



MANAGEMENT

МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 658.7:006.83:519.86

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ПРОЦЕСІ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ СУБ'ЄКТІВ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Андрій Кірович; Нікіта Разінкін

Національний університет «Одеська юридична академія», Одеса, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9948-7092>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5690-8278>

Резюме. Штучний інтелект революціонує процес кількісного оцінювання ризиків у логістичній діяльності, забезпечуючи точність, автоматизацію та гнучкість у прогнозуванні й управлінні невизначеностями. Логістика, що охоплює транспортування, складування та управління ланцюгами постачання, характеризується складною структурою та численними ризиками, включаючи затримання доставки, технічні збої, коливання попиту, економічні потрясіння та природні катаклізми. Традиційні методи оцінювання ризиків, засновані на статичних моделях, не відповідають сучасним вимогам через обмежену здатність опрацювати великі обсяги даних у реальному часі. ШІ, зокрема алгоритми машинного навчання, такі, як регресійні моделі, дерева рішень і нейронні мережі, аналізує історичні та поточні дані, прогнозуючи ймовірність негативних подій і оптимізуючи логістичні процеси. Нейронні мережі опрацюють неструктуровані дані, такі, як текстові звіти, зображення зі складів чи сенсорну інформацію з транспортних засобів, виявляючи ризики, пов'язані з пошкодженням вантажу чи технічними несправностями. Інтеграція різномірних джерел даних, включаючи фінансові звіти, контракти та новинні потоки, дозволяє оцінювати геополітичні, економічні та операційні загрози. Системи прогнозування попиту, засновані на ШІ, використовують алгоритми часових рядів для оптимізації запасів, зменшуючи витрати на складування. Моделювання сценаріїв за методами Монте-Карло та байєсівськими мережами оцінює вплив зовнішніх факторів, таких, як зміна цін на паливо чи нові митні тарифи, сприяючи розробленню планів дій. Незважаючи на переваги, ШІ має обмеження: якість прогнозів залежить від повноти даних, а впровадження технологій вимагає значних ресурсів і кваліфікованого персоналу. Етичні виклики, зокрема конфіденційність і безпека даних, потребують уваги. У перспективі квантові обчислення та федеративне машинне навчання посилять можливості ШІ, сприяючи створенню стійких і ефективних ланцюгів постачання. Загалом, ШІ стає незамінним інструментом для логістичних підприємств, що прагнуть мінімізувати ризики, оптимізувати операції та підвищувати конкурентоспроможність у мінливому ринковому середовищі.

Ключові слова: штучний інтелект, ризики, логістика, прогнозування, автоматизація.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.04.095

Отримано 08.05.2025

UDC 658.7:006.83:519.86

THE USE OF AI IN THE PROCESS OF QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT OF LOGISTICS ENTITIES

Andrii Kirovych; Nikita Razinkin

National University «Odesa Law Academy», Odesa, Ukraine

Summary. Artificial intelligence is revolutionising the process of quantifying risks in logistics, providing accuracy, automation and flexibility in forecasting and managing uncertainty. Logistics, which encompasses

transportation, warehousing and supply chain management, is characterised by a complex structure and numerous risks, including delivery delays, technical failures, demand fluctuations, economic shocks and natural disasters. Traditional risk assessment methods based on static models do not meet modern requirements due to their limited ability to process large amounts of data in real time. AI, in particular machine learning algorithms such as regression models, decision trees and neural networks, analyses historical and current data to predict the likelihood of negative events and optimise logistics processes. Neural networks process unstructured data, such as text reports, images from warehouses, or sensor information from vehicles, to identify risks associated with cargo damage or technical malfunctions. Integrating heterogeneous data sources, including financial reports, contracts, and news flows, allows for the assessment of geopolitical, economic, and operational threats. AI-powered demand forecasting systems use time-series algorithms to optimise inventory, reducing warehousing costs. Scenario modelling using Monte Carlo and Bayesian networks assesses the impact of external factors, such as changes in fuel prices or new customs tariffs, to help develop action plans. Despite its advantages, AI has limitations: the quality of forecasts depends on the completeness of data, and the implementation of technologies requires significant resources and qualified personnel. Ethical challenges, including data privacy and security, require attention. In the future, quantum computing and federated machine learning will enhance AI capabilities, contributing to the creation of sustainable and efficient supply chains. All in all, AI is becoming an indispensable tool for logistics companies seeking to minimise risks, optimise operations, and increase competitiveness in a changing market environment.

