

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-86-39>

УДК 339.9:330.341.1:004

## CASE ІНДЕКС ЯК ІНДИКАТОР ПЕРЕХОДУ ГАЛУЗІ ЛОГІСТИКИ ДО ШОСТОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УКЛАДУ

### CASE INDEX AS INDICATOR OF LOGISTICS INDUSTRY TRANSITION TO THE SIXTH TECHNOLOGICAL ORDER

**Біловол Артем Валерійович**

аспірант,

Сумський державний університет

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

кандидат економічних наук, доцент,

доцент кафедри міжнародних економічних відносин,

Сумський державний університет

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

Sumy State University

У статті запропоновано CASE індекс як індикатор готовності галузі логістики до переходу до шостого технологічного укладу. Розроблено систему 15 субіндикаторів на основі публічних даних. Здійснено нормалізацію субіндикаторів методом min-max та розраховано значення індексу для США, Японії, Німеччини, ЄС-27 та України за даними 2024 р. Встановлено, що США та Німеччина перевищують поріг рівноваги Неша щодо домінування стратегії впровадження логістичними компаніями технологій шостого технологічного укладу. Японія, ЄС-27 перебувають у зоні умовної раціональності щодо впровадження технологій шостого технологічного укладу логістичними компаніями, ї потребують координаційних механізмів з боку держава або альянсів. Визначено, що Україна знаходиться на початковому рівні впровадження логістичними компаніями технологій шостого технологічного укладу, домінує неінноваційна стратегія логістичних операторів.

**Ключові слова:** 5G, автономні транспортні засоби, CASE індекс, електромобілі, ланцюги створення вартості, логістика, рівновага Неша, спільна мобільність, шостий технологічний уклад.

The purpose of the article is to develop the CASE Index as an original composite quantitative indicator of logistics sector readiness for the transition to the sixth technological paradigm. The relevance of the study is determined by the accelerating diffusion of CASE technologies in logistics, which generates new technological inequalities between countries and operators, while existing analytical instruments, including the Logistics Performance Index, the Digital Economy and Society Index, and the Global Connectivity Index, address only individual dimensions of this transition and lack logistics-sector specificity. The research methodology is based on the construction of a composite index comprising four equally weighted technology vectors: Connected, Autonomous, Shared, and Electric. Sub-indicators are normalised using the min-max method within the analysed sample. Empirical assessment is conducted for the United States, Japan, Germany, the EU-27, and Ukraine. It is found that the USA and Germany exceeds the Nash equilibrium threshold for the dominance of the strategy of implementing sixth order technologies by logistics companies. Japan, the EU-27 are in the zone of conditional rationality for the implementation of sixth order technologies by logistics companies, and require coordination mechanisms from the state or alliances. It is determined that Ukraine is at the initial level of implementation of sixth-generation technologies by logistics companies, and the non-innovative strategy of logistics operators dominates. The equilibrium in which non-adoption of advanced technologies constitutes the dominant strategy for logistics operators due to an insufficient critical mass of technology-ready market participants. The practical value of the CASE Index lies in its function as an independent, vendor-neutral benchmarking tool for logistics operators, investors, and policymakers. For Ukraine, reaching the coordination threshold implies prioritising 5G infrastructure deployment, scaling artificial intelligence solutions and AMR robotisation, developing shared logistics platforms, and expanding public charging infrastructure density.

**Keywords:** 5G, autonomous vehicles, CASE Index, electric vehicles, logistics, Nash equilibrium, shared mobility, sixth technological paradigm, value chains.



**Постановка проблеми.** Перехід до шостого технологічного укладу (ШТУ) в логістиці визначається конвергенцією технологій, що утворюють акронім CASE: Connected (5G, IoT, V2X), Autonomous (AMR/AGV, самокеровані вантажівки, AI), Shared (спільна мобільність, платформна логістика, 3PL/4PL), Electric (EVs, зарядна інфраструктура) [1; 4; 28]. Попри значну увагу дослідників до кожного з цих вимірів окремо, у науковій літературі відсутній комплексний кількісний індикатор, що оцінював би всі чотири вектори стосовно сектору логістики з можливістю крос-країнного порівняння.

Існуючі аналітичні інструменти лише частково вимірюють впровадження технологій CASE в логістику. Так, Logistics Performance Index [29] оцінює операційну ефективність логістики, проте не враховує рівень автономізації, щільність EV-інфраструктури. Digital Economy and Society Index [8] застосовується лише для країн ЄС, і не містить транспортно-специфічних компонент. Global Connectivity Index (GCI) орієнтований на цифрову зрілість економіки і не враховує галузеву специфіку логістики [11].

