

Ткаченко Алла, Пожуєва Тетяна. Моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки з використанням інструментів штучного інтелекту. *Економічний дискурс*. 2026. Випуск 1. С. 249-260.

DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2026-1-24>

УДК 339.9 : 330.131.5-047.58 : 005.922.1 : 004.8
JEL Classification C50, F20, L86, O32

Ткаченко Алла

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри бізнесу та управління
Національний Університет «Запорізька Політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

E-mail: alla0676128584@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1843-2579

Пожуєва Тетяна

доктор економічних наук, професор кафедри бізнесу та управління
Національний Університет «Запорізька Політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

E-mail: lowleyhome@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9895-2557

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація

Вступ. Актуальність теми зумовлена глибокою трансформацією глобальних логістичних систем під впливом цифровізації, зростанням геополітичних ризиків і необхідністю забезпечення безперервності функціонування критичної інфраструктури. У сучасних умовах логістика набуває стратегічного значення, а її ефективність безпосередньо впливає на економічну стійкість держави.

Методи. Дослідження проведено на основі узагальнення сучасних наукових підходів і аналізу міжнародних логістичних систем у цифровому середовищі. Інформаційною базою слугували наукові публікації, аналітичні матеріали та узагальнені статистичні дані щодо функціонування логістичних процесів. Використано системний підхід, методи економіко-математичного моделювання, багатокритеріальної оцінки (АНР), а також інструменти машинного навчання (зокрема LSTM та Random Forest) для прогнозування логістичних потоків та ідентифікації ризиків. Дослідження має концептуально-модельний характер і не передбачає формування класичної вибірки піддослідних, натомість базується на моделюванні сценаріїв функціонування логістичних систем.

Результати. У результаті дослідження розроблено інтегровану модель оцінювання ефективності міжнародних логістичних процесів, що поєднує економічні, операційні та безпекові показники. Встановлено, що включення індикаторів стійкості (TTR, TTS) у поєднанні з AI-алгоритмами дозволяє підвищити точність оцінювання ефективності на 18–25% та скоротити логістичні витрати в умовних сценаріях на 12–17%. Доведено, що використання штучного інтелекту забезпечує перехід до проактивного управління логістичними процесами та підвищує їх адаптивність до зовнішніх викликів.

Перспективи. Перспективи подальших наукових досліджень полягають у поглибленні методологічних засад моделювання міжнародних логістичних процесів із використанням інструментів штучного інтелекту та розширенні безпекового компоненту оцінювання їх ефективності. Насамперед, доцільним є розроблення адаптивних багаторівневих моделей управління логістичними системами, здатних функціонувати в умовах високої турбулентності глобального середовища, геополітичних конфліктів та кіберзагроз.

Ключові слова: міжнародні логістичні процеси, штучний інтелект, менеджмент, національна безпека, ефективність логістики, цифрова трансформація.

Вступ.

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується суттєвими трансформаціями міжнародних логістичних процесів під впливом глобалізаційних зрушень, цифровізації та зростання геополітичної нестабільності. В умовах воєнно-економічних ризиків, порушення транспортних коридорів та ускладнення міжнародної торгівлі логістика набуває не лише економічного, а й стратегічного значення, стаючи ключовим елементом системи національної безпеки держави. Ефективність управління міжнародними логістичними потоками визначає здатність країни забезпечувати безперервність постачання, стабільність виробничих систем і стійкість економіки в цілому [1].

Водночас традиційні підходи до менеджменту логістичних процесів, що базуються на ретроспективному аналізі та лінійних моделях прогнозування, виявляються недостатніми в умовах високої невизначеності та динамічних змін середовища. Це зумовлює необхідність впровадження інноваційних інструментів управління, серед яких особливе місце займає штучний інтелект. Використання технологій штучного інтелекту дозволяє забезпечити більш точне прогнозування логістичних потоків, оптимізацію маршрутів, зниження витрат і підвищення рівня адаптивності системи [2, с. 2–4]. У наукових дослідженнях підкреслюється, що інтеграція AI у логістичні системи сприяє формуванню так званих «розумних ланцюгів постачання», здатних швидко реагувати на зовнішні виклики [3].

Особливої актуальності набуває використання штучного інтелекту в контексті забезпечення національної безпеки, оскільки логістичні системи виступають критичною інфраструктурою держави. Порушення їх функціонування може призвести до значних економічних втрат, соціальної нестабільності та зниження обороноздатності країни. У цьому контексті цифрові технології, зокрема AI та IoT, розглядаються як ключові інструменти підвищення рівня безпеки та стійкості логістичних систем [4]. Крім того, сучасні підходи до управління ризиками в логістиці передбачають використання методів машинного навчання для ідентифікації загроз і прогнозування кризових ситуацій [5, с. 3–6].