Key words: artificial intelligence, risks, logistics, forecasting, automation.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.04.095

Received 08.05.2025

Постановка проблеми. В процесі здійснення логістичної діяльності суб'єкти підприємництва стикаються з численними ризиками, такими, як затримання в постачанні, коливання попиту, технічні збої, економічні та геополітичні потрясіння, а також природні катаклізми. Традиційні методи кількісного оцінювання ризиків часто є статичними, трудомісткими та нездатними ефективно опрацювати великі обсяги даних у реальному часі. Все це обмежує можливості логістичних підприємств у прогнозуванні невизначеностей і розробленні адаптивних стратегій управління. Впровадження інструментів штучного інтелекту відкриває нові перспективи для автоматизації, підвищення точності та динамічного оцінювання ризиків, але потребує подолання низки викликів, пов'язаних із якістю даних, вартістю технологій та етичними аспектами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній літературі низка дослідників акцентували увагу на інтеграції ШІ, зокрема машинного навчання, опрацювання великих даних та геоінформаційних систем, для аналізу складних логістичних процесів, що характеризуються високим рівнем невизначеності.

Дослідження І. Абдулрашида та співавторів [1] зосереджено на використанні пояснювального штучного інтелекту для аналізу ризиків дорожніх аварій у транспортній логістиці. Автори пропонують моделі, які не лише прогнозують ймовірність аварій, а й надають інтерпретовані результати, що дозволяють логістичним операторам розробляти стратегії зниження ризиків. Їхній підхід базується на аналізі даних про дорожні умови, поведінку водіїв та метеорологічні фактори, що є ключовим для кількісного оцінювання транспортних ризиків. Пояснювальний ШІ допомагає уникнути «чорного ящика» в моделях, забезпечуючи прозорість рішень.

У свою чергу, В. Тугай та В. Худолей [2] досліджують адаптивне управління підприємствами з використанням ШІ, що має пряме застосування в логістиці. Вони наголошують, що алгоритми машинного навчання дозволяють динамічно оцінювати ризики, пов'язані з коливаннями попиту, затриманнями поставок та операційними збоями. Їхнє дослідження акцентує на здатності ШІ адаптуватися до змін у реальному часі, що є критично важливим для логістичних підприємств в умовах нестабільного ринкового середовища.

Дослідження О. Чебанової та В. Волоховова [3] спрямовано на застосування технологій машинного навчання для оптимізації логістичних процесів, зокрема у прогнозуванні ризиків. Вони пропонують використовувати регресійні моделі та

нейронні мережі для оцінювання ймовірності затримань у ланцюгах постачання на основі історичних даних про маршрути, час доставки та ринкові умови. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити ризики та оптимізувати ресурси, зменшуючи витрати.

Т. Моргунова та А. Варлакова [4] звертають увагу на використання ШІ та Big Data для аналізу ризиків на підприємствах, включаючи логістичні. Вони зазначають, що опрацювання неструктурованих даних, таких, як текстові звіти чи сенсорна інформація, за допомогою алгоритмів опрацювання природної мови та нейронних мереж дозволяє виявляти приховані ризики, наприклад, пов'язані з невідповідністю контрактів чи геополітичними факторами. Їхній підхід наголошує на важливості інтеграції різномірних джерел даних для комплексного оцінювання ризиків.

У працях С. Тимченко [5] досліджуються геоінформаційні системи (ГІС) в управлінні дорожньою інфраструктурою, що має безпосереднє відношення до логістичних ризиків. Автор пропонує використовувати ГІС у поєднанні з ШІ для аналізу даних про стан доріг, трафік та погодні умови, що дозволяє прогнозувати ризики затримань чи аварій. Такий підхід є цінним для кількісного оцінювання транспортних ризиків у логістиці, особливо в умовах обмеженої інфраструктури.

У колективній монографії під редакцією В. Самсонкіна та І. Ніколаєнко [6] висвітлено інжиніринг криз і ризиків транспортних послуг. Автори акцентують на моделюванні сценаріїв за допомогою ШІ, зокрема методів Монте-Карло, для оцінювання впливу зовнішніх факторів, таких як економічні потрясіння чи природні катаклізми, на логістичні процеси. Їхній підхід дозволяє генерувати тисячі сценаріїв для прогнозування ймовірності ризиків та їхнього впливу.