Таким чином, існуючі індекси охоплюють, або лише частину технологічних вимірів, або не враховують специфіку логістики. Актуальність розроблення CASE індекс визначається прискоренням дифузії CASE-технологій у логістиці, що створює нові нерівності між країнами та операторами, і відповідно потребує інструменту оцінки для формування подальшого плану розвитку галузі та дій. Крім того, управлінські рішення щодо інвестицій у технології ШТУ приймаються в умовах стратегічної невизначеності, в яких поведінка конкурентів суттєво впливає на доцільність інвестицій компанії, тому CASE індекс виступає додатковим інструментом подолання обмеженості інформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Акронім CASE було систематизовано компанією Mercedes-Benz у 2016 р. як стратегічну рамку чотирьох трендів автомобільної галузі: Connected, Autonomous, Shared та Services, Electric. Надалі McKinsey Center for Future Mobility розвинув цю концепцію у серії досліджень (2018-2022), запровадивши паралельний акронім ACES (Autonomous, Connected, Electric, Shared), зазначаючи, що самокеровані вантажівки, електрифікований транспорт змінюють логістичні операційні моделі [21-22].

Значення KPMG Autonomous Vehicles Readiness Index (AVRI) визначає суттєву

дивергенцію між країнами у впровадженні автономних транспортних засобів. Важливо зазначити, що AVRI відсутній для EU-27 як агрегованої одиниці, та для України, що зумовило необхідність альтернативної проксі-змінної у методології CASE індексу [18]. У дослідженні AVRI використовується як показник A2, тобто він інтегрований у CASE індекс як один із п'яти вимірів субіндекса A.

Частка електричних транспортних засобів у продажах вантажного транспорту досягла 8,4% у 2024 р. Загальний парк електричних комерційних автомобілів перевищив 1,2 млн. одиниць [13]. Бар'єрами електрифікації комерційного транспорту є дефіцит, технологічна невизначеність та регуляторна фрагментація, що безпосередньо відображені в E-субіндикаторах CASE індексу [5; 30].

Оскільки рівновага Неша у ланцюгах створення вартості переважно є субоптимальною через проблему «подвійної маржиналізації», відсутність координації, то при низьких значеннях CASE індексу (менше 0,20), логістичні оператори опиняються в пастці взаємного утримання від інвестицій у технологічні рішення, оскільки індивідуальна доцільність впровадження CASE-технологій залежить від критичної кількості інших гравців.

В ланцюгах створення вартості побудова синтетичних індексів є обмеженою. Єдиним індексом для CASE-вимірів є Mobility Index зі звітів групи Deloitte Insights «Future of Mobility Index» [3], проте він не є доступним для громадськості, не охоплює логістику як окремий сектор.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Оскільки в ланцюгах створення вартості синтетичні індекси не є поширеними, то для вимірювання охоплення технологіями, оцінки їх поширення в логістиці, доцільним є розроблення індикатору готовності переходу логістики до ШТУ.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою дослідження є розроблення методології та оцінка CASE індексу як індикатора готовності галузі логістики до переходу до ШТУ.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** CASE індекс складається з 4-х груп індикаторів з ваговими коефіцієнтами 0,25 кожна (табл. 1). Принцип рівної ваги відповідає підходу Human Development Index (UNDP) та LPI. Його застосування обумовлене тим, що жоден з чотирьох CASE-вимірів не є домінуючим у контексті ШТУ-переходу, оскільки розвиненість кожного напряму є

необхідною, але не достатньою умовою. Концепція вибудована з ACES-рамки McKinsey (2016-2022) та CASE-рамки Mercedes-Benz (2016), адаптованих до специфіки галузі логістики [21].

Нормалізація субіндикаторів здійснюється методом min-max з еталонними межами по вибірці з 5 країн:

$$X_{i\_norm} = \frac{(x_i - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})}, \quad (1)$$

де  $x_{min}$  та  $x_{max}$  – мінімальне та максимальне значення субіндикатора в аналізованій вибірці.

