовах Індустрії 4.0.

Методи дослідження – методи системного аналізу, порівняльного аналізу, наукового узагальнення, індексного методу, CAGR, структурно-функціонального аналізу, індексу Герфіндаля-Гіршмана, кореляційно-регресійного аналізу, методу

найменших квадратів, коефіцієнтного аналізу, SWOT-аналізу, графічно-аналітичного та табличного методів.

Практичне значення одержаних результатів. На основі кореляційно-регресійної моделі залежності LPI від IDI на вибірці 30 країн встановлено, що Україна реалізує цифровий потенціал частково. Розрахунковий LPI 3,16 перевищує фактичний 2,67, що відображає вплив руйнувань транспортної інфраструктури на ефективність логістичної системи. Підвищення IDI до 90,0 забезпечить LPI 3,50 та наближення до середньоєвропейських стандартів логістичного розвитку. Розроблено авторський Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи та матрицю конкурентних позицій, що можуть слугувати інструментами моніторингу цифрових реформ. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» сформовано рекомендації щодо переходу на SaaS-підписну модель із прогнозованим доходом 9,5 млн грн у 2028 р. Одержані результати можуть бути застосовані транспортно-логістичними підприємствами при розробці стратегій цифрової трансформації, а також органами державного управління при формуванні транспортної політики України.

Апробація результатів дослідження. Окремі положення дипломної роботи, присвячені аналізу розвитку Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту та його значення для України, подані до друку в матеріалах міжнародної науково-практичної конференції.

Бібліографія публікації – Щербакова Є. Ю., Войтко С. В. Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут у системі міжнародних перевезень: перспективи для України. IV Міжнародна науково-практична конференція «Цифрова економіка» (м. Київ, 11 червня 2026 р.). (подано до друку)

Ключові слова: глобальний ринок транспортних послуг, Індустрія 4.0, цифрова трансформація, логістика, індекс ефективності логістики, Інтернет речей, ланцюги постачань, цифрова зрілість, міжнародні перевезення, конкурентоспроможність.

ABSTRACT

Information about the volume of the text part: 11 figures, 37 tables, 3 appendices and 51 bibliographic entries.

Relevance of the topic. Transport services account for over 80% of global freight turnover and form the basis of international trade. At the same time, digital technologies are increasingly transforming transport and logistics systems, reshaping management approaches, operations, and competitive advantages. Ukraine LPI declined from 69th place in 2018 to 79th in 2023, indicating ongoing challenges in its transport and logistics sector. Geopolitical shifts have redirected part of Eurasian freight flows to the TITR, where freight volume increased sixfold between 2019-2024. The relevance and scientific novelty of the study stem from the lack of quantitative models assessing the relationship between logistics performance and digitalization at the regional level, as well as the absence of integrated indicators for measuring digital maturity in transport and logistics systems.

Purpose of work. To identify and substantiate directions for improving the global transport services market under Industry 4.0, based on a system-structural analysis of international market dynamics and the construction of a regression model of logistics system efficiency dependence on the level of digitalization.

Object of research. Economic dimension of the global transport services market.

Subject of research. Theoretical foundations and practical recommendations for the digital transformation of transport services in international markets under Industry 4.0.

Research methods. System analysis, comparative analysis, scientific generalization, index method, CAGR, structural-functional analysis, Herfindahl-Hirschman Index, correlation-regression analysis, least squares method, coefficient analysis, SWOT analysis, graphical-analytical and tabular methods.

Practical significance of the obtained results. Based on a correlation and regression model of the relationship between LPI and IDI for a sample of 30 countries, it is found that Ukraine is only partially realizing its digital potential. The estimated LPI value of 3.16 exceeds the actual 2.67, reflecting the impact of wartime damage to transport infrastructure on logistics efficiency. Increasing the IDI to 90.0 would raise the

LPI to 3.50 and bring Ukraine closer to European average logistics standards. An Integrated Digital Maturity Index and a competitive positioning matrix were developed to monitor digital transformation progress. For PRO MOBILITY LLC, a transition to a Software as a Service model is recommended, with projected revenues of up to UAH 9.5 million by 2028. The results can support digital strategy development in logistics companies and inform transport policy in Ukraine.

Approval of the research results. Certain findings of the thesis related to the development of the Trans-Caspian International Transport Route and its significance for Ukraine have been submitted for publication in the proceedings of an international scientific and practical conference.

Bibliography of the publication. Shcherbakova Ye. Yu., Voitko S. V. The Trans-Caspian International Transport Route in the System of International Transportation: Prospects for Ukraine. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference “Digital Economy” (Kyiv, June 11, 2026). (submitted for publication).

Keywords: global transport services market, Industry 4.0, digital transformation, logistics, logistics performance index, Internet of Things, supply chains, digital maturity, international transport, competitiveness.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Українські скорочення та аббревіатури

АТР – Азійсько-Тихоокеанський регіон

ВВП – валовий внутрішній продукт

В.П. – відсотковий пункт

ЄБРР – Європейський банк реконструкції та розвитку

ЄС – Європейський Союз

ІЦЗТЛС – Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи

КВЕД – Класифікатор видів економічної діяльності

НАН – Національна академія наук

СОТ – Світова організація торгівлі

США – Сполучені Штати Америки

ТМТМ – Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

Латинські скорочення та аббревіатури

1PL–5PL – рівні провайдерів логістичних послуг (First/Second/Third/Fourth/Fifth Party Logistics)

AI – штучний інтелект (Artificial Intelligence)

API – інтерфейс прикладного програмування (Application Programming Interface)

CAGR – середньорічний темп зростання (Compound Annual Growth Rate)

CO₂ – діоксид вуглецю (вуглекислий газ)

COVID-19 – коронавірусна хвороба 2019 (Coronavirus Disease 2019)

CR4 – коефіцієнт концентрації чотирьох найбільших учасників ринку (Concentration Ratio)

CRM – система управління відносинами з клієнтами (Customer Relationship Management)

e-AWB – електронна авіаційна вантажна накладна (Electronic Air Waybill)

e-CMR – електронна міжнародна вантажна накладна (Electronic Consignment Note)

EDI – електронний обмін даними (Electronic Data Interchange)

GCI – Глобальний індекс кібербезпеки (Global Cybersecurity Index)

GPS – глобальна система позиціонування (Global Positioning System)

HHI – індекс Герфіндаля-Гіршмана (Herfindahl-Hirschman Index)

IDI – індекс цифрового розвитку (ICT Development Index)

IEA – Міжнародне енергетичне агентство (International Energy Agency)

INSPIRE – директива ЄС з просторових даних (Infrastructure for Spatial Information in Europe)

IoT – Інтернет речей (Internet of Things)

ITU – Міжнародний союз електрозв'язку (International Telecommunication Union)

LNG – скраплений природний газ (Liquefied Natural Gas)

LPI – Індекс ефективності логістики (Logistics Performance Index)

MaaS – мобільність як послуга (Mobility as a Service)

OECD – Організація економічного співробітництва та розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development)

SaaS – програмне забезпечення як послуга (Software as a Service)

SWOT – метод стратегічного аналізу (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

TEN-T – Транс'європейська транспортна мережа (Trans-European Transport Network)

TEU – двадцятифутовий еквівалент (Twenty-foot Equivalent Unit) – одиниця виміру контейнерних перевезень

UNCTAD – Конференція ООН з торгівлі та розвитку (United Nations Conference on Trade and Development)

WEF – Всесвітній економічний форум (World Economic Forum)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В ІНДУСТРІЇ 4.0.....	16
1.1 Теоретичні засади функціонування системи глобального ринку транспортних послуг	16
1.2.....Сутність і особливості реалізації логістичних послуг на глобальному ринку.	24
1.3..... Методичні засади дослідження міжнародної логістики в умовах Індустрії 4.0.....	28
Висновки до розділу 1	38
2 СИСТЕМНО-СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В ІНДУСТРІЇ 4.0	41
2.1 Кількісний аналіз динаміки та структури глобального ринку транспортних послуг	41
2.2 Аналіз стану транспортно-логістичного сектору України та цифрової трансформації підприємств галузі.....	48
2.3 Структурний аналіз трансформації логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0.....	62
Висновки до розділу 2	73
3 НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ЗАСАДАХ ІНДУСТРІЇ 4.0	75
3.1 Удосконалення системи індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг	75
3.2 Рекомендації з удосконалення цифрової трансформації транспортно-логістичних систем в умовах Індустрії 4.0.....	83
3.3 Ефективність використання конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0.....	88
Висновки до розділу 3	94
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	99
ДОДАТКИ	104

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Ця тема особливо актуальна на сьогоднішній день, оскільки транспортні послуги забезпечують переміщення понад 80 % глобального вантажообігу і є матеріальною основою міжнародної торгівлі. В умовах Четвертої промислової революції цифрові технології дедалі активніше впливають на розвиток транспортно-логістичних систем. Їх використання змінює підходи до організації перевезень, управління логістичними процесами та формування конкурентних переваг підприємств галузі.

Обґрунтованість дослідження на даний момент пояснюється трьома взаємопов'язаними факторами: 1) за Індексом ефективності логістики Світового банку Україна опустилась з 69-го місця у 2018 р. до 79-го у 2023 р., що кількісно підтверджує системне відставання вітчизняного транспортно-логістичного сектору від міжнародних стандартів; 2) геополітична нестабільність і блокування чорноморських портів переорієнтували вантажопотоки та зумовили зростання вантажообігу Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту у 6 разів за 2019–2024 рр., відкриваючи для України стратегічне вікно можливостей; 3) кореляційно-регресійний аналіз на вибірці 30 країн підтверджує, що підвищення IDI на 1 пункт асоційоване зі зростанням LPI на 0,023 бали; модель пояснює 70,3 % варіації індексу ефективності логістики у розрізі країн, що статистично підтверджує визначальну роль цифровізації для конкурентоспроможності транспортно-логістичних систем.

Теоретичні засади глобального ринку транспортних послуг та цифровізації логістики розроблені у працях Christopher M. [22], Bowersox D. J. [23], Chopra S. і Meindl P. [8], Rodrigue J.-P. [5]; трансформації Індустрії 4.0 досліджено Schwab K. [18] і Скіцьком В. І. [19]; вітчизняний ринок аналізували Войтко С. В. [21; 26], Крикавський Є. В. [14], Мудра Я. А. і Яременко О. Ф. [25], Гірна О. Б. і Петляківський О. А. [4]. У наявній науковій літературі відсутня кількісна модель залежності ефективності логістичних систем від рівня цифровізації в регіональному розрізі, не розроблено інтегральних індексів цифрової зрілості

транспортно-логістичних систем, бракує комплексного аналізу транспортно-логістичного сектору на макро-, мезо- та мікрорівнях в умовах сучасних геополітичних реалій. Усунення цих прогалин становить наукову новизну дослідження.

Мета роботи: визначення та обґрунтування напрямів удосконалення глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 на основі системно-структурного аналізу динаміки міжнародних ринків, побудови регресійної моделі залежності ефективності логістичних систем від рівня цифровізації.

Завдання роботи:

- систематизувати теоретичні засади функціонування глобального ринку транспортних послуг та запропонувати авторську інтерпретацію поняття «транспортна послуга на глобальному ринку»;
- дослідити сутність та особливості реалізації логістичних послуг на глобальному ринку в умовах Індустрії 4.0, включаючи класифікацію провайдерів за моделлю 1PL–5PL;
- обґрунтувати вибір методів дослідження через порівняльний аналіз альтернатив та розробити формалізований алгоритм і систему розрахункових формул;
- здійснити кількісний аналіз динаміки та структурної концентрації глобального ринку транспортних послуг із застосуванням індексного методу та індексу Герфіндаля-Гіршмана;
- проаналізувати зовнішньоекономічну діяльність підприємств транспортної галузі України та ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» зокрема і побудувати кореляційно-регресійну модель залежності ефективності логістичних систем від рівня цифрової зрілості;
- дослідити структурну трансформацію логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0 та визначити роль ТМТМ для інтеграції України у глобальні ланцюги постачань;

- удосконалити систему індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг та розробити авторський Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи;

- розробити практичні рекомендації з удосконалення електронних систем логістичних замовлень та оцінити ефективність використання конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг.

Об'єкт дослідження: економічна складова глобального ринку транспортних послуг.

Предмет дослідження: теоретичні засади та практичні рекомендації щодо цифрової трансформації транспортних послуг на міжнародних ринках в умовах Індустрії 4.0.

База дослідження: при написанні дипломної роботи використано напрацювання іноземних та вітчизняних науковців, електронні книжки, національні та іноземні статті, матеріали тез конференцій, дані фінансової звітності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» як бази практики, звіти та статистичні бази міжнародних організацій – Світового банку, UNCTAD, COT, WEF, OECD та інші електронні джерела.

Методи дослідження: методи системного аналізу, порівняльного аналізу, наукового узагальнення, індексного методу, CAGR, структурно-функціонального аналізу, індексу Герфіндаля-Гіршмана, кореляційно-регресійного аналізу, методу найменших квадратів, коефіцієнтного аналізу, SWOT-аналізу, графічно-аналітичного та табличного методів.

Результати дипломної роботи: у ході дослідження запропоновано авторську інтерпретацію поняття «транспортна послуга на глобальному ринку», що поєднує утилітарний, інституційний та інформаційно-цифровий виміри. Побудовано статистично значущу кореляційно-регресійну модель залежності LPI від IDI на репрезентативній вибірці 30 країн. На підставі рівняння встановлено, що Україна з поточним IDI 75,0 має прогнозний LPI 3,16 бали при фактичному 2,67 бали. Визначено цільовий IDI на рівні 90,0 як необхідну умову досягнення середньоєвропейського рівня LPI. Розроблено авторський Інтегральний індекс

цифрової зрілості транспортно-логістичної системи та матрицю конкурентних позицій для п'яти регіонів світу та України. На основі отриманих даних побудовано трендову прогнозну модель динаміки світового товарного експорту як індикатора попиту на транспортні послуги, згідно з якою до 2028 р. обсяг ринку сягне 31,0 трлн дол. США. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» сформовано рекомендації щодо переходу на SaaS-підписну модель із прогнозованим доходом 9,5 млн грн у 2028 р., що на 16,5 % перевищує показник 2025 р.

Апробація та висвітлення результатів:

Опубліковані тези доповідей: Щербакова Є. Ю., Войтко С. В. Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут у системі міжнародних перевезень: перспективи для України. IV Міжнародна науково-практична конференція «Цифрова економіка» (м. Київ, 11 червня 2026 р.). (подано до друку)

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В ІНДУСТРІЇ 4.0

1.1 Теоретичні засади функціонування системи глобального ринку транспортних послуг

Теоретичне осмислення закономірностей функціонування глобального ринку транспортних послуг є необхідною основою для розуміння процесів цифрової трансформації галузі в умовах Індустрії 4.0. Глобальний ринок транспортних послуг є складним міждисциплінарним об'єктом дослідження, що знаходиться на перетині міжнародної економіки, транспортної географії, логістики та інституційної теорії. У найбільш загальному розумінні він являє собою сукупність економічних відносин між постачальниками транспортних послуг, логістичними посередниками, вантажовласниками та регуляторними органами, що виникають у процесі міжнародного переміщення товарів і пасажирів. Центральне місце у функціонуванні цього ринку посідають мультимодальні мережі та міжнародні транспортні коридори, які забезпечують просторову інтеграцію виробничих систем різних країн та континентів [1].

Значущість глобального ринку транспортних послуг для світової економіки обумовлена трьома взаємопов'язаними функціями: 1) транспорт забезпечує реалізацію міжнародного поділу праці, дозволяючи країнам спеціалізуватися на виробництві товарів із порівняльними перевагами; 2) транспортна інфраструктура утворює матеріальну основу функціонування глобальних ланцюгів постачань, з'єднуючи виробників і кінцевих споживачів на різних континентах; 3) стан ринку транспортних послуг безпосередньо позначається на конкурентоспроможності національних економік, оскільки транспортні витрати формують частину собівартості продукції та визначають доступність ринків збуту [2].

Важливу роль відіграє геополітичний вимір функціонування глобального ринку транспортних послуг. Як засвідчує практика останніх десятиліть, порушення функціонування ключових транспортних вузлів – морських протоків, каналів,

прикордонних переходів – здатне суттєво дестабілізувати глобальні ланцюги постачань та спричинити значні економічні втрати. Отже, транспорт є економічним і стратегічно значущим ресурсом, управління яким набуває дедалі більшого значення в умовах зростаючої геополітичної невизначеності. З огляду на викладене, теоретичне осмислення закономірностей функціонування ринку транспортних послуг набуває особливої актуальності [3].

Для системного розуміння глобального ринку транспортних послуг принципово важливим є з'ясування його структури. У науковій літературі прийнято виокремлювати кілька сегментів ринку залежно від виду транспорту, кожен з яких характеризується власними техніко-економічними особливостями, сферою застосування і конкурентними перевагами [4]. Порівняльну характеристику основних сегментів ринку за цими ознаками наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікаційна характеристика сегментів глобального ринку транспортних послуг за видами транспорту

Вид транспорту	Основна сфера застосування	Ключові переваги	Основні обмеження
1	2	3	4
Морський	Міжконтинентальні масові вантажоперевезення	Висока пропускна здатність; мінімальна питома вартість перевезення одиниці вантажу	Значна тривалість доставки; критична залежність від розвиненості портової інфраструктури
Залізничний	Континентальні транспортні коридори; перевезення сипких вантажів і контейнерів	Висока регулярність і вантажопідйомність; відносно низький рівень операційних витрат	Обмежена гнучкість маршрутної мережі; необхідність розвиненої залізничної інфраструктури
Автомобільний	Регіональна логістика; перевезення малих партій; доставка «останньої милі»	Висока гнучкість маршрутів; можливість доставки безпосередньо від відправника до одержувача	Відносно висока собівартість перевезення; залежність від стану дорожньої інфраструктури

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Трубопровідний	Транспортування рідких і газоподібних вантажів на великі відстані	Безперервність і стабільність потоків; низькі операційні витрати в розрахунку на одиницю продукту	Вузька галузева спеціалізація; значні капітальні витрати на будівництво та обслуговування
Авіаційний	Термінові вантажі та товари з високою доданою вартістю	Максимальна швидкість доставки; мінімальні ризики механічного пошкодження вантажу	Висока вартість перевезення; суттєво обмежена вантажопідйомність

Джерело: складено автором за даними [4; 5]

Дані табл. 1.1 засвідчують, що кожен вид транспорту займає чітко визначену нішу у системі глобальних перевезень, зумовлену його об'єктивними техніко-економічними характеристиками. Домінування морського транспорту у міжконтинентальних вантажоперевезеннях пояснюється найнижчою питомою вартістю перевезення та найвищою пропускну здатністю серед усіх видів транспорту. Авіаційний транспорт, попри найвищу вартість перевезення, залишається єдиним практично прийнятним рішенням для термінових відправлень і товарів з високою доданою вартістю. Характерною тенденцією сучасного етапу розвитку ринку є посилення інтермодальності – інтеграції кількох видів транспорту в єдиному логістичному ланцюгу, що дозволяє отримати синергетичний ефект від поєднання конкурентних переваг кожного з них [4].

Ключовим елементом дослідження є поняття категорії «транспортна послуга», навколо трактування якої в науковій літературі не склалось єдиної точки зору. Розбіжності у підходах до визначення цього поняття зумовлені міждисциплінарним характером транспортної послуги як економічної категорії: вона одночасно є предметом дослідження класичної логістики, теорії управління ланцюгами постачань, інституційної економіки та транспортної географії, кожна з яких акцентує на різних аспектах цього явища. У табл. 1.2 систематизовано підходи провідних вітчизняних та зарубіжних науковців до визначення цього поняття.

Таблиця 1.2 – Тракткування поняття «транспортна послуга» вітчизняними та зарубіжними науковцями

Автори	Визначення поняття «транспортна послуга»	Ключовий акцент підходу
Coyle J. J., Bardi E.J., Novack R. A. [6]	Транспортна послуга – це економічна діяльність зі створення просторово-часової корисності вантажів шляхом їх фізичного переміщення між двома географічними точками, що є невід'ємною умовою функціонування торгівлі та виробництва	Корисність місця і часу як основний результат транспортування
Ballou R.H. [7]	Транспортна послуга є стрижневим елементом логістичної системи, що забезпечує просторову інтеграцію вузлів ланцюга постачань та визначає конкурентоспроможність підприємства на ринку	Транспорт як інтегруючий елемент ланцюга постачань
Chopra S., Meindl P. [8]	Транспортна послуга – переміщення продукту з одного місця в інше в мережі ланцюга постачань; її ефективність визначає загальні витрати, швидкість реагування та рівень обслуговування кінцевого споживача	Вплив транспорту на рівень сервісу та споживчу цінність
Котлубай О.М. [9]	Транспортна послуга – це цілеспрямована виробнича діяльність транспортних підприємств, результатом якої є корисний ефект переміщення, що задовольняє потреби замовника у просторово-часовій доступності товарів	Транспорт як специфічне виробництво, де процес і результат невіддільні
Смирнов І.Г. [10]	Комплекс дій суб'єктів транспортної діяльності щодо задоволення потреб замовників у переміщенні матеріальних і нематеріальних об'єктів, що реалізується через систему відносин між перевізником, замовником та інфраструктурою	Акцент на системі відносин між учасниками перевезення
Гриценко С.І. [11]	Транспортна послуга в умовах глобалізації є складним нематеріальним продуктом, що інтегрує фізичне переміщення вантажу з інформаційним і документарним супроводом та забезпечує включення суб'єкта до глобальних ланцюгів доданої вартості	Транспорт як інструмент інтеграції у глобальні ланцюги доданої вартості

Джерело: складено автором за даними [6; 7; 8; 9; 10; 11]

Аналіз підходів, наведених у табл. 1.2, дозволяє виокремити кілька характерних ліній їхньої інтерпретації. Coyle J.J., Bardi E.J., Novack R.A. [6] та Ballou R.H. [7] розглядають транспортну послугу передусім як інструмент створення корисності місця і часу, наголошуючи на тому, що саме цей результат є необхідною умовою функціонування сучасних ланцюгів постачань. Дещо ширший

погляд пропонують Chopra S. та Meindl P. [8], які виходять за межі суто фізичного переміщення та наголошують на впливі транспорту на рівень споживчого сервісу та загальну конкурентоспроможність підприємства. Котлубай О.М. [9] і Смирнов І.Г. [10] представляють вітчизняну наукову школу, й зосереджуються відповідно на виробничо-діяльнісній природі послуги та на системі відносин між її учасниками. Найширшу інтерпретацію пропонує Гриценко С.І. [11], який розглядає транспортну послугу в контексті глобалізації як інструмент інтеграції суб'єктів у глобальні ланцюги доданої вартості, що є особливо релевантним для цілей нашого дослідження.

На підставі критичного узагальнення наведених визначень пропонується авторська інтерпретація: транспортна послуга на глобальному ринку – це економічне благо нематеріальної природи, що виражається у цілеспрямованому переміщенні вантажів або пасажирів між географічно відокремленими точками з використанням відповідного виду транспорту, супроводжується інформаційним, документарним та цифровим забезпеченням і реалізується у межах чинного міжнародного регуляторного середовища в умовах глобальної конкуренції.

Таке розуміння транспортної послуги відображає еволюцію галузі від суто фізичного переміщення вантажів до комплексного цифрово-інтегрованого процесу створення вартості в умовах Індустрії 4.0. Запропоноване визначення, на відміну від наявних у літературі, поєднує утилітарний, інституційний та інформаційно-цифровий виміри транспортної послуги.

Теоретичне осмислення закономірностей функціонування глобального ринку транспортних послуг здійснюється на основі кількох конкуруючих підходів, кожен з яких розкриває певний аспект досліджуваного явища. Оскільки глобальний ринок транспортних послуг є багатовимірним об'єктом, жоден із підходів не охоплює досліджуване явище в повному обсязі, що зумовлює доцільність їхньої систематизації у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Теоретичні підходи до дослідження глобального ринку транспортних послуг та їхній евристичний потенціал

Теоретичний підхід	Основні положення	Ключові представники	Застосування для дослідження
1	2	3	4
Системний підхід	Ринок транспортних послуг розглядається як відкрита динамічна система, що складається з підсистем попиту, пропозиції, ціноутворення та регулювання, між якими існують прямі та зворотні зв'язки	Bertalanffy L. [12]; Forrester J. W. [13]; Крикавський Є. В. [14]	Формує загальну методологічну рамку дослідження; забезпечує врахування системних взаємозалежностей між учасниками ринку та чинниками зовнішнього середовища
Інституційний підхід	Функціонування ринку детерміноване системою формальних інституцій (міжнародні угоди, конвенції, регламенти) та неформальних норм (ділові практики, галузеві стандарти), сукупна дія яких знижує транзакційні витрати учасників	North D. C. [15]; Coase R. H. [16]	Слугує теоретичною основою для аналізу регуляторного середовища глобального ринку, бар'єрів входу та механізмів формування конкурентних умов
Структурно-функціональний підхід	Передбачає виокремлення функцій ринку (алокативної, стимулюючої, регулюючої) та його структурних елементів – сегментів за видами транспорту, типами вантажів і географічними зонами	Porter M. E. [3]; Ballou R. H. [7]	Забезпечує класифікаційний апарат для сегментації ринку та аналізу галузевої структури і конкурентних сил
Еволюційно-технологічний підхід	Розвиток ринку інтерпретується як послідовна зміна технологічних укладів, кожен з яких трансформує бізнес-моделі операторів, структуру витрат і характер ринкових відносин	Schumpeter J. A. [17]; Schwab K. [18]; Скіцько В. І. [19]	Є визначальним підходом для пояснення цифрової трансформації транспортного ринку в контексті Індустрії 4.0 та зміни чотирьох технологічних укладів

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
Мережевий підхід	Транспортний ринок розглядається як мережа вузлів (хабів, портів, терміналів) і зв'язків (маршрутів, коридорів), топологічні характеристики якої визначають ефективність і стійкість системи загалом	Barabási A.-L. [20]; Ducruet C.; Rodrigue J.-P. [5]	Забезпечує інструментарій для просторового аналізу організації глобальних маршрутів, оцінки транспортної зв'язності та ідентифікації вразливих ланок логістичних систем

Джерело: складено автором за даними [3; 5; 7; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20]

Аналіз теоретичних підходів, систематизованих у табл. 1.3, свідчить про те, що кожен із них висвітлює лише певний аспект функціонування глобального ринку транспортних послуг і не претендує на вичерпне пояснення досліджуваного явища в цілому. Системний та інституційний підходи утворюють загальну методологічну основу і регуляторний контекст дослідження; структурно-функціональний забезпечує необхідний класифікаційний апарат; еволюційно-технологічний є визначальним для розуміння трансформацій ринку в умовах Індустрії 4.0; мережевий – для просторового аналізу логістичних систем. Багатовимірність досліджуваного об'єкта обумовлює методологічну доцільність інтегрованого застосування зазначених підходів у їх сукупності.