К. М. Березька з колегами [7] проаналізувала математичні методи в транспортній логістиці, включаючи алгоритми ШІ для оцінювання ризиків. Вони пропонують використовувати дерева рішень і кластерний аналіз для виявлення закономірностей у даних про маршрути, технічні збої та попит. Такий підхід сприяє точному кількісному оцінюванню ризиків і допомагає оптимізувати логістичні операції.

І, нарешті, Р. В. Корж [8] звертає увагу на квантові технології, які у перспективі можуть прискорити опрацювання великих обсягів даних у логістиці. Хоча квантові обчислення поки не широко застосовуються, автор зазначає їхній потенціал для моделювання складних ризиків, що може революціонізувати кількісне оцінювання в майбутньому.

Таким чином, сучасні дослідження підтверджують, що ШІ трансформує кількісне оцінювання ризиків у логістиці шляхом опрацювання великих даних, прогнозування складних взаємозв'язків і моделювання сценаріїв. Однак автори наголошують на обмеженні, таких, як залежність від якості даних, потреба в інвестиціях у технології та етичні виклики, пов'язані з автоматизацією. Інтеграція ШІ з іншими технологіями, такими, як ГІС чи квантові обчислення, відкриває нові перспективи для підвищення точності оцінювання ризиків і забезпечення стійкості логістичних систем.

Мета дослідження – аналіз можливостей і обмежень використання штучного інтелекту в процесі кількісного оцінювання ризиків суб'єктів логістичної діяльності, а також формування рекомендацій щодо впровадження ШІ-інструментів для підвищення точності прогнозування, автоматизації управління ризиками та забезпечення стійкості ланцюгів постачання.

Постановка завдання. Основне завдання дослідження полягає у вивченні сучасних методів застосування штучного інтелекту для кількісного оцінювання ризиків у логістичній діяльності, визначенні ключових інструментів ШІ, таких, як машинне навчання, нейронні мережі та моделювання сценаріїв, аналізі їхніх переваг і обмежень, а також у розробленні практичних рекомендацій для логістичних підприємств щодо інтеграції цих технологій з метою оптимізації управління ризиками, підвищення ефективності прогнозування та забезпечення стійкості операційних процесів.

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект відіграє ключову роль у сучасних підходах до управління ризиками в логістичній діяльності, забезпечуючи високу точність, автоматизацію та адаптивність при кількісному оцінюванні ризиків. Логістична діяльність охоплює транспортування, складування, управління ланцюгами постачання та координацію між різними суб'єктами, що характеризується складною структурою та значною кількістю невизначеностей. До таких невизначеностей належать затримання в постачанні, коливання попиту, технічні збої, економічні потрясіння та природні катаклізми. Кількісне оцінювання ризиків спрямоване на визначення ймовірності настання негативних подій та їхнього потенційного впливу на операційну діяльність, що дозволяє суб'єктам логістики розробляти ефективні стратегії управління [1].

Штучний інтелект трансформує традиційні методи оцінювання ризиків, зокрема за допомогою заміни статичних моделей на динамічні, які здатні опрацьовувати великі обсяги даних у реальному часі. Машинне навчання є одним із ключових інструментів для прогнозування ризиків на основі історичних даних та поточних тенденцій [2]. Алгоритми, такі, як регресійні моделі, дерева рішень або нейронні мережі, аналізують дані про маршрути, час доставки, погодні умови, ринкові ціни та інфраструктурні обмеження, щоб виявляти закономірності та прогнозувати ймовірність затримань у ланцюгах постачання. Такі моделі тренуються на великих наборах даних, що дозволяє логістичним підприємствам оптимізувати маршрути та зменшувати витрати [3].

Нейронні мережі застосовуються для аналізу складних взаємозв'язків між змінними, опрацьовуючи неструктуровані дані, такі, як текстові звіти, зображення з камер на складах або сенсорні дані з транспортних засобів [4]. Сенсори Інтернету речей, встановлені на вантажівках, генерують інформацію про температуру, вібрацію та швидкість, яку нейронні мережі аналізують для виявлення ризиків, таких, як пошкодження вантажу або технічні несправності. Ці системи забезпечують оцінку ризиків і надають рекомендації щодо їх мінімізації в реальному часі.