Субіндекси CASE-блоків обчислюються як прості зважені середні з однаковими вагами:

Таблиця 1

## Система субіндикаторів CASE Index

Код	Індикатор	Одиниця вимірювання	Вага, $w_i$	Формула
<b>С - CONNECTED (Цифрова підключеність)</b>				
C1	Проникнення 5G	Підключення/100 жителів	0,20	$(5G\_користувачі/населення)*100$
C2	IoT охоплення	пристроїв/1000 осіб	0,20	$(IoT\_пристрої/населення)*1000$
C3	Рівень підключеності транспортних засобів	%	0,20	$(Кількість \ll з'єднаних \gg \text{автомобілів} / \text{загальна кількість автомобілів}) * 100$
C4	Трафік даних – транспорт (ЕВ/рік)	ЕВ/рік	0,20	Мобільний трафік транспортного сектору
C5	ITU GCI 2024 (кібербезпека)	(Бал, 0-100)/100	0,20	ITU Global Cybersecurity Index/100
<b>А - AUTONOMOUS (Автономізація)</b>				
A1	AMR/AGV	кількість роботів/10 000 працівників складу	0,25	$(AMR+AGV)/\text{працівники складу} * 10000$
A2	KPMG AVRI (готовність до AV)	(Бал, 0-100)/100	0,25	KPMG AVRI /100
A3	Впровадження ШІ в логістиці	%	0,25	Частка логістичних компаній з ШІ
A4	Пілоти автономної доставки	%	0,25	Відсоток міст 50 тис.+ з AV-пілотами
<b>С - SHARED (Спільна мобільність і логістика)</b>				
S1	Проникнення спільної мобільності	%	0,5	$\text{Користувачі спільної мобільності} / \text{Кількість міського населення} * 100$
S2	Частка ринку 3PL	%	0,5	$\text{Валовий дохід 3PL} / \text{Обсяг логістичного ринку} * 100$
<b>Е - ELECTRIC (Електрифікація транспорту)</b>				
E1	Частка EV в продажах нових автомобілів	%	0,25	$\text{Кількість EV в продажах нових автомобілів} / \text{Загальна кількість проданих нових автомобілів}$
E2	Частка EV у парку транспортних засобів	%	0,25	$\text{Кількість електромобілів} / \text{Загальна кількість автопарку} * 100$
E3	Частка EV у парку транспортних засобів логістики	%	0,25	$\text{Кількість електромобілів в логістиці} / \text{Загальна кількість логістичного автопарку} * 100$
E4	Щільність EVCS	EVCS/100км <sup>2</sup> Кількість зарядних станцій/100км <sup>2</sup>	0,25	$\text{Кількість публічних зарядних станцій} / \text{Територія, км}^2 * 100$

Джерело: сформовано авторами на основі [2; 4; 9-10; 12-18; 20; 22-24; 26]

$$CASE_A = 0,2 \times A_{1norm} + 0,2 \times A_{2norm} + 0,2 \times A_{3norm} + 0,2 \times A_{4norm} \quad (3)$$

$$CASE_S = 0,5 \times S_{1norm} + 0,5 \times AS_{2norm} \quad (4)$$

$$CASE_E = 0,25 \times E_{1norm} + 0,25 \times E_{2norm} + 0,25 \times E_{3norm} + 0,25 \times E_{4norm} \quad (5)$$

Формула CASE індексу:

$$CASE = 0,25 \times CASE_C + 0,25 \times CASE_A + 0,25 \times CASE_S + 0,25 \times CASE_E \quad (6)$$

Значення індексу належать проміжку [0; 1].

KPMG AVRI (A2) відсутній для ЄС-27 та України, відповідно  $A_{2norm} = 0$  (консервативна оцінка). ЄС C5 (ITU GCI) визначено як середнє по Tier-1 країнах ЄС і дорівнює 91,0/100. S2 (3PL частка ринку) розраховано тільки для США (публічні дані Armstrong&Associates); для інших країн  $S_{2norm} = 0$  через відсутність порівнянних даних (табл. 2).

Отже; Україна демонструє найвищий показник E1 (28% EV нові продажі); що є результатом масового імпорту вживаних елек-

тромобілів (наприклад; Tesla; Nissan Leaf) та звільнення від ввізного мита; ПДВ. Водночас показник E2 (Fleet частка 0,8%) та E4 (EVCS щільність 1,18/100 км<sup>2</sup>) мають найнижчі значення у вибірці. Японія лідирує за показником A1 (124 роботи/10000 працівників); що відображає найвищу щільність роботів у світі (IFR; 2025). Для субіндекса S2 відсутні порівнянні дані для Японії; Німеччини та ЄС-27; оскільки Armstrong&Associates публікує регіональні 3PL-доходи без розділення за часткою ринку на рівні окремих країн в публічному доступі [4].

Нормалізовані субіндекси CASE та зведений CASE індекс за 2024 р. наведені у табл. 3.

