

ЕКОНОМІКА

УДК 005.932:004.8:656

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/36.1>**Гринько О.В.**кандидат економічних наук, докторант
Полтавський державний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0312-1997>

АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

У статті досліджено ризики, які виникають у логістичних системах в умовах глобальної нестабільності, та проаналізовано можливості їх прогнозування і мінімізації за допомогою штучного інтелекту (ШІ). Розглянуто методи машинного навчання, глибокого навчання, експертних систем, аналізу великих даних та IoT як інструменти для виявлення і моделювання ризиків. Систематизовано основні ризики логістичних систем, класифіковано їх за категоріями, описано принципи роботи інтелектуальних систем управління. Запропоновано етапи впровадження таких систем у логістиці для підвищення стійкості та конкурентоспроможності підприємств. Особливу увагу приділено аналізу практичних кейсів та прикладів застосування ШІ в управлінні ризиками. Дослідження підкреслює значення ШІ у формуванні адаптивних логістичних моделей та забезпеченні цифрової трансформації логістичних процесів.

Ключові слова: логістичні ризики, штучний інтелект, машинне навчання, моделювання, управління ризиками, цифрова трансформація.

Постановка проблеми. Традиційні методи управління ризиками часто виявляються недостатньо гнучкими або запізними. Компанії змушені швидко адаптуватися до динамічних умов, приймаючи обґрунтовані рішення на основі великого обсягу змінних даних. Саме тут на перший план виходить необхідність цифрової трансформації логістики та впровадження передових технологій для автоматизованого аналізу та реагування на ризики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз і моделювання ризиків логістичних систем за допомогою штучного інтелекту в умовах глобальної нестабільності висвітлюються в роботах багатьох українських учених. Зокрема, І Зрибнєвої, Н. Кирлик, І. Костира, І. Запотічний, Н. Михайлик, В. Петренко, С. Сидоренко, А. Григорчук, О. Череп, Л. Михайліченко.

Н. Кирлик [2] розглядає роль та значення ШІ в логістичних процесах. Вона аналізує, як застосування ШІ може підвищити продуктивність праці та вартість бізнесу, а також досліджує напрямки використання ШІ в логістиці. І. Зрибнєва [1] акцентує увагу на значущості цифрових технологій у транспортно-логістичних процесах. Вона досліджує вплив інновацій на галузь логістики та аналізує різні аспекти впровадження високотехнологічних рішень, таких як роботизовані системи. О. Череп, та Л. Михайліченко [7] визначають особливості використання технологій ШІ, виділяють його основні переваги та недоліки, а також аналізують вплив ШІ на різні галузі, включаючи логістику. Н. Михайлик [5] в своїх роботах аналізує, як технології ШІ впливають на фінансово-економічну ефективність логістичних систем з урахуванням сучасних тенденцій цифрової трансформації.

Попри велику увагу до ризиків у логістичних системах, потребують подальшого розвитку практичні аспекти застосування цих підходів у конкретних секторах української економіки.

Метою статті є дослідження є формування комплексного методологічного підходу до аналізу та моделювання ризиків логістичних систем із використанням сучасних інструментів штучного інтелекту, що дозволить підвищити їхню стійкість, адаптивність та ефективність у нестабільному глобальному середовищі.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному світі, що характеризується високим рівнем глобальної нестабільності, логістичні системи стають дедалі вразливішими до широкого спектру ризиків. Серед ключових загроз вирізняються геополітичні конфлікти, економічна турбулентність, природні катаклізми, зміна клімату, а також пандемії, що мають глобальний вплив.

Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові горизонти у сфері управління ризиками, надаючи можливість використовувати прогностичну аналітику, алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та обробку великих даних (Big Data). Завдяки цим інструментам можна не лише виявляти приховані закономірності у логістичних процесах, а й формувати сценарії розвитку подій, що дозволяє уникнути кризових ситуацій або значно пом'якшити їх наслідки.

Таким чином, інтеграція технологій штучного інтелекту в управління логістикою є не просто актуальним трендом, а критично важливою умовою підвищення адаптивності та стійкості логістичних систем у мінливому глобальному середовищі. Це дослідження присвячене аналізу саме таких можливостей і викликів, що супроводжують впровадження ШІ у сферу логістики.