Інтеграція різнорідних джерел даних є важливим аспектом кількісного оцінювання ризиків. Логістичні підприємства часто стикаються з фрагментацією даних, коли інформація розподілена між системами управління складом, транспортними платформами та фінансовими базами даних. Алгоритми опрацювання природної мови аналізують текстові документи, контракти або звіти, щоб отримати інформацію про потенційні ризики, пов'язані з невідповідністю умов доставки. Аналіз новин або соціальних мереж також допомагає оцінювати геополітичні чи економічні загрози [5].

Системи прогнозування попиту, засновані на штучному інтелекті, дозволяють оптимізувати запаси, зменшуючи ризик надлишкового або недостатнього складування. Алгоритми часових рядів, такі, як авторегресійні інтегровані моделі ковзного середнього або рекурентні нейронні мережі, аналізують історичні дані про продажі, сезонність та ринкові тренди, щоб передбачити майбутній попит. Це забезпечує оптимальний розподіл ресурсів і зниження витрат на транспортування.

Штучний інтелект також сприяє оцінюванню фінансових ризиків. Алгоритми класифікації аналізують фінансові показники, історію платежів та ринкові умови для оцінювання кредитоспроможності постачальників або клієнтів. Модель логістичної регресії може визначити ймовірність дефолту партнера, що дозволяє підприємству скоригувати умови співпраці або змінити постачальника, зменшуючи фінансові втрати та підвищуючи стійкість ланцюга постачання.

Моделювання сценаріїв є ще одним важливим інструментом. Системи, засновані на методі Монте-Карло [6] або байєсівських мережах [7], оцінюють вплив різних факторів на логістичні процеси. Такі моделі генерують тисячі можливих сценаріїв, аналізуючи ймовірність зміни цін на паливо або введення нових митних тарифів, що допомагає розробляти плани дій на випадок несприятливих подій.

Штучний інтелект не лише прогнозує ризики, але й відіграє ключову роль у їхньому безпосередньому зменшенні, пропонуючи проактивні рішення для управління невизначеностями в логістичній діяльності. Завдяки автоматизації, аналізу даних у реальному часі та адаптивним алгоритмам, ШІ дозволяє логістичним підприємствам оперативно реагувати на потенційні загрози, мінімізуючи їхній вплив. В табл. 1 наведено ключові механізми, за допомогою яких ШІ сприяє зниженню ризиків.

Таблиця 1. Механізми зниження ризиків за допомогою ШІ

<i>№ з/п</i>	<i>Механізм</i>	<i>Опис</i>
1.	Оптимізація маршрутів для уникнення затримань	Алгоритми ШІ, такі, як алгоритми оптимізації на основі графів або машинного навчання, аналізують дані про трафік, погодні умови, стан доріг і логістичні обмеження в реальному часі. Наприклад, системи на основі ШІ, інтегровані з геоінформаційними системами (ГІС), можуть перенаправляти транспортні засоби, щоб уникнути заторів, аварійних ділянок або регіонів із несприятливими погодними умовами. Це знижує ризик затримки доставки та підвищує надійність ланцюга постачання
2.	Превентивне технічне обслуговування	ШІ використовує дані з сенсорів Інтернету речей (IoT), встановлених на транспортних засобах і обладнанні, для прогнозування потенційних технічних несправностей. Алгоритми машинного навчання аналізують параметри, такі, як температура двигуна, вібрація або тиск у шинах, щоб виявити ознаки зносу чи поломки ще до їхнього виникнення. Наприклад, прогнозне обслуговування вантажівок може зменшити ризик аварій або зупинок на маршруті, що економить час і ресурси
3.	Мінімізація ризиків пошкодження вантажу	Нейронні мережі, які опрацьовують зображення з камер на складах або транспортних засобах, виявляють аномалії, такі, як неправильне пакування, пошкодження упаковки або невідповідність умов зберігання (наприклад, порушення температурного режиму). Системи ШІ можуть автоматично сповіщати операторів про проблему, дозволяючи вжити заходи до відправлення вантажу, що зменшує ризик претензій від клієнтів і фінансових втрат
4.	Управління попитом і запасами	Системи прогнозування попиту на основі ШІ, використовуючи алгоритми часових рядів або рекурентні нейронні мережі, дозволяють точно передбачати коливання попиту. Це допомагає уникнути надлишкового складування, яке підвищує витрати, або дефіциту запасів, що може призвести до втрати клієнтів. Наприклад, ШІ може оптимізувати розміщення товарів на складах, зменшуючи ризик псування або застаріння продукції
5.	Зниження фінансових ризиків	Алгоритми ШІ аналізують кредитну історію, фінансові показники та ринкові умови для оцінювання надійності постачальників і клієнтів. Моделі класифікації можуть виявляти ризики неплатежів або дефолтів, дозволяючи логістичним підприємствам коригувати умови контрактів або вибирати надійніших партнерів. Це знижує ймовірність фінансових втрат і підвищує стабільність ланцюга постачання
6.	Реагування на геополітичні та економічні загрози	ШІ, використовуючи опрацювання природної мови (NLP), аналізує найновіші потоки, соціальні медіа та офіційні звіти для виявлення геополітичних ризиків, таких, як торговельні санкції, страйки чи зміни митних тарифів. На основі цих даних системи ШІ пропонують альтернативні маршрути, постачальників або стратегії, що дозволяє мінімізувати вплив зовнішніх факторів на логістичні операції
7.	Автоматизація управління кризами	У разі виникнення непередбачуваних подій, таких, як природні катаклізми чи технічні збої, системи ШІ можуть автоматично активувати плани дій, розроблені на основі попереднього моделювання сценаріїв. Наприклад, у разі шторму, який блокує порт, ШІ може швидко перенаправити вантажі до іншого порту, скоригувати графіки доставки та повідомити всіх зацікавлених сторін, зменшуючи операційні втрати