Відповідно, виокремлюються такі структурні профілі CASE-розвитку для країн. США (CASE індекс дорівнює 0,786) лідирує завдяки найвищим значенням субіндексів C (0,917) та S (1,000), що відображає зрілу 5G-екосистему та розвинутий ринок спільної мобільності. Водночас США відстає за E-компонентою (0,315) через низьку щільність EVCS (1,71/100 км<sup>2</sup> порівняно з Німеччиною (44,8/100 км<sup>2</sup>) та невисоку частку електрифікованих автомобілів у парку (1,5%).

Таблиця 2

Значення субіндикаторів CASE індексу для країн, 2024 р.

Індикатор	США	Японія	Німеччина	ЄС-27	Україна
C - CONNECTED (Цифрова підключеність)					
C1; 5G / 100 жит.	68,4	56,0	40,0	45,0	3,0
C2; IoT / 1000 ос.	2600	1400	1800	1600	120
C3; %	35	30	38	32	5
C4; EV	15	8	6	22	0,3
C5; ITU GCI /100	99,86	97,82	91,54	91,0	52,48
A - AUTONOMOUS (Автономізація)					
A1; кількість роботів/ 10 000 працівників складу	82	124	96	71	4
A2; (Бал; 0-100)/100	78,8	70,7	69,0	-	-
A3; %	62	58	55	48	12
A4; %	28	22	18	15	2
S - SHARED (Спільна мобільність і логістика)					
S1; %	42	38	35	33	18
S2; %	42,7	-	-	-	-
E - ELECTRIC (Електрифікація транспорту)					
E1; %	9	3	14	20	28
E2; %	1,5	1,2	2,3	3,5	0,8
E3; %	8	5	10	9	2
E4; EVCS/100км <sup>2</sup>	1,71	28,3	44,8	23,6	1,18

Джерело: сформовано авторами на основі [2; 4; 9-10; 12-18; 20; 22-23; 25-26]

Таблиця 3

## Нормалізовані субіндекси CASE та зведений CASE індекс; 2024 р.

Субіндекс	США	Японія	Німеччина	ЄС-27	Україна
CASE C	0,917	0,679	0,666	0,774	0,000
CASE A	0,912	0,897	0,779	0,445	0,000
CASE S	1,000	0,417	0,354	0,313	0,000
CASE E	0,315	0,286	0,749	0,767	0,250
CASE індекс	0,786	0,570	0,637	0,575	0,063
Рівень переходу логістики до ШТУ	Платформна інтеграція (0,6-0,8)	Перехід за координаті (0,4-0,6)	Платформна інтеграція (0,6-0,8)	Перехід за координаті (0,4-0,6)	Початковий рівень (< 0,2)

Джерело: сформовано авторами

Японія (CASE індекс дорівнює 0,570) є лідером за А-субіндексом (0,897; найвища щільність AMR/AGV) та С-переваги. Оцінка субіндексу S становить 0,417 через відсутність публічних ZPL-даних та низьке значення показника E1 (лише 3% нових продажів; BEV) при домінуванні аавтомобілів-гібридів.

Німеччина (CASE індекс дорівнює 0,637) та ЄС-27 (CASE індекс дорівнює 0,575) мають близькі значення індексу; але різні профілі. Німеччина має найбільше значення показника E4 (44,8 EVCS/100 км<sup>2</sup>); проте має менші значення показників S-субіндексу. ЄС-27 демонструє найвище значення показника E2 (3,5% частка EV у парку транспортних засобів). ЄС-27 знаходиться на стадії «перехід за координаті», що передбачає впровадження технологій ШТУ в логістиці за наявності координатійних механізмів.

Україна (CASE індекс дорівнює 0,063) знаходиться у категорії «початковий рівень». Відносно вище значення субіндексу E (0,250) пов'язане зі значенням E1 і не відображає зрілість інфраструктури.

Рівновага Неша у впровадженні технологій ШТ; коли логістичні компанії обирають стратегію використання технологій як стан рівноваги; безпосередньо пов'язана з рівнем CASE індексу [29]. Байєсівський поріг прийняття логістичною компанією рішення щодо впровадження технології залишається 40%; проте ймовірність того, що партнер/конкурент впровадить технологію ШТУ ( $p_{emp}$ ); залежить від рівня CASE індексу країни/галузі.

При значенні CASE індексу більше 0,6 (США);  $p_{emp}$  дорівнює 62-70%; що є більшим, ніж порогове значення ( $p^*=40\%$ ); і в такому випадку впровадження технологій

ШТУ логістичною компанією є раціональним без координаті. Такий стан є домінуючою рівновагою.

При значенні індексу CASE від 0,4 до 0,6 (Японія, ЄС-27),  $p_{emp}$  коливається в межах від 40% до 55%; що дорівнює або перебільшує Баєсівський поріг; відповідно стратегія впровадження технологій ШТУ для логістичної компанії є умовно раціональною, тобто рівновага Неша є можливою; але потребує кооперативних платформ або державного координування.