Вітчизняні наукові дослідження також акцентують увагу на необхідності цифрової трансформації логістики та інтеграції інтелектуальних систем управління. Зокрема, розвиток глобальних транспортних систем на основі концепції SMART-портів розглядається як важливий напрям підвищення ефективності міжнародних перевезень [6, с. 265–267].

У свою чергу, впровадження інструментів штучного інтелекту в управлінські процеси сприяє автоматизації прийняття рішень і підвищенню ефективності функціонування підприємств [7, с. 3–5]. Значна увага приділяється також цифровізації економічної діяльності в умовах кризових явищ, що формує передумови для розвитку нових моделей логістичного менеджменту [8, с. 70–72].

Разом із тим, попри наявність значної кількості наукових праць, присвячених окремим аспектам логістики, штучного інтелекту та національної безпеки, питання їх комплексної інтеграції залишається недостатньо дослідженим. Зокрема, відсутні універсальні підходи до оцінювання

ефективності міжнародних логістичних процесів із урахуванням безпекових параметрів та можливостей штучного інтелекту. Це свідчить про наявність наукової прогалини, яка потребує системного дослідження та розроблення відповідного методичного інструментарію.

Отже, актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю формування нових підходів до моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки на основі використання інструментів штучного інтелекту, що дозволить підвищити рівень стійкості та конкурентоспроможності економічних систем у сучасних умовах глобальних викликів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Проблематика моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки формується на перетині кількох наукових напрямів: управління логістичними системами, цифрової трансформації економіки, застосування штучного інтелекту в менеджменті та дослідження стійкості критичної інфраструктури. У сучасній науковій літературі ці напрями розвиваються досить інтенсивно, однак переважно фрагментарно, що зумовлює потребу в їх подальшій інтеграції.

Насамперед слід відзначити праці, у яких досліджується трансформація міжнародної логістики в умовах цифровізації. У роботі О. В. Кириллової та В. Ю. Кириллової SMART port clusters розглядаються як сучасний інструмент розвитку глобальної транспортної системи, що поєднує цифрову інфраструктуру, автоматизоване управління потоками та підвищення гнучкості логістичних рішень [6, с. 263–266]. Цінність цього підходу полягає в тому, що автори акцентують увагу на інституціональному та технологічному підґрунті модернізації транспортних вузлів, які є ключовими елементами міжнародної логістики.

Близькою за змістом є позиція І. С. Каленюк, яка пов'язує глобальну трансформацію логістичних систем із цифровими інструментами маркетингового та управлінського характеру, підкреслюючи, що швидкість обробки інформації та здатність до адаптації стають новими джерелами конкурентних переваг [9, с. 113–118].

Окремий блок досліджень присвячений управлінню логістичними витратами, фінансовому плануванню та економічній ефективності логістичних рішень. Зокрема, Л. Гелей, Н. Банера та О. Майор обґрунтовують важливість фінансового планування в логістичному ланцюзі як механізму узгодження витрат, ресурсів і часових параметрів переміщення потоків [10, с. 418–422]. Ця праця є важливою для нашого дослідження, оскільки підтверджує, що ефективність логістики не може оцінюватися виключно через транспортні показники, а потребує врахування фінансово-економічних критеріїв. Подібну думку розвиває Є. Д. Шевченко, який розглядає логістичні витрати як самостійний об'єкт управління та наголошує на необхідності формування системи показників, що дає змогу виявляти резерви підвищення результативності логістичних процесів [11].

У вітчизняному науковому дискурсі дедалі помітніше місце посідають дослідження, присвячені застосуванню штучного інтелекту в управлінні. У праці Г. Калач, О. Шпак та А. Кругляк штучний інтелект інтерпретується як інструмент автоматизації управлінських процесів, який змінює саму логіку прийняття рішень у сучасних організаціях [7]. Автори обґрунтовують, що AI-технології дають змогу переходити від реактивного менеджменту до проактивного, коли рішення ухвалюються на основі швидкого опрацювання великих обсягів даних. Для теми даного дослідження це має принципове значення, оскільки міжнародні логістичні процеси характеризуються багатofакторністю, високою динамікою та залежністю від зовнішніх ризиків.

Подальший розвиток цього наукового напряму простежується в роботах, присвячених цифровій трансформації економічних процесів у кризових умовах. Н. М. Сіренко та О. В. Мельник аналізують цифровізацію фінансової діяльності в умовах воєнного стану та доводять, що використання цифрових платформ і аналітичних рішень підвищує стійкість господарських систем до зовнішніх шоків [8, с. 70–73]. У контексті міжнародної логістики це означає, що цифрові рішення виконують не лише операційну, а й безпекову функцію, оскільки забезпечують безперервність

управління за умов нестабільності. Аналогічно Є. Д. Пархуць та О. Д. Огданська пов'язують забезпечення конкурентоспроможності з цифровими моделями трансформації, акцентуючи увагу на здатності підприємств адаптувати бізнес-процеси до нових вимог зовнішнього середовища [12, с. 75–80].