Реалізація кожного з розглянутих підходів передбачає чітке розуміння суб'єктної структури досліджуваного ринку, оскільки саме склад та взаємодія його учасників визначають характер ринкових відносин і механізми їх регулювання. Учасників глобального ринку транспортних послуг можна розподілити на чотири основні групи: 1) транспортні оператори – морські перевізники, авіакомпанії-карго, залізничні та автомобільні підприємства, що безпосередньо надають послуги переміщення; 2) логістичні посередники, зокрема транспортні експедитори (англ. Freight Forwarders), 3PL / 4PL-провайдери, митні брокери, які інтегрують окремі ланки транспортного ланцюга; 3) вантажовласники – промислові корпорації, торгові компанії та ритейлери, що виступають замовниками послуг; 4) регуляторні

органи, регіональні об'єднання, що встановлюють правила функціонування ринку, стандарти безпеки та екологічні вимоги. Характерною рисою сучасного ринку є формування цифрових платформ як нового типу посередників, що скорочують транзакційні витрати вантажовласників і трансформують традиційну роль транспортних експедиторів [3].

Суб'єктна структура ринку та характер взаємодії між його учасниками формувались під впливом послідовної зміни технологічних укладів. Цей підхід, що обґрунтований у концепції Індустрії 4.0, дозволяє простежити, яким чином послідовні хвилі технологічних інновацій трансформували техніко-технологічну базу транспортного сектору й саму логіку організації ринкових відносин [19]. Відповідну систематизацію наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Еволюція глобального ринку транспортних послуг у розрізі технологічних укладів Індустрії 1.0–4.0

Технологічний уклад	Ключова характеристика	Транспортні інновації	Характер трансформації ринкових відносин
Індустрія 1.0 (1760–1840)	Механізація виробничих процесів	Парові судна; перші залізничні магістралі	Подолання меж локальних ринків; становлення регулярного міжнародного сполучення
Індустрія 2.0 (1870–1914)	Електрифікація; масове виробництво	Дизельні локомотиви; нафтові танкери; механізовані портові крани	Стандартизація транспортних процесів; географічне розширення міжнародної торгівлі
Індустрія 3.0 (1970–2000)	Автоматизація; контейнеризація	Контейнерний транспорт; інтермодальність; EDI-системи	Глобалізація логістики; формування міжнародних ланцюгів постачань
Індустрія 4.0 (2010 – дотепер)	Цифровізація; автономність систем	Інтернет речей; III-платформи; блокчейн; автономні судна та безпілотні літальні апарати	Кіберфізична інтеграція виробничих і транспортних систем; перехід до предиктивної та платформенної логістики

Джерело: складено автором за даними [3; 19]

За табл. 1.4 можна вказує на те, що кожен новий технологічний уклад кардинально змінював характер ринкових відносин у транспортній сфері. Зміни охоплювали технологічний, інституційний та управлінський виміри одночасно: трансформувались бізнес-моделі операторів, структура витрат і механізми ціноутворення. В умовах поточного технологічного укладу концепція цифрової логістики передбачає перехід від реактивного до предиктивного управління транспортними потоками на основі аналізу великих масивів даних, IoT та блокчейну [19; 21].

Узагальнюючи викладене, можна дійти висновку, що теоретичні засади функціонування глобального ринку транспортних послуг охоплюють понятійно-категоріальний апарат, структурно-суб'єктну архітектуру ринку та еволюційно-технологічну динаміку від Індустрії 1.0 до Індустрії 4.0. Сформована теоретична база визначає методологічну рамку для подальшого дослідження логістичних послуг та аналітичного інструментарію, що розглядаються в підрозд. 1.2 та 1.3.

1.2 Сутність і особливості реалізації логістичних послуг на глобальному ринку.

Аналіз, проведений у підрозд. 1.1, дав змогу встановити, що транспортування є центральним, проте лише одним із елементів глобальної логістичної системи створення цінності. Ширшою категорією, що охоплює транспортну складову та виходить за її межі, є поняття «логістична послуга». Логістика як самостійна наукова дисципліна і практична сфера формувалась у другій половині XX ст., поступово розширюючи сферу дослідження від вузького розуміння «фізичного розподілу» до комплексного управління ланцюгами постачань. Відмінність логістичної послуги від транспортної полягає в тому, що вона інтегрує фізичне переміщення вантажу з управлінням запасами, складуванням, митним оформленням, документообігом та інформаційним супроводом, перетворюючи розрізнені операції на єдиний керований процес створення вартості [7; 22].

У науковій літературі усталеного єдиного визначення логістичної послуги не існує. Christopher M. [22] розглядає її як інтегровану систему управління

матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що забезпечує доставку потрібного продукту у потрібне місце в потрібний час з мінімальними витратами. Bowersox D.J. [23] акцентує на доданій вартості, яку логістична послуга створює для кінцевого споживача через інтеграцію фізичних і цифрових процесів. Узагальнюючи наведені підходи, під логістичною послугою розуміється комплекс взаємопов'язаних операцій з управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками в ланцюгу постачань, що забезпечує переміщення та збереження вантажів від постачальника до споживача в умовах міжнародного регуляторного середовища.

Структура логістичної послуги визначається взаємодією трьох потоків. Christopher M. [22], Bowersox D. J., Closs D. J. і Cooper M. B. [23] виокремлюють матеріальний потік, що охоплює транспортування, складування, вантажопереробку та пакування; інформаційний потік, пов'язаний із документообігом, митним оформленням і відстеженням вантажів; фінансовий потік, який включає розрахунки, страхування та митні платежі. Узгоджене функціонування цих потоків забезпечує ефективну реалізацію логістичних послуг і створення цінності для учасників ланцюга постачань. Їхній взаємозв'язок та місце в структурі логістичного процесу наведено на рис. 1.1.

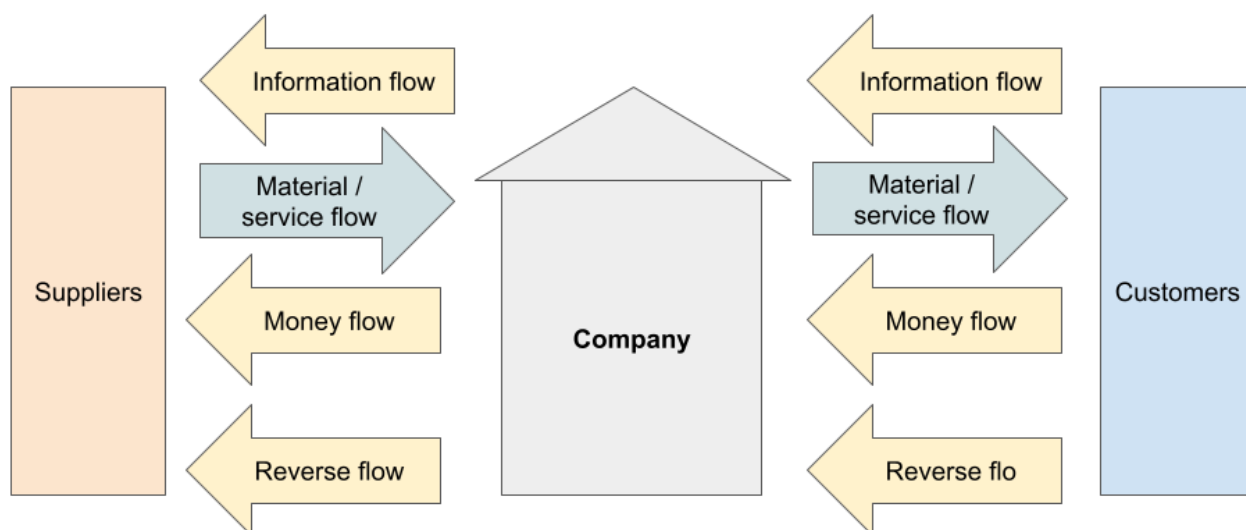


Рисунок 1.1 – Матеріальний, інформаційний та фінансовий потоки у ланцюгу постачань

Джерело: [24]

Рис. 1.1 ілюструє асиметрію напрямів потоків у ланцюгу постачань. Матеріальний потік рухається від постачальників до споживачів, а фінансовий потік спрямований переважно у зворотному напрямку – від споживачів до постачальників. Інформаційний потік має двосторонній характер: від споживачів до постачальників передаються замовлення, специфікації та платіжні документи, а у відповідь надходять підтвердження відвантаження, дані щодо переміщення вантажів і повідомлення про постачання. Використання цифрових технологій в умовах Індустрії 4.0 сприяє узгодженню цих потоків та підвищує ефективність управління логістичними процесами [19].

Потокова природа логістичної послуги зумовлює її принципову відмінність від матеріальних товарів, що виявляється у низці специфічних характеристик [22; 23]. Нематеріальність означає відсутність у послуги фізичної форми – замовник логістики купує не товар, а гарантію переміщення та збереження вантажу, що ускладнює стандартизацію та оцінку якості до моменту виконання. Невіддільність виробництва від споживання означає, що логістична послуга створюється і споживається в єдиному процесі: транспортування вантажу відбувається одночасно з його «споживанням» замовником у вигляді переміщення власності, – що унеможливорює попереднє виготовлення послуги «про запас». Мінливість якості особливо гостро проявляється в міжнародній логістиці, де рівень обслуговування залежить від кваліфікації персоналу, стану інфраструктури та регуляторного середовища різних країн. Незбереженість означає, що нереалізована транспортна чи складська потужність безповоротно втрачається – порожній контейнер або незайнятий складський модуль не можна «відкласти» для майбутнього використання, що визначає специфіку ціноутворення та управління завантаженістю в галузі.

Зазначені характеристики логістичної послуги безпосередньо впливають на організаційні моделі її надання, що знаходить відображення у класифікації провайдерів за рівнем інтеграції та технологічної зрілості. У міжнародній практиці та науковій літературі усталеною є ієрархія від 1PL до 5PL, що відображає ступінь аутсорсингу логістичних функцій, глибину інтеграції та технологічну зрілість

оператора [8; 23], що є особливо актуальним у контексті Індустрії 4.0, оскільки поява рівня 5PL, вперше описаного в контексті цифрової координації глобальних ланцюгів постачань [19], фактично ознаменувала виникнення принципово нової платформенно-цифрової моделі реалізації логістичних послуг на глобальному ринку. Детальну характеристику кожного рівня наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Класифікація провайдерів логістичних послуг на глобальному ринку

Рівень	Назва	Сутність та функції	Характерні ознаки
1PL	First Party Logistics	Компанія самостійно здійснює весь комплекс логістичних операцій власними силами та ресурсами, не залучаючи зовнішніх операторів	Повний контроль над логістичними процесами; висока ресурсоемність; відсутність вузької функціональної спеціалізації
2PL	Second Party Logistics	Передача окремих транспортних функцій традиційним перевізникам на умовах аутсорсингу без інтеграції в загальний логістичний ланцюг	Стандартизований перелік послуг; відсутність управлінської та інформаційної інтеграції між оператором і замовником
3PL	Third Party Logistics	Комплексний аутсорсинг логістичних функцій спеціалізованому провайдеру, що охоплює транспортування, складування, митне оформлення та управління запасами	Інтеграція кількох логістичних функцій в єдиному контракті; гнучкість операційного реагування; можливість масштабування
4PL	Fourth Party Logistics	Стратегічний інтегратор ланцюга постачань, що координує мережу 3PL-провайдерів, оптимізує сукупні витрати та несе відповідальність за кінцевий результат	Незалежність від матеріальних активів; стратегічний рівень управління; орієнтація на оптимізацію ланцюга постачань у цілому
5PL	Fifth Party Logistics	Цифровий координатор логістичної екосистеми, що застосовує технології AI, IoT та блокчейн для предиктивного управління глобальними ланцюгами постачань	Повна цифровізація операцій; AI-оптимізація процесів; платформна бізнес-модель; кіберфізична інтеграція матеріальних та інформаційних потоків

Джерело: складено автором за даними [8; 19; 22; 23]

За результатами аналізу табл. 1.5 встановлено, що кожен наступний рівень надання логістичних послуг характеризується глибшою інтеграцією функцій, вищою часткою доданої вартості та зростаючою роллю цифрових технологій. Перехід від 1PL до 3PL відображає загальну тенденцію до аутсорсингу логістичних функцій та вертикальної дезінтеграції виробничих підприємств, тоді як поява 4PL і 5PL свідчить про якісно нову стадію – платформенну координацію глобальних ланцюгів постачань на основі цифрових технологій [19; 22; 23]. Реалізація логістичних послуг у міжнародному вимірі додатково ускладнюється необхідністю взаємодії з різними правовими й митними системами, значними відстанями та мультимодальністю перевезень, а також мінливістю регуляторного середовища, що вимагає від провайдерів як технологічної, так і інституційної компетентності [25].

Узагальнення результатів дослідження сутності та особливостей реалізації логістичних послуг на глобальному ринку дало змогу виявити, що логістична послуга є багатовимірним економічним явищем, якому властиві специфічні ознаки нематеріальності, невіддільності, мінливості якості та незбереженості, що визначають логіку управління якістю і ціноутворення в галузі. Взаємодія матеріального, інформаційного та фінансового потоків утворює потокову структуру логістичного процесу і є основою операційної моделі будь-якого логістичного провайдера. Класифікація за моделлю 1PL–5PL наочно демонструє, що конкурентоспроможність на глобальному ринку логістичних послуг дедалі більше визначається не наявністю матеріальних активів, а здатністю інтегрувати цифрові технології у фізичні процеси переміщення вантажів. Саме ці закономірності формують методологічну базу дослідження міжнародної логістики в умовах Індустрії 4.0.

1.3 Методичні засади дослідження міжнародної логістики в умовах Індустрії 4.0

Теоретичні засади, закладені в підрозд. 1.1 та 1.2, утворюють понятійно-категоріальну та структурно-функціональну основу дослідження. Проте для переходу від теоретичного осмислення до практичного аналізу функціонування

глобального ринку транспортно-логістичних послуг необхідно сформувати відповідний методичний апарат. Методичні засади дослідження охоплюють сукупність наукових методів, аналітичних інструментів та систем показників, застосування яких забезпечує отримання достовірних, верифікованих результатів щодо стану, динаміки та закономірностей розвитку досліджуваного об'єкта [26, 27]. Поширення цифрових технологій в умовах Індустрії 4.0 змінює підходи до дослідження міжнародної логістики. Великі масиви даних і нові індикатори оцінювання логістичних систем розширюють можливості їх аналізу [19].

Дослідження глобального ринку транспортно-логістичних послуг є комплексним завданням, що не може бути вирішене за допомогою єдиного методу. У міжнародній економіці та логістиці прийнято поєднувати кілька взаємодоповнюючих методів, кожен з яких забезпечує аналіз певного виміру досліджуваного явища [14; 26]. У табл. 1.6 систематизовано основні методи дослідження, що застосовуються у цій роботі, з обґрунтуванням їхнього евристичного потенціалу.

Таблиця 1.6 – Методи дослідження глобального ринку транспортно-логістичних послуг та їх застосування

Метод дослідження	Сутність методу	Ключові переваги	Застосування у дослідженні глобального ринку транспортно-логістичних послуг
1	2	3	4
Системний аналіз	Розгляд об'єкта дослідження як цілісної відкритої системи взаємопов'язаних елементів з урахуванням прямих і зворотних зв'язків між ними	Забезпечення комплексності аналізу; врахування системних та синергетичних ефектів	Аналіз глобального ринку транспортних послуг як відкритої динамічної системи з підсистемами попиту, пропозиції та регулювання
Порівняльний аналіз	Зіставлення досліджуваних об'єктів за визначеними критеріями з метою ідентифікації спільних рис, відмінностей та відносних переваг	Можливість виявлення міжоб'єктних розбіжностей та конкурентних позицій	Порівняння рівнів розвитку транспортно-логістичних систем різних країн і регіонів; обґрунтування вибору методів

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4
Індексний метод	Агрегування різнорідних показників у єдиний зведений індекс для отримання інтегральної кількісної оцінки досліджуваного явища	Забезпечення порівняльності різнорідних об'єктів у часовому та просторовому вимірах	Розрахунок індексу вартості транспортних потоків та інтерпретація індексу ефективності логістики LPI
Кореляційно-регресійний аналіз	Встановлення та кількісна оцінка статистичного зв'язку між залежною змінною та факторами впливу із визначенням сили і напрямку цього зв'язку	Кількісна верифікація причинно-наслідкових залежностей; можливість прогнозування	Побудова моделі залежності LPI від IDI на вибірці 30 країн; прогнозне визначення цільового орієнтуру цифровізації для України
Структурно-функціональний аналіз	Виокремлення структурних елементів системи та функцій, які вони виконують, з метою розкриття механізму її функціонування	Забезпечення чіткого класифікаційного апарату; виявлення функціональних диспропорцій	Аналіз модальної структури ринку, суб'єктного складу та функціонального розподілу між учасниками
Графічно-аналітичний метод	Візуалізація статистичних закономірностей, динамічних тенденцій і кількісних залежностей засобами діаграм, графіків та схем	Підвищення наочності результатів; полегшення сприйняття складних багатовимірних залежностей	Графічне відображення динаміки показників розвитку глобального ринку транспортно-логістичних послуг

Джерело: складено автором за даними [14; 26; 27]

Табл. 1.6 систематизує шість методів, що формують методичну основу дослідження. Системний аналіз виконує роль загальної методологічної рамки, в межах якої реалізуються усі інші методи. Порівняльний аналіз та індексний метод забезпечують міжкраїновий і міжринковий виміри дослідження. Кореляційно-регресійний аналіз дає змогу кількісно оцінити залежність між рівнем цифровізації та ефективністю логістичних систем. Графічно-аналітичний метод забезпечує наочне представлення отриманих результатів [27].

Включення методу до аналітичного інструментарію дослідження передбачає обґрунтування його вибору відносно альтернативних підходів. Два застосовані в дослідженні методи потребують окремого методологічного обґрунтування,

оскільки у науковій літературі для кожного з них існують альтернативні підходи: метод оцінки структурної концентрації ринку та метод моделювання динаміки попиту.

Для оцінки структурної концентрації ринку транспортних послуг у науковій практиці використовують три підходи: індекс Герфіндаля-Гіршмана, коефіцієнт концентрації CR4 та індекс Лернера. Порівняльний аналіз зазначених підходів за ключовими критеріями наведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Порівняльний аналіз методів оцінки структурної концентрації ринку транспортних послуг

Критерій порівняння	ННІ	CR4	Індекс Лернера
Охоплення структури ринку	Враховує ринкові частки всіх сегментів без обмежень	Охоплює лише чотири найбільші сегменти; решта структури ігнорується	Потребує даних про граничні витрати кожного оператора, що суттєво обмежує застосування
Доступність вихідних даних	Частки за видами транспорту є загальнодоступними у міжнародній статистиці	Частки топ-4 сегментів доступні у відкритих джерелах	Дані про граничні витрати транспортних операторів є закритою комерційною інформацією
Чутливість до структурних зрушень	Висока: квадратична функція забезпечує підвищену реакцію на зміни у домінуючих сегментах	Низька: не реагує на зміни поза межами чотирьох найбільших сегментів	Середня: залежить від точності оцінки граничних витрат
Можливість міждинамічного порівняння	Висока: показник Δ ННІ є безпосередньою кількісною мірою структурної трансформації між двома точками спостереження	Обмежена: відсутній стандартизований підхід до міжперіодного порівняння	Практично відсутня через недоступність вихідних даних у динаміці
Стандартизованість інтерпретації	Чітка загальноприйнята шкала інтерпретації на основі методології Міністерства юстиції США	Відсутній загальновизнаний граничний поріг для однозначної інтерпретації	Потребує галузевого еталону; універсальна шкала відсутня
Застосованість у транспортній аналітиці	Широко використовується в аналітичних документах UNCTAD та Європейської Комісії	Застосовується переважно для спрощеної попередньої оцінки	Практично не застосовується через відсутність публічних даних про витрати операторів

Джерело: складено автором за даними [4, 14, 26; 39]

Аналіз табл. 1.7 свідчить на користь вибору індексу ННІ. На відміну від CR4, він враховує всю модальну структуру ринку, що є важливим за наявності п'яти окремих сегментів. Використання квадратів ринкових часток забезпечує вищу чутливість до змін у найбільших сегментах, тоді як показник CR4 враховує лише їхню сумарну частку. Показник Δ ННІ дає змогу оцінити зміни рівня концентрації ринку в динаміці. Індекс Лернера не використовується через відсутність даних про граничні витрати міжнародних транспортних операторів.

Щодо вибору специфікації трендової моделі для прогнозування попиту на транспортні послуги в науковій практиці розглядаються три альтернативи: лінійний, поліноміальний та експоненційний тренди. Їх порівняльні характеристики систематизовано в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Порівняльний аналіз специфікацій трендових моделей для прогнозування попиту на транспортні послуги

Критерій порівняння	Лінійний тренд	Поліноміальний тренд (2-й ступінь)	Експоненційний тренд
Формула	$\hat{Y} = b_0 + b_1 t$	$\hat{Y} = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$	$\hat{Y} = b_0 \cdot e^{b_1 t}$
Кількість параметрів	2	3	2
Ризик надмірного підгонки при $n = 6$	Низький	Підвищений: три параметри при шести спостереженнях створюють ризик перенавчання моделі	Низький
Стабільність прогнозу за горизонт 3 роки	Задовільна	Знижена: поліноміальні моделі втрачають стабільність поза межами горизонту спостереження	Задовільна
Відповідність характеру динаміки 2023–2025	Відповідає: темп приросту стабілізувався на рівні 2,5–3,2 % на рік	Передбачає прискорення динаміки, що не підтверджується фактичними даними 2023–2025	Передбачає постійно зростаючий темп, що суперечить тенденції стабілізації
Інтерпретованість параметрів	Висока: b_1 відображає абсолютний щорічний приріст у трлн дол. США	Середня: параметри не мають однозначної економічної інтерпретації	Середня: b_1 відображає постійний відносний темп приросту

Джерело: складено автором на основі [14; 26; 27]

Поліноміальна специфікація відхиляється з двох аргументів. При обсязі горизонту спостереження $n = 6$ три вільних параметри полінома 2-го ступеня зумовлюють ризик надмірної підгонки, що знижує прогностичну цінність моделі поза межами спостережуваного горизонту. Фактична динаміка обсягів експорту у 2023–2025 рр. з темпом приросту 2,5–3,2 % на рік свідчить про стабілізацію, а не прискорення зростання, що якісно відповідає лінійній специфікації. Експоненційний тренд також відхиляється, оскільки передбачає постійно зростаючий відносний темп приросту, що суперечить зазначеній тенденції стабілізації. Отже, лінійний тренд обирається як оптимальний за стабільністю позавибіркового прогнозу, відповідністю характеру фактичної динаміки та інтерпретованістю параметрів.

Для практичного застосування зазначених методів у дослідженні використовується така система розрахункових формул.

Темп приросту показника у звітному році відносно попереднього, який надалі буде застосовуватися у межах індексного та порівняльного аналізу:

$$T = \frac{V_t - V_{t-1}}{V_{t-1}} \times 100 \%, \quad (1.1)$$

де V_t – значення показника у звітному році;

V_{t-1} – у попередньому.

Для оцінки довгострокової динаміки ряду застосовується середньорічний темп зростання:

$$CAGR = \left(\frac{V_n}{V_0} \right)^{1/n} - 1, \quad (1.2)$$

де V_n – значення показника в кінцевому році;

V_0 – у базовому;

n – кількість років у горизонті аналізу.

Перевага CAGR полягає у тому, що він згладжує річні коливання та дає єдину зіставну характеристику швидкості зростання для різних часових горизонтів.

Індексний метод уможливилює факторну декомпозицію вартісного зростання транспортних потоків.

Індекс вартості, що відображає сукупну зміну обсягу в грошовому вираженні:

$$I_{\text{варт}} = \frac{\sum Q_{i1} \times P_{i1}}{\sum Q_{i0} \times P_{i0}}, \quad (1.3)$$

Індекс фізичного обсягу, що відображає зміну кількісної складової:

$$I_{\text{фіз}} = \frac{\sum Q_{i1} \times P_{i0}}{\sum Q_{i0} \times P_{i0}}, \quad (1.4)$$

Індекс ціни, що відображає зміну цінової складової:

$$I_{\text{ціни}} = \frac{\sum Q_{i1} \times P_{i1}}{\sum Q_{i1} \times P_{i0}}, \quad (1.5)$$

де Q_{i1} , P_{i1} – кількість та ціна i -го виду послуги або товару у звітному періоді;
 Q_{i0} , P_{i0} – у базовому.

Формули (1.4) та (1.5) наводяться як складові повного індексного методу для забезпечення методологічної повноти апарату. Між собою вони пов'язані тотожністю $I_{\text{варт}} = I_{\text{фіз}} \times I_{\text{ціни}}$. У цьому дослідженні через відсутність дезаггредованих даних про фізичні обсяги та ціни окремих транспортних послуг практично застосовується тільки індекс вартості (1.3).

Для оцінювання структурної концентрації ринку транспортних послуг за видами транспорту застосовується індекс Герфіндаля-Гіршмана:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2, \quad (1.6)$$

де S_i – частка i -го сегмента виду транспорту у загальному обсязі ринку, %.