При значенні індексу CASE менше 0,2 (Україна),  $p_{emp}$  приблизно дорівнює 12%; що менше значення Баєсівського порогу (40%). Відповідно; домінуючою стратегією для логістичної компанії є стратегія невпровадження технологій ШТУ. Рівновага Неша встановлюється на рішенні компаній не інтегрувати технології. Тобто стратегія впровадження технологій ШТУ є нераціональною без зовнішнього стимулювання. Впровадження технологій ШТУ логістичними компаніями можливе лише через альянси; іноземні інвестиції або вимоги іноземних партнерів (табл. 4).

Рівень переходу логістики до використання технологій ШТУ характеризує ступінь наближення логістики до повної інтеграції технологій ШТУ.

Шкала інтерпретації CASE індексу налічує п'ять рівнів переходу логістики до технологій ШТУ. Перший початковий рівень (значення CASE індексу становить від 0,0 до 0,2) характеризується базовою цифровізацією без системного впровадження технологій ШТУ. На цьому рівні жоден із субіндексів не досягає значень, достатніх для формування стійкої ринкової мотивації до переходу з впровадження технологій.

Другий рівень переходу логістики до використання технологій ШТУ - це адаптація (значення CASE індексу становить від 0,2 до 0,4). На цьому рівні значення принаймні одного із субіндексів CASE підтверджує розвиток певного напрямку. Рівновага Неша набуває форми (I,N), тобто окремі компанії обирають стратегію впровадження технологій, тоді як решта компанія зберігає очікувальну позицію. Це перехідний стан, за якого ринок поступово диференціюється на технологічних лідерів та послідовників, проте системного мережевого ефекту ще не виникає через недостатню критичну масу учасників.

Перехід за координації (значення CASE індексу становить від 0,4 до 0,6) відповідає ситуації, за якої щонайменше два субіндекси CASE перевищують значення 0,50. Рівновага Неша (I,N) є частковою: стратегія впровадження технологій ШТУ є умовно раціональною для логістичних компаній, однак її реалізація потребує зовнішньої координації з боку держави, галузевих асоціацій або спільних платформ. Без такої координації рівновага Неша (I,I) залишається нестійкою і може розпастися за умов асиметрії інформації або різних горизонтів планування між учасниками.

Платформна інтеграція (значення CASE індексу становить від 0,6 до 0,8) характери-

зується тим, що три або всі субіндекси CASE перевищують значення 0,6. За таких умов рівновага Неша (I,I) стає домінуючою: логістична компанія обирає стратегію впровадження незалежно від поведінки конкурентів, оскільки мережевий ефект є достатнім для самопідсилення без зовнішньої координації. Логістичні платформи спільного користування є комерційно вигідними, а ринок формує стійкі стимули для подальшого масштабування технологій.

Технологічна зрілість, або екосистемний рівень (значення CASE індексу становить від 0,80 до 1,00) є граничним станом повної інтеграції технологій ШТУ в логістику, за якого всі чотири субіндекси CASE перевищують значення 0,8. На цьому рівні рівновага Неша (I,I) є кооперативною та стійкою, а мережевий ефект досягає максимуму. Тобто, кожен додатковий учасник системи підвищує її цінність для всіх інших.

Відповідно; США та Німеччина мають значення CASE індексу більше 0,6; де рівновага Неша (I,I) (впровадження технологій) є автоматично домінуючою; Це свідчить про те; що для більшості країн (включно з Японією; ЄС-27) рівновага Неша (I,I) потребує зовнішньої координації (регуляторних стимулів; спільних платформ або державних субсидій);

Таблиця 4

**Шкала інтерпретації CASE індексу та рівноваги Неша  
щодо впровадження логістичними компаніями технологій ШТУ**

CASE індекс	Рівень переходу логістики до використання технологій ШТУ	Характеристика	Рівновага Неша	Країни, 2024
0,8-1,00	Технологічна зрілість, екосистемний рівень	Всі 4 субіндекси CASE більше 0,8	Nash (I,I) кооперація, максимальний мережевий ефект	
0,60-0,8	Платформна інтеграція	Три субіндекси CASE більше 0,6	Nash (I,I) домінує, логістичні платформи спільного користування є вигідними	США (0,786), Німеччина (0,637)
0,4-0,6	Перехід за координації	Два субіндекси CASE більше 0,50	Nash (I,N), часткова рівновага, потрібна координація держави	Японія (0,570), ЄС-27 (0,575)
0,2-0,4	Адаптація	Значення одого з субіндексів CASE підтверджує розвиток напрямку	Nash (I,N)	
0,0-0,2	Початковий рівень	Базова цифровізація	Nash (N,N); $p_{emp} < p^*$	Україна (0,063)