У дослідженнях українських науковців простежується також тенденція до поєднання логістичного менеджменту з безпековою проблематикою. Праця І. М. Куліша, присвячена controlling як інструменту фінансово-економічного захисту підприємства, є показовою в частині трактування управління як системи раннього виявлення загроз і підтримки стійкості організації [13]. Хоча автор безпосередньо не аналізує міжнародні логістичні процеси, запропонований підхід має важливе методичне значення для формування безпекоорієнтованої моделі логістичного менеджменту.

У роботі А. М. Ткаченко та О. М. Демченко, присвяченій електронній комерції як сучасній формі організації бізнесу, розкриваються структурні зміни в каналах збуту, цифрових комунікаціях та організації взаємодії між учасниками ринку [14, с. 434–448]. Це дозволяє зробити висновок, що розвиток цифрових бізнес-моделей прямо впливає на конфігурацію міжнародних логістичних потоків та на вимоги до системи їх управління.

Окреме значення для формування теоретичного підґрунтя дослідження має праця К. Абдуллаєва, А. М. Ткаченко, Ш. Метревелі, Н. Мазіашвілі та В. Бичай, у якій розглянуто стратегії посилення глобальної економічної стійкості через міжнародні фінансові структури [15, с. 3–8]. Хоча ця робота не фокусується безпосередньо на логістиці, вона важлива для розуміння ширшого контексту: стійкість міжнародних економічних систем залежить від здатності інституцій та інфраструктур швидко адаптуватися до кризових викликів. Саме така логіка є релевантною і для дослідження міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки.

Іноземні наукові праці значно розширюють аналітичне поле дослідження. Однією з найбільш важливих є робота D. Ivanov, у якій стійкість ланцюгів постачання розглядається крізь призму цифрових технологій [1, с. 8217–8223]. Автор переконливо доводить, що сучасні supply chains мають оцінюватися не лише за критеріями витрат і швидкості, а й за здатністю до відновлення, адаптації та збереження функціональності в кризових умовах. Саме ця ідея є базовою для поєднання логістичної ефективності з категорією національної безпеки.

Вагомий внесок у дослідження ролі штучного інтелекту в логістиці зробили W. Chen і Y. Men, які систематизували напрями використання AI в оптимізації логістичних процесів [2, с. 2–7]. Автори показують, що алгоритми машинного навчання застосовуються для прогнозування попиту, маршрутизації, управління запасами та мінімізації ризиків. Це дозволяє розглядати штучний інтелект не як окремих цифровий інструмент, а як основу формування нової моделі логістичного менеджменту. Водночас G. Culot, G. Nassimbeni, G. Orzes і M. Sartor, аналізуючи індустрію 4.0, підкреслюють, що цифрова інтеграція процесів є не лише технологічним, а й управлінським викликом, оскільки вимагає перегляду підходів до координації, контролю й оцінювання результативності [3].

У контексті національної безпеки важливими є дослідження P. Fraga-Lamas та T. Fernández-Caramés, які обґрунтовують доцільність поєднання IoT та AI для цілей громадської безпеки й оперативного реагування [4]. З позицій нашої теми це має особливе значення, адже міжнародні логістичні системи дедалі більше функціонують як цифрово керовані мережі, вразливі до кіберзагроз, інформаційних збоїв і фізичних порушень інфраструктури.

Не менш важливою є праця Z. Xu та J. Saleh, у якій машинне навчання розглядається як інструмент для safety applications в інженерних системах [5, с. 1–5]. Їхній підхід підтверджує, що безпекові параметри можуть бути інтегровані в моделі оцінювання ефективності, а не існувати як окремих блок контролю.

Отже, аналіз сучасних досліджень засвідчує, що в науковій літературі вже сформовано ґрунтовні підходи до вивчення цифрової трансформації логістики, застосування штучного інтелекту в менеджменті, забезпечення стійкості ланцюгів постачання та посилення безпекових

характеристик економічних систем [1–15]. Разом із тим переважна більшість праць зосереджена або на окремих логістичних аспектах, або на загальних питаннях цифровізації та AI, не формуючи цілісної моделі оцінювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки. Саме ця наукова прогалина зумовлює доцільність подальшого дослідження, спрямованого на розроблення інтегрованого методичного підходу, у якому поєднуюватимуться економічні, логістичні, безпекові та інтелектуально-аналітичні параметри.

Мета.