Інтерпретація значень:

$HHI < 1500$ – диверсифікований ринок;

$1500 \leq HHI \leq 2500$ – помірна концентрація;

$HNI > 2500$ – висококонцентрований [39].

У цьому дослідженні ННІ застосовується у нестандартному розрізі – для оцінки модальної концентрації глобального вантажообігу, де одиницями аналізу виступають види транспорту, а не окремі ринкові оператори. Підхід дозволяє кількісно оцінити ступінь залежності глобальної логістичної системи від домінуючого виду транспорту та відстежити зміни модальної структури в динаміці через показник ΔHNI .

Для кількісної ідентифікації факторів розвитку транспортно-логістичних систем і побудови прогностичних моделей застосовується кореляційно-регресійний аналіз. Багатофакторна модель лінійної регресії записується у вигляді:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p, \quad (1.7)$$

де $\hat{y}$ – прогнозоване значення залежної змінної (наприклад, індексу ефективності логістики;

$x_1, \dots, x_p$ – незалежні фактори впливу (рівень цифрової зрілості, частка цифрових платформ тощо);

b_0 – вільний член;

$b_1, \dots, b_p$ – коефіцієнти регресії, що відображають силу та напрям впливу кожного фактору на результат.

Якість моделі оцінюється через коефіцієнт детермінації R^2 , а значущість перевіряється F-критерієм Фішера. Для оцінки тісноти парного зв'язку між змінними застосовується шкала Чеддока: $r \in [0,1; 0,3)$ – слабкий зв'язок; $r \in [0,3; 0,5)$ – помірний; $r \in [0,5; 0,7)$ – істотний; $r \in [0,7; 0,9)$ – високий; $r \in [0,9; 0,99]$ – дуже високий.

Наведені формули (1.1)–(1.7) утворюють розрахунковий базис, на який безпосередньо спирається аналітична частина роботи.

Сукупність обраних методів, розрахункових формул та системи показників реалізується через формалізований алгоритм дослідження, що визначає послідовність аналітичних процедур та логічні зв'язки між ними. Алгоритм

дослідження глобального ринку транспортно-логістичних послуг в умовах Індустрії 4.0 наведено на рис. 1.2.

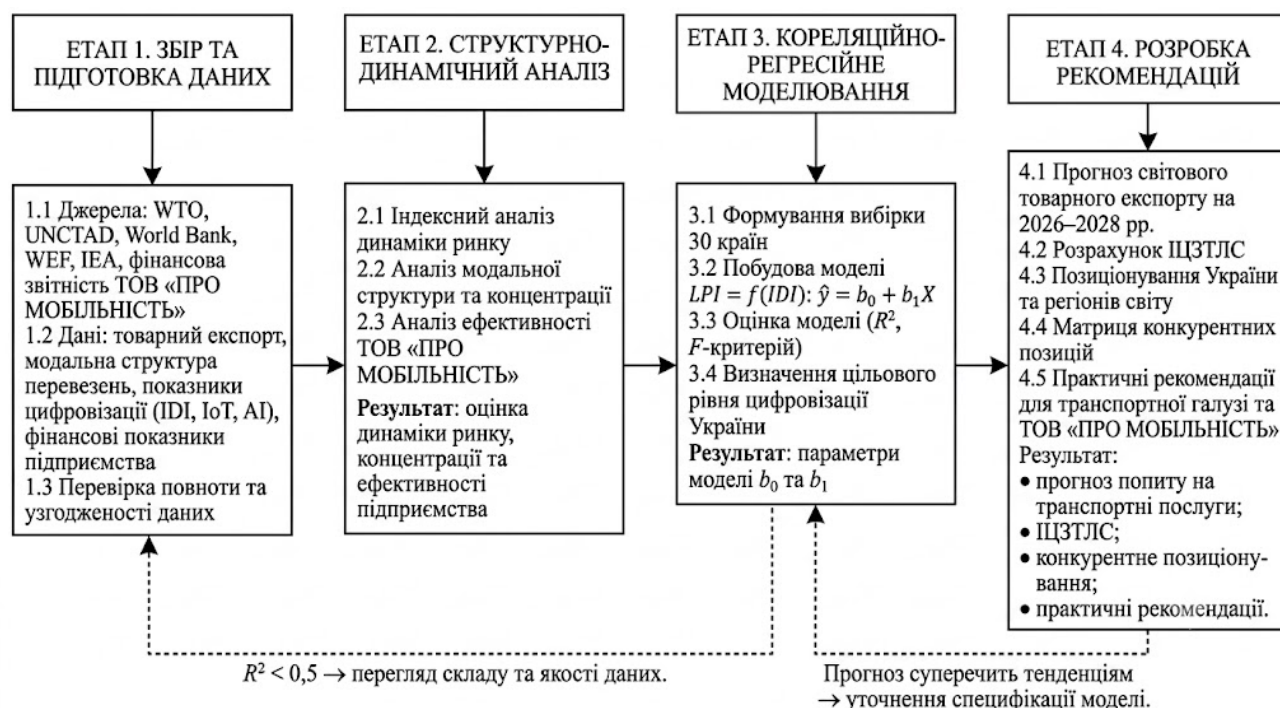


Рисунок 1.2 – Алгоритм дослідження глобального ринку транспортно-логістичних послуг в умовах Індустрії 4.0

Джерело: розроблено автором

Алгоритм охоплює чотири послідовні етапи, між якими встановлено прямі та зворотні інформаційні зв'язки.

Етап 1 «Збір та підготовка даних» передбачає формування інформаційної бази дослідження з офіційних міжнародних статистичних джерел: звітів СОТ, UNCTAD, Світового банку, WEF, IEA, даних фінансової звітності підприємства бази практики. Вихідними продуктами етапу є часові ряди обсягів товарного експорту, дані про модальну структуру вантажних перевезень, регіональні показники цифровізації транспортно-логістичного сектору та фінансові показники ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ».

Етап 2 «Структурно-динамічний аналіз» включає три паралельних аналітичних блоки: індексний аналіз динаміки ринку із застосуванням формул (1.1)–(1.3); структурний аналіз модальної концентрації із застосуванням формули

(1.6); коефіцієнтний аналіз ефективності підприємства із застосуванням формул (1.1) та (1.2). Результати цього етапу слугують вхідними даними для наступного.

Етап 3 «Кореляційно-регресійне моделювання» ґрунтується на побудові регресійної моделі залежності LPI від рівня цифрової зрілості за IDI на репрезентативній вибірці 30 країн за формулою (1.7), оцінці якості моделі через коефіцієнт детермінації R^2 та F-критерій Фішера, а також її прогнозного застосування для визначення цільового орієнтиру цифровізації транспортної галузі України. Отримані параметри моделі b_0 та b_1 безпосередньо використовуються на наступному етапі для розрахунку ІЦЗТЛС.

Етап 4 «Розробка рекомендацій» реалізується у трьох взаємопов'язаних напрямках: побудова трендової прогнозової моделі динаміки світового товарного експорту як індикатора попиту на транспортні послуги для 2026–2028 рр.; розрахунок авторського Інтегрального індексу цифрової зрілості транспортно-логістичної системи для регіонів світу та позиціонування України; формування матриці конкурентних позицій суб'єктів ринку та практичних рекомендацій для транспортної галузі і для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» зокрема.

Зворотні зв'язки передбачені у двох випадках: якщо за результатами Етапу 3 коефіцієнт детермінації регресійної моделі виявляється нижчим за прийнятний поріг 0,5, здійснюється повернення до Етапу 1 для перегляду складу та якості вхідних даних; якщо прогнозні значення Етапу 4 суперечать тенденціям, встановленим у Етапі 2, здійснюється уточнення специфікації моделі на Етапі 3.

Принциповою особливістю запропонованого алгоритму є його наскрізний характер: результати кожного етапу є вхідними даними для наступного, що забезпечує внутрішню методологічну узгодженість усіх аналітичних процедур. Зокрема, параметри регресійної моделі Етапу 3 безпосередньо закладаються в розрахунок ІЦЗТЛС на Етапі 4, а прогнозні значення попиту спираються на розраховані в Етапі 2 темпи зростання. Алгоритм є придатним для застосування на різних рівнях аналізу – як на рівні глобального ринку у регіональному розрізі, так і на рівні окремого підприємства у розрізі фінансово-господарського аналізу.

Кількісна оцінка розвитку глобального ринку транспортно-логістичних послуг ґрунтується на системі показників, що входить до складу методичного апарату дослідження. Добір показників є ключовим методологічним рішенням, оскільки вони мають бути достатньо чутливими до змін досліджуваного явища, вимірюваними на основі доступних даних та порівнянними між різними об'єктами. Серед міжнародно визнаних інструментів оцінювання центральне місце посідає LPI Світового банку, що охоплює шість компонентів: митні процедури, інфраструктуру, міжнародні відправки, якість логістичних операторів, відстеженість вантажів та пунктуальність доставки [28], а також Індекс транспортної зв'язності UNCTAD, що відображає інтеграцію країни у глобальні транспортні мережі [51]. В умовах Індустрії 4.0 до традиційних показників додається цифровий вимір, що знаходить відображення в удосконаленій чотириблоковій системі індикаторів, розробленій у підрозд. 3.1.

Отже, проведене дослідження методичних засад міжнародної логістики в умовах Індустрії 4.0 надало змогу сформувати інтегровану систему методів аналізу із обґрунтуванням вибору кожного з них на основі порівняння з альтернативними підходами, систематизувати розрахункові формули (1.1)–(1.7) та визначити систему показників оцінювання, що доповнюється цифровим виміром в удосконаленій системі індикаторів в підрозд. 3.1. Сформований методичний апарат становить аналітичну основу для системно-структурного дослідження глобального ринку транспортних послуг, що проводиться в розд. 2.

Висновки до розділу 1

У ході теоретико-методичного дослідження функціонування глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 було отримано такі висновки.

1. На підставі критичного аналізу наукових праць вітчизняних та зарубіжних дослідників, зокрема Christopher M. [22], Bowersox D.J. [23], Rodrigue J.-P. [5], Скіцька В.І. [19], Войтка С.В. [21; 26] та інших, систематизовано теоретичні засади функціонування глобального ринку транспортних послуг. Встановлено, що ринок є

складною міждисциплінарною системою на перетині міжнародної економіки, транспортної географії та інституційної теорії, структура якого охоплює п'ять сегментів за видами транспорту, кожен з яких характеризується власними техніко-економічними перевагами та сферою застосування. Запропоновано авторську інтерпретацію поняття «транспортна послуга на глобальному ринку» як комерційно відшкодовуваного економічного блага, що поєднує утилітарний, інституційний та інформаційно-цифровий виміри. Огляд наявних досліджень виявив три ключові прогалини наукової новизни: відсутність наскрізного аналізу, що одночасно охоплює рівні глобального ринку, країни та підприємства; нерозробленість кількісної моделі залежності LPI від рівня цифрової зрілості на репрезентативній вибірці; відсутність комплексної оцінки логістичної конкурентоспроможності України.

2. На основі аналізу п'яти конкуруючих теоретичних підходів, зокрема системного (Bertalanffy L. [12], Крикавський Є. В. [14]), інституційного (North D. C. [15], Coase R. H. [16]), структурно-функціонального (Porter M. E. [3]), еволюційно-технологічного (Schumpeter J. A. [17], Schwab K. [18]) та мережевого (Barabási A.-L. [20]), доведено, що жоден із них не охоплює досліджуване явище в повному обсязі, що обумовлює методологічну доцільність їхньої інтегрованої комбінації. Еволюційно-технологічний підхід є визначальним для розуміння трансформацій ринку в умовах чотирьох технологічних укладів: від парових суден Індустрії 1.0 до IoT-платформ та AI-оптимізації Індустрії 4.0. Встановлено, що логістична послуга є ширшою категорією, ніж транспортна, оскільки інтегрує матеріальний, інформаційний та фінансовий потоки під єдиним управлінським механізмом координації та оптимізації. Класифікація провайдерів за моделлю 1PL–5PL засвідчила, що кожен перехід між рівнями є передусім технологічним стрибком, а поява рівня 5PL стала можливою виключно завдяки технологіям Індустрії 4.0.

3. У ході формування методичного апарату дослідження було обґрунтовано вибір аналітичних методів на основі порівняльного аналізу альтернатив. Для оцінки структурної концентрації ринку обрано індекс Герфіндаля-Гіршмана на противагу CR4 та індексу Лернера. Для прогнозування динаміки попиту обрано лінійну

специфікацію тренду на протигагу поліноміальній та експоненційній. Розроблено формалізований чотириетапний алгоритм дослідження та систему розрахункових формул (1.1)–(1.7), що утворюють методологічний базис для системно-структурного аналізу у розд. 2.

2 СИСТЕМНО-СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В ІНДУСТРІЇ 4.0

2.1 Кількісний аналіз динаміки та структури глобального ринку транспортних послуг

Кількісний аналіз динаміки та структури глобального ринку транспортних послуг є необхідною передумовою для виявлення закономірностей його розвитку та оцінки впливу цифрових трансформацій на конкурентне середовище галузі. Глобальний ринок транспортних послуг перебуває у стані безперервної трансформації під впливом глобалізації, цифровізації, технологій Індустрії 4.0, змін у міжнародних логістичних ланцюгах та геополітичної нестабільності, що зумовлює необхідність його систематичного моніторингу [29; 30].

Протягом 2020–2025 рр. глобальний ринок транспортних послуг зазнав трансформацій під впливом пандемії COVID-19, енергетичної кризи, повномасштабного вторгнення росії в Україну та інших регіональних конфліктів. У результаті змінились структура транспортних потоків, вартість логістики та підходи до організації міжнародних перевезень [30].

Одним із ключових показників розвитку глобального ринку транспортних послуг є обсяг світової торгівлі товарами, оскільки саме міжнародна торгівля формує попит на транспортні та логістичні послуги. Відповідні дані систематизовано в табл. 2.1 та візуалізовано на рис. 2.1.

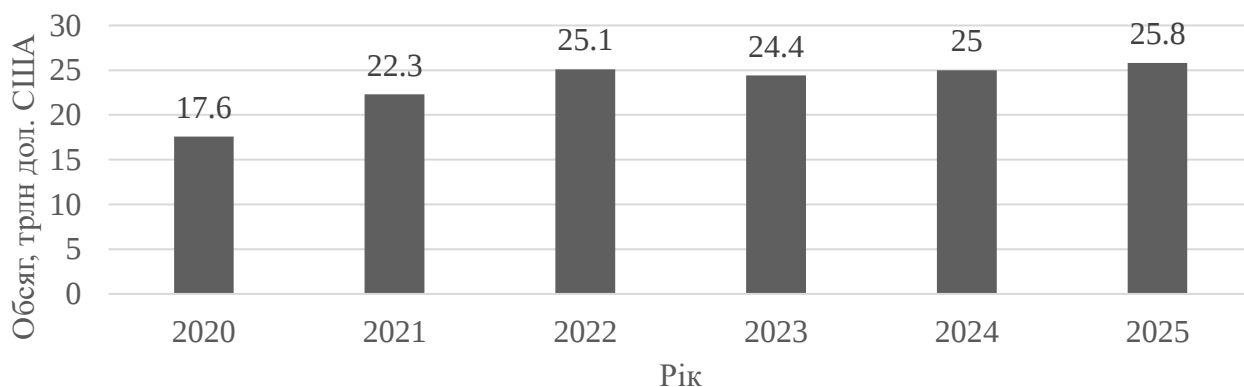


Рисунок 2.1 – Обсяг світового товарного експорту, трлн дол. США

Джерело: складено автором за даними [29; 30]

Таблиця 2.1 – Динаміка світового товарного експорту у 2020–2025 рр.

Рік	Обсяг експорту, трлн дол. США	Абсолютний приріст, трлн дол.	Темп приросту, %	Індекс вартості до 2020 р. (I _{варт})
2020	17,6	–	–	1,000
2021	22,3	+4,7	+26,7	1,267
2022	25,1	+2,8	+12,6	1,426
2023	24,4	–0,7	–2,8	1,386
2024	25,0	+0,6	+2,5	1,420
2025	25,8	+0,8	+3,2	1,466

Джерело: розраховано автором за даними [29; 30]

За результатами аналізу табл. 2.1 виявлено три виразні фази. У 2020 році світова торгівля суттєво скоротилась через пандемію COVID-19 та обмеження міжнародного транспортного сполучення. У 2021–2022 роках спостерігалось стрімке відновлення обсягів міжнародної торгівлі, що стало одним із головних факторів активізації глобального ринку транспортних послуг. У 2023–2025 рр. темпи приросту стабілізувались у діапазоні 2,5–3,2 % на рік, що відображає нормалізацію ринку після інтенсивного відновлювального зростання.

Для кількісної оцінки виявлених тенденцій застосуємо індексний метод та метод середньорічного темпу зростання.

Розрахунок індексу вартості відносно базового 2020 року дозволяє кількісно оцінити масштаб зростання попиту на транспортні послуги. За підсумками 2025 року:

$$I_{\text{варт}} = \frac{V_t}{V_0}, \quad (2.1)$$

де V_t – обсяг показника у звітному році;

V_0 – обсяг показника у базовому році.

$$I_{\text{варт}} = \frac{V_{2025}}{V_{2020}} = \frac{25,8}{17,6} \approx 1,466$$

Отриманий результат означає, що за п'ятирічний горизонт обсяг світового товарного експорту – і, відповідно, попит на міжнародні транспортні послуги – зріс у 1,466 рази у вартісному вираженні.

Для оцінки динаміки відновлення ринку після пандемічного спаду окремо розрахуємо індекс вартості для 2020–2022 рр.:

$$I_{\text{варт}(2020-2022)} = \frac{V_{2022}}{V_{2020}} = \frac{25,1}{17,6} \approx 1,426$$

Порівняння індексів свідчить, що близько 91 % сукупного приросту світового товарного експорту за 2020–2025 рр. було забезпечено вже у 2021–2022 рр. сукупного приросту, що відповідає 0,426 із 0,466 пункту індексу. У цей період спостерігалось активне відновлення міжнародної торгівлі після пандемічного спаду, тоді як у 2023–2025 рр. темпи зростання суттєво уповільнилися, що може свідчити про перехід до фази стабілізації. Слід зазначити, що 2020 р. є нетиповим базисним роком через пандемічний спад, тому отримане значення відображає передусім ефект відновлення, а не органічну динаміку зростання ринку.

Розрахуємо середньорічний темп зростання обсягу експорту для усього періоду 2020–2025 рр. за формулою (1.2), де $V_0 = 17,6$ трлн дол., $V_n = 25,8$ трлн дол., $n = 5$:

$$CAGR_{(2020-2025)} = \left(\frac{25,8}{17,6} \right)^{1/5} - 1 = (1,466)^{0,20} - 1 \approx 0,079 = 7,9 \%$$

Незважаючи на різке скорочення ринкової активності у 2020 р. внаслідок пандемії COVID-19 року, глобальний товарний експорт зростав із середньорічним темпом 7,9 % протягом 2020–2025 рр., що свідчить про структурну стійкість попиту на транспортно-логістичні послуги.

Окрім динамічного виміру, для повного розуміння ринку потрібно проаналізувати його структуру за видами транспорту. Кожен вид транспорту займає власну нішу у міжнародній логістичній системі та виконує специфічні функції залежно від характеру вантажів, географічної відстані та швидкості доставки. Модальну структуру глобальних вантажоперевезень у 2024 р. наведено на рис. 2.2, порівняльну характеристику конкурентних позицій кожного виду транспорту систематизовано у табл. 2.2, яка, на відміну від детальної сегментної

характеристики табл. 1.1, зосереджена виключно на ключових перевагах та недоліках як основі для подальшого аналізу концентрації ринку.

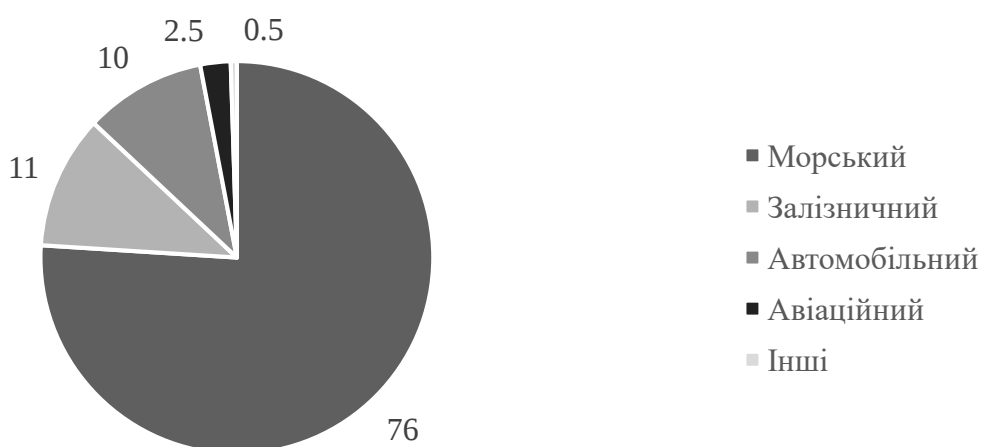


Рисунок 2.2 – Частка у світових вантажоперевезеннях у 2024, %

Джерело: складено за даними [30]

Таблиця 2.2 – Структура глобального ринку транспортних послуг за видами транспорту у 2024 р.

Вид транспорту	Основні переваги	Основні недоліки
Морський	Мінімальна питома собівартість перевезення; висока вантажопідйомність при міжконтинентальних перевезеннях	Значна тривалість доставки; залежність від портової інфраструктури
Автомобільний	Висока гнучкість маршрутів; можливість доставки безпосередньо від відправника до одержувача	Висока питома вартість пального; залежність від стану дорожньої інфраструктури
Залізничний	Висока пропускна здатність; стабільність і передбачуваність перевезень	Обмежена гнучкість маршрутної мережі; потреба у розвиненій залізничній інфраструктурі
Авіаційний	Максимальна швидкість доставки; мінімальні ризики пошкодження вантажу	Висока вартість перевезення; суттєво обмежена вантажопідйомність
Трубопровідний	Безперервність та стабільність транспортування; низькі операційні витрати	Вузька галузева спеціалізація; значні капітальні витрати на будівництво

Джерело: складено автором на основі [30]

Аналіз структури ринку засвідчує, що домінуючі позиції у глобальній транспортній системі продовжує займати морський транспорт з часткою 76 %, оскільки саме морські перевезення забезпечують основний обсяг

міжконтинентальної торгівлі та є найбільш економічно ефективними для транспортування великих партій вантажів. Автомобільний транспорт з часткою 10 % виконує функцію регіональної логістики та доставки безпосередньо від відправника до одержувача і є незамінним там, де морський і залізничний транспорт фізично не дістаються.

Для кількісної оцінки ступеня структурної концентрації ринку за видами транспорту розрахуємо індекс Герфіндаля-Гіршмана. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок індексу ННІ для модальної структури глобальних вантажних перевезень у 2024 р.

Вид транспорту	Частка S_i , %	S_i^2
Морський	76	5776
Залізничний	11	121
Автомобільний	10	100
Авіаційний	2,5	6,25
Інші	0,5	0,25
Σ (ННІ)	100	6003,5

Джерело: розраховано автором за даними [30]

Формула індексу Герфіндаля-Гіршмана:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (2.2)$$

де S_i – частка i -го виду транспорту в загальному обсязі вантажних перевезень, %.

$$HHI = \sum_{i=1}^5 S_i^2 = 5776 + 121 + 100 + 6,25 + 0,25 = 6003,5$$

Для інтерпретації отриманого значення ННІ використовується загальноприйнята шкала, наведена у підрозд. 1.3 [39].

Отримане значення $HHI = 6003,5$ свідчить про високу модальну концентрацію глобальної логістичної системи. Домінування морського транспорту з часткою 76 % створює системну залежність від одного виду транспорту та підвищує вразливість глобальних ланцюгів постачань у разі порушення морських

маршрутів. Значення Δ ННІ у динаміці слугуватиме індикатором диверсифікації модальної структури, тобто зниження показника свідчитиме про зростання ролі альтернативних видів транспорту.

Характер та темпи такої диверсифікації значною мірою визначатимуться рівнем цифровізації транспортної галузі. Використання автоматизованих логістичних платформ, систем GPS-моніторингу, штучного інтелекту, Big Data та блокчейн-технологій дозволяє оптимізувати транспортні потоки, скоротити витрати та підвищити ефективність управління логістичними операціями [5; 18].

З метою систематизації технологій Індустрії 4.0 та їх ефекту для транспортної сфери сформовано табл. 2.4, у якій розміщено характеристику шести ключових цифрових рішень.

Таблиця 2.4 – Основні технології Індустрії 4.0 у сфері транспортних послуг

Технологія	Основне призначення	Очікуваний ефект від впровадження
Big Data	Збір, обробка та аналіз великих масивів логістичних даних для виявлення закономірностей і аномалій	Підвищення точності прогнозування попиту та оптимізація маршрутного планування
GPS-моніторинг	Відстеження місцезнаходження транспортних засобів та контроль дотримання маршрутів у режимі реального часу	Скорочення відхилень від маршруту; підвищення прозорості логістичних операцій
Штучний інтелект	Автоматизація управлінських рішень у сфері планування перевезень, розподілу ресурсів та управління запасами	Скорочення операційних витрат; підвищення якості та швидкості прийняття рішень
Блокчейн (англ. blockchain)	Децентралізоване зберігання та верифікація транспортної документації і транзакційних даних	Підвищення захищеності та прозорості операцій; скорочення документообігу
Інтернет речей (англ. IoT)	Дистанційний контроль стану вантажів, температурного режиму та умов зберігання у режимі реального часу	Зменшення ризиків пошкодження вантажів; підвищення якості обслуговування
Автоматизовані склади	Роботизація процесів приймання, сортування та відвантаження вантажів на складських комплексах	Підвищення швидкості та точності обробки вантажів; скорочення витрат на персонал

Джерело: складено автором на основі [5; 18]

Таблиця 2.4 систематизує шість технологій Індустрії 4.0 у транспортній сфері. Їх сукупний очікуваний ефект полягає у скороченні операційних витрат,

підвищенні точності прогнозування вантажопотоків та забезпеченні прозорості логістичних операцій завдяки трасованості кожної одиниці вантажу в реальному часі [5; 18].