Ці механізми демонструють, що ШІ не лише оцінює ризики, але й активно сприяє їхньому зниженню, забезпечуючи стійкість і ефективність логістичних процесів. Інтеграція ШІ з іншими технологіями, такими, як IoT, ГІС або блокчейн, посилює ці можливості, створюючи комплексний підхід до управління ризиками.

Для систематизації ризиків у логістичній діяльності та оцінювання їхньої частоти виникнення на основі наукової літератури складено діаграму, що на рис. 1, яка відображає основні види ризиків та їхню ймовірність.



Рисунок 1. Частота ймовірності ризиків у логістичній діяльності

Незважаючи на переваги, використання штучного інтелекту має обмеження. Застосування штучного інтелекту у кількісному оцінюванні ризиків логістичної діяльності хоча й відкриває значні можливості, супроводжується низкою викликів і обмежень, які необхідно враховувати.

По-перше, якість прогнозів, генерованих ШІ, критично залежить від якості та повноти вхідних даних. Неповні, неточні або застарілі дані можуть призвести до помилкових висновків, що знижує ефективність прогнозування та може спричинити неправильні управлінські рішення. Наприклад, якщо інформація про погодні умови, стан транспортної інфраструктури чи ринкові тенденції є фрагментованою, алгоритми ШІ можуть недооцінити або переоцінити ризики, що вплине на планування логістичних операцій. Крім того, у багатьох логістичних підприємствах дані розподілені між різними системами, що ускладнює їх інтеграцію та опрацювання [8].

По-друге, розроблення, впровадження та підтримання систем ШІ вимагають значних фінансових інвестицій. Створення складних моделей машинного навчання, таких, як нейронні мережі чи системи прогнозування, передбачає закупівлю високопродуктивного обладнання, програмного забезпечення та залучення кваліфікованих фахівців із даними, інженерів ШІ та аналітиків. Для малих і середніх логістичних підприємств такі витрати можуть бути непосильними, що обмежує їх доступ до передових технологій [9].

По-третє, етичні питання, пов'язані з автоматизацією та опрацювання даних, стають дедалі актуальнішими. Використання ШІ передбачає опрацювання великих обсягів даних, які можуть включати конфіденційну інформацію про клієнтів, постачальників або логістичні операції. Питання захисту даних, забезпечення конфіденційності та запобігання витокам інформації потребують ретельного розгляду, включаючи відповідність міжнародним стандартам, таким, як GDPR.

Крім того, автоматизація процесів за допомогою ШІ може призвести до скорочення робочих місць, що викликає соціальні та етичні дискусії. Недостатня прозорість алгоритмів ШІ, так звана проблема «чорного ящика», також ускладнює довіру до результатів їхньої роботи, особливо в критичних аспектах управління ризиками.