Метою наукового дослідження є теоретичне обґрунтування та розроблення інтегрованого підходу до моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки із використанням інструментів штучного інтелекту, що забезпечує підвищення стійкості, адаптивності та результативності функціонування логістичних систем в умовах глобальних викликів і високої невизначеності.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких взаємопов'язаних наукових завдань:

1. Узагальнити теоретичні підходи до визначення сутності міжнародних логістичних процесів у контексті національної безпеки, з урахуванням сучасних трансформацій глобального економічного середовища.
2. Систематизувати існуючі наукові підходи до оцінювання ефективності логістичних систем та виявити їх обмеження в умовах цифровізації та зростання безпекових ризиків.
3. Обґрунтувати роль штучного інтелекту як інструменту підвищення ефективності управління міжнародними логістичними процесами, зокрема у частині прогнозування, оптимізації та управління ризиками.
4. Сформуувати систему показників (KPI) оцінювання ефективності міжнародних логістичних процесів із урахуванням економічних, операційних і безпекових параметрів.
5. Розробити концептуальну модель оцінювання ефективності, яка інтегрує традиційні логістичні показники з інструментами штучного інтелекту та індикаторами національної безпеки.
6. Запропонувати методичний підхід до використання AI-алгоритмів (зокрема методів машинного навчання) для прогнозування логістичних потоків, ідентифікації ризиків та оптимізації управлінських рішень.
7. Обґрунтувати механізм інтеграції безпекових показників (зокрема показників стійкості, часу відновлення та здатності до функціонування в кризових умовах) у загальну систему оцінювання ефективності.
8. Визначити напрями підвищення ефективності міжнародних логістичних процесів на основі інтеграції цифрових технологій та інтелектуальних систем управління.

Таким чином, сформульовані мета та завдання дослідження забезпечують комплексний підхід до розв'язання наукової проблеми, що полягає у поєднанні логістичних, управлінських і безпекових аспектів із можливостями штучного інтелекту, що є необхідною передумовою формування сучасної моделі ефективного функціонування міжнародних логістичних систем.

Методологія дослідження.

Методологічна основа дослідження сформована з урахуванням міждисциплінарного характеру проблематики, що поєднує теорію логістики, менеджменту, економічної безпеки та сучасні інструменти штучного інтелекту. Такий підхід забезпечує комплексне вивчення міжнародних логістичних процесів як складної динамічної системи, функціонування якої відбувається під впливом багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів.

У процесі дослідження застосовано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів, що дозволило забезпечити логічну послідовність, наукову обґрунтованість і практичну релевантність отриманих результатів.

На теоретичному рівні використано методи абстрагування, узагальнення та систематизації, які дали змогу уточнити зміст категорій «міжнародні логістичні процеси», «ефективність логістичних систем» та «безпекоорієнтований менеджмент». За допомогою системного підходу міжнародна логістика розглядається як інтегрована багаторівнева система, що включає матеріальні, інформаційні та фінансові потоки, а також інституційні та безпекові компоненти. Це дозволило обґрунтувати доцільність включення показників стійкості та адаптивності до структури оцінювання ефективності.

Для аналізу сучасного стану розвитку логістичних систем і виявлення ключових тенденцій використано порівняльний та структурно-функціональний аналіз. Зокрема, порівнювалися традиційні підходи до управління логістикою з інтелектуалізованими моделями, що базуються на використанні штучного інтелекту. Це дало змогу виявити їхні переваги та обмеження, а також обґрунтувати необхідність переходу до проактивного управління логістичними процесами.

Важливе місце в дослідженні посідають економіко-математичні методи, зокрема:

- факторний аналіз, який використано для визначення впливу окремих показників на загальний рівень ефективності логістичних процесів;
- багатокритеріальна оцінка (метод аналізу ієрархій – АНР), що дозволила визначити вагомість окремих показників ефективності з урахуванням експертних оцінок;
- методи нормалізації та агрегування показників, які забезпечили можливість формування інтегрального індексу ефективності логістичних процесів.

У межах дослідження запропоновано інтегральний підхід до оцінювання ефективності, який передбачає поєднання економічних, операційних та безпекових показників у єдину аналітичну систему. Узагальнююча оцінка ефективності визначається на основі агрегування ключових показників (KPI), що відображають витратну ефективність, швидкість логістичних операцій, рівень надійності та стійкість системи.

Особливу увагу приділено використанню інструментів штучного інтелекту, які виступають ключовим елементом сучасної методології дослідження. Зокрема, застосовано:

- методи машинного навчання (Machine Learning) для аналізу та прогнозування логістичних потоків;
- рекурентні нейронні мережі типу LSTM для моделювання часових рядів і прогнозування динаміки логістичних показників;
- алгоритми класифікації (Random Forest) для ідентифікації ризиків і визначення критичних факторів впливу;
- оптимізаційні методи, зокрема генетичні алгоритми, для вибору найефективніших логістичних рішень.

Застосування зазначених інструментів дозволило перейти від статичних моделей оцінювання до динамічних адаптивних моделей, здатних враховувати змінність зовнішнього середовища та прогнозувати майбутні сценарії розвитку логістичних систем.

У дослідженні також використано методи сценарного аналізу, що дали змогу оцінити функціонування логістичних систем в умовах різних рівнів ризику та невизначеності. Зокрема, розглянуто сценарії порушення логістичних ланцюгів, обмеження транспортної інфраструктури та зміни попиту. Для оцінювання стійкості системи використано показники:

- TTR (time to recover) – час відновлення функціонування системи;
- TTS (time to survive) – час, протягом якого система здатна функціонувати без критичних втрат.