Водночас поряд із позитивними тенденціями сучасний глобальний ринок транспортних послуг стикається з низкою серйозних проблем. До основних із них належать:

- нестабільність міжнародних логістичних маршрутів;
- зростання вартості енергоресурсів;
- дефіцит транспортної інфраструктури в окремих регіонах;
- посилення екологічних вимог;
- ризики кібербезпеки в умовах цифровізації;
- геополітичні конфлікти та торговельні обмеження [5; 18; 30].

Питання екологізації транспортної сфери набуває самостійного стратегічного значення. У межах глобальної кліматичної політики транспортні компанії дедалі активніше переходять до використання альтернативних джерел енергії, електротранспорту та технологій зниження викидів CO₂. Основні напрями екологізації глобального ринку транспортних послуг систематизовано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні напрями екологізації глобального ринку транспортних послуг

Напрямок	Характеристика
Електротранспорт	Впровадження електричних вантажівок, автобусів та суден з метою скорочення викидів парникових газів
Альтернативне паливо	Використання водню, біопалива та зрідженого природного газу (LNG) як заміників викопного палива
Оптимізація маршрутів	Скорочення витрат пального та обсягів викидів CO ₂ шляхом інтелектуального планування маршрутів
Автоматизація логістики	Зменшення непродуктивних перевезень та холостого пробігу засобами цифрових платформ
Екологічні стандарти	Впровадження міжнародних екологічних вимог та регуляторних механізмів декарбонізації галузі

Джерело: складено автором на основі [30; 31]

Дані табл. 2.5 показують, що екологізація транспортної галузі охоплює технологічні та регуляторні зміни. Вони пов'язані з переходом на альтернативні

джерела енергії, розвитком електротранспорту та впровадженням міжнародних екологічних стандартів. Зазначені тенденції впливають на діяльність транспортних операторів і враховуються при розробці рекомендацій у розд. 3.

Отже, кількісний аналіз, проведений у цьому підрозділі, дозволяє сформулювати три узагальнення. По-перше, за 2020–2025 рр. попит на транспортні послуги зріс у 1,47 раза при середньорічному темпі зростання 7,9 %, що свідчить про структурну стійкість ринку. По-друге, структура ринку залишається висококонцентрованою з показником ННІ 6003,5, при цьому спостерігається повільна диверсифікація модальної структури. По-третє, основними рушійними силами подальшого розвитку ринку є цифровізація, мультимодальність та екологічна трансформація перевезень.

2.2 Аналіз стану транспортно-логістичного сектору України та цифрової трансформації підприємств галузі

Аналіз стану транспортно-логістичного сектору України та цифрової трансформації підприємств галузі набуває актуальності в контексті євроінтеграційних процесів та необхідності підвищення конкурентоспроможності вітчизняних операторів на глобальному ринку. Впровадження цифрових технологій у транспортно-логістичному секторі відбувається на всіх рівнях, що в умовах Індустрії 4.0 стає одним із ключових факторів конкурентоспроможності [5, 32].

Аналіз стану транспортно-логістичного сектору України доцільно розпочати з оцінки його макроекономічного значення. Транспортна галузь формує близько 11 % ВВП та забезпечує зайнятість 7 % працездатного населення країни [44]. У 2024 р. загальний обсяг українського експорту сягнув 41,6 млрд дол. США, або 131,2 млн тонн, що на 23,6 % перевищує показник 2023 р., а частка ЄС у структурі експорту становила 59 %, або 24,8 млрд дол. [45].

При цьому конкурентоспроможність транспортно-логістичного сектору України на міжнародному ринку залишається суттєво нижчою від потенційно можливої. За Індексом ефективності логістики Світового банку, у 2023 році Україна

посіла 79-ге місце з 160 країн із загальним балом 2,67, що є погіршенням порівняно з 2018 р., коли країна займала 69-ту позицію з балом 2,83 [28].

З метою систематизації інформації щодо динаміки позицій України складено рис. 2.3-2.4, у якій розміщено місце та значення шести компонентів LPI за 2018 та 2023 рр.



Рисунок 2.3 – Динаміка місць складових Індексу ефективності логістики України у 2018 та 2023 рр.

Джерело: складено автором за даними [28]

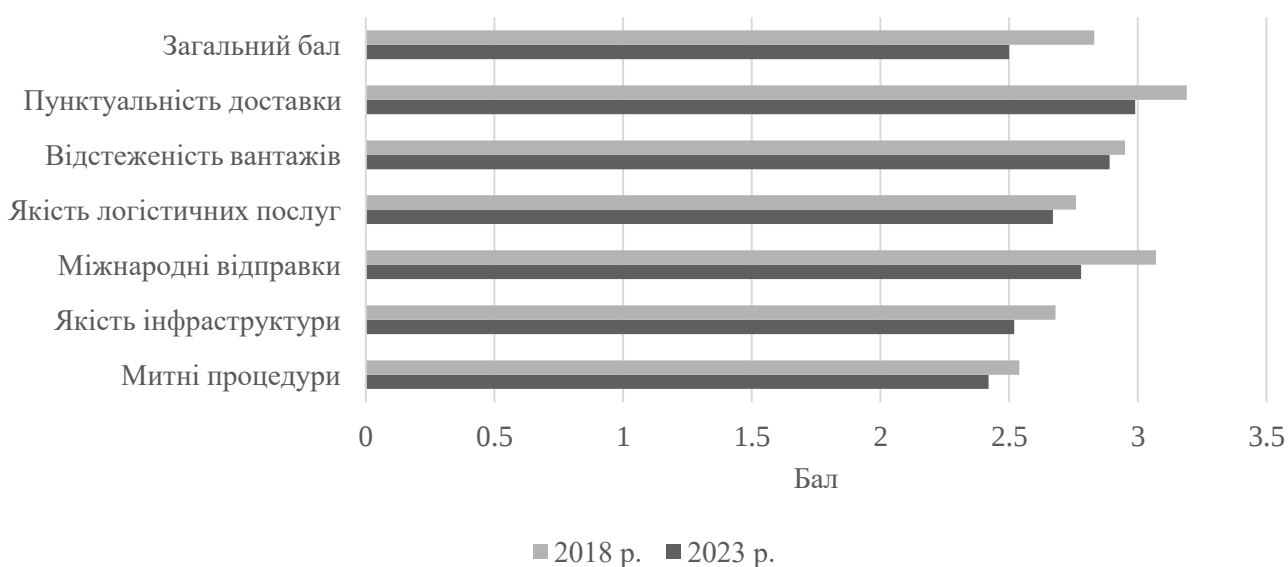


Рисунок 2.4 – Динаміка балів складових Індексу ефективності логістики України у 2018 та 2023 рр.

Джерело: складено автором за даними [28]

Аналіз рис. 2.3-2.4 засвідчує, що погіршення позицій України за LPI охопило всі шість компонентів індексу. Найбільше зниження зафіксовано за компонентом «Міжнародні відправки» на 0,29 бали, що відображає ускладнення умов доступу до міжнародних транспортних коридорів внаслідок воєнних дій і блокування чорноморських портів. Показово, що компонент «Пунктуальність доставки» знизився на 0,20 бали, а «Відстеженість вантажів» на 0,16 бали, що вказує на зростання операційних ризиків упродовж усього ланцюга перевезень.

Незважаючи на погіршення позицій у міжнародних рейтингах, вітчизняний транспортний сектор демонструє помітну адаптаційну стійкість. У 2023 р. підприємствами всіх видів транспорту перевезено 282,4 млн тонн вантажів, що на 22 % більше, ніж за аналогічний період 2022 р. [46]. Водночас модальна структура перевезень суттєво змінилась: частка морського транспорту скоротилась, тоді як залізничного та автомобільного зросла. Зокрема, обсяг автомобільних перевезень через польський та румунський кордони у 2023–2024 рр. зріс удвічі порівняно з довоєнним рівнем [45]. Дані про стан і структуру транспортного ринку України наведено на рис. 2.5.

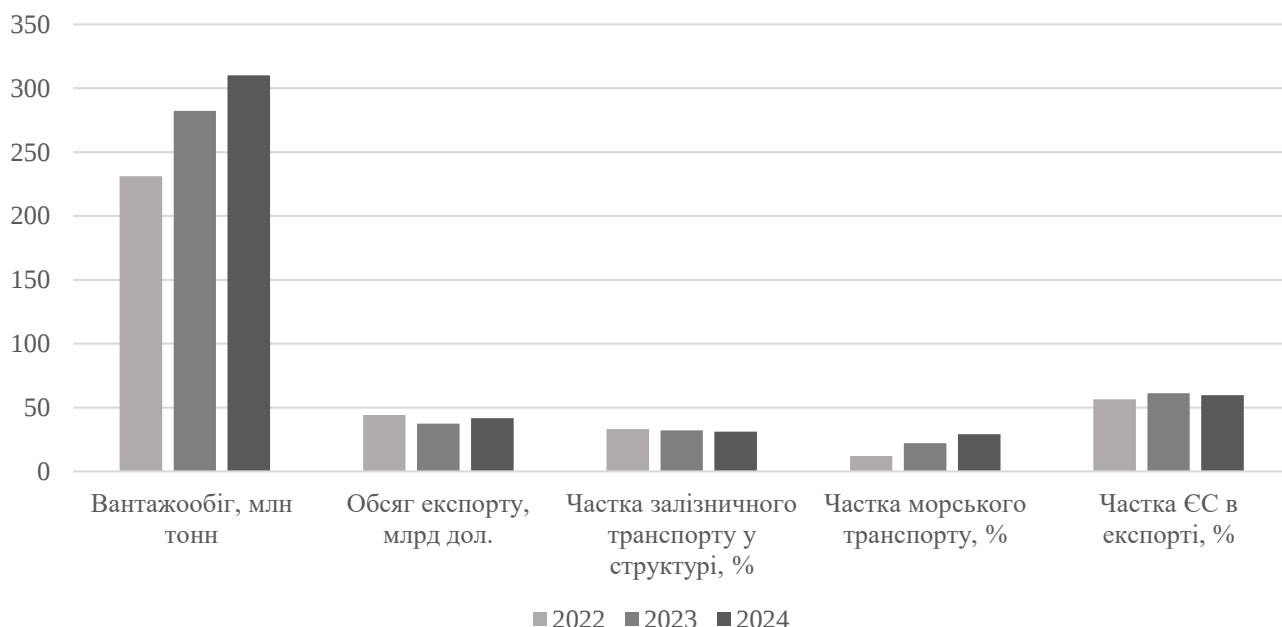


Рисунок 2.5 – Основні показники стану транспортного ринку України у 2022–2024 рр.

Джерело: складено автором за даними [28; 45; 46]

Аналіз даних на рис. 2.5 свідчать про поступове відновлення транспортного ринку України після спаду 2022 р. Зростання вантажообігу у 2023–2024 рр. супроводжувалося змінами в модальній структурі перевезень. Частка морського транспорту збільшилася з 12 % до 29 % завдяки частковому відновленню чорноморських маршрутів, частка залізничного транспорту скоротилася з 33 % до 31 %. При цьому обсяг експорту у 2024 р. досяг 41,6 млрд дол. США, а частка ЄС у його структурі стабільно становила близько 59 %.

Рівень цифровізації вітчизняних транспортних підприємств залишається суттєво нижчим, ніж у провідних країнах ЄС. Близько 35 % українських транспортно-логістичних компаній активно використовують IoT-рішення порівняно з 74 % в ЄС. Водночас суспільна готовність до цифровізації є достатньо високою. На початку 2023 р. інтернетом користувались 28,57 млн осіб, що становить 79,2 % населення, а 78 % громадян мали досвід щоденного використання цифрових сервісів [46; 47].

Серед прикладів успішної цифровізації вітчизняного логістичного бізнесу є досвід Nova Poshta, провідного приватного поштового оператора, якому ЄБРР у 2021 р. надав кредит у розмірі 13 млн євро на автоматизацію сортувального хабу в Дніпрі з використанням інтелектуальних систем управління [48]. Наведений приклад підтверджує, що цифрова трансформація українського транспортного сектору викликає інтерес міжнародних фінансових інститутів і реалізується попри несприятливі умови воєнного часу.

Для детального аналізу того, як цифрова трансформація реалізується на рівні конкретного підприємства, зокрема у сфері транспортного консалтингу та аналітики мобільності, розглянемо діяльність спеціалізованого підприємства ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у сфері транспортного консалтингу та аналітики мобільності, що виступало базою практики.

Для конкретизації напрямів цифровізації стосовно досліджуваного підприємства систематизуємо ключові технологічні рішення у розрізі їх практичного застосування у табл. 2.6, що доповнює узагальнену характеристику, наведену в табл. 2.4.

Таблиця 2.6 – Основні напрями цифровізації транспортних послуг

Напрямок цифровізації	Характеристика	Основний результат
Електронний документообіг	Автоматизація формування, передачі та зберігання транспортної документації в цифровому форматі	Скорочення часу обробки документів; мінімізація помилок ручного введення даних
GPS-моніторинг	Відстеження місцезнаходження транспортних засобів та контроль дотримання маршрутів у режимі реального часу	Підвищення точності логістичного планування; оперативне реагування на відхилення
Big Data	Збір та аналіз великих масивів транспортних і логістичних даних для виявлення закономірностей	Оптимізація маршрутів та підвищення точності прогнозування транспортних потоків
Штучний інтелект	Автоматизація управлінських рішень у сфері планування перевезень та розподілу ресурсів	Скорочення операційних витрат; підвищення якості та швидкості прийняття рішень
Інтернет речей	Дистанційний моніторинг технічного стану транспортних засобів та умов зберігання вантажів	Підвищення безпеки перевезень; своєчасне виявлення технічних несправностей
Цифрові логістичні платформи	Інтегрована координація логістичних процесів між усіма учасниками ланцюга постачань	Підвищення ефективності перевезень; скорочення транзакційних витрат

Джерело: складено автором на основі [5; 32]

Таблиця 2.6 систематизує шість напрямів цифровізації, що охоплюють увесь цикл організації перевезень: від документування і маршрутизації до управління рухомим складом у режимі реального часу. Особливого значення набуває використання цифрових платформ управління мобільністю та транспортним плануванням, які забезпечують комплексний аналіз транспортних потоків і прогнозування мобільності населення. Саме у цьому сегменті працює ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ», беручи участь у дослідженнях транспортних систем, розробці логістичних рішень та реалізації міжнародних транспортних проєктів [34; 35].

Для комплексної оцінки розвитку компанії проведемо коефіцієнтний аналіз її фінансово-господарської діяльності за 2020–2025 рр. на основі даних фінансової звітності [34]. Динаміки доходу та прибутку ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» візуалізовано на рис. 2.6–2.7.

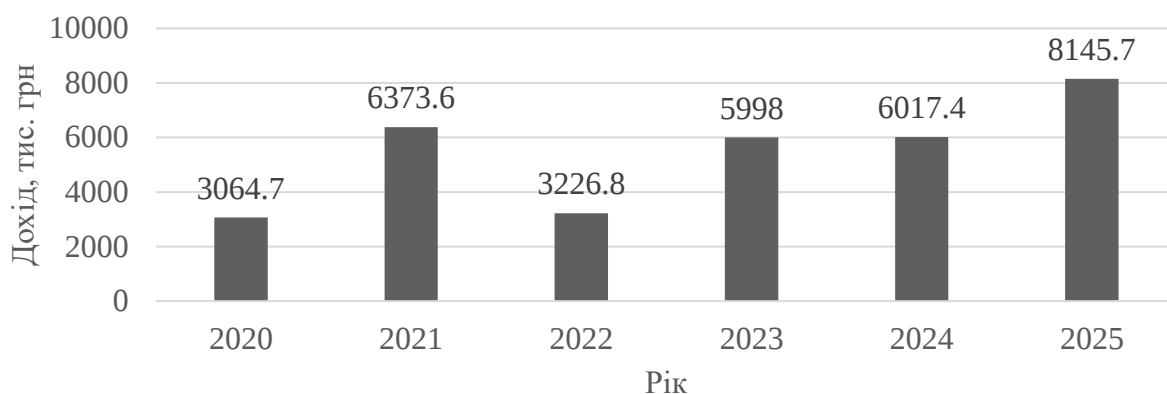


Рисунок 2.6 – Дохід ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2020–2025 рр., тис. грн

Джерело: складено автором за даними [34]

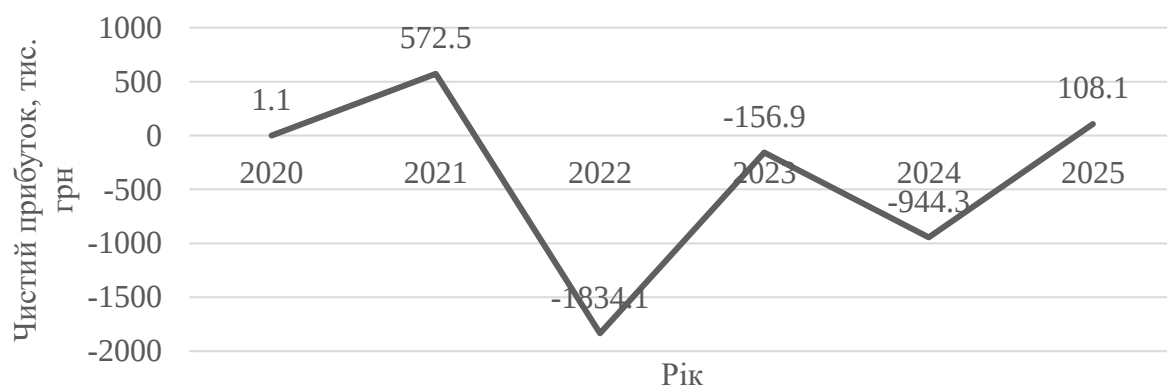


Рисунок 2.7 – Чистий прибуток ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2020–2025 рр., тис. грн

Джерело: складено автором за даними [34]

Для систематизації інформації з фінансової звітності сформовано табл. 2.7, де розміщено показники діяльності компанії за шість років (вихідні дані – додаток А).

Таблиця 2.7 – Фінансові дані ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2020–2025 рр.

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Дохід D_t , тис. грн	3 064,7	6 373,6	3 226,8	5 998,0	6 017,4	8 145,7
Чистий прибуток Π_t , тис. грн	1,1	572,5	-1 834,1	-156,9	-944,3	108,1
Активи, тис. грн	1 230,3	3 053,9	2 103,9	3 217,7	2 344,9	3 380,1
Зобов'язання, тис. грн	2 840,8	4 091,9	4 876,0	5 711,5	5 789,2	6 262,3
Власний капітал, тис. грн	-1 610,5	-1 038,0	-2 772,1	-2 493,8	-3 444,3	-2 882,2
Кількість працівників N_t , осіб	–	8	10	10	10	12

Джерело: складено автором за даними [34; 35]

На підставі вихідних даних табл. 2.7 розрахуємо систему показників ефективності діяльності компанії.

Група 1. Темп приросту доходу за формулою (1.1):

$$T_{\text{дох},2021} = \frac{6\,373,6 - 3\,064,7}{3\,064,7} \times 100 \% = +107,97 \%$$

$$T_{\text{дох},2022} = \frac{3\,226,8 - 6\,373,6}{6\,373,6} \times 100 \% = -49,37 \%$$

$$T_{\text{дох},2023} = \frac{5\,998,0 - 3\,226,8}{3\,226,8} \times 100 \% = +85,88 \%$$

$$T_{\text{дох},2024} = \frac{6\,017,4 - 5\,998,0}{5\,998,0} \times 100 \% = +0,32 \%$$

$$T_{\text{дох},2025} = \frac{8\,145,7 - 6\,017,4}{6\,017,4} \times 100 \% = +35,37 \%$$

Група 2. Рентабельність діяльності за формулою $R_t = \frac{\Pi_t}{D_t} \times 100 \%$:

$$R_{2020} = \frac{1,1}{3\,064,7} \times 100 \% = 0,04 \%$$

$$R_{2021} = \frac{572,5}{6\,373,6} \times 100 \% = 8,98 \%$$

$$R_{2022} = \frac{-1\,834,1}{3\,226,8} \times 100 \% = -56,84 \%$$

$$R_{2023} = \frac{-156,9}{5\,998,0} \times 100 \% = -2,62 \%$$

$$R_{2024} = \frac{-944,3}{6\,017,4} \times 100 \% = -15,69 \%$$

$$R_{2025} = \frac{108,1}{8\,145,7} \times 100 \% = 1,33 \%$$

Група 3. Продуктивність праці за формулою $PP_t = \frac{D_t}{8N_t}$:

$$PP_{2021} = \frac{6\,373,6}{8} = 796,7 \text{ тис. грн/особу}$$

$$PP_{2022} = \frac{3\,226,8}{10} = 322,7 \text{ тис. грн/особу}$$

$$PP_{2023} = \frac{5\,998,0}{10} = 599,8 \text{ тис. грн/особу}$$

$$PP_{2024} = \frac{6\,017,4}{10} = 601,7 \text{ тис. грн/особу}$$

$$PP_{2025} = \frac{8\,145,7}{12} = 678,8 \text{ тис. грн/особу}$$

Група 4. Коефіцієнт боргового навантаження:

$$K_{\text{бн},t} = \frac{Z_t}{D_t}, \quad (2.3)$$

де Z_t – зобов'язання компанії у році t , тис. грн;

D_t – дохід у році t , тис. грн.

$$K_{\text{бн},2020} = \frac{2\,840,8}{3\,064,7} = 0,927$$

$$K_{\text{бн},2021} = \frac{4\,091,9}{6\,373,6} = 0,642$$

$$K_{\text{бн},2022} = \frac{4\,876,0}{3\,226,8} = 1,511$$

$$K_{\text{бн},2023} = \frac{5\,711,5}{5\,998,0} = 0,952$$

$$K_{\text{бн},2024} = \frac{5\,789,2}{6\,017,4} = 0,962$$

$$K_{\text{бн},2025} = \frac{6\,262,3}{8\,145,7} = 0,769$$

Розрахунок CAGR для двох горизонтів за формулою (1.2):

CAGR за повним горизонтом 2020–2025 рр. ($n = 5$):

$$CAGR_{(2020-2025)} = \left(\frac{8\,145,7}{3\,064,7} \right)^{1/5} - 1 = (2,658)^{0,2} - 1 \approx 21,6 \%$$

CAGR відновлювального горизонту 2022–2025 рр. ($n = 3$):

$$CAGR_{(2022-2025)} = \left(\frac{8\,145,7}{3\,226,8} \right)^{1/3} - 1 = (2,524)^{0,333} - 1 \approx 36,2 \%$$

Зведені результати коефіцієнтного аналізу наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахункові показники ефективності діяльності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2020–2025 рр.

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Дохід D_t , тис. грн	3 064,7	6 373,6	3 226,8	5 998,0	6 017,4	8 145,7
Чистий прибуток Π_t , тис. грн	1,1	572,5	-1 834,1	-156,9	-944,3	108,1
Темп приросту доходу $T_{\text{дох}}$, %	–	+108,0	-49,4	+85,9	+0,3	+35,4
Рентабельність R_t , %	0,04	8,98	-56,84	-2,62	-15,69	1,33
Продуктивність праці PP_t , тис. грн/ос.	–	796,7	322,7	599,8	601,7	678,8
Індекс обороту $I_{\text{об}}$ (до 2021 р.)	0,481	1,000	0,506	0,941	0,944	1,278
Коефіцієнт боргового навантаження $K_{\text{бн}}$	0,927	0,642	1,511	0,952	0,962	0,769

Джерело: розраховано автором за даними [34; 35]

Аналіз табл. 2.8 дозволяє виокремити три чітко виражені фази у розвитку компанії.

Фаза 1 – Зростання (2020–2021). Дохід зріс у 2,08 раза, рентабельність досягла максимуму 8,98 %, продуктивність праці склала 796,7 тис. грн на особу. Прийнявши 2021 р. за базовий, відстежимо подальшу динаміку.

Фаза 2 – Кризова адаптація (2022–2024). Початок повномасштабного вторгнення спричинив скорочення доходу на 49,37 % у 2022 р. та рекордний збиток на рівні мінус 56,84 %. Показово, що коефіцієнт боргового навантаження $K_{\text{бн}}$ у цей рік перевищив одиницю зі значенням 1,511, тобто зобов'язання компанії перевищували її річний дохід. Тим не менш компанія продовжила роботу і до 2023–2024 рр. відновила дохід до докризового рівня, на що вказує індекс обороту $I_{\text{об}}$ у діапазоні 0,941–0,944.

Фаза 3 – Відновлення та зростання (2025). У 2025 р. компанія вперше перевищила показники рекордного 2021 р. з індексом обороту $I_{\text{об}}$ 1,278, відновила прибуткову діяльність та суттєво знизил боргове навантаження. Середньорічний темп зростання доходу у відновлювальному горизонті 2022–2025 рр. склав 36,2 %, що свідчить про швидке відновлення компанії після кризового спаду.

Від'ємний власний капітал є характерною рисою підприємств проєктного типу на ранніх стадіях розвитку, що фінансують діяльність переважно за рахунок авансових платежів замовників. Зокрема, аналогічна структура балансу фіксується

у значної частки малих ІТ- та консалтингових компаній України [49]. Критичним сигналом це стає лише за умови від'ємного операційного грошового потоку, тоді як стабільне зростання доходу з CAGR 21,6 % свідчить про операційну життєздатність бізнес-моделі.

Для оцінки відносної конкурентоспроможності компанії проведемо порівняльний аналіз ключових показників ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» із профільними вітчизняними підприємствами у сфері транспортного консалтингу та цифрових транспортних рішень. Для забезпечення коректності порівняння галузеві медіани розраховано на основі агрегованих даних аналітичної платформи YouControl для підприємств за трьома кодами КВЕД: 62.09 – інша діяльність у сфері інформаційних технологій, 71.12 – діяльність у сфері інжинірингу та технічного консультування та 73.20 – дослідження кон'юнктури ринку та вивчення громадської думки [49]. Вибірка охоплює підприємства з чисельністю персоналу від 5 до 100 осіб, що є репрезентативним аналогом для компаній сегменту цифрового транспортного консалтингу. Результати наведені у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Порівняльний аналіз показників ефективності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» та підприємств-аналогів у 2025 рр.