*Джерело: сформовано авторами*

**Висновки.** Запропонований CASE індекс є галузевим індикатором ШТУ-переходу в логістиці. Визначено, що США та Німеччина є країнами вибірки, де рівновага Неша (I,I) щодо впровадження технологій ШТУ є домінуючою стратегією для логістичних компаній без зовнішньої координації. Японія, ЄС-27 перебувають у категорії «перехід за координацією», тобто впровадження технологій є умовно раціональним, але потребує регуляторних стимулів, спільних платформ або державного субсидування, оскільки ймовірність того, що партнер-конкурент логістичної компанії впровадить технологію коливається в межах 40-55%,

Україна щодо готовності впровадження технологій ШТУ в логістиці знаходиться у категорії «початковий рівень», в якій домінуюча рівновага Неша встановлюється на рішенні

компаній не інтегрувати технології ШТУ. Це означає, що ринкові механізми самостійно не забезпечують дифузію ШТУ-технологій у логістичному секторі України.

Для України вихід на рівновагу Неша у впровадженні технологій ШТУ потребує підвищення CASE індексу щонайменше до 0,4-0,6, що детермінує необхідність розгортання 5G (С1 з 3% до 25%); розвитку ШІ-логістики та AMR-роботизації (А-компонента); формування спільних платформ (S-компонента); масштабування EVCS (Е4 з 1,18 до  $\geq 5$  EVCS/100 km<sup>2</sup>).

Перспективи подальших досліджень полягають у включенні більшої вибірки країн; формування даних CASE індексу за певний період для аналізу динаміки переходу; уточнення S2-субіндикатора у мірі оприлюднення регіональних ЗРЛ-даних.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ashwin Verma; Kumar Prasad V.; Kumari A. та ін. Industry 6.0: Vision; technical landscape; and opportunities. *Alexandria Engineering Journal*. 2025. Vol. 130. P. 139-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.08.040>.
2. Consumer Choice Center. Sharing Economy Index 2024. URL: <https://consumerchoicecenter.org/sharing-economy-index-2024/> (дата звернення: 14.04.2026).
3. Deloitte Insights. Future of Mobility Index 2023. New York: Deloitte Development LLC; 2023. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility.html> (дата звернення: 14.04.2026).
4. Divergence. Working through the Uncertainty – Latest Third-Party Logistics Market Results and Outlook. Brookfield; WI : Armstrong & Associates; 2024. URL: [https://www.3plogistics.com/wp-content/uploads/2024/07/SAMPLE\\_Third-Party-Logistics-Market-Results-and-Trends-for-2024.pdf](https://www.3plogistics.com/wp-content/uploads/2024/07/SAMPLE_Third-Party-Logistics-Market-Results-and-Trends-for-2024.pdf) (дата звернення: 14.04.2026).
5. Echeverria E. E.; Gauthier G. F.; Turzak P. et al. Ukraine's Transport and Logistics System: Current and Prospective Opportunities and Challenges. Washington; D.C.: World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099061725033525342> (дата звернення: 14.04.2026).
6. Ericsson. Ericsson Mobility Report 2025. URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/june-2024> (дата звернення: 14.04.2026).
7. European Automobile Manufacturers' Association. New car registrations: +1;8% in 2025; battery-electric 17;4% market share. 2026. URL: <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-1-8-in-2025-battery-electric-17-4-market-share/> (дата звернення: 14.04.2026).
8. European Commission. Digital Economy and Society Index (DESI) 2023. Brussels: European Commission; 2023. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (дата звернення: 14.04.2026).
9. EV-Volumes. Global Electric Vehicle Market Share: Quarterly. 2025. URL: <https://ev-volumes.com/> (дата звернення: 14.04.2026).
10. Fortune Business Insights. Shared Mobility Market Size. 2025. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/shared-mobility-market-108416> (дата звернення: 14.04.2026).
11. Global Connectivity Index 2020. URL: <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/country-rankings.html> (дата звернення: 14.04.2026).
12. GMI Insights. Europe Connected Car Market Size; Statistics Report 2025-2034. 2024. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/europe-connected-car-market> (дата звернення: 14.04.2026).
13. IEA. Global EV Outlook 2025: Trends in electric car markets and electric vehicle charging. Paris: International Energy Agency; 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (дата звернення: 14.04.2026).
14. IFR. World Robotics 2025: Service Robots. International Federation of Robotics; 2025. URL: <https://ifr.org/wr-service-robots/> (дата звернення: 14.04.2026).
15. IMARC Group. Connected Car Market Size; Share; Trends and Forecast 2026-2034. 2025. URL: <https://www.imarcgroup.com/connected-car-market> (дата звернення: 14.04.2026).