Інтеграція зазначених показників у загальну систему оцінювання дозволила сформувати безпекоорієнтовану модель ефективності, яка враховує не лише економічні результати, а й здатність системи протидіяти кризовим явищам.

Емпірична складова дослідження базується на моделюванні логістичних процесів із використанням узагальнених статистичних даних і сценарних припущень, що дозволило

апробувати запропонований підхід та оцінити його прикладну цінність. Для обробки даних використовувалися сучасні аналітичні інструменти та програмні засоби.

Таким чином, запропонована методологія поєднує класичні економічні методи аналізу з інноваційними цифровими інструментами, що забезпечує комплексне дослідження ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки та створює підґрунтя для формування нових управлінських рішень в умовах глобальних викликів.

Результати.

У ході проведеного дослідження було отримано низку науково обґрунтованих результатів, що дозволяють сформулювати цілісне уявлення про особливості моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки із використанням інструментів штучного інтелекту (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння традиційного та AI-менеджменту логістики*

Критерій	Традиційна модель	AI-модель
Прогнозування	обмежене	високоточне
Гнучкість	низька	висока
Безпека	реактивна	проактивна

*Джерело: авторська розробка.

Передусім, на основі узагальнення сучасних теоретичних підходів доведено, що міжнародні логістичні процеси доцільно розглядати як складну багаторівневу систему, яка інтегрує матеріальні, інформаційні та фінансові потоки та функціонує під впливом як економічних, так і безпекових факторів. Встановлено, що в умовах глобальної нестабільності ключовими характеристиками ефективності логістичних систем стають не лише економічні показники, але й параметри стійкості, гнучкості та адаптивності [15, с. 5–7; 1, с. 8218–8220].

У результаті дослідження систематизовано підходи до оцінювання ефективності логістичних процесів і встановлено їх обмеженість у частині врахування ризиків та безпекових аспектів. Доведено, що традиційні моделі, які базуються переважно на показниках витрат і швидкості виконання операцій, не відображають здатності логістичних систем функціонувати в умовах кризових явищ. Це підтверджується результатами досліджень, де акцентується увага на необхідності переходу до більш комплексних моделей управління логістикою, що враховують цифрові та ризик-орієнтовані фактори [10, с. 420–422; 11].

Важливим результатом дослідження є обґрунтування доцільності використання штучного інтелекту як ключового інструменту підвищення ефективності логістичних процесів. Встановлено, що застосування AI-технологій забезпечує:

- підвищення точності прогнозування логістичних потоків;
- оптимізацію маршрутів і ресурсного забезпечення;
- зниження операційних витрат;
- своєчасне виявлення ризиків.

Ці висновки узгоджуються із результатами сучасних досліджень, які доводять, що інтеграція інтелектуальних алгоритмів у систему управління сприяє переходу до проактивного менеджменту та підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень [7, с. 2–4; 2, с. 3–6].

У межах дослідження розроблено інтегровану модель оцінювання ефективності міжнародних логістичних процесів, яка поєднує три ключові блоки: економічний, операційний та безпековий. Запропонована модель базується на використанні системи ключових показників ефективності (KPI), що агрегуються в інтегральний індекс із урахуванням вагових коефіцієнтів. Особливістю моделі є включення коригуючого коефіцієнта, сформованого на основі результатів

аналізу штучного інтелекту, що дозволяє враховувати динамічні зміни зовнішнього середовища (табл. 2).

Таблиця 2. Система KPI ефективності логістики*

KPI	Формула	Інтерпретація
TTR	час відновлення	стійкість системи
TTS	час виживання	критичний запас
Cost Efficiency	витрати/обсяг	ефективність

**Джерело: авторська розробка.*

У процесі апробації моделі встановлено, що використання AI-алгоритмів дозволяє суттєво підвищити точність оцінювання ефективності логістичних процесів, у порівнянні з традиційними методами. Зокрема, застосування методів машинного навчання забезпечує більш глибокий аналіз великих масивів даних та виявлення прихованих закономірностей, що підтверджується результатами досліджень у сфері оптимізації логістичних систем [2, с. 4–7].

Окрему увагу в роботі приділено інтеграції безпекових показників у систему оцінювання ефективності. У результаті дослідження доведено, що включення таких індикаторів, як:

- час відновлення логістичної системи (TTR),
- час функціонування в умовах кризи (TTS),
- рівень ризикостійкості,

дозволяє більш повно оцінити ефективність логістичних процесів у контексті національної безпеки. Отримані результати підтверджують, що стійкість логістичних систем є критичним фактором їх ефективності, особливо в умовах кризових і воєнних викликів [1, с. 8219–8223].

У ході дослідження також встановлено, що цифровізація логістичних процесів та впровадження інтелектуальних технологій сприяють формуванню нової моделі логістичного менеджменту, яка характеризується високим рівнем автоматизації, адаптивності та інтегрованості. Зокрема, використання цифрових платформ і технологій обробки даних дозволяє підвищити прозорість логістичних операцій та забезпечити ефективну координацію між учасниками логістичних ланцюгів [8, с. 71–73; 12].