Показник	ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ»	Медіана по галузі (ІТ-консалтинг, Україна)
Дохід, тис. грн	8 145,7	5 000–15 000
Темп приросту доходу, %	+35,4	10–20
Рентабельність діяльності, %	1,33	5–15
Продуктивність праці, тис. грн/особу	678,8	500–800
Коефіцієнт боргового навантаження	0,769	0,3–0,6
Кількість працівників	12	10–50

Джерело: складено автором на основі [34; 35; 49]

За даними табл. 2.9, темп приросту доходу ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2025 р. на 35,4 % перевищує галузеву медіану, що становить 10–20 %, а продуктивність праці 678,8 тис. грн на особу відповідає верхній межі медіанного діапазону. Рентабельність на рівні 1,33 % суттєво поступається галузевій медіані 5–15 %, що є наслідком тривалого збиткового циклу 2022–2024 рр. Коефіцієнт

боргового навантаження 0,769 перевищує медіанний рівень 0,3–0,6, що вказує на підвищену фінансову вразливість компанії у разі несприятливих змін ринкової кон'юнктури. ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» демонструє сильні операційні позиції за показниками зростання та продуктивності, однак поки що поступається галузевим стандартам у фінансово-структурному вимірі.

Для комплексного узагальнення результатів кількісного аналізу, та визначення стратегічних орієнтирів розвитку компанії доцільно застосувати SWOT-аналіз – метод якісної систематизації внутрішніх і зовнішніх чинників конкурентоспроможності. Відповідно до методики SWOT, виокремлюються чотири групи факторів: сильні сторони (Strengths) та слабкі сторони (Weaknesses) – фактори внутрішнього середовища, що залежать від самої компанії; можливості (Opportunities) та загрози (Threats) – фактори зовнішнього середовища. SWOT-аналіз ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» в умовах розвитку глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – SWOT-аналіз ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» в умовах розвитку глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0

СИЛЬНІ СТОРОНИ (Strengths)	СЛАБКІ СТОРОНИ (Weaknesses)
S1. Унікальна компетенція у транспортному моделюванні та аналітиці мобільності, що є затребуваною нішею на ринку цифрових транспортних рішень. S2. Стрімка динаміка зростання доходу: середньорічний темп зростання за 2020–2025 рр. становить 21,6 %, дохід 2025 р. зріс у 2,52 раза відносно кризового 2022 р. S3. Висока продуктивність праці та масштабованість без пропорційного нарощування штату: продуктивність праці у 2025 р. становить 678,8 тис. грн на особу при зростанні чисельності персоналу лише у 1,5 раза. S4. Досвід реалізації міжнародних транспортних проєктів та участі у дослідженнях транспортних систем. S5. Відповідність профілю компанії пріоритетам цифровізації транспорту в умовах Індустрії 4.0: транспортне моделювання, MaaS, Smart Mobility.	W1. Низький рівень рентабельності: у 2025 р. показник становить 1,33 % – компанія лише виходить на стабільний прибутковий трек після збиткового циклу 2022–2024 рр. W2. Від'ємний власний капітал протягом усього аналізованого горизонту; фінансування здійснюється переважно за рахунок авансових платежів замовників. W3. Незначна чисельність персоналу (12 осіб у 2025 р.) обмежує одночасне ведення великої кількості проєктів та масштабування діяльності. W4. Висока залежність від проєктної моделі доходу за відсутності стабільних підписних або ліцензійних надходжень. W5. Коефіцієнт боргового навантаження у 2025 р. становить 0,769, що залишається вищим за оптимальний рівень 0,5, хоча і знизився порівняно з попередніми роками.

Продовження табл. 2.10

МОЖЛИВОСТІ (Opportunities)	ЗАГРОЗИ (Threats)
О1. Зростаючий попит на цифрові транспортні рішення: за регресійною моделлю, підвищення IDI на 1 пункт асоційоване зі зростанням LPI на 0,023 бали; цільове значення ІЦЗТЛС для України становить 0,866. О2. Інтеграція України до європейського транспортного простору (TEN-T) та потреба у транспортному плануванні й моделюванні для адаптації до стандартів ЄС. О3. Розвиток Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту: прогноз збільшення вантажообігу до 11 млн тонн до 2030 р. формує попит на моделювання транзитних коридорів. О4. Доступ до грантового фінансування ЄС (EU4Digital, Horizon Europe, ЄБРР, Світовий банк) для проєктів цифровізації транспорту та інфраструктури. О5. Перехід до SaaS-моделі та MaaS-рішень: прогнозований дохід до 9,5 млн грн у 2028 р. за умови стабілізації грошових потоків.	Т1. Воєнні ризики та макроекономічна нестабільність в Україні зумовлюють циклічне скорочення бюджетів замовників на консалтингові послуги. Т2. Конкуренція з боку міжнародних консалтингових компаній, що мають ширші ресурси та досвід роботи з великими інфраструктурними замовниками. Т3. Ризик відтоку кваліфікованих фахівців є критичним для компанії малого розміру, де компетенції сконцентровані у вузькому колі спеціалістів. Т4. Технологічне старіння програмного інструментарію транспортного моделювання потребує постійних інвестицій в оновлення платформ та навчання персоналу. Т5. Геополітична нестабільність у Каспійсько-Чорноморському регіоні може затримати реалізацію інфраструктурних проєктів, пов'язаних із TMTM та TEN-T.

Джерело: складено автором на основі [33; 34; 35; 36; 40; 41; 50]

SWOT-аналіз систематизує чинники конкурентоспроможності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» та дає підставу для формулювання стратегічних висновків.

Сильні операційні позиції компанії за показниками зростання та продуктивності поєднуються з фінансово-структурною вразливістю, детально розкритою у табл. 2.8–2.9.

Зовнішнє середовище компанії характеризується балансом між суттєвими можливостями і реальними загрозами. Серед можливостей виділяються дві, що мають безпосередній зв'язок із профілем компанії. Перша – євроінтеграція України, яка генерує попит на стандартизацію транспортного планування відповідно до норм TEN-T. Друга – розвиток TMTM, для якого необхідне транзитне моделювання та оптимізація коридорних вантажопотоків. Обсяг перевезень TMTM прогнозується на рівні 11 млн тонн до 2030 р., що у 2,5–3 рази перевищує показники 2022–2023 рр. [40], формуючи стійкий довгостроковий попит на відповідні послуги. З боку загроз найбільш системною є тривала воєнна нестабільність, яка

безпосередньо відображається у показниках діяльності: рентабельність компанії досягла додатного значення лише у 2025 р., а збитки 2022–2024 рр. є прямим наслідком скорочення бюджетів замовників у кризовий період.

На основі зіставлення сильних сторін і можливостей S1, S4, O2 та O3 впливає стратегічний пріоритет реалізації компетенцій у транспортному моделюванні на проєктах євроінтеграційної адаптації. Перехід до SaaS-підписної моделі відповідно до O5 нейтралізує ключову слабкість відсутності стабільних надходжень W4 і знизить вразливість до несприятливих кон'юнктурних коливань T1. Конкретні заходи, що реалізують цю стратегію, деталізовано у підрозд. 3.2.

Реалізація стратегічних пріоритетів, визначених у SWOT-аналізі, безпосередньо пов'язана з інструментарієм цифрового транспортного моделювання та концепцією розумної мобільності, у яких ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» формує свою конкурентну нішу. Розглянемо ці інструменти детальніше у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Основні переваги цифрового транспортного моделювання

Перевага	Характеристика
Прогнозування транспортних потоків	Кількісна оцінка майбутнього навантаження на транспортну мережу з урахуванням сценаріїв розвитку інфраструктури та попиту
Оптимізація маршрутів	Виявлення та усунення вузьких місць транспортної мережі з метою скорочення часу поїздок і рівня завантаженості
Аналіз мобільності населення	Визначення просторово-часових закономірностей транспортної поведінки користувачів для потреб міського планування
Підвищення ефективності логістики	Скорочення витрат на перевезення шляхом оптимізації розподілу вантажопотоків між маршрутами та видами транспорту
Підтримка управлінських рішень	Формування доказової бази для розробки транспортної політики та обґрунтування інвестицій в інфраструктуру

Джерело: складено автором на основі [5; 33]

Аналіз табл. 2.11 свідчить про те, що цифрове транспортне моделювання охоплює весь управлінський цикл. Ключовою перевагою є можливість оцінювати сценарії до їх практичного впровадження, що важливо в умовах реконструкції транспортної інфраструктури України після воєнних руйнувань.

При цьому цифровізація транспортної сфери супроводжується низкою проблем та ризиків. Основними серед них є:

– високі витрати на впровадження цифрових технологій;

- дефіцит кваліфікованих ІТ-спеціалістів;
- ризики кібербезпеки;
- необхідність постійного оновлення програмного забезпечення;
- нерівномірний рівень цифровізації між країнами [33; 37; 38].

Подолання зазначених ризиків потребує системного підходу до організації цифрової трансформації, що реалізується у концепції розумної мобільності (англ. Smart Mobility). Сучасні підходи до управління мобільністю передбачають використання єдиних цифрових платформ, які поєднують різні види транспорту, системи моніторингу та аналітичні інструменти [36]. Складові цієї концепції систематизовано у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Основні елементи концепції розумної мобільності

Елемент	Характеристика
Інтелектуальні транспортні системи (англ. Intelligent Transportation Systems)	Автоматизоване управління транспортними потоками на основі сенсорних мереж, алгоритмів оптимізації та даних у режимі реального часу
Мобільність як послуга (англ. Mobility as a Service, MaaS)	Інтеграція різних видів транспорту в єдину цифрову платформу з можливістю мультимодального планування маршрутів та єдиної оплати
Інтелектуальна інфраструктура (англ. Smart infrastructure)	Впровадження цифрових технологій в управління транспортною інфраструктурою: розумні світлофори, сенсори, підключені дорожні об'єкти
Управління на основі даних (англ. Data-driven management)	Прийняття управлінських рішень у транспортній сфері на підставі аналітики великих масивів даних про переміщення та поведінку користувачів
Екологічно орієнтований транспорт (англ. Sustainable Transportation)	Впровадження екологічно чистих транспортних рішень з метою скорочення викидів CO ₂ та підвищення енергетичної ефективності галузі

Джерело: складено автором на основі [32; 36]

Таблиця 2.12 розкриває, що концепція розумної мобільності є системною відповіддю на виклики цифрової трансформації міського транспорту. Центральне місце посідає модель MaaS, яка інтегрує різні види транспорту в єдину цифрову екосистему, і саме цей напрям є одним із пріоритетних для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ»

Як підсумок, проведений аналіз стану транспортно-логістичного сектору України та цифрової трансформації підприємств галузі дозволяє сформулювати три узагальнення. По-перше, Україна демонструє суттєве відставання за індексом LPI

при одночасній адаптаційній стійкості сектору, що підтверджується зростанням вантажообігу на 22 % у 2023 р. та 9,8 % у 2024 р. По-друге, рівень цифровізації вітчизняних транспортно-логістичних компаній залишається значно нижчим від європейського, оскільки лише 35 % з них використовують IoT-рішення порівняно з 74 % в ЄС. По-третє, фінансова траєкторія ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» пройшла три чітко виражені фази розвитку, динаміка яких відповідає загальним макроекономічним тенденціям транспортного ринку України досліджуваного періоду. Подальшого дослідження потребує кількісна оцінка зв'язку між рівнем цифровізації та ефективністю транспортних систем, що є предметом підрозд. 2.3.

2.3 Структурний аналіз трансформації логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0

Кількісна оцінка зв'язку між рівнем цифровізації та ефективністю логістичних систем є одним із ключових методологічних завдань сучасної транспортної економіки, оскільки саме цей зв'язок визначає конкурентоспроможність країн на глобальному ринку транспортних послуг. Індустрія 4.0 формує нову модель організації міжнародної логістики, у межах якої традиційні транспортні коридори доповнюються цифровими інструментами управління потоками, автоматизацією операцій та інформаційною взаємодії між учасниками ринку [30].

Структурна трансформація логістичних шляхів виявляється у посиленні ролі цифрових транспортних коридорів на глобальному рівні. Географічна відстань залишається фізичним обмеженням, однак конкурентоспроможність маршруту дедалі більше визначається швидкістю обробки даних, рівнем автоматизації портів, інтегрованістю інформаційних систем та стійкістю до зовнішніх ризиків [33].

Особливо помітними зміни стали після глобальних логістичних криз 2020–2024 рр., коли порушення роботи Суецького каналу, Червоного моря та Панамського каналу призвели до перегляду міжнародних маршрутів перевезень. У результаті компанії почали активніше диверсифікувати логістичні шляхи,

розвивати регіональні хаби та використовувати цифрові інструменти прогнозування ризиків [30].

Для детального аналізу структурних зрушень розглянемо зміну модального складу глобальних вантажних перевезень у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Зміна структури глобальних вантажних перевезень за видами транспорту у 2020–2024 рр.

Вид транспорту	Частка у світових вантажних перевезеннях у 2020 р., %	Частка у світових вантажних перевезеннях у 2024 р., %	Основна тенденція
Морський	80	76	Скорочення частки внаслідок диверсифікації маршрутів та зростання геополітичних ризиків у ключових морських протоках
Залізничний	8	11	Зростання ролі євроазійських транспортних коридорів як альтернативи морським маршрутам
Автомобільний	9	10	Посилення регіональної логістики та доставки безпосередньо від відправника до одержувача
Авіаційний	2	2,5	Зростання попиту на термінові постачання в умовах розвитку електронної торгівлі
Інші	1	0,5	Поступове скорочення частки традиційних допоміжних видів перевезень

Джерело: складено автором за даними [30; 37]

За табл. 2.13 бачимо, що морський транспорт зберігає провідні позиції у світових вантажних перевезеннях, незважаючи на скорочення його частки з 80 % до 76 %. Залізничний транспорт збільшив частку з 8 % до 11 % унаслідок активізації євроазійських транспортних коридорів, авіаційний – з 2 % до 2,5 % під впливом розвитку електронної торгівлі. Наведені дані свідчать про поступову диверсифікацію модальної структури світових вантажних перевезень, хоча й повільну.

Для кількісної оцінки того, наскільки виявлені структурні зрушення вплинули на рівень концентрації ринку, розрахуємо індекс Герфіндаля-Гіршмана за формулою (1.6) для обох точок спостереження. Результати наведені у табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Порівняльний розрахунок ННІ модальної структури глобальних вантажних перевезень у 2020 та 2024 рр.

Вид транспорту	S_i 2020, %	S_i^2 (2020)	S_i 2024, %	S_i^2 (2024)
Морський	80	6400	76	5776
Залізничний	8	64	11	121
Автомобільний	9	81	10	100
Авіаційний	2	4	2,5	6,25
Інші	1	1	0,5	0,25
ННІ	100	6550	100	6003,5

Джерело: розраховано автором за даними [30; 37]

$$ННІ_{2020} = 6400 + 64 + 81 + 4 + 1 = 6550$$

$$ННІ_{2024} = 5776 + 121 + 100 + 6,25 + 0,25 = 6003,5$$

$$\Delta ННІ = ННІ_{2024} - ННІ_{2020} = 6003,5 - 6550 = -546,5$$

Отримані результати з табл. 2.14 виявляють дві різноспрямовані тенденції. По-перше, обидва значення ННІ перевищують порогове значення 2500, що підтверджує збереження критично високого рівня модальної концентрації, зумовленого об'єктивними техніко-економічними перевагами морського транспорту при міжконтинентальних перевезеннях. По-друге, зниження ННІ на 546,5 пункту за чотири роки кількісно підтверджує реальну, хоча й поступову диверсифікацію модальної структури під впливом глобальних логістичних криз 2020–2024 рр.

Суттєві зміни відбуваються також у структурі міжнародних транспортних коридорів. Традиційні морські маршрути доповнюються мультимодальними перевезеннями, що поєднують морський, залізничний, автомобільний та авіаційний транспорт. Найбільш активно розвиваються транспортні коридори, які забезпечують інтеграцію ринків Європи та Азії. При цьому геополітичні ризики та військові конфлікти змушують міжнародних операторів переглядати структуру логістичних маршрутів та збільшувати кількість альтернативних шляхів транспортування [30].

Концепція інтелектуального порту (англ. Smart Port) є конкретним технологічним виявом структурної трансформації. Провідні міжнародні порти активно впроваджують цифрові технології для автоматизації навантажувально-

розвантажувальних операцій, управління потоками контейнерів та прогнозування завантаженості терміналів, що дозволяє скоротити час перебування суден у портах та підвищити ефективність обробки вантажів [33].

Для оцінки масштабів цифрової трансформації міжнародної логістики доцільно проаналізувати рівень впровадження цифрових технологій у транспортній сфері провідних регіонів світу та України у табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Рівень використання цифрових технологій у транспортно-логістичному секторі світу у 2024 р.

Регіон світу/ Країна	Використання IoT-технологій, % компаній	Використання AI у логістиці, % компаній	Рівень автоматизації складів, %
Північна Америка	78	61	72
Європейський Союз	74	57	69
Азійсько-Тихоокеанський регіон	81	64	75
Латинська Америка	46	31	39
Африка	28	17	22
Україна	35	22	27

Джерело: складено автором на основі узагальнення даних [33; 37; 47]

Дані табл. 2.15 засвідчують суттєву диференціацію рівня цифровізації транспортно-логістичного сектору між регіонами світу. Україна за всіма трьома показниками перевищує рівень Африки, однак значно поступається країнам ЄС та Північної Америки, що підтверджує наявність системного цифрового розриву. Інформаційна складова дедалі більше визначає конкурентоспроможність транспортних коридорів, адже швидкість обробки даних, інтегрованість платформ та можливість оперативного реагування стають такими ж важливими, як і фізична інфраструктура [33].

Для кількісного підтвердження цього зв'язку побудуємо кореляційно-регресійну модель на основі офіційних даних двох міжнародних організацій. Залежною змінною обрано LPI 2023 року Світового банку – комплексний показник ефективності логістичних систем, що розраховується на основі опитування міжнародних вантажних операторів та експедиторів за шістьма компонентами. До них належать ефективність митних процедур, якість транспортної інфраструктури,

простота організації міжнародних перевезень, компетентність логістичних операторів, можливість відстеження вантажів та своєчасність доставки. Кожен компонент оцінюється за шкалою від 1 до 5 балів, а підсумковий LPI є середнім зваженим значенням усіх складових [28]. Незалежною змінною обрано значення ICT Development Index 2023 року ITU – інтегральний показник рівня цифрової зрілості телекомунікаційної інфраструктури за шкалою від 0 до 100, що є науково обґрунтованим проксі рівня цифровізації транспортно-логістичних систем [50].

Для забезпечення статистичної репрезентативності сформовано вибірку з 30 країн за методом квотного відбору відповідно до класифікації Світового банку: 10 країн з високим рівнем доходу, 10 з рівнем вище середнього, 7 з рівнем нижче середнього та 3 з низьким рівнем доходу, з охопленням усіх основних регіонів світу. Вибірка включає Україну як об'єкт прогностного застосування моделі.

Визначення змінних:

- Залежна змінна (Y) – загальний бал LPI 2023 року.
- Факторна змінна (X_1) – значення IDI 2023 року.

Вихідні дані вибірки 30 країн та проміжні розрахунки для побудови кореляційно-регресійної моделі наведено в додатку Б.

На основі сформованої вибірки здійснимо розрахунок основних параметрів кореляційно-регресійної моделі.

Крок 1. Коефіцієнт парної кореляції.

$$r_{X_1Y} = \frac{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1)(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1)^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.4)$$

де $\sum(Y_i - \bar{Y})^2 = 1,11^2 + 1,01^2 + 0,91^2 + \dots + 1,29^2 = 11,5173$.

$$r_{X_1Y} = \frac{348,17}{\sqrt{14\,965,33 \times 11,5173}} = \frac{348,17}{\sqrt{172\,359,74}} = \frac{348,17}{415,16} \approx 0,839$$

За шкалою Чеддока $r = 0,839 \in [0,7; 0,9]$ – високий рівень зв'язку між рівнем цифрової зрілості (IDI) та індексом ефективності логістики.

Крок 2. Параметри регресійної моделі.

Коефіцієнт нахилу:

$$b_1 = \frac{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1)(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1)^2} \quad (2.5)$$

$$b_1 = \frac{348,17}{14\,965,33} \approx 0,023$$

Вільний член:

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \cdot \bar{X}_1 \quad (2.6)$$

$$b_0 = 3,19 - 0,023 \times 76,5 = 3,19 - 1,76 = 1,43$$

Рівняння регресії набуває вигляду:

$$\hat{Y}_{LPI} = 1,43 + 0,023 \cdot X_1 \quad (2.7)$$

Крок 3. Оцінка якості моделі.

Коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = r^2 \quad (2.8)$$

$$R^2 = 0,839^2 \approx 0,703$$

F-критерій Фішера для перевірки значущості ($k = 1$ фактор, $n = 30$):

$$F = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - k - 1)} \quad (2.9)$$

$$F = \frac{0,703/1}{0,297/28} = \frac{0,703}{0,01061} \approx 66,3$$

З метою систематизації інформації щодо якості побудованої моделі сформовано табл. 2.16, у якій розміщено ключові статистики з їх інтерпретацією.

Таблиця 2.16 – Характеристики якості регресійної моделі

Статистика	Значення	Інтерпретація
Коефіцієнт кореляції r	0,839	Високий зв'язок
Коефіцієнт детермінації R^2	0,703	70,3 % варіації LPI пояснено IDI
F-критерій розрахунковий	66,3	
F-критерій табличний ($\alpha = 0,05$)	7,17	
Обсяг вибірки	30	
Висновок про значущість	$F_{\text{розрах}} > F_{\text{табл}}$	Моделі значуща

Джерело: розраховано автором

Отримане рівняння регресії показує, що підвищення IDI на 1 пункт асоційоване зі зростанням LPI на 0,023 бали. Коефіцієнт детермінації 0,703 свідчить, що рівень цифрової зрілості пояснює 70,3 % варіації індексу ефективності логістики у розрізі країн, решта 29,7 % зумовлена географічним розташуванням, якістю інституційного середовища, рівнем економічного розвитку тощо. Високе значення F-критерію підтверджує загальну статистичну значущість моделі. Отримані результати є індикативним підтвердженням гіпотези дослідження про визначальну роль цифровізації у формуванні конкурентоспроможності транспортно-логістичних систем в умовах Індустрії 4.0.

Крок 4. Прогнозне застосування моделі для України.

Значення індексу IDI для України у 2023 році становить $X_{\text{УКР}} = 75,0$. Підставляємо у рівняння регресії:

$$\hat{Y}_{LPI}^{UA} = 1,43 + 0,023 \times 75,0 = 1,43 + 1,73 \approx 3,16 \text{ бали}$$

Фактичний LPI України у 2023 р. становить 2,67 бали, тоді як прогнозне значення за моделлю складає 3,16 бали. Від'ємне відхилення 0,49 бали свідчить про те, що Україна не повністю реалізує свій цифровий потенціал у логістичну ефективність, передусім через воєнні пошкодження транспортної інфраструктури та підвищені операційні ризики.

Для досягнення середньоєвропейського рівня LPI, що відповідає значенню 3,50 бали за середнім показником країн ЄС у вибірці, необхідний цільовий рівень IDI:

$$X_1^* = \frac{Y^* - b_0}{b_1} \quad (2.10)$$

$$X_1^* = \frac{3,50 - 1,43}{0,023} = \frac{2,07}{0,023} \approx 90,0$$

Для наближення рівня ефективності логістики України до середнього показника ЄС необхідно підвищити IDI з 75,0 до 90,0, тобто на 15,0 пунктів. Це є кількісним обґрунтуванням пріоритету цифрової трансформації галузі та безпосередньо вказує на напрями її удосконалення.

Для України питання трансформації логістичних шляхів є особливо актуальним в умовах війни та переорієнтації зовнішньоторговельних маршрутів. Блокування морських портів Чорного моря, руйнування транспортної інфраструктури та зміна напрямів експорту призвели до активного розвитку альтернативних логістичних маршрутів через країни ЄС, суттєво збільшивши роль залізничних та автомобільних перевезень і прикордонної інфраструктури західного напрямку [30]. Часткове відновлення портової діяльності у 2024 р. завдяки гуманітарним угодам зумовило зростання частки морського транспорту до 29 %, проте стратегічна вразливість чорноморських маршрутів зберігається, що підтверджує необхідність розвитку альтернативних коридорів.

Окремої уваги в контексті структурної трансформації логістичних шляхів заслуговує Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут (ТМТМ, англ. Trans-Caspian International Transport Route, TITR; також відомий як Середній коридор – Middle Corridor). Цей мультимодальний коридор пролягає від кордонів Китаю через Казахстан, Каспійське море, Азербайджан та Грузію до чорноморських і турецьких портів і далі до Центральної та Західної Європи. Загальна протяжність маршруту становить близько 11 000 км, транзитний час за умов оптимальної координації скорочується до 15–25 діб порівняно з 35–45 добами традиційними морськими маршрутами [40].

До 2022 р. ТМТМ функціонував як другорядна альтернатива Північному коридору. Ситуація змінилась після повномасштабного вторгнення росії в Україну:

санкційний тиск фактично закрити Північний маршрут для більшості операторів, спрямувавши значний обсяг вантажів на ТМТМ. Між 2019 і 2024 рр. сукупний вантажообіг маршруту збільшився у шість разів [41].

Різне нарощування вантажопотоку виявило системні вузькі місця інфраструктури. Операційні неефективності на прикордонних переходах та в каспійських портах у 2023 р. призвели до скорочення контейнерного трафіку на 37 % порівняно з аналогічним періодом 2022 р. [40]. Проте у 2024 р. ситуація суттєво покращилась: загальний вантажообіг ТМТМ зріс на 62 % до 4,5 млн тонн, а контейнерний трафік за 11 місяців збільшився у 2,6 раза до 50 500 TEU [41]. Динаміку контейнерного вантажообігу ТМТМ наведено в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Динаміка контейнерного вантажообігу Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту у 2019–2024 рр.