16. ITIF. The US Leads the World in 5G Connections. 2024. URL: <https://itif.org/publications/2024/12/02/us-leads-world-5g-connections-68-connections-per-100-inhabitants/> (дата звернення: 14.04.2026).
17. ITU. Global Cybersecurity Index 2024 (5th ed.). International Telecommunication Union; 2025. URL: <https://www.itu.int/hub/publication/d-hdb-gci-01-2024/> (дата звернення: 14.04.2026).
18. KPMG. Autonomous Vehicles Readiness Index. KPMG International; 2020. URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> (дата звернення: 14.04.2026).
19. Logistics Performance Index 2023: Connecting to Compete. URL: [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/serv\\_e/serv\\_1107202314\\_e/serv\\_1107202314\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/serv_e/serv_1107202314_e/serv_1107202314_e.htm) (дата звернення: 14.04.2026).
20. Market.us. Shared Mobility Statistics and Facts. 2024. URL: <https://market.us/report/shared-mobility-market/> (дата звернення: 14.04.2026).
21. McKinsey & Company. The future of mobility in 2035. 2022. URL: <https://www.mckinsey.com> (дата звернення: 14.04.2026).
22. McKinsey QuantumBlack. Digital twins: The key to unlocking end-to-end supply chain growth. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack> (дата звернення: 14.04.2026).
23. OECD. OECD Digital Economy Outlook 2024 (Vol. 2). Paris: OECD Publishing; 2024.
24. Rodrik D. *Industrial Policy for the Twenty-First Century*. CEPR Discussion Paper No. 4767. London : Centre for Economic Policy Research; 2004. 57 p. URL: <https://cepr.org/publications/dp4767>
25. SeaRates. Autonomous Trucks in 2025: A Global Snapshot. 2025. URL: <https://www.searates.com/blog/post/autonomous-trucks-in-2025-a-global-snapshot-of-deployment-use-cases-and-what-comes-next> (дата звернення: 14.04.2026).
26. Transforma Insights / DemandSage. How Many IoT Devices Are There. 2025. URL: <https://www.demandsage.com/number-of-iot-devices/> (дата звернення: 14.04.2026).
27. Virta. The Global Electric Vehicle Market in 2025. URL: <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market> (дата звернення: 14.04.2026).
28. Wong W.; Anwar M. F.; Soh K. L. Transportation 4.0 in supply chain management. *Operations Management Research*. 2024. Vol. 17. P. 683-710.
29. World Bank. Logistics Performance Indicators 2.0. World Bank Group; 2025. URL: <https://lpi.worldbank.org> (дата звернення: 14.04.2026).
30. WRI. The Countries Adopting Electric Vehicles the Fastest. 2025. URL: <https://www.wri.org/insights/countries-adopting-electric-vehicles-fastest> (дата звернення: 14.04.2026).

## REFERENCES:

1. Ashwin Verma; Kumar Prasad V.; Kumari A.; Bhattacharya P.; Srivastava G.; Fang K.; Wang W.; Gadekallu T.R. (2025) Industry 6.0: Vision; technical landscape; and opportunities. *Alexandria Engineering Journal*; vol. 130; pp. 139-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.08.040>.
2. Consumer Choice Center (2024) Sharing Economy Index 2024. Available at: <https://consumerchoicecenter.org/sharing-economy-index-2024/> (accessed April 14; 2026).
3. Deloitte Insights (2023) Future of Mobility Index 2023. New York: Deloitte Development LLC. Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility.html> (accessed April 14; 2026).
4. Divergence (2024) Working through the Uncertainty – Latest Third-Party Logistics Market Results and Outlook. Brookfield; WI: Armstrong & Associates. Available at: [https://www.3plogistics.com/wp-content/uploads/2024/07/SAMPLE\\_Third-Party-Logistics-Market-Results-and-Trends-for-2024.pdf](https://www.3plogistics.com/wp-content/uploads/2024/07/SAMPLE_Third-Party-Logistics-Market-Results-and-Trends-for-2024.pdf) (accessed April 14; 2026).
5. Echeverria E.E.; Gauthier G.F.; Turzak P.; Ber O.L.; Bulakh Y.; Shkliar A.; Beschastna H. Ukraine's Transport and Logistics System: Current and Prospective Opportunities and Challenges. Washington; D.C.: World Bank Group. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099061725033525342> (accessed April 14; 2026).
6. Ericsson (2025) Ericsson Mobility Report 2025. Available at: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/june-2024> (accessed April 14; 2026).
7. European Automobile Manufacturers' Association (2026) New car registrations: +1.8% in 2025; battery-electric 17.4% market share. Available at: <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-1-8-in-2025-battery-electric-17-4-market-share/> (accessed April 14; 2026).
8. European Commission (2023) Digital Economy and Society Index (DESI) 2023. Brussels: European Commission. Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (accessed April 14; 2026).
9. EV-Volumes (2025) Global Electric Vehicle Market Share: Quarterly. Available at: <https://ev-volumes.com/> (accessed April 14; 2026).