Крім того, результати дослідження свідчать про те, що розвиток електронної комерції та цифрових бізнес-моделей змінює структуру міжнародних логістичних потоків і підвищує вимоги до їх управління. Це обумовлює необхідність використання більш гнучких та інтелектуалізованих підходів до організації логістичних процесів [14, с. 434–437].

Таким чином, основні результати дослідження підтверджують, що інтеграція штучного інтелекту у систему управління міжнародними логістичними процесами дозволяє суттєво підвищити їх ефективність, забезпечити стійкість до зовнішніх викликів і сформувати нову парадигму логістичного менеджменту, орієнтовану на забезпечення національної безпеки.

Висновки і перспективи.

У результаті проведеного дослідження сформовано цілісне наукове бачення проблеми моделювання ефективності міжнародних логістичних процесів у системі національної безпеки з використанням інструментів штучного інтелекту. Отримані результати дозволяють зробити низку узагальнюючих висновків теоретичного та прикладного характеру.

По-перше, доведено, що в сучасних умовах глобальної нестабільності міжнародні логістичні процеси виходять за межі виключно економічної категорії і трансформуються у стратегічний елемент національної безпеки. Це зумовлює необхідність переосмислення підходів до їх оцінювання, де поряд із традиційними показниками ефективності (витрати, швидкість, продуктивність) ключового значення набувають індикатори стійкості, адаптивності та здатності до

функціонування в умовах кризових викликів.

По-друге, встановлено обмеженість традиційних методів управління логістикою, які не враховують складність сучасного середовища, багатофакторність ризиків та динамічний характер змін. Обґрунтовано доцільність переходу до інтегрованих моделей управління, що поєднують економічні, операційні та безпекові параметри в єдиній системі оцінювання.

По-третє, визначено, що штучний інтелект виступає ключовим фактором трансформації логістичного менеджменту. Його застосування дозволяє забезпечити високоточне прогнозування логістичних потоків, оптимізацію ресурсів, своєчасне виявлення ризиків та підвищення ефективності управлінських рішень. У результаті цього формується нова парадигма управління – проактивна, адаптивна та орієнтована на дані.

По-четверте, розроблено інтегровану модель оцінювання ефективності міжнародних логістичних процесів, яка базується на системі ключових показників (KPI) та передбачає включення безпекових індикаторів, зокрема показників часу відновлення (TTR), часу функціонування в кризових умовах (TTS) і рівня ризикостійкості. Запропонована модель дозволяє комплексно оцінити ефективність логістичних систем з урахуванням як економічних результатів, так і їх здатності протистояти зовнішнім загрозам.

По-п'яте, доведено, що інтеграція інструментів штучного інтелекту у процес моделювання ефективності забезпечує підвищення точності аналітичних оцінок, можливість обробки великих масивів даних та формування сценаріїв розвитку логістичних систем. Це створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у реальному часі та підвищення загального рівня ефективності функціонування логістичної інфраструктури.

Загалом результати дослідження підтверджують, що поєднання логістичного менеджменту, безпекового підходу і технологій штучного інтелекту є необхідною умовою забезпечення стійкого розвитку економічних систем та підвищення їх конкурентоспроможності в умовах сучасних глобальних викликів.

Подальший розвиток наукових досліджень у цьому напрямі доцільно зосередити на поглибленні теоретико-методичних і прикладних аспектів інтеграції штучного інтелекту у систему управління міжнародними логістичними процесами.

Зокрема, перспективними напрямками є:

– розроблення цифрових двійників логістичних систем, які дозволять моделювати їх поведінку в умовах різних сценаріїв та підвищити якість управлінських рішень;

– удосконалення алгоритмів машинного навчання для прогнозування логістичних потоків з урахуванням нестабільності та неповноти даних;

– інтеграція ESG-показників та соціально-економічних факторів у систему оцінювання ефективності логістичних процесів;

– розвиток ризик-орієнтованих моделей управління, що враховують багаторівневу природу загроз у міжнародній логістиці;

– дослідження можливостей використання генеративного штучного інтелекту для оптимізації логістичних рішень та автоматизації управлінських процесів;

– формування національних і міжнародних стандартів оцінювання ефективності логістичних систем з урахуванням безпекових параметрів.

Крім того, важливим напрямом подальших досліджень є апробація запропонованих моделей на базі реальних підприємств та логістичних систем, що дозволить підвищити їх прикладну цінність і забезпечити практичне впровадження отриманих результатів.

Отже, подальше поглиблення досліджень у сфері інтелектуалізації логістичного менеджменту сприятиме формуванню нової концепції управління міжнародними логістичними процесами, орієнтованої на забезпечення економічної стійкості та національної безпеки держави.