Рік	Загальний вантажообіг, млн тонн	Темп приросту, %	Контейнерний трафік, тис. TEU	Ключова подія
2019	0,75	–	17	Базовий рівень для порівняння
2020	0,85	+13,3	20	Пандемія COVID-19: порушення роботи Північного коридору
2021	1,10	+29,4	25	Зростання попиту на альтернативні маршрути
2022	2,60	+136,4	33	Запровадження санкцій проти РФ: переорієнтація вантажопотоків
2023	2,80	+7,7	21	Операційні збої на прикордонних переходах; відтік частини вантажів
2024	4,50	+60,7	51	Відновлення операційної спроможності; рекордні показники вантажообігу

Джерело: складено автором за даними [40; 41; 42]

Дані табл. 2.17 суттєве нарощування обсягів перевезень ТМТМ протягом 2019–2024 рр. Особливо значне зростання спостерігалось у 2022 р., коли вантажообіг збільшився більш ніж удвічі порівняно з попереднім роком. Незважаючи на уповільнення динаміки у 2023 р., у 2024 р. було досягнуто максимального значення вантажообігу 4,5 млн тонн.

Стратегічний потенціал ТМТМ підтверджується прогнозами Світового банку. За умови реалізації ключових інвестицій і реформ обсяг перевезень коридором

може збільшитись до 11 млн тонн на рік, а транзитний час скоротиться удвічі до 2030 р. Прогнозується також зростання внутрішньорегіональної торгівлі між країнами-учасниками коридору та ЄС на 28 %, а обсягів взаємної торгівлі між цими країнами на 37 % [40].

Реалізація цього потенціалу значною мірою залежить від рівня цифровізації учасників коридору. Відтік вантажів у 2023 р. на 37 % безпосередньо пов'язаний із затримками на прикордонних переходах через фрагментованість інформаційних систем між країнами-учасниками та недостатнє охоплення EDI-систем, що подекуди зумовлює затримки до 24–48 год лише через операції зміни колії [42]. Це узгоджується з висновками регресійної моделі: підвищення IDI на 1 пункт асоційоване зі зростанням LPI на 0,023 бали.

Зміни в маршрутній структурі після 2022 р. кількісно відображені у показнику ДННІ з табл. 2.14. Зростання частки залізничного транспорту з 8 % до 11 % є тим структурним механізмом диверсифікації, який стоїть за зниженням концентрації на 546,5 пункту.

Паралельно із переорієнтацією на захід Україна має потенціал інтегруватись у ТМТМ як природні «ворота» коридору до Центральної та Західної Європи. Чорноморські порти Великої Одеси здатні виступати перевантажувальними хабами для вантажів, що прибувають із грузинських портів Поті та Батумі, оскільки тільки у 2023 р. контейнерооборот порту Поті сягнув рекордних 592 000 TEU [43]. Реалізація цього потенціалу потребує вирішення кількох системних завдань, зокрема стандартизації залізничної колії для забезпечення безшовного транзиту до мережі TEN-T, відновлення та модернізації портової інфраструктури, а також дипломатичної координації з країнами-учасниками коридору щодо єдиних тарифів і митних процедур.

До того ж, сучасні умови стимулюють розвиток цифрових логістичних платформ в Україні, які забезпечують координацію перевізників, експортерів та митних органів. Використання електронного документообігу, цифрового відстеження вантажів та автоматизованих систем управління дозволяє підвищити

ефективність логістичних процесів навіть в умовах нестабільності та високих ризиків [33].

Виявлені структурні трансформації логістичних шляхів безпосередньо відображаються у попиті на послуги цифрового транспортного консалтингу. Ідентифіковані Світовим банком системні дефіцити цифровізації Середнього коридору [40], зокрема фрагментованість інформаційних систем між країнами-учасницями, відсутність єдиного вікна для митного оформлення та недостатнє EDI-охоплення, є безпосередньою сферою компетенції ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ». За умови виходу на проєкти цього рівня компанія здатна конвертувати структурну трансформацію логістичних шляхів у конкретний комерційний попит на свої послуги.

У горизонті до 2030 р. трансформація глобальних логістичних шляхів концентруватиметься навколо технологій автономного транспорту, цифрових двійників транспортної інфраструктури та предиктивної аналітики. Очікується, що їх впровадження скоротить транспортні витрати на 10–15 % та мінімізує ризики переривання ланцюгів постачань [38].

Отже, структурний аналіз трансформації логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0 дозволив отримати кількісно підтверджені результати на трьох рівнях дослідження. На глобальному рівні ринок залишається висококонцентрованим за модальною ознакою з показником ННІ 6003,5 у 2024 р., однак демонструє вимірювану диверсифікацію зі зниженням ННІ на 546,5 пунктів відносно 2020 р.; між рівнем цифрової зрілості IDI та індексом LPI виявлено високий кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,839, а статистично значуща регресійна модель на вибірці 30 країн підтверджує визначальну роль цифровізації. На національному рівні Україна перебуває в стані активної переорієнтації логістичних маршрутів: блокування чорноморських портів стимулювало розвиток альтернативних залізничних та автомобільних коридорів, а прогнозований розвиток ТМТМ до 2030 р. відкриває нові стратегічні можливості для інтеграції у глобальні ланцюги постачань. На мікрорівні досвід ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» демонструє, що фінансова динаміка цифрових транспортно-аналітичних компаній є безпосереднім

відображенням структурних трансформацій макrorівня, а їхні компетенції набувають зростаючої стратегічної цінності в умовах прискореної цифровізації галузі.

Висновки до розділу 2

У ході системно-структурного аналізу розвитку глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 було отримано такі висновки.

1. На підставі індексного аналізу динаміки світового товарного експорту за 2020–2025 рр. встановлено структурну стійкість глобального ринку транспортних послуг. Незважаючи на скорочення ринкової активності у 2020 р. внаслідок пандемії, ринок відновився, досягнувши індексу вартості 1,47 відносно базового 2020 р. при середньорічному темпі зростання на 7,9 %. Показово, що 91 % сукупного приросту було реалізовано вже у перші два роки після пандемії, що кількісно підтверджує тезу про інтенсивне відновлювальне зростання 2021–2022 рр. Водночас скорочення глобального товарного експорту у 2023 р. на 2,8 % засвідчило зростаючу циклічну вразливість ринку під тиском геополітичної нестабільності.

2. Шляхом розрахунку індексу Герфіндаля-Гіршмана для модальної структури глобальних вантажних перевезень доведено збереження критично високого рівня концентрації ринку. ННІ у 2024 р. становить 6 003 одиниці, що перевищує поріг висококонцентрованого ринку у понад 2,4 раза. Разом із тим порівняння з аналогічним показником 2020 р., де ННІ становив 6 550, виявило реальну, хоча й поступову диверсифікацію – насамперед за рахунок зростання частки залізничного транспорту з 8 % до 11 % під впливом переключення вантажопотоків на євразійські коридори та логістичних криз у морських маршрутах.

3. На основі аналізу даних Індексу ефективності логістики Світового банку та статистики вітчизняного транспортного сектору встановлено суттєвий розрив між потенціалом і результатами України. LPI України у 2023 р. склав 2,67 бали, що на 0,16 бали нижче показника 2018 р., при цьому найбільше погіршення зафіксовано

за компонентом «Міжнародні відправки». Водночас вітчизняний сектор демонструє помітну адаптаційну стійкість, оскільки обсяг експорту досяг 41,6 млрд дол. у 2024 р., що на 23,6 % більше ніж у 2023 р.

4. На підставі коефіцієнтного аналізу діяльності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» за 2020–2025 рр. виокремлено три фази розвитку компанії: зростання у 2020–2021 рр., кризова адаптація у 2022–2024 рр. та відновлення у 2025 р. Встановлено, що фінансова траєкторія компанії є мікрорівневим відображенням макроекономічних тенденцій ринку. За результатами SWOT-аналізу визначено стратегічну нішу компанії у цифровому транспортному консалтингу та сформовано пріоритети розвитку, зокрема реалізацію компетенцій у транспортному моделюванні в рамках євроінтеграційної адаптації транспортної системи України та розвитку ТМТМ.

5. У ході кореляційно-регресійного аналізу залежності LPI від рівня цифрової зрілості на вибірці 30 країн отримано рівняння регресії $\hat{y} = 1,43 + 0,023 \cdot X_1$ із коефіцієнтом детермінації 0,703, що підтверджує суттєвий вплив цифровізації на конкурентоспроможність транспортно-логістичних систем. Встановлено, що вантажообіг Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту зріс у 6 разів за 2019–2024 рр. і досяг 4,5 млн тонн у 2024 р., а прогнозоване збільшення обсягів перевезень ТМТМ до 11 млн тонн до 2030 р. формує стратегічні можливості для інтеграції України у глобальні ланцюги постачань.

3 НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ЗАСАДАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

3.1 Удосконалення системи індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг

Удосконалення системи індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг є актуальним в умовах Індустрії 4.0, оскільки традиційні показники аналізу транспортної галузі сформувались в Індустрії 3.0 і фіксують результати діяльності, однак не відображають цифрову зрілість систем, рівень IoT-охоплення чи стійкість маршрутів до геополітичних збоїв, що робить їх недостатніми для прийняття стратегічних рішень у сучасних умовах.

Ефективність глобального ринку транспортних послуг є багатовимірною категорією, що охоплює економічний, цифровий, екологічний та безпековий виміри. Більшість наявних систем оцінювання зосереджена переважно на економічних показниках, тоді як цифровий та безпековий виміри залишаються недостатньо представленими, що зумовлює необхідність їх включення до комплексної системи індикаторів. На підставі результатів аналізу, проведеного у розд. 2, пропонується удосконалена система індикаторів оцінювання розвитку глобального ринку транспортних послуг, що охоплює чотири блоки критеріїв і наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Удосконалена система індикаторів оцінювання розвитку глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0

Блок	Індикатор	Джерело / Метод розрахунку	Зв'язок із результатами дослідження
1	2	3	4
I. Економічний	Обсяг світового товарного експорту, трлн дол. США	COT	Середньорічний темп зростання за 2020–2025 рр. становить 7,9 %, що підтверджує стійке розширення попиту на транспортні послуги
	Індекс вартості транспортних потоків ($I_{\text{варт}}$)	Формула (1.3)	Значення $I_{\text{варт}} = 1,466$ за 2020–2025 рр. свідчить про зростання реальної вартості транспортних потоків на 46,6 %

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
	Індекс ринкової концентрації (HHI)	Формула (1.6)	HHI = 6003,5 відповідає високому рівню концентрації ринку, що обмежує конкурентне середовище
II. Цифровий	Індекс цифрового розвитку (IDI)	ITU	Факторна змінна регресійної моделі (2.7); коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,703$ підтверджує визначальний вплив цифровізації на ефективність логістики
	Індекс ефективності логістики (LPI)	World Bank	Результуюча змінна моделі (2.7); значення LPI України 2,67 бали у 2023 р. свідчить про суттєве відставання від середньоєвропейського рівня
	Частка суб'єктів господарювання, що застосовують IoT-рішення, %	WEF, ЄБА	Розрив між Україною 35 % та ЄС 74 % характеризує рівень цифрового відставання транспортно-логістичного сектору
	Рівень автоматизації складської інфраструктури, %	WEF	Субіндикатор, використаний при побудові ЦЗТЛС
	Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи (ЦЗТЛС)	Формула (3.5), авторська розробка	Розраховано для п'яти регіонів світу та України; ЦЗТЛС _{УКР} = 0,115 відображає низький рівень цифрової зрілості вітчизняної транспортно-логістичної системи
III. Екологічний	Питомий рівень викидів CO ₂ транспортним сектором	IEA	Перспективний орієнтир моніторингу
	Частка транспортних засобів на альтернативних видах палива, %	IEA	Перспективний орієнтир моніторингу
	Енергоефективність транспортної інфраструктури	Eurostat, IEA	Перспективний орієнтир моніторингу
IV. Безпековий	Індекс диверсифікації логістичних маршрутів (HHI ⁻¹)	Формула (1.6)	Зниження HHI на 546,5 пунктів за аналізований період підтверджує тенденцію до поступової диверсифікації маршрутної структури
	Вантажообіг альтернативних транспортних коридорів, млн тонн	UNCTAD, World Bank	Вантажообіг TMTM у 2024 р. становить 4,5 млн тонн; прогнозне значення 11 млн тонн до 2030 р., що підтверджує зростання ролі альтернативних коридорів в умовах геополітичної нестабільності
	Індекс кіберзахисту транспортних платформ	ITU GCI	Перспективний орієнтир моніторингу

Джерело: розроблено автором на основі [19; 28; 29; 30; 31; 33; 37; 40]

Запропонована система індикаторів поєднує чотири виміри оцінювання і безпосередньо спирається на результати кількісного аналізу підрозд. 2.1–2.3. Показники економічного та цифрового блоків мають кількісне підґрунтя у розрахунках попередніх розділів; екологічний та безпековий блоки включено на підставі їхньої концептуальної значущості для комплексного оцінювання стійкості глобального ринку транспортних послуг, а їх кількісна верифікація потребує окремого інформаційного масиву та виходить за межі завдань цього дослідження.

Для практичного застосування економічного блоку системи індикаторів побудуємо трендову модель динаміки світового товарного експорту з метою визначення прогнозних орієнтирів попиту на транспортні послуги до 2028 р.

На основі часового ряду табл. 2.1 кодуємо роки: $t = 1$ (2020), $t = 2$ (2021), ..., $t = 6$ (2025).

Таблиця 3.2 – Дані для побудови трендової моделі динаміки світового товарного експорту

Рік	t	Y , трлн дол.	t^2	$t \cdot Y$	$\hat{Y}$ (модель)	Залишок $e = Y - \hat{Y}$
2020	1	17,6	1	17,6	19,9	-2,3
2021	2	22,3	4	44,6	21,3	+1,0
2022	3	25,1	9	75,3	22,7	+2,4
2023	4	24,4	16	97,6	24,1	+0,3
2024	5	25,0	25	125	25,4	-0,4
2025	6	25,8	36	154,8	26,8	-1,0
Σ	21	140,2	91	514,9	—	—

Джерело: складено автором за даними [29, 30]

Повні вихідні дані, розрахункові значення та залишки трендової моделі наведено в додатку В.

Параметри лінійного тренду методом найменших квадратів:

$$b_1 = \frac{n \sum t_i Y_i - \sum t_i \sum Y_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (3.1)$$

$$b_1 = \frac{6 \times 514,9 - 21 \times 140,2}{6 \times 91 - 441} = \frac{3089,4 - 2944,2}{546 - 441} = \frac{145,2}{105} \approx 1,383$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \cdot \bar{t} \quad (3.2)$$

$$b_0 = \frac{140,2}{6} - 1,383 \times \frac{21}{6} = 23,37 - 4,84 \approx 18,53$$

Рівняння лінійного тренду набуває вигляду:

$$\hat{Y}_{\text{export}} = 18,53 + 1,383 \cdot t \quad (3.3)$$

Якість моделі оцінюється через коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = r^2, \quad (3.4)$$

де r – коефіцієнт кореляції між кодованим часом t та обсягом експорту Y .

$$R^2 = 0,843^2 \approx 0,711$$

Помірне значення $R^2 = 0,711$ зумовлене нелінійним характером ряду, адже суттєве скорочення обсягів торгівлі у 2020 р. та інтенсивне відновлювальне зростання 2021–2022 рр. створюють відхилення від лінійного тренду на початку горизонту. Тому прогнозні значення слід розглядати як орієнтир базового сценарію, а не як точкову оцінку.

Прогнозні значення на 2026–2028 рр.:

$$\hat{Y}_{2026} (t = 7): 18,53 + 1,383 \times 7 = 18,53 + 9,68 = 28,2 \text{ трлн дол.}$$

$$\hat{Y}_{2027} (t = 8): 18,53 + 1,383 \times 8 = 18,53 + 11,06 = 29,6 \text{ трлн дол.}$$

$$\hat{Y}_{2028} (t = 9): 18,53 + 1,383 \times 9 = 18,53 + 12,45 = 31,0 \text{ трлн дол.}$$

Таблиця 3.3 – Прогнозні значення світового товарного експорту та попиту на транспортні послуги на 2026–2028 рр.

Рік	t	Прогноз $\hat{Y}$, трлн дол.	Приріст до 2025 р., трлн дол.	Приріст до 2025 р., %	Діапазон можливих значень, трлн дол.
2026	7	28,2	+2,4	+9,3	25,4 - 31,0
2027	8	29,6	+3,8	+14,7	26,6 - 32,6
2028	9	31,0	+5,2	+20,2	27,9 - 34,1

Джерело: розраховано автором за рівнянням (3.3)

Оскільки лінійна трендова модель є детермінованою і не враховує циклічних коливань попиту, геополітичних нестабільності та структурних зрушень у торгівлі, прогностні значення наводяться із симетричним діапазоном можливих значень $\pm 10\%$ від точкового прогнозу. Такий діапазон є стандартним консервативним підходом для позавибіркових прогнозів на горизонті 2–3 роки і відображає реалістичну невизначеність, зумовлену виходом за межі горизонту спостереження. Графічну візуалізацію трендової моделі та прогностних значень із діапазоном можливих значень наведено на рис. 3.1.

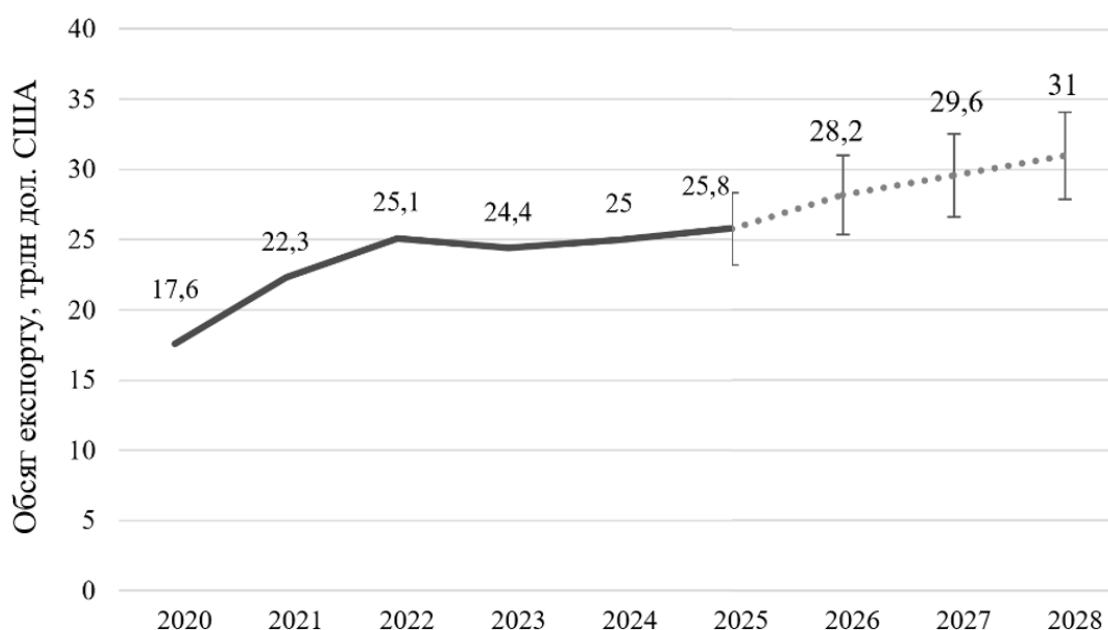


Рисунок 3.1 – Трендова модель динаміки світового товарного експорту та прогноз на 2026–2028 рр., трлн дол. США

Джерело: складено автором за даними [29; 30] та табл.3.3

Прогнозна модель передбачає, що за збереження виявленого лінійного тренду обсяг світової торгівлі перевищить 31 трлн дол. у 2028 р. Щорічний приріст обсягу світового товарного експорту складатиме близько 1,4 трлн дол., що, з огляду на частку транспортних витрат у вартості міжнародної торгівлі, означає пропорційне зростання попиту на транспортно-логістичні послуги та обґрунтовує доцільність інвестицій у цифрову транспортну інфраструктуру.

Для кількісного вимірювання цифрового блоку системи індикаторів з табл. 3.1 пропонується авторський Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи. Методологічним підґрунтям індексу слугує модель (2.7), яка підтвердила визначальну роль IDI у формуванні ефективності логістики.

Формула розрахунку:

$$\text{ІЦЗТЛС} = w_1 \cdot I_{IoT} + w_2 \cdot I_{AI} + w_3 \cdot I_{авт} + w_4 \cdot I_{LPI} \quad (3.5)$$

де I_{IoT} , I_{AI} , $I_{авт}$, I_{LPI} – нормалізовані значення відповідних показників (від 0 до 1);

w_i – вагові коефіцієнти.

Нормалізація здійснюється методом мін-макс:

$$I_j = \frac{X_j - X_{j,min}}{X_{j,max} - X_{j,min}} \quad (3.6)$$

Таблиця 3.4 – Вагові коефіцієнти компонентів ІЦЗТЛС та їх обґрунтування

Компонент	Позначення	Вага w_i	Обґрунтування
ІоТ-охоплення	I_{IoT}	0,30	Провідний операційний індикатор цифровізації транспортної галузі відповідно до методології WEF
AI у логістиці	I_{AI}	0,25	Другий за значущістю операційний індикатор цифровізації; висока взаємозалежність з ІоТ-охопленням у транспортній галузі
Автоматизація складів	$I_{авт}$	0,20	Відображає рівень фізичної інтеграції цифрових технологій у логістичні процеси
LPI	I_{LPI}	0,25	Незалежний агрегований показник Світового банку; забезпечує верифікацію цифрового потенціалу через реальну логістичну результативність
Σ		1,00	

Джерело: розроблено автором на основі [28; 33; 37]

Вагові коефіцієнти було встановлено автором на основі аналізу значущості показників у міжнародних методологіях оцінювання цифрової зрілості.

Показник LPI присутній одночасно і в регресійній моделі (2.7), і у формулі ІЦЗТЛС (3.5). У моделі (2.7) LPI є результуючим показником, у формулі (3.5) LPI є одним із чотирьох компонентів індексу і показує, наскільки ефективно регіон уже функціонує в логістичному відношенні.

Для розрахунку ІЦЗТЛС значення кожного компонента підлягає нормалізації за методом мін-макс, що забезпечує їх зіставність у єдиній шкалі від 0 до 1 незалежно від вихідних одиниць вимірювання. Нормалізовані значення компонентів та розраховані значення ІЦЗТЛС для п'яти регіонів світу й України наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Нормалізація показників та розрахунок ІЦЗТЛС за регіонами, 2024 р.

Регіон/Країна	I_{IoT}	I_{AI}	$I_{авт}$	I_{LPI}	ІЦЗТЛС
Північна Америка	$\frac{78 - 28}{53} = 0,943$	$\frac{61 - 17}{47} = 0,936$	$\frac{72 - 22}{53} = 0,943$	$\frac{3,9 - 2,5}{1,4} = 1,000$	0,954
Європейський Союз	$\frac{74 - 28}{53} = 0,868$	$\frac{57 - 17}{47} = 0,851$	$\frac{69 - 22}{53} = 0,887$	$\frac{3,7 - 2,5}{1,4} = 0,857$	0,866
Азійсько-Тихоокеанський	$\frac{81 - 28}{53} = 1,000$	$\frac{64 - 17}{47} = 1,000$	$\frac{75 - 22}{53} = 1,000$	$\frac{3,5 - 2,5}{1,4} = 0,714$	0,929
Латинська Америка	$\frac{46 - 28}{53} = 0,340$	$\frac{31 - 17}{47} = 0,298$	$\frac{39 - 22}{53} = 0,321$	$\frac{2,9 - 2,5}{1,4} = 0,286$	0,313
Африка	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Україна	$\frac{35 - 28}{53} = 0,132$	$\frac{22 - 17}{47} = 0,106$	$\frac{27 - 22}{53} = 0,094$	$\frac{2,67 - 2,5}{1,4} = 0,121$	0,115

Джерело: розраховано автором за даними [28; 33; 37]

На основі даних табл. 3.5 розрахуємо значення ІЦЗТЛС для кожного регіону та України:

$$\begin{aligned} \text{ІЦЗТЛС}_{\text{ПА}} &= 0,30 \times 0,943 + 0,25 \times 0,936 + 0,20 \times 0,943 + 0,25 \times 1,000 \\ &= 0,283 + 0,234 + 0,189 + 0,250 = 0,954 \approx 0,954 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ІЦЗТЛС}_{\text{АТР}} &= 0,30 \times 1,000 + 0,25 \times 1,000 + 0,20 \times 1,000 + 0,25 \times 0,714 \\ &= 0,300 + 0,250 + 0,200 + 0,179 = 0,929 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ІЦЗТЛС}_{\text{ЄС}} &= 0,30 \times 0,868 + 0,25 \times 0,851 + 0,20 \times 0,887 + 0,25 \times 0,857 \\ &= 0,260 + 0,213 + 0,177 + 0,214 = 0,866 \approx 0,866 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ІЦЗТЛС}_{\text{ЛА}} &= 0,30 \times 0,340 + 0,25 \times 0,298 + 0,20 \times 0,321 + 0,25 \times 0,286 \\ &= 0,102 + 0,075 + 0,064 + 0,072 = 0,313 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ЩЗТЛС}_{\text{АФ}} &= 0,30 \times 0,000 + 0,25 \times 0,000 + 0,20 \times 0,000 + 0,25 \times 0,000 \\ &= 0,000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ЩЗТЛС}_{\text{УКР}} &= 0,30 \times 0,132 + 0,25 \times 0,106 + 0,20 \times 0,094 + 0,25 \times 0,121 \\ &= 0,040 + 0,027 + 0,019 + 0,030 = 0,115\end{aligned}$$

Результати розрахунку формують чітку регіональну ієрархію цифрової зрілості транспортно-логістичних систем. Нульове значення для Африки є закономірним наслідком нормалізації за методом мін-макс і відображає відносно найнижчий рівень цифрової зрілості у межах аналізованої вибірки, а не абсолютну відсутність цифрового розвитку.