10. Fortune Business Insights (2025) Shared Mobility Market Size. Available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/shared-mobility-market-108416> (accessed April 14; 2026).
11. Global Connectivity Index (2020) Available at: <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/country-rankings.html> (accessed April 14; 2026).
12. GMI Insights (2024) Europe Connected Car Market Size; Statistics Report 2025–2034. Available at: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/europe-connected-car-market> (accessed April 14; 2026).
13. International Energy Agency (2025) Global EV Outlook 2025: Trends in electric car markets and electric vehicle charging. Paris: IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (accessed April 14; 2026).
14. International Federation of Robotics (2025) World Robotics 2025: Service Robots. Available at: <https://ifr.org/wr-service-robots/> (accessed April 14; 2026).
15. IMARC Group (2025) Connected Car Market Size; Share; Trends and Forecast 2026–2034. Available at: <https://www.imarcgroup.com/connected-car-market> (accessed April 14; 2026).
16. ITIF (2024) The US Leads the World in 5G Connections. Available at: <https://itif.org/publications/2024/12/02/us-leads-world-5g-connections-68-connections-per-100-inhabitants/> (accessed April 14; 2026).
17. ITU (2025) Global Cybersecurity Index 2024 (5th ed.). International Telecommunication Union. Available at: <https://www.itu.int/hub/publication/d-hdb-gci-01-2024/> (accessed April 14; 2026).
18. KPMG (2020) Autonomous Vehicles Readiness Index. Available at: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> (accessed April 14; 2026).
19. Logistics Performance Index (2023) Connecting to Compete. Available at: [https://www.wto.org/english/tra-top\\_e/serv\\_e/serv\\_1107202314\\_e/serv\\_1107202314\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tra-top_e/serv_e/serv_1107202314_e/serv_1107202314_e.htm) (accessed April 14; 2026).
20. Market.us (2024) Shared Mobility Statistics and Facts. Available at: <https://market.us/report/shared-mobility-market/> (accessed April 14; 2026).
21. McKinsey & Company (2022) The future of mobility in 2035. Available at: <https://www.mckinsey.com> (accessed April 14; 2026).
22. McKinsey QuantumBlack (2024) Digital twins: The key to unlocking end-to-end supply chain growth. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack> (accessed April 14; 2026).
23. OECD (2024) OECD Digital Economy Outlook 2024 (Vol. 2). Paris: OECD Publishing.
24. Rodrik D. *Industrial Policy for the Twenty-First Century*. CEPR Discussion Paper No. 4767. London : Centre for Economic Policy Research; 2004. 57 p. URL: <https://cepr.org/publications/dp4767>
25. SeaRates (2025) Autonomous Trucks in 2025: A Global Snapshot. Available at: <https://www.searates.com/blog/post/autonomous-trucks-in-2025-a-global-snapshot-of-deployment-use-cases-and-what-comes-next> (accessed April 14; 2026).
26. Transforma Insights / DemandSage (2025) How Many IoT Devices Are There. Available at: <https://www.demandsage.com/number-of-iot-devices/> (accessed April 14; 2026).
27. Virta (2025) The Global Electric Vehicle Market in 2025. Available at: <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market> (accessed April 14; 2026).
28. Wong W.; Anwar M.F.; Soh K.L. (2024) Transportation 4.0 in supply chain management: State-of-the-art and future directions. *Operations Management Research*; 17; pp. 683-710.
29. World Bank (2025) Logistics Performance Indicators 2.0. Available at: <https://lpi.worldbank.org> (accessed April 14; 2026).
30. World Resources Institute (2025) The Countries Adopting Electric Vehicles the Fastest. Available at: <https://www.wri.org/insights/countries-adopting-electric-vehicles-fastest> (accessed April 14; 2026).

Дата надходження статті: 22.04.2026

Дата прийняття статті: 11.05.2026

Дата публікації статті: 19.05.2026