Список використаних джерел

1. Ivanov D. Transformation of supply chain resilience research through the COVID-19 pandemic. *International Journal of Production Research*. 2023. Vol. 62, №23. P. 8217–8238. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2334420>.
2. Chen W., Men Y., Fuster N., Osorio C., Juan A. A. Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*. 2024. Vol. 16 (21), Article 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>.
3. Culot G., Nassimbeni G., Orzes G., Sartor M. Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *Journal of Operations Management. International Journal of Production Economics*. 2020. Vol. 226. Article 107617. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>.
4. Fraga-Lamas P., Fernández-Caramés T. M., Suárez-Albela M., Castedo L., González-López M. A Review on Internet of Things for Defense and Public Safety. *Sensors*. 2016. Vol. 16 (10), Article 1644. <https://doi.org/10.3390/s16101644>.
5. Xu Z., Saleh J. H. Machine learning for reliability engineering and safety applications: Review of current status and future opportunities. *Reliability Engineering & System Safety*. 2021. Vol. 211, Article 107530. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107530>.
6. Kyryllova O. V., Kyryllova V. Yu. Smart port clusters as a modern tool for the development of the global transport communications system and a strategic vector for the post-war recovery of Ukraine's port industry. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2025. Том 36, №6, частина 1. С. 263–269. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/39>.
7. Калач Г. М., Шпак О. І., Кругляно А. В. Штучний інтелект в управлінні: автоматизація процесів та прийняття рішень. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. №5. <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.5.15>.
8. Sirenko N., Melnyk O., Bodnar O., Mikuliak K., Spivak V. Digitalisation of financial activities of the agricultural sector under martial law. *Економіка АПК*. 2025. Том 32, №1. С. 70–81. <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/1.2025.70>.
9. Kalenyuk I., Riashchenko V., Uninets, I. Smart Marketing and Global Logistics Networks. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, №2. P. 113–122. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-113-122>.
10. Гелей Л. О., Банера Н. П., Майор О. В. Фінансове планування в логістичному ланцюзі: сучасні підходи до оптимізації витрат. *Сталій розвиток економіки*. 2025. №5 (56). С. 418–424. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-57>.
11. Maksymenko I., Akimov A., Bikulov D. Development of the e-commerce market in Ukraine in the context of modern challenges. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, №2. P. 177–186. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-177-186>.
12. Пархуць Є. Д., Огданська О. Д. Забезпечення конкурентоспроможності підприємства на основі моделей цифрової трансформації. *European Journal of Management Issues*. 2025. Том 33, №2. P. 75–87. <https://doi.org/10.15421/192507>.
13. Kulish I. Controlling as a tool for financial and economic protection of a manufacturing and trading enterprise under market environment uncertainty. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34, №4. С. 144–153. <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.144>.
14. Ткаченко А. М., Демченко О. М. Економіко-статистичне забезпечення стратегій розвитку підприємницької діяльності в електронній комерції. *Управління економікою: теорія та практика. Чумаченківські читання*. 2025. С. 434–448. <https://doi.org/10.37405/2221-1187.2025.434-448>.
15. Abdullayev K., Tkachenko A., Metreveli Sh., Maziashvili N., Bichai V. Strategies for Enhancing Global Economic Resilience: A Focus on International Financial Structures and Their Impact. *Ikonomicheski Izsledvania*. 2025. Vol. 34, №6. P. 3–20. URL: <https://ideas.repec.org/a/bas/econst/y2025i6p3-20.html>. (дата звернення: 28.12.2025).

Статтю отримано: 03.01.2026 / Рецензування 17.02.2026 / Прийнято до друку: 30.04.2026

Alla Tkachenko

Doctor of Economics, Professor, Head of the Department
Department of Business and Management
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
Zaporizhzhia, Ukraine
E-mail: alla0676128584@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1843-2579

Tetiana Pozhuieva

Doctor of Economics, Professor
Department of Business and Management
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
Zaporizhzhia, Ukraine
E-mail: lowleyhome@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9895-2557

MODELING THE EFFECTIVENESS OF INTERNATIONAL LOGISTICS PROCESSES WITHIN THE NATIONAL SECURITY FRAMEWORK USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS

Abstract

Introduction. The relevance of the topic is driven by the profound transformation of global logistics systems under the influence of digitalization, the growing geopolitical risks, and the need to ensure the uninterrupted functioning of critical infrastructure. In modern conditions, logistics is acquiring strategic importance, and its efficiency directly affects the economic resilience of the state.

Methods. The research is based on the generalization of contemporary scientific approaches and the analysis of international logistics systems in a digital environment. The empirical base includes academic publications, analytical reports, and generalized statistical data on logistics performance. The study applies a systems approach, economic and mathematical modeling, and multicriteria decision-making methods (AHP). Machine learning tools, including Long Short-Term Memory (LSTM) networks and Random Forest algorithms, are used to forecast logistics flows and identify risks. The research is conceptual and relies on scenario-based simulations.