Заслуговує на увагу позиція АТР, який попри найвищий показник IoT-охоплення у вибірці поступається Північній Америці за підсумковим значенням ЩЗТЛС унаслідок нижчого нормалізованого значення LPI. Зазначена розбіжність підтверджує висновок про те, що рівень цифровізації не транслюється автоматично у логістичну ефективність, а визначальну роль відіграє якість інституційного та інфраструктурного середовища.

Для України, значення $\text{ЩЗТЛС}_{\text{УКР}} = 0,115$ відповідає початковому рівню цифрової зрілості транспортно-логістичної системи. Розрив з показником ЄС є суттєвим і потребує системних змін одночасно за кількома компонентами індексу. Кількісний орієнтир за IDI визначено на рівні 90,0 відповідно до розрахунку за рівнянням (2.7).

Запропонований ЩЗТЛС може застосовуватися Міністерством інфраструктури України як інструмент щорічного моніторингу прогресу цифрової трансформації транспортного сектору та обґрунтування пріоритетів у межах Національної транспортної стратегії. Практична цінність індексу полягає у переході від описових характеристик до числових орієнтирів реформ, що є необхідною умовою для об'єктивного оцінювання конкурентоспроможності транспортної системи України та її інтеграції до європейського транспортного простору.

Таким чином, удосконалення системи індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг реалізується через три взаємопов'язані результати.

Сформовано чотириблокову систему показників, що поєднує економічний, цифровий, екологічний та безпековий виміри в єдиній аналітичній рамці. Побудовано трендову прогнозну модель з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,711$, яка передбачає зростання обсягу світового товарного експорту до 31,0 трлн дол. США у 2028 р. Розраховано авторський ІЦЗТЛС для п'яти регіонів світу та України, визначено цільовий орієнтир для вітчизняної транспортно-логістичної системи на рівні показника ЄС із відповідним кількісним орієнтиром IDI на рівні 90,0.

3.2 Рекомендації з удосконалення цифрової трансформації транспортно-логістичних систем в умовах Індустрії 4.0

Рекомендації з удосконалення електронної системи логістичних замовлень є логічним практичним продовженням теоретичного і аналітичного матеріалу попередніх розділів, оскільки саме модернізація цих систем є прямим наслідком двох паралельних процесів: технологічної доступності рішень Індустрії 4.0 та зростаючого дефіциту ефективності традиційних систем. Цифрові платформи вже стали основою координації міжнародних перевезень, однак рівень їх інтеграції між країнами та операторами залишається фрагментованим, що спричиняє щонайменше 30–40 % затримок у митному оформленні [40]. Подальший розвиток таких систем має базуватися на принципах інтероперабельності, використанні хмарних сервісів та стандартизації обміну даними між учасниками логістичних ланцюгів.

На підставі результатів аналізу, здійсненого у попередніх підрозділах, та з урахуванням цільового значення $ІЦЗТЛС_{\text{УКР}} = 0,866$, сформовано систему рекомендацій з удосконалення електронної системи логістичних замовлень. З метою систематизації інформації щодо напрямів цифровізації сформовано табл. 3.6, у якій розміщено шість заходів із зазначенням очікуваного ефекту та пріоритетності.

Таблиця 3.6 – Рекомендації з удосконалення електронних систем логістичних замовлень на засадах Індустрії 4.0

№	Напрямок	Конкретний захід	Очікуваний ефект	Пріоритет
1	Штучний інтелект та великі дані	Впровадження модулів предиктивної аналітики для автоматизації маршрутного планування та прогнозування попиту на транспортні послуги	Скорочення операційних витрат на 15–25 %	Високий
2	IoT-інтеграція	Підключення рухомого складу та складської інфраструктури до єдиної IoT-платформи для моніторингу вантажів у режимі реального часу	Скорочення середнього часу доставки на 10–18 % та зниження рівня втрат вантажу	Високий
3	Технологія розподіленого реєстру (блокчейн)	Формування децентралізованого реєстру для автоматизованої верифікації митної та товаросупровідної документації	Скорочення тривалості митного оформлення на 30–40 % та мінімізація ризику фальсифікації документів	Середній
4	Міжплатформна інтеграція	Розроблення єдиних API-стандартів обміну даними між перевізниками, митними органами та портовою адміністрацією	Усунення дублювання документообігу та забезпечення функціонування єдиного інформаційного вікна	Середній
5	Електронний документообіг	Перехід на повністю безпаперовий формат транзакцій у міжнародних перевезеннях на основі стандартів e-CMR та e-AWB	Економія 3–5 % від вартості транзакції та скорочення строків проведення розрахунків	Середній
6	Кадрове забезпечення	Реалізація програм підготовки та перепідготовки фахівців у сфері цифрових логістичних платформ і транспортної аналітики	Підвищення продуктивності праці та зниження рівня операційних помилок	Базовий

Джерело: розроблено автором на основі [5, 18, 33, 36]

Реалізація шести заходів табл. 3.6 у комплексі формує систему взаємопов'язаних заходів цифрової трансформації, кожен захід адресує окремий компонент ІЦЗТЛС і в сукупності переводить Україну з рівня 0,115 до цільового 0,866. Пріоритет «Високий» у заходів 1 і 2 відповідає найбільшій вазі IoT (0,30) і AI (0,25) у формулі (3.5). Захід 6 («Кадрове забезпечення») віднесено до допоміжного

пріоритету, оскільки він не впливає безпосередньо на компоненти ІЦЗТЛС, однак є необхідною умовою ефективної реалізації решти заходів.

Для кількісної оцінки потенційного ефекту від впровадження рекомендацій табл. 3.6 розрахуємо очікувану економії на прикладі глобального ринку транспортних послуг, а також у розрізі масштабів ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ».

Відповідно до даних підрозд. 2.1, обсяг глобального ринку транспортних послуг у 2025 р. оцінюється пропорційно до товарного експорту. За формулою:

$$V_{\text{тр}} = V_{\text{export}} \times k_{\text{тр}} \quad (3.7)$$

де $k_{\text{тр}} = 0,12$ – середня частка транспортних витрат у вартості експорту, прийнята авторським рішенням у середині діапазону галузевих оцінок 0,09–0,15 [29; 30].

$$V_{\text{тр}} = 25,8 \times 0,12 \approx 3,1 \text{ трлн дол.}$$

Потенційна економія від цифровізації логістичних операцій:

$$E_{\text{глоб}} = V_{\text{тр}} \times e \quad (3.8)$$

де e – норма економії від цифровізації;

нижня межа $e_{\text{мін}} = 0,15$, верхня межа $e_{\text{мак}} = 0,25$ [5].

$$E_{\text{глоб}}^{\text{мін}} = 3,1 \times 0,15 \approx 0,465 \text{ трлн дол.}$$

$$E_{\text{глоб}}^{\text{мак}} = 3,1 \times 0,25 \approx 0,775 \text{ трлн дол.}$$

Потенційний ефект від повної цифровізації глобальних логістичних замовлень оцінюється у 0,465–0,775 трлн дол. щорічно, що ілюструє масштаб економічних стимулів для прискорення цифрової трансформації галузі.

Рекомендації для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» сформовано на основі результатів коефіцієнтного аналізу підрозд. 2.2, висновків SWOT-аналізу та стратегічних пріоритетів, визначених у підрозд. 3.3. Компанія спеціалізується на транспортному моделюванні, аналітиці мобільності та консалтингу у сфері транспортного планування, що робить її безпосереднім учасником процесів цифрової трансформації транспортно-логістичного ринку. Незважаючи на стійке

зростання доходу з CAGR на рівні 21,6 % за 2021–2025 рр., рентабельність залишається на низькому рівні, що вказує на наявність резервів підвищення операційної ефективності через цифрові інструменти. Рекомендації сформовано за п'ятьма напрямками і представлено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Рекомендації з удосконалення діяльності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» на засадах Індустрії 4.0

Напрямок	Поточний стан	Рекомендований захід	Очікуваний результат
1. Розширення аналітичної платформи	Транспортне моделювання переважно проєктного характеру	Розроблення SaaS-модуля предиктивної аналітики мобільності для муніципальних замовників	Перехід від разових проєктів до підписної моделі з прогнозованим грошовим потоком
2. IoT-інтеграція у моделях мобільності	Використання статичних та агрегованих даних	Інтеграція з IoT-потокami реального часу: датчики трафіку, GPS громадського транспорту, системи велосипедного та самокатного шерингу	Підвищення точності транспортних моделей та формування конкурентної переваги у тендерних процедурах
3. Вихід на міжнародний ринок	Участь в окремих міжнародних проєктах	Сертифікація за стандартами ЄС (INSPIRE Directive, EU Urban Mobility Framework) та налагодження партнерства з 3PL/4PL-провайдерами	Доступ до грантового фінансування ЄС та розширення клієнтської бази
4. Автоматизація внутрішніх процесів	Ручне ведення проєктної документації	Впровадження інтегрованої CRM та PM-системи зі звітністю для замовників	Скорочення непродуктивних витрат робочого часу та підвищення рентабельності
5. Розвиток MaaS-компетенцій	Базове опанування концепції розумної мобільності	Розроблення пілотного MaaS-рішення для українського міста у партнерстві з органами місцевого самоврядування	Формування верифікованого пілотного прикладу як основи для масштабування та залучення нових замовників

Джерело: розроблено автором на основі [33, 34, 36]

Для оцінки потенційного фінансового ефекту від переходу до підписної SaaS-моделі розрахуємо прогнозний дохід компанії. За оцінкою, підписна частка складе близько 30 % від поточного доходу, що відповідає 2 444 тис. грн., конвертується у річні підписки з коефіцієнтом утримання клієнтів $k_{ret} = 0,85$ та щорічним приростом бази на $g = 20$ %:

$$D_{\text{SaaS},t+1} = D_{\text{SaaS},t} \times k_{\text{ret}} \times (1 + g) \quad (3.9)$$

$$D_{\text{SaaS},1} = 2\,444 \times 0,85 \times 1,20 = 2\,492 \text{ тис. грн}$$

$$D_{\text{SaaS},2} = 2\,492 \times 0,85 \times 1,20 = 2\,541 \text{ тис. грн}$$

$$D_{\text{SaaS},3} = 2\,541 \times 0,85 \times 1,20 = 2\,590 \text{ тис. грн}$$

Таблиця 3.8 – Прогнозний ефект від впровадження SaaS-підписної моделі для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ»

Рік	SaaS-дохід, тис. грн	Проектний дохід (решта), тис. грн	Загальний дохід, тис. грн	Приріст до 2025 р., %
2025 (факт)	–	8 146	8 146	–
2026 (прогноз)	2 492	5 702	8 194	+0,6
2027 (прогноз)	2 541	6 272	8 813	+8,2
2028 (прогноз)	2 590	6 900	9 490	+16,5

Джерело: розраховано автором за формулою (3.9)

Прогнозна модель передбачає, що впровадження підписної SaaS-моделі дозволить ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» підвищити загальний дохід до 9,5 млн грн у 2028 р., що на 16,5 % перевищує показник 2025 р., при одночасній стабілізації грошових потоків завдяки регулярним підписним платежам. Ключовою перевагою є те, що SaaS-складова забезпечить передбачуваний базовий дохід незалежно від циклічності проектних замовлень, що є актуальним в умовах економічної нестабільності в Україні.

Ефективне функціонування сучасних електронних систем потребує відповідного кадрового забезпечення. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» пріоритетним є розвиток компетентностей у сфері IoT-аналітики, MaaS-проекування та міжнародних стандартів транспортного планування ЄС.

Окремим стратегічним напрямом є позиціонування компанії у проектах Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту. З огляду на прогнозоване зростання вантажообігу коридору до 11 млн тонн у 2030 р. та ідентифіковані Світовим банком системні дефіцити у сфері цифровізації [40], попит на послуги транспортного моделювання та консалтингу стрімко зростатиме.

Доцільними є три напрями позиціонування: 1) розроблення цифрових моделей транспортних потоків для прикордонних переходів ТМТМ з метою

усунення інфраструктурних вузьких місць; 2) аналіз вантажопотоків для портів Великої Одеси в сценарії їх інтеграції у коридор; 3) консалтинг щодо впровадження єдиного вікна митного оформлення в межах цифровізації маршруту. Зазначені напрями відповідають пріоритетам звіту Світового банку [40] та можуть отримати підтримку фінансових інструментів ЄБРР і Світового банку, що активно інвестують у розвиток ТМТМ.

Отже, розроблена система рекомендацій охоплює два взаємопов'язані рівні. На рівні глобального ринку запропоновано комплексне впровадження технологій штучного інтелекту, IoT, блокчейну та єдиних платформних стандартів обміну даними із потенційним ефектом 0,465–0,775 трлн дол. щорічної економії транспортних витрат. На рівні ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» визначено п'ять напрямів розвитку, пріоритетним серед яких є перехід до SaaS-підписної моделі з прогнозованим доходом 9,5 млн грн у 2028 р. Оцінку ефективності використання цих конкурентних позицій у двовимірному просторі цифрової зрілості та логістичної результативності здійснено у підрозд. 3.3.

3.3 Ефективність використання конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0

Проведений аналіз кількісно підтвердив, що рівень цифрової зрілості пояснює 70,3 % варіації LPI у розрізі країн, однак агрегована статистика не відповідає на питання управлінського рівня: наскільки ефективно конкретний регіон конвертує наявний цифровий потенціал у вимірюваний логістичний результат. Відповідь забезпечує матричний підхід, що поєднує два виміри – ІЦЗТЛС і LPI – та дає змогу розмістити регіони у двовимірному конкурентному просторі.

Квадранти матриці визначаються відносно медіанних значень обох показників, що для ІЦЗТЛС становить 0,313, а для LPI становить 2,90. Квадрант I («Лідери») об'єднує регіони з високим рівнем цифрової зрілості та високою логістичною результативністю. Квадрант II («Цифрові претенденти») характеризує регіони, цифровий потенціал яких ще не конвертований у логістичну

результативність. Квадрант III («Аутсайдери») відображає системне відставання за обома вимірами. Квадрант IV («Потенціал») охоплює регіони, логістична ефективність яких забезпечується переважно нецифровими факторами.

Таблиця 3.9 – Матриця конкурентних позицій регіонів глобального ринку транспортних послуг

Регіон/Країна	ІЦЗТЛС	LPI (бали)	Квадрант матриці
Північна Америка	0,954	3,90	I – «Лідери»
Азійсько-Тихоокеанський	0,929	3,50	I – «Лідери»
Європейський Союз	0,866	3,70	I – «Лідери»
Латинська Америка	0,313	2,90	III – «Аутсайдери»
Африка	0,000	2,50	III – «Аутсайдери»
Україна (оцінка)	0,115	2,67	III – «Аутсайдери»

Джерело: розроблено автором на основі [28; 33; 37] та розрахунків підрозд. 3.1

Для наочного представлення конкурентних позицій регіонів у двовимірному просторі цифрової зрілості та логістичної результативності побудовано матричну діаграму, наведену на рис. 3.2.

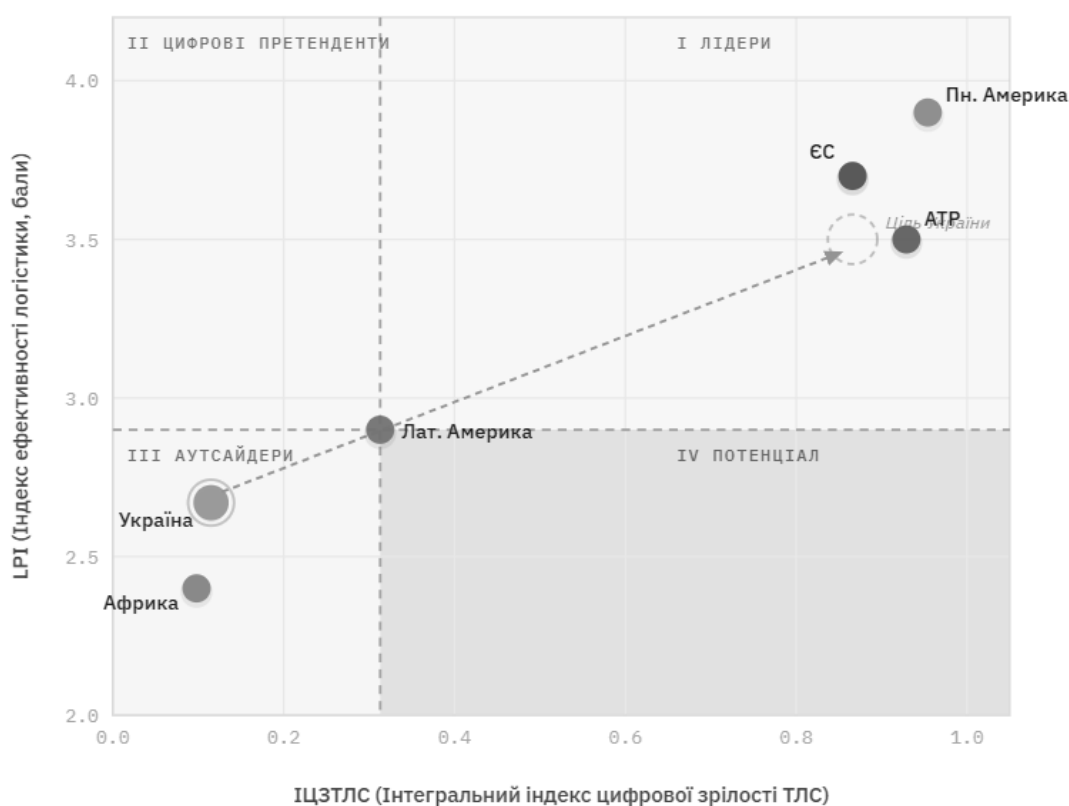


Рисунок 3.2 – Матриця конкурентних позицій регіонів на глобального ринку транспортних послуг

Джерело: складено автором за даними табл. 3.9

Матриця на рис. 3.2 унаочнює диференціацію регіонів за двома стратегічними вимірами. Регіони-лідери, зокрема Північна Америка, ЄС та АТР, зосереджені у Квадранті I, що підтверджує узгодженість між рівнем цифрової зрілості та логістичною результативністю. Латинська Америка займає прикордонну позицію на перетині медіанних значень показників. Африка та Україна перебувають у Квадранті III, демонструючи системне відставання за обома вимірами.

Стрілка на рис. 3.2 відображає стратегічний вектор для України через досягнення цільового орієнтиру IDI на рівні 90,0, що забезпечує перехід до Квадранту I завдяки досягненню прогнозного значення LPI 3,50, яке є кількісно обґрунтованим пріоритетом цифрової трансформації вітчизняної транспортно-логістичної системи.

Для кількісної оцінки ефективності використання конкурентних позицій введемо коефіцієнт конвертації цифрового потенціалу в логістичну результативність $K_{\text{конв}}$:

$$K_{\text{конв}} = \frac{I_{LPI}}{\text{ЩЗТЛС}} \quad (3.10)$$

де I_{LPI} – нормалізоване значення LPI з табл. 3.5.

Таблиця 3.10 – Розрахунок коефіцієнта конвертації конкурентного потенціалу

$K_{\text{конв}}$

Регіон/Країна	ЩЗТЛС	I_{LPI}	$K_{\text{конв}}$	Інтерпретація
Північна Америка	0,954	1,000	$1,000/0,954 = 1,048$	Повна реалізація потенціалу
Європейський Союз	0,866	0,857	$0,857/0,866 = 0,990$	Майже повна реалізація
Азійсько-Тихоокеанський	0,929	0,714	$0,714/0,929 = 0,769$	Недовикористання цифрового потенціалу
Латинська Америка	0,313	0,286	$0,286/0,313 = 0,914$	Відносно ефективна конвертація
Африка	0,000	0,000	–	Відсутній цифровий базис
Україна	0,115	0,121	$0,121/0,115 = 1,052$	Надреалізація потенціалу в умовах воєнних обмежень

Джерело: розраховано автором на основі табл. 3.5

Аналіз коефіцієнтів конвертації виявляє нерівномірність, що не є очевидною з табл. 3.5. Північна Америка демонструє найвищу ефективність перетворення цифрового потенціалу на логістичну результативність, що пояснюється системною інституційною інтеграцією технологій. АТР, попри найвищий сукупний ІЦЗТЛС у вибірці, конвертує цифровий потенціал лише на 76,9 %. Зазначений розрив зумовлений внутрішньою неоднорідністю регіону, де технологічні лідери підвищують ІЦЗТЛС, тоді як середній LPI знижується через менш розвинені країни. Отже, цифровізація сама по собі не гарантує конкурентоспроможності, а визначальними є інституційна якість і системність впровадження технологій.

Україна є єдиним спостереженням у вибірці, де нормалізована логістична результативність перевищує нормалізований цифровий потенціал. Попри критично низький рівень цифрової зрілості, країна зберігає відносно вищу логістичну ефективність завдяки розвиненій залізничній мережі, вигідному географічному розташуванню на перетині транспортних коридорів та частковому відновленню чорноморських маршрутів у 2023–2024 рр.

Для подальшого аналізу розглянемо провідні держави за індексом LPI 2023 р. та їх співвідношення з рівнем цифрової трансформації транспортного сектору.

Таблиця 3.11 – Конкурентні позиції провідних країн глобального ринку транспортних послуг за 2023–2024 рр.

Країна	LPI бали, 2023 р.	Місце у рейтингу LPI, 2023 р	ІоТ у транспорті, %, 2024 р.	Частка цифрових платформ у логістиці, %, 2024 р.
Сінгапур	4,3	1	92	78
Фінляндія	4,2	2	88	71
Данія	4,1	3	85	69
Нідерланди	4,1	3	87	74
Німеччина	4,1	3	84	70
Швейцарія	4,1	3	81	65
Австрія	4,0	7	79	63
Канада	4,0	7	80	64
Японія	3,9	13	89	72
США	3,8	17	83	68
Україна	2,7	79	35	18

Джерело: складено автором за даними [28, 33, 37]

Попри відмінності у конкурентних стратегіях, країни-лідери демонструють спільний структурний знаменник у вигляді високого рівня цифровізації транспортної галузі. Зазначена закономірність узгоджується з регресійною моделлю (2.7), відповідно до якої IDI пояснює 70,3 % варіації LPI, та підтверджує, що цифровізація є необхідною, проте недостатньою умовою логістичного лідерства. Стратегічний вибір моделі розвитку залишається визначальним чинником реалізації накопиченого цифрового потенціалу.

На основі матричного аналізу та розрахунку коефіцієнта конвертації сформуємо стратегічні рекомендації щодо підвищення ефективності використання конкурентних позицій для різних типів суб'єктів ринку у табл. 3.12. На відміну від операційних рекомендацій табл. 3.7, що стосуються конкретних технологічних заходів для підприємства, табл. 3.12 формулює стратегічні пріоритети відповідно до позиції кожного суб'єкта у матриці конкурентних позицій, охоплюючи рівні від регіонів-лідерів до окремих транспортних коридорів та підприємств.

Таблиця 3.12 – Стратегічні рекомендації щодо підвищення ефективності конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг

Тип суб'єкта	Поточна позиція	Стратегічний пріоритет	Ключовий індикатор успіху
1	2	3	4
Країни-лідери (Північна Америка, ЄС)	Квадрант I, $K_{\text{конв}} \approx 1,0$	Утримання лідерських позицій шляхом поглиблення міжнародної стандартизації та розвитку платформної інтеграції	LPI не нижче 4,0 балів; ЦЗТЛС не нижче 0,900
АТР	Квадрант I, $K_{\text{конв}} = 0,769$	Підвищення коефіцієнта конвертації цифрового потенціалу шляхом вирівнювання рівня розвитку між країнами регіону	$K_{\text{конв}}$ не нижче 0,950
Латинська Америка	Квадрант III, $K_{\text{конв}} = 0,914$	Нарощення цифрової інфраструктури при збереженні досягнутого рівня ефективності конвертації	ЦЗТЛС не нижче 0,500
Україна	Квадрант III, $K_{\text{конв}} = 1,052$	Пріоритетний розвиток цифрової інфраструктури та інтеграція з транспортними системами ЄС	LPI = 3,5; IDI = 90,0; ЦЗТЛС = 0,866

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4
ТМТМ як коридор	Зростаючий коридор: індекс ННІ знижується, вантажообіг зріс у 6 разів за 2019–2024 рр.	Цифровізація митних процедур, впровадження механізму єдиного вікна та EDI-інтеграція учасників коридору	Вантажообіг 11 млн т у 2030 р.; середній час транзиту 12–15 діб
ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ»	Зростаюче цифрове підприємство з CAGR доходу 21,6 %	Масштабування діяльності шляхом переходу на SaaS-підписну модель та розвитку компетенцій у сфері MaaS	Дохід 9,5 млн грн у 2028 р.; рентабельність продажів не нижче 5 %

Джерело: розроблено автором на основі [5; 18; 28; 34; 40; 50]

Кожен регіон, що рухається з Квадранту III або IV до Квадранту I, потребує транспортного моделювання, аналітики мобільності та консультацій з впровадження цифрових рішень, і саме ці компетенції є профільними для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ». Компанія займає стратегічно вигідну нішу цифрового консалтингу, попит на яку стійко зростає під впливом структурних чинників, зокрема прогнозованого зростання ринку до 31 трлн дол. у 2028 р. та збільшення обсягів перевезень ТМТМ до 2030 р.

Отже, матричний аналіз через коефіцієнт конвертанції розкриває три закономірності, що мають управлінське значення. По-перше, регіони-лідери Північна Америка та ЄС демонструють найвищу ефективність конвертації цифрового потенціалу в логістичну результативність з показниками 1,048 та 0,990 відповідно. По-друге, АТР при максимальному охопленні IoT реалізує цифровий потенціал лише на 76,9 %, що свідчить про те, що системність впровадження є важливішою за масштаб. По-третє, Україна перебуває у Квадранті III матриці з ІЦЗТЛС 0,115, а досягнення рівня ЄС потребує суттєвого підвищення індексу через нарощування IDI з поточних 75,0 до цільових 90,0, що є кількісно обґрунтованим пріоритетом транспортної політики. Прогнозоване зростання попиту на транспортні послуги до 31 трлн дол. США у 2028 р. та збільшення обсягів перевезень ТМТМ до 2030 р. формують для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» стійке зростання попиту, зумовлене структурними чинниками розвитку галузі.