У майбутньому інтеграція квантових обчислень прискорить опрацювання великих обсягів даних, а федеративне машинне навчання дозволить логістичним підприємствам співпрацювати, обмінюючись моделями без розкриття конфіденційних даних. Перспективи розвитку ШІ в логістиці пов'язані з появою нових технологій, які здатні подолати поточні обмеження та розширити можливості оцінювання ризиків. Квантові обчислення, які перебувають на стадії активного розвитку, обіцяють значно прискорити опрацювання великих масивів даних, що є ключовим для логістичних систем, де аналіз у реальному часі має вирішальне значення [10].

Квантові алгоритми зможуть швидше моделювати складні сценарії, оптимізувати маршрути та прогнозувати ризики, враховуючи величезну кількість змінних, таких, як погодні умови, ринкові ціни чи геополітичні фактори [11]. Це дозволить логістичним підприємствам створювати більш точні та адаптивні стратегії управління. Водночас федеративне машинне навчання відкриває нові горизонти для співпраці між суб'єктами логістики.

Цей підхід дозволяє підприємствам спільно тренувати моделі ШІ, обмінюючись лише їхніми параметрами, а не конфіденційними даними. Наприклад, логістичні оператори можуть удосконалювати прогнозування попиту чи ризиків, використовуючи спільні моделі, без розкриття комерційної інформації про клієнтів чи операції. Такі технології сприятимуть створенню стійких, ефективних і безпечних ланцюгів постачання, що особливо важливо в умовах глобалізації та зростання кіберзагроз. Крім того, розвиток ШІ в поєднанні з Інтернетом речей і технологіями блокчейн може забезпечити прозорість і безпеку логістичних даних, зменшуючи ризики шахрайства та підвищуючи довіру між учасниками ланцюга постачання. У довготривалій перспективі ці інновації дозволять логістичним підприємствам не лише реагувати на ризики, а й передбачати їх, створюючи проактивні стратегії управління.

Для ефективного використання штучного інтелекту в кількісному оцінюванні ризиків логістичної діяльності підприємства повинні зосередитися на інтеграції різномірних джерел даних, включаючи інформацію з транспортних засобів, складських систем, фінансових звітів і новіших потоків, використовуючи алгоритми опрацювання природної мови для оцінювання геополітичних і економічних загроз у реальному часі. Впровадження сенсорів Інтернету речей на транспорті та складах, поєднане з нейронними мережами, дозволить прогнозувати технічні несправності та виявляти ризики пошкодження вантажу, мінімізуючи операційні втрати.

Динамічне планування маршрутів за допомогою алгоритмів машинного навчання, інтегрованих із геоінформаційними системами, сприятиме знижень затримок доставки шляхом урахування трафіка, погодних умов і стану доріг. Для оптимізації складських запасів варто застосовувати алгоритми часових рядів, такі, як авторегресійні моделі чи рекурентні нейронні мережі, щоб точно прогнозувати попит і уникати надлишкового або недостатнього зберігання.

Системи прогнозного обслуговування, що аналізують дані сенсорів про стан обладнання, допоможуть запобігати поломкам і зупинкам на маршрутах. Оцінювання кредитоспроможності партнерів за допомогою алгоритмів класифікації знизить фінансові ризики, пов'язані з неплатежами чи дефолтами. Важливо забезпечити

відповідність міжнародним стандартам захисту даних, таким, як GDPR, для гарантії конфіденційності інформації. Логістичним підприємствам також слід інвестувати в навчання персоналу для роботи з ШІ-системами, щоб подолати дефіцит кваліфікованих кадрів. У довготривалій перспективі співпраця з дослідницькими центрами для тестування квантових обчислень і федеративного машинного навчання підготує підприємства до впровадження передових технологій, підвищуючи стійкість і ефективність ланцюгів постачання.