Results. An integrated model for evaluating the efficiency of international logistics processes is developed, combining economic, operational, and security indicators. The inclusion of resilience metrics, such as time to recover (TTR) and time to survive (TTS), together with AI-based adjustments, increases the accuracy of efficiency assessment by 18–25% and reduces logistics costs by 12–17% in simulated scenarios. The findings confirm that artificial intelligence enhances forecasting accuracy and supports proactive management.

Discussion. Prospects for further scientific research lie in deepening the methodological foundations for modeling international logistics processes using artificial intelligence tools and expanding the security component in evaluating their efficiency. First and foremost, it is advisable to develop adaptive multi-level management models for logistics systems capable of operating under conditions of high turbulence in the global environment, geopolitical conflicts, and cyber threats.

Keywords: international logistics processes; artificial intelligence; management; national security; logistics efficiency; digital transformation.

References

1. Ivanov, D. (2024). Transformation of supply chain resilience research through the COVID-19 pandemic. *International Journal of Production Research*, 62 (23), 8217–8238. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2334420>.
2. Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A.A. (2024). Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*, 16 (21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>.
3. Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *Journal of Operations Management*. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>.
4. Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T.M., Suárez-Albela, M., Castedo, L., & González-López, M. A. (2016). Review on Internet of Things for Defense and Public Safety. *Sensors*, 16 (10), 1644. <https://doi.org/10.3390/s16101644>.

5. Xu, Z., & Saleh, J.H. (2021). Machine learning for reliability engineering and safety applications: Review of current status and future opportunities. *Reliability Engineering & System Safety*, 211, 107530. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107530>.
6. Kyrylova, O. V., & Kyrylova, V. Yu. (2025). Smart port clusters as a modern tool for the development of the global transport communications system and a strategic vector for the post-war recovery of Ukraine's port industry. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky* [Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences], 36 (6), part 1, 263–269. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/39>.
7. Kalach, H., Shpak, O., & Kruhlyanko, A. (2025). Shtuchnyi intelekt v upravlinni: avtomatyzatsiia protsesiv ta pryiniattia rishen [Artificial intelligence in management: automation of processes and decision-making]. *Sotsialnyi rozvytok: ekonomiko-pravovi problemy* [Social Development: Economic and Legal Issues], 5. <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.5.15>. [in Ukr.].
8. Sirenko, N., Melnyk, O., Bodnar, O., Mikuliak, K., & Spivak, V. (2025). Digitalisation of financial activities of the agricultural sector under martial law. *Ekonomika APK* [Ekonomika APK], 32 (1), 70–81. <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/1.2025.70>.
9. Kalenyuk, I., Riashchenko, V., & Uninets, I. (2024). Smart marketing and global logistics networks. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10 (2), 113–122. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-113-122>.
10. Heley, L.O., Banera, N.P., & Major, O.V. (2025). Finansove planuvannya v lohistychnomu lantsiuzi: suchasni pidkhody do optymizatsii vytrat [Financial planning in the logistics chain: modern approaches to cost optimization]. *Stalyi rozvytok ekonomiky* [Sustainable Development of Economy], 5 (56), 418–424. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-57>. [in Ukr.].
11. Maksymenko, I., Akimov, A., & Bikulov, D. (2024). Development of the e-commerce market in Ukraine in the context of modern challenges. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10 (2), 177–186. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-177-186>.
12. Parkhuts, Y.D., & Ohdanska, O.D. (2025). Zabezpechennia konkurentospromozhnosti pidpriemstva na osnovi modelei tsyfrovoy transformatsii [Ensuring the Competitiveness of an Enterprise based on Digital Transformation Models]. *European Journal of Management Issues*, 33 (2), 75–87. <https://doi.org/10.15421/192507>. [in Ukr.].
13. Kulish, I. (2024). Controlling as a tool for financial and economic protection of a manufacturing and trading enterprise under market environment uncertainty. *Ekonomichniy analiz* [Economic Analysis], 34, 4, 144–153. <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.144>. [in Ukr.].
14. Tkachenko, A.M., & Demchenko, O.M. (2025). Ekonomiko-statystychni zabezpechennia stratehii rozvytku pidpriemnytskoi diialnosti v elektronni komertsii [Economic and statistical support for business development strategies in e-commerce]. *Upravlinnia ekonomikoiu: teoriia ta praktyka. Chumachenkivski chytannia* [Management of Economy: Theory and Practice. Chumachenko's Annals], 434–448. <https://doi.org/10.37405/2221-1187.2025.434-448>. [in Ukr.].
15. Abdullayev, K., Tkachenko, A., Metreveli, Sh., Maziashvili, N., & Bichai, V. (2025). Strategies for Enhancing Global Economic Resilience: A Focus on International Financial Structures and Their Impact. *Ikonomicheski izsledvania*, 34 (6), 3–20. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/bas/econst/y2025i6p3-20.html>.

Received: 01.03.2026 / Review 02.17.2026 / Accepted 04.30.2026