Висновки до розділу 3

У ході розробки напрямів удосконалення глобального ринку транспортних послуг на засадах Індустрії 4.0 було отримано такі висновки.

1. На підставі результатів системно-структурного аналізу розд. 2 сформовано удосконалену чотириблокову систему індикаторів оцінювання розвитку глобального ринку транспортних послуг, наведену в табл. 3.1, яка, на відміну від традиційних підходів, поєднує економічний, цифровий, екологічний та безпековий виміри. До системи вперше включено показники IoT-охоплення, AI-застосування та ІЦЗТЛС як індикатора цифрової зрілості, що не фігурують у традиційних системах оцінювання. Трендова прогнозна модель, побудована на основі МНК з коефіцієнтом детермінації 0,711, передбачає щорічний приріст обсягу світового товарного експорту на 1,4 трлн дол., що є кількісним індикатором зростання ринкового потенціалу транспортно-логістичної галузі і підтверджує економічну доцільність прискорення її цифрової трансформації.

2. У ході розробки авторського Інтегрального індексу цифрової зрілості транспортно-логістичної системи проведено нормалізацію компонентів IoT, AI, автоматизація складів та LPI, та розраховано значення індексу для п'яти регіонів світу. Встановлено таку ієрархію регіонів за рівнем цифрової зрілості: Північна Америка (0,954), АТР (0,929), ЄС (0,866), Латинська Америка (0,313) та Африка (0,000). Значення ІЦЗТЛС_{УКР} дорівнює 0,115, що вказує на початковий рівень цифрової зрілості вітчизняної системи. Цільовим орієнтиром для євроінтеграції визначено досягнення рівня ЄС, тобто ІЦЗТЛС = 0,866, що потребує підвищення IDI з поточних 75,0 до 90,0 відповідно до регресійної моделі (2.7).

3. На основі розробленої системи рекомендацій з удосконалення електронних систем логістичних замовлень, що включає шість пріоритетних напрямів табл. 3.6, оцінено їх потенційний ефект на глобальному рівні та рівні підприємства. Встановлено, що реалізація заходів із цифровізації дозволить скоротити глобальні транспортні витрати на 0,465–0,775 трлн дол. щорічно. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» розроблено п'ять конкретних напрямів розвитку на засадах

Індустрії 4.0 відповідно до табл. 3.7, пріоритетним серед яких визначено перехід до SaaS-підписної моделі, за якою прогнозований дохід у 2028 р. складе 9,5 млн грн, що на 16,5 % перевищує показник 2025 р., при одночасній стабілізації грошових потоків завдяки регулярним підписним платежам.

4. На підставі матричного аналізу конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку через коефіцієнт конвертації, що розраховується як відношення нормалізованого LPI до ІЦЗТЛС, виявлено важливу закономірність, що найвища ефективність конвертації цифрового потенціалу в логістичну результативність спостерігається у Північній Америці зі значенням 1,048, та ЄС зі значенням 0,990, тоді як АТР при найвищому IoT-охопленні реалізує цифровий потенціал лише на 76,9 %. Це засвідчує, що сама по собі цифровізація не гарантує конкурентоспроможності, а вирішальну роль відіграє системність впровадження. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» визначено стратегічну нішу цифрового консалтингу, попит на послуги якого зростатиме відповідно до прогнозованого збільшення світового вантажообігу до 31 трлн дол. у 2028 р. та збільшення обсягів перевезень ТМТМ до 11 млн тонн до 2030 р.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено всі поставлені завдання, спрямовані на дослідження особливостей розвитку глобального ринку транспортних послуг в умовах Індустрії 4.0 та визначення напрямів удосконалення логістичних систем.

На основі проведеного дослідження можна сформулювати такі висновки.

1. На підставі критичного аналізу наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених систематизовано теоретичні засади функціонування глобального ринку транспортних послуг. Встановлено, що ринок є складним міждисциплінарною системою на перетині міжнародної економіки, транспортної географії та інституційної теорії, структура якого охоплює п'ять сегментів за видами транспорту, де морський транспорт забезпечує 76 % вантажообігу завдяки об'єктивним техніко-економічним перевагам при міжконтинентальних перевезеннях. Запропоновано авторську інтерпретацію поняття «транспортна послуга на глобальному ринку» як комерційно відшкодовуваного економічного блага нематеріальної природи, що поєднує утилітарний, інституційний та інформаційно-цифровий виміри, на відміну від наявних визначень, які розкривають лише один або два з цих вимірів.

2. При дослідженні сутності та особливостей реалізації логістичних послуг на глобальному ринку в умовах Індустрії 4.0 встановлено, що логістична послуга є ширшою категорією, ніж транспортна, оскільки інтегрує матеріальний, інформаційний та фінансовий потоки під єдиним управлінським механізмом координації та оптимізації. Класифікація провайдерів за моделлю 1PL–5PL засвідчила, що кожен перехід між рівнями є передусім технологічним стрибком: поява рівня 5PL стала можливою виключно завдяки технологіям Індустрії 4.0, а конкурентоспроможність на глобальному ринку дедалі більше визначається здатністю інтегрувати цифрові технології у фізичні процеси переміщення вантажів, а не наявністю матеріальних активів.

3. На основі порівняльного аналізу альтернативних підходів обґрунтовано вибір методів дослідження, що забезпечило побудову формалізованого чотириетапного алгоритму та системи розрахункових формул (1.1)–(1.7). Для оцінки структурної концентрації ринку обрано індекс Герфіндаля-Гіршмана на протигагу CR4 та індексу Лернера, для прогнозування динаміки попиту обрано лінійну функціональну форму тренду на протигагу поліноміальній та експоненційній. Отримані методологічні засади утворюють наскрізний базис, у якому результати кожного етапу є вхідними даними для

наступного, а параметри регресійної моделі безпосередньо закладаються в розрахунок авторського інтегрального індексу.

4. Системний аналіз динаміки та структурної концентрації глобального ринку транспортних послуг показав, що попри скорочення обсягів торгівлі у 2020 р. внаслідок пандемії ринок досяг індексу вартості 1,47 відносно базового 2020 р. при CAGR = 7,9 %, причому 91 % сукупного приросту реалізовано вже у 2021–2022 рр. За індексом ННІ доведено збереження критично високого рівня структурної концентрації, що перевищує поріг висококонцентрованого ринку у 2,4 раза; водночас зафіксовано вимірювану диверсифікацію у вигляді зниження Δ ННІ на 8,4 % порівняно з 2020 р., зумовлену зростанням частки залізничного транспорту з 8 % до 11 % внаслідок переключення вантажопотоків на євразійські коридори.

5. При вивченні зовнішньоекономічної діяльності підприємств транспортної галузі України та ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» встановлено, що LPI України у 2023 р. посідає 79-те місце з 139 країн і становить 2,67 бали, що на 0,16 бали нижче рівня 2018 р., при цьому вантажообіг у 2023–2024 рр. зростав на 22 % та 9,8 % відповідно завдяки переорієнтації на альтернативні маршрути. Коефіцієнтний аналіз ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» виокремив фази зростання у 2020-2021 рр., кризової адаптації у 2022-2024 рр., та відновлення у 2025 році. Побудовано статистично значущу кореляційно-регресійну модель залежності LPI від IDI на репрезентативній вибірці 30 країн: $\hat{y} = 1,43 + 0,023 \cdot X_1$ із коефіцієнтом детермінації 0,703, що підтверджує визначальну роль цифровізації у формуванні конкурентоспроможності транспортно-логістичних систем. Встановлено, що Україна з поточним IDI 75,0 має прогнозний LPI 3,16 бали. Визначено цільовий IDI на рівні 90,0 як необхідну умову досягнення середньоєвропейського рівня LPI.

6. На основі дослідження структурної трансформації логістичних шляхів в умовах Індустрії 4.0 встановлено, що конкурентоспроможність маршруту дедалі більше визначається рівнем цифрової інтегрованості систем, а не лише географічною відстанню. Вантажообіг Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту зріс у 6 разів за 2019–2024 рр.; прогнозоване збільшення обсягів перевезень коридору до 11 млн тонн до 2030 р. відкриває для України стратегічні можливості інтеграції у глобальні ланцюги постачань через позиціонування чорноморських портів Великої Одеси як перевантажувальних хабів для вантажів ТМТМ, за умови вирішення завдань стандартизації залізничної колії та цифровізації митних процедур.

7. Удосконалення системи індикаторів розвитку глобального ринку транспортних послуг уможливило формування чотириблокової системи, що охоплює економічний, цифровий, екологічний та безпековий виміри, до якої вперше включено IoT-охоплення, AI-застосування та ДННІ як індикатор диверсифікації маршрутів. Розроблено авторський Інтегральний індекс цифрової зрілості транспортно-логістичної системи та розраховано його значення для п'яти регіонів: Північна Америка (0,954), АТР (0,929), ЄС (0,866), Латинська Америка (0,313) та Африка (0,000). Значення ІЦЗТЛС України = 0,115 вказує на початковий рівень цифрової зрілості; цільовий орієнтир для євроінтеграції, ІЦЗТЛС на рівні 0,866, передбачає збільшення індексу в 7 разів, для чого необхідне підвищення IDI з нарощування IoT-охоплення та інших компонентів цифрової інфраструктури. Трендова прогнозна модель $\hat{y} = 18,53 + 1,383 \cdot t$ передбачає зростання обсягу світового товарного експорту до 31,0 трлн дол. у 2028 р.

8. На підставі комплексного оцінювання конкурентних позицій суб'єктів глобального ринку транспортних послуг розроблено практичні рекомендації з удосконалення електронних систем логістичних замовлень, що охоплюють шість пріоритетних напрямів, зокрема впровадження AI та предиктивної аналітики, IoT-інтеграцію, блокчейн для верифікації документації, уніфікацію API-стандартів, перехід на електронний документообіг та кадрове забезпечення цифрової трансформації. Потенційний ефект від реалізації заходів оцінено у 0,465–0,775 трлн дол. щорічної економії глобальних транспортних витрат. Ефективність конкурентних позицій суб'єктів ринку оцінено через коефіцієнт конвертації. Найвищі значення зафіксовано у Північній Америці та ЄС зі позначками 1,048 та 0,990 відповідно, тоді як АТР при найвищому IoT-охопленні реалізує потенціал лише на 76,9 %, що підтверджує визначальну роль системності впровадження цифрових рішень. Для ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» визначено п'ять напрямів розвитку на засадах Індустрії 4.0, пріоритетним серед яких є перехід до SaaS-підписної моделі з прогнозованим доходом у 2028 р. 9,5 млн грн, що на 16,5 % перевищує показник 2025 р.

Отже, у дипломній роботі проведено теоретико-методичне обґрунтування, здійснено системно-структурний аналіз статистичних даних та запропоновано практичні рекомендації, спрямовані на розвиток глобального ринку транспортних послуг та підвищення конкурентоспроможності його суб'єктів в умовах Індустрії 4.0. Мету дипломної роботи виконано.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стащенко Ю., Гавриловський О. Сучасні тенденції розвитку глобального ринку транспортно-логістичних послуг. Економіка та суспільство. 2022. № 39. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-87>
2. Nitsenko V., Samoilyk I., Hrynko O. Theoretical Approaches to the Development of Logistics Systems in conditions of economic environment instability. Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology. 2024. Vol. 2024, no. 4. P. 24–29. URL: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-3>
3. Porter M. E. The competitive advantage of nations. New York : Free Press, 1990. 855 p.
4. Hirna O., Petlyakivskyi O. Transformation of the Logistics Services Market Under Martial Arts Conditions: Challenges and Prospects. Economic scope. 2025. No. 196. P. 137–143. URL: <https://doi.org/10.30838/ep.196.137-143>
5. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. 5th ed. New York: Routledge, 2020. 456 p.
6. Coyle J.J., Bardi E.J., Novack R.A. Transportation: A Supply Chain Perspective. 7th ed. Mason: South-Western Cengage Learning, 2011. 576 p.
7. Ballou R.H. Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain. 5th ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2004. 816 p.
8. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7th ed. Hoboken: Pearson, 2019. 528 p.
9. Котлубай О.М. Економічні механізми розвитку торговельного мореплавства України. Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2008. 458 с.
10. Смирнов І. Г. Транспортна логістика. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 224 с.
11. Гриценко С.І. Транспортно-логістичні кластери в умовах глобалізації. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2011. № 3. С. 203–210.

12. Bertalanffy L. von. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968. 289 p
13. Forrester J.W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961. 464 p.
14. Крикавський Є. В., Похильченко О. А., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами поставок. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 844 с.
15. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 159 p.
16. Coase R.H. The Nature of the Firm. *Economica*. 1937. Vol. 4, No. 16. P. 386–405.
17. Schumpeter J.A. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. Cambridge: Harvard University Press, 1934. 255 p.
18. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172 p.
19. Скіцько В. І. Логістика в індустрії 4.0. Економіка та держава. 2016. № 4. С. 28–33.
20. Barabási A.-L. Network Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. 456 p.
21. Voitko S., Maksymchuk A. Research of the development of international logistics systems in Ukraine and the world in terms of Industry 4.0. *INNOVATIVE ECONOMY*. 2020. No. 7-8. P. 14–21. URL: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2020.7-8.2>
22. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow: Pearson, 2016. 328 p
23. Bowersox D.J., Closs D.J., Cooper M.B. Supply Chain Logistics Management. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2013. 512 p.
24. Logistiikan Maailma. Information, Money and Material Flow in Supply Chain. URL: <https://www.logistiikanmaailma.fi/en/logistics/logistics-and-supply-chain/information-money-and-material-flow/>

25. Mudra Y., Yaremenko O. Transformation of the Global Transport Services Market: Strategic Imperatives for Planning of the Transport Companies Activities. Herald of Uzhhorod National University. International Economic Relations and World Economy. 2024. No. 53. URL: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2024-53-7>
26. Войтко С. В. РОЗВИТОК ЕКОНОМІК КРАЇН В УМОВАХ NEXT NORMALITY ТА INDUSTRY 4.0. Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2020. Т. 1, № 17. URL: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.17.2020.216325>
27. Захарченко В.І., Корсікова Н.М., Меркулов М.М. Інноваційний менеджмент: теорія і практика в умовах трансформації економіки. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 448 с.
28. World Bank. Connecting to Compete: Trade Logistics in the Global Economy. The Logistics Performance Index and Its Indicators. Washington D.C.: The World Bank Group, 2023. 64 p. URL: <https://lpi.worldbank.org/en/resources/lpi-publications>
29. World Trade Organization. World Trade Statistical Review 2025. URL: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/world_trade_statistics_e.htm
30. UN Trade and Development (UNCTAD). Review of Maritime Transport 2024: Navigating Maritime Chokepoints. Geneva : United Nations, 2024. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2024>
31. International Energy Agency. Transport Sector CO2 Emissions. URL: <https://www.iea.org/energy-system/transport>
32. World Economic Forum. Shaping the Future of Mobility. Geneva : World Economic Forum, 2016. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Mobility_2P_090916.pdf
33. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Digitalisation of International Freight Transport Connectivity. URL: <https://www.itf-oecd.org/digitalisation-international-freight-transport-connectivity>

34. Opendatabot. TOB «ІІРО МОБІЛЬНІСТЬ». URL: <https://opendatabot.ua/c/35634432>
35. YouControl. TOB «ІІРО МОБІЛЬНІСТЬ». URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/35634432/
36. European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy. Brussels : European Commission. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en
37. 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/>
38. Hasan M. M. et al. Resilient Supplier Selection in Logistics 4.0 with Heterogeneous Information. Expert Systems with Applications. 2020. Vol. 139. Art. 112799. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.07.016>
39. U.S. Department of Justice, Federal Trade Commission. Horizontal Merger Guidelines. Washington, DC, 2010. URL: <https://www.justice.gov/atr/horizontal-merger-guidelines-08192010>
40. World Bank. The Middle Trade and Transport Corridor: Policies and Investments to Triple Freight Volumes and Halve Travel Time by 2030. Washington, DC : World Bank, 2023. 132 p.
41. Kazakhstan Ministry of Transport. Middle Corridor Traffic Statistics 2024. Astana : Ministry of Transport of the Republic of Kazakhstan, 2024. URL: <https://jamestown.org/middle-corridor-makes-progress-toward-operational-reality/>
42. Trans-Caspian International Transport Route Association (TITR). Annual Report on Middle Corridor Operations 2024. Astana : TITR Association, 2024. URL: <https://www.newsilkroaddiscovery.com/transit-through-middle-corridor-to-grow-3-4-times/>
43. Informall BG. The Black Sea Container Market Has Adapted to Disruption. Maritime Executive. 2024. URL: <https://maritime-executive.com/editorials/the-black-sea-container-market-has-adapted-to-disruption>

44. World Bank. Ukraine Transport Sector Recovery and Development. Washington, DC : World Bank, 2024. URL: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/overview>
45. World Bank. Ukraine's Transport and Logistics System. Washington, DC : World Bank, 2025. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099061725033525342/pdf/P502442.pdf>
46. GOL. The State of Logistics in Ukraine: Trends and Features. 2024. URL: <https://gol.ua/en/industry-trends-the-state-of-logistics-in-ukraine-trends-and-features/>
47. Innovative Technologies and Digital Models in the Post-War Recovery of the Transport and Logistics System of Ukraine. ResearchGate. 2025. URL: <https://www.researchgate.net/publication/393325003>
48. Center for Strategic and International Studies (CSIS). Modernizing Ukraine's Transport and Logistics Infrastructure. Washington, DC : CSIS, 2022. URL: <https://www.csis.org/analysis/modernizing-ukraines-transport-and-logistics-infrastructure>
49. YouControl. Аналітика ринків та галузей. URL: <https://youcontrol.com.ua>
50. International Telecommunication Union (ITU). ICT Development Index 2023 Dataset. Geneva : ITU, 2023. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/IDI/IDI2023Dataset.xlsx>
51. UN Trade and Development (UNCTAD). Liner Shipping Connectivity Index (LSCI). URL <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.LSCI>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Вихідні фінансові дані та розрахункові показники ефективності ТОВ «ПРО МОБІЛЬНІСТЬ» у 2020–2025 рр.

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Дохід від реалізації, тис. грн	3 064,7	6 373,6	3 226,8	5 998,0	6 017,4	8 145,7
Чистий прибуток (збиток), тис. грн	1,1	572,5	–1 834,1	–156,9	–944,3	108,1
Рентабельність продажів, %	0,04	8,98	–56,84	–2,62	–15,69	1,33
Активи, тис. грн	1 230,3	3 053,9	2 103,9	3 217,7	2 344,9	3 380,1
Зобов'язання, тис. грн	2 840,8	4 091,9	4 876,0	5 711,5	5 789,2	6 262,3
Власний капітал, тис. грн	–1 610,5	–1 038,0	–2 772,1	–2 493,8	–3 444,3	–2 882,2
Чисельність персоналу, осіб	–	8	10	10	10	12
Темп приросту доходу, %	–	+108,0	–49,4	+85,9	+0,3	+35,4
Продуктивність праці, тис. грн/ос.	–	796,7	322,7	599,8	601,7	678,8
Коефіцієнт боргового навантаження	0,927	0,642	1,511	0,952	0,962	0,769

Джерело: складено за даними [34; 35]

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для побудови кореляційно-регресійної моделі $LPI = f(IDI)$

№	Країна	Регіон	Група доходу (WB)	LPI 2023 (Y)	IDI 2023 (X ₁)
1	Сінгапур	Азія	Високий	4,3	97,7
2	Фінляндія	Європа	Високий	4,2	98,7
3	Німеччина	Європа	Високий	4,1	89,6
4	Нідерланди	Європа	Високий	4,1	93,5
5	Японія	Азія	Високий	3,9	93,6
6	Сполучені Штати	Америка	Високий	3,8	97,4
7	Австралія	Азія-Тих.	Високий	3,7	95,8
8	ОАЕ	Бл. Схід	Високий	3,6	98,3
9	Польща	Європа	Високий	3,5	95,6
10	Чилі	Америка	Високий	3,3	93,4
11	Китай	Азія	Вище серед.	3,7	91,2
12	Малайзія	Азія	Вище серед.	3,5	95,3
13	Таїланд	Азія	Вище серед.	3,3	91,9
14	Туреччина	Європа	Вище серед.	3,2	80,8
15	Бразилія	Америка	Вище серед.	3	80,6
16	Мексика	Америка	Вище серед.	3	79,5
17	Казахстан	Центр. Азія	Вище серед.	2,8	90,5
18	Південна Африка	Африка	Вище серед.	2,8	70,1
19	Колумбія	Америка	Вище серед.	2,7	76,9
20	Україна	Європа	Вище серед.	2,7	75,0
21	Індія	Азія	Нижче серед.	3,4	60,0
22	В'єтнам	Азія	Нижче серед.	3,3	72,6
23	Філіппіни	Азія	Нижче серед.	2,9	74,9
24	Марокко	Африка	Нижче серед.	2,8	69,6
25	Єгипет	Африка	Нижче серед.	2,8	64,8
26	Нігерія	Африка	Нижче серед.	2,4	45,4
27	Бангладеш	Азія	Нижче серед.	2,4	44,9
28	Ефіопія	Африка	Низький	2,3	27,4
29	Уганда	Африка	Низький	2,3	32,1
30	Афганістан	Бл. Схід	Низький	1,9	18,0

Джерело: розроблено автором за даними [28; 50]

Таблиця Б.2 – Проміжні розрахунки для побудови кореляційно-регресійної моделі $LPI = f(IDI)$

Країна	$X_1(IDI, \text{бали})$	$Y(LPI, \text{бали})$	$(X_{1i} - \bar{X}_1)$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(X_{1i} - \bar{X}_1)^2$	$\left(\frac{(X_{1i} - \bar{X}_1) \times (Y_i - \bar{Y})}{(Y_i - \bar{Y})} \right)$
Сінгапур	97,7	4,3	21,2	1,11	449,3	23,55
Фінляндія	98,7	4,2	22,2	1,01	492,69	22,44
Німеччина	89,6	4,1	13,1	0,91	171,52	11,93
Нідерланди	93,5	4,1	17	0,91	288,89	15,48
Японія	93,6	3,9	17,1	0,71	292,3	12,16
Сполучені Штати	97,4	3,8	20,9	0,61	436,67	12,77
Австралія	95,8	3,7	19,3	0,51	372,36	9,86
ОАЕ	98,3	3,6	21,8	0,41	475,09	8,96
Польща	95,6	3,5	19,1	0,31	364,68	5,94
Чилі	93,4	3,3	16,9	0,11	285,5	1,88
Китай	91,2	3,7	14,7	0,51	215,99	7,51
Малайзія	95,3	3,5	18,8	0,31	353,31	5,85
Таїланд	91,9	3,3	15,4	0,11	237,06	1,71
Туреччина	80,8	3,2	4,3	0,01	18,46	0,05
Бразилія	80,6	3	4,1	-0,19	16,78	-0,77
Мексика	79,5	3	3	-0,19	8,98	-0,57
Казахстан	90,5	2,8	14	-0,39	195,91	-5,44
Південна Африка	70,1	2,8	-6,40	-0,39	41	2,49
Колумбія	76,9	2,7	0,4	-0,49	0,16	-0,19
Україна	75,0	2,7	-1,50	-0,52	2,26	0,78
Індія	60,0	3,4	-16,50	0,21	272,36	-3,48
В'єтнам	72,6	3,3	-3,90	0,11	15,24	-0,43
Філіппіни	74,9	2,9	-1,60	-0,29	2,57	0,46
Марокко	69,6	2,8	-6,90	-0,39	47,66	2,69
Єгипет	64,8	2,8	-11,70	-0,39	136,97	4,55
Нігерія	45,4	2,4	-31,10	-0,79	967,42	24,54
Бангладеш	44,9	2,4	-31,60	-0,79	998,77	24,94
Ефіопія	27,4	2,3	-49,10	-0,89	2411,14	43,65
Уганда	32,1	2,3	-44,40	-0,89	1971,66	39,47
Афганістан	18,0	1,9	-58,50	-1,29	3422,64	75,41
Σ	2295,1	95,7	—	—	14 965,33	348,17
Середнє	76,5	3,2	—	—	—	—

Джерело: розраховано автором за даними [28; 50]

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Вихідні дані, розрахункові значення та залишки трендової моделі динаміки світового товарного експорту

Рік	t	Факт. Y, трлн дол.	Розрахункове $\hat{y}$, трлн дол.	Залишок $e = Y - \hat{y}$	e^2 , трлн дол. ²
2020	1	17,6	19,9	-2,3	5,29
2021	2	22,3	21,3	+1,0	1,00
2022	3	25,1	22,7	+2,4	5,76
2023	4	24,4	24,1	+0,3	0,09
2024	5	25,0	25,4	-0,4	0,16
2025	6	25,8	26,8	-1,0	1,00
Σ	–	140,2	–	3,7	13,30

Джерело: розраховано автором за даними [29; 30]

Розрахунок коефіцієнта детермінації R^2 :

$$\bar{y} = \frac{140,2}{6} = 23,37 \text{ трлн дол.}$$

$$\begin{aligned} SS_{tot} &= \sum_i (Y_i - \bar{y})^2 = (17,6 - 23,37)^2 + (22,3 - 23,37)^2 + (25,1 - 23,37)^2 + (24,4 - 23,37)^2 + (25,0 - 23,37)^2 + (25,8 - 23,37)^2 \\ &= 33,25 + 1,14 + 3,00 + 1,07 + 2,67 + 5,92 = 47,05 \end{aligned}$$

$$SS_{res} = \sum_i e_i^2 = 13,30$$

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} = 1 - \frac{13,30}{47,05} = 1 - 0,283 = 0,717$$

Значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,711$, наведене у тексті підрозд. 3.1, розраховано з використанням точних значень рядів даних у MS Excel; розбіжність із розрахунком у таблиці зумовлена округленням до одного знаку після коми у стовпці Y.