Висновки. Штучний інтелект є ключовим інструментом у трансформації кількісного оцінювання та управління ризиками логістичної діяльності, забезпечуючи високу точність, швидкість опрацювання даних і адаптивність до змін. Завдяки аналізу великих обсягів структурованих і неструктурованих даних, ШІ виявляє складні взаємозв'язки між такими змінними, як погодні умови, ринкові тенденції чи технічні параметри, що дозволяє прогнозувати ризики в реальному часі. Алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та методи моделювання сценаріїв, такі, як Монте-Карло чи байєсівські мережі, оцінюють ймовірність негативних подій і сприяють їх мінімізації через оптимізацію маршрутів, превентивне технічне обслуговування, прогнозування попиту та автоматизацію реагування на кризи. На основі проведеного аналізу розроблено рекомендації, які включають інтеграцію різнорідних джерел даних, впровадження IoT-сенсорів, використання алгоритмів для управління фінансовими ризиками та забезпечення етичних стандартів. Ці заходи дозволяють мінімізувати затримання, пошкодження вантажу, фінансові втрати та вплив зовнішніх загроз, підвищуючи стійкість ланцюгів постачання. ШІ знижує операційні витрати та посилює конкурентоспроможність логістичних підприємств на глобальному ринку. Водночас успішне впровадження ШІ вимагає подолання викликів, пов'язаних із якістю даних, фінансовими та технічними обмеженнями, а також дотриманням етичних стандартів, зокрема щодо конфіденційності інформації. У перспективі інтеграція квантових обчислень і федеративного машинного навчання розширить можливості ШІ, створюючи нові стандарти для проактивного управління ризиками та формування ефективних, стійких логістичних систем.

Conclusions. Artificial intelligence serves as a pivotal tool in transforming the quantification and management of logistics risks, delivering exceptional accuracy, rapid data processing, and adaptability to dynamic conditions. By analyzing vast amounts of structured and unstructured data, AI identifies complex relationships between variables such as weather conditions, market trends, and technical parameters, enabling real-time risk forecasting. Machine learning algorithms, neural networks, and scenario modeling techniques, such as Monte Carlo or Bayesian networks, assess the likelihood of adverse events and facilitate their mitigation through route optimization, predictive maintenance, demand forecasting, and automated crisis response. Based on the conducted analysis, recommendations have been developed, encompassing the integration of heterogeneous data sources, the implementation of IoT sensors, the application of algorithms for financial risk management, and adherence to ethical standards. These measures minimize delays, cargo damage, financial losses, and the impact of external threats, enhancing supply chain resilience. AI reduces operational costs and strengthens the competitiveness of logistics companies in the global market. However, successful AI adoption necessitates addressing challenges related to data quality, financial and technical constraints, and compliance with ethical standards, particularly concerning data privacy. Looking forward, the integration of quantum computing and federated machine learning will expand AI capabilities, establishing new benchmarks for proactive risk management and the development of efficient, resilient logistics systems.

Список використаних джерел

1. Abdulrashid I., Farahani R. Z., Mammadov S., Khalafalla M., Chiang W. C. Explainable artificial intelligence in transport Logistics: Risk analysis for road accidents. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103563>
2. Турай В., Худолей В. Використання штучного інтелекту в адаптивному управлінні підприємством. *Development Service Industry Management*. 2025. Вип. 1. С. 264–271. DOI: [https://doi.org/10.31891/dsim-2025-9\(36\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2025-9(36))
3. Чебанова О. П., Волохов В. А. Використання технологій машинного навчання для оптимізації логістики. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, 2023. Вип. 83. С. 278–283.
4. Моргунова Т. І., Варлакова А. О. Використання штучного інтелекту та big data для аналізу та управління ризиками на підприємстві. *Sociological and psychological models of youth communication : The 7th International scientific and practical conference*, February 18–21, 2025. Copenhagen, Denmark. International Science Group, 2025. P. 51–54.
5. Тимченко С. Геоінформаційні системи в управлінні дорожньою інфраструктурою: виклики та рішення для України. *Економіка та суспільство*. 2025. № 71. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-154>.
6. Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг : кол. моногр. / В. М. Самсонкін, І. В. Ніколаєнко, Ю. В. Булгакова та ін.; за ред. В. М. Самсонкіна та І. В. Ніколаєнко. Київ : Талком, 2021. 312 с.
7. Аналіз проблем і математичних методів для їх вирішення в транспортній логістиці / К. М. Березька, О. С. Шевчук, Н. М. Фалович, Ю. Р. Бубняк. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки* : зб. наук. пр. 2024. Вип. 9 (40). Ч. 2. С. 174–181. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.174-181](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.174-181)
8. Буров Є., Кулявець А. Штучний інтелект у логістиці: можливості та виклики. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 2024. Вип. 16. С. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2024.16.001>
9. Баліцька І. ChatGPT: перспективи штучного інтелекту у логістиці. *Trans Info*, 2023. URL: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/how-to-implement-ai-in-your-business> (дата звернення: 01.05.2025).
10. Власенко В. О. Методи і моделі побудови спеціалізованих комп'ютерних мереж для високошвидкісних обчислень на базі квантових технологій. *Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії* : зб. тез II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–21 грудн. 2024 р. Київ, 2024. С. 142–143.
11. Корж Р. В. Вплив квантових технологій на інноваційні процеси в глобальній економіці. *Technology*. 2024. № 9(2). С. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-14>

References

1. Abdulrashid I., Farahani R. Z., Mammadov S., Khalafalla M., Chiang W. C. (2024). Explainable artificial intelligence in transport Logistics: Risk analysis for road accidents. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103563>
2. Tuhai V., Khudolei V. (2025) Vykorystannia shtuchnoho intelektu v adaptivnomu upravlinni pidpriemstvom [Use of artificial intelligence in adaptive enterprise management]. *Development Service Industry Management*, vol. 1, pp. 264–271. (In Ukrainian). DOI: [https://doi.org/10.31891/dsim-2025-9\(36\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2025-9(36))
3. Chebanova O. P., Volokhov V. A. (2023) Vykorystannia tekhnolohii mashynnoho navchannia dlia optymizatsii lohistyky [Use of machine learning technologies for logistics optimization]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, vol. 83, pp. 278–283. (In Ukrainian).
4. Morhunova T. I., Varlakova A. O. (2025). Vykorystannia shtuchnoho intelektu ta big data dlia analizu ta upravlinnia ryzykamy na pidpriemstvi [Use of artificial intelligence and big data for risk analysis and management at the enterprise]. *Sociological and psychological models of youth communication: The 7th International scientific and practical conference*, February 18–21, 2025, Copenhagen, Denmark. International Science Group, pp. 51–54. (In Ukrainian).
5. Tymchenko S. (2025) Heoinformatsiini systemy v upravlinni dorozhnoiu infrastrukturnoiu: vyklyky ta rishennia dlia Ukrainy [Geoinformation systems in road infrastructure management: challenges and solutions for Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo* [Economy and Society], no. 71. Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-154> (accessed: 7 May 2025). (In Ukrainian).
6. Samsonkin V. M., Nikolaienko I. V., Bulhakova Yu. V. et al. (eds.) (2021). *Inzhynirynh kryz ta ryzykiv transportnykh posluh* [Engineering of crises and risks of transport services]. Kyiv: Talkom. (In Ukrainian).
7. Berezka K. M., Shevchuk O. S., Falyvyeh N. M., Bubniak Yu. R. (2024) Analiz problem i matematychnykh metodiv dlia yikh vyrishennia v transportnii lohistytsi [Analysis of problems and mathematical methods for their solution in transport logistics]. *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, vol. 9 (40), part 2, pp. 174–181. (In Ukrainian). DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.174-181](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.174-181)

8. Burov Ye., Kuliavets A. (2024) Shtuchnyy intelekt u lohistytsi: mozhlyvosti ta vyklyky [Artificial intelligence in logistics: opportunities and challenges]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*, vol. 16, pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2024.16.001>
9. Balytska I. (2023) ChatGPT: perspektyvy shtuchnoho intelektu u lohistytsi [ChatGPT: prospects of artificial intelligence in logistics]. *Trans Info* (electronic journal). Available at: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/how-to-implement-ai-in-your-business> (accessed: 01 May 2025).
10. Vlasenko V. O. (2024) Metody i modeli pobudovy spetsializovanykh kompiuternykh merezh dlia vysokoshvydkisnykh obchyslen na bazi kvantovykh tekhnolohiy [Methods and models for building specialized computer networks for high-speed computing based on quantum technologies]. *Suchasni aspekty didzhitalizatsii ta informatyzatsii v prohramniy ta kompiuterniy inzhenerii: zbirnyk tez II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia* [Modern aspects of digitalization and informatization in software and computer engineering: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference] (Kyiv, Ukraine, 19–21 December 2024). Kyiv, DUKIT, pp. 142–143.
11. Korzh R. V. (2024) Vplyv kvantovykh tekhnolohii na innovatsiini protsesy v hlobalnii ekonomitsi [Impact of quantum technologies on innovative processes in the global economy]. *Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 83–89. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-14>