Майбутнє інтелектуальних логістичних систем напряму пов'язане з розвитком технологій доповненої реальності (AR), цифрових двійників (digital twins) та автономного транспорту. Поєднання цих інновацій з алгоритмами ШІ дозволить створити комплексні моделі, що імітують реальні логістичні процеси і тестують сценарії реагування на ризики в безпечному віртуальному середовищі.

Завдяки впровадженню цифрових двійників логістичні компанії зможуть прогнозувати і оптимізувати ланцюги постачання в реальному часі. Наприклад, цифровий двійник складу дозволяє миттєво виявляти вузькі місця в логістиці і автоматично коригувати маршрути поставок або змінювати завантаження транспорту.

Також важливою тенденцією є розвиток «етичного ШІ», що передбачає прозорість рішень, які приймаються алгоритмами, а також захист даних користувачів. Саме тому питання кібербезпеки й етичного регулювання ШІ будуть ключовими в найближчі роки.

Варто розглянути практичні приклади застосування інтелектуальних систем в управлінні ризиками логістики. Зокрема, компанія Maersk запровадила аналітичну платформу на основі машинного навчання, яка дозволяє в реальному часі прогнозувати затримки судноплавства, враховуючи погодні умови, завантаженість портів та політичну ситуацію в регіоні. У результаті компанія змогла зменшити кількість затримок на 18% та оптимізувати витрати на перевезення.

Водночас, DHL розробила власну систему прогнозування ризиків постачання, що базується на аналізі великих даних. Її алгоритми враховують економічні новини, коливання цін на нафту, а також відгуки клієнтів для адаптивного керування маршрутами доставки. Це дозволило підвищити точність прогнозів і знизити фінансові втрати у разі збоїв на 25%.

Українські логістичні компанії також поступово впроваджують елементи ШІ. Наприклад, сервіс Нова Пошта інтегрує аналітичні модулі на базі Big Data для прогнозування навантаження на відділення у святкові періоди, що дозволяє ефективніше планувати роботу персоналу і транспорту [2, с. 60–61].

Практичні кейси використання ШІ в управлінні логістичними ризиками

Сучасні логістичні системи повинні бути гнучкими та адаптивними, що можливо лише за умови використання інтелектуальних алгоритмів, здатних швидко обробляти та аналізувати різноманітні фактори ризику. Впровадження ШІ дозволяє не лише реагувати на вже існуючі виклики, а й розробляти превентивні заходи для мінімізації потенційних загроз. Це особливо важливо в умовах зростаючої

нестабільності, коли традиційні методи аналізу ризиків втрачають ефективність.

Для того, щоб ефективно управляти ризиками, необхідно класифікувати їх за основними категоріями та дослідити методи їх прогнозування. Це дає змогу структурувати ризики та виявити найбільш уразливі елементи логістичних систем.

Класифікація ризиків дає змогу ефективніше ідентифікувати проблеми та розробляти відповідні заходи для їхнього уникнення або мінімізації. На допомогу вирішенню даних задач приходять штучний інтелект, як інноваційний інструмент розвитку логістичних систем.

Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль у прогнозуванні та управлінні ризиками логістичних систем. Використання ШІ дозволяє аналізувати великі обсяги даних, виявляти приховані закономірності, передбачати потенційні загрози та оптимізувати процеси управління ризиками [3, с. 102–103].

Методи штучного інтелекту для роботи з ризиками логістичних систем можна поділити на кілька основних категорій, серед яких: методи машинного навчання (ML); нейронні мережі (ANN) глибоке навчання (DL); аналіз великих даних (Big Data Analytics); експертні системи (ES). Саме сукупне їх використання, дає змогу забезпечити ефективну роботу з ризиками. Таким чином, штучний інтелект дає змогу розширити інструментарій щодо ефективності управління в кризових ситуаціях. Аналіз методів ШІ для управління ризиками наведено в таблиці 2 дослідження.

Поєднання різноманітних методів ШІ дозволяє значно підвищити точність оцінки ризиків, забезпечити гнучкість управління та мінімізувати негативні наслідки у логістичних процесах.

Логістичні системи зазнають впливу різноманітних ризиків, що можуть спричинити збої у постачанні, підвищення витрат або порушення виробничих процесів. Для ефективного управління ризиками використовуються алгоритми машинного навчання (ML), які здатні аналізувати великі обсяги даних та прогнозувати потенційні загрози.

Машинне навчання – це розділ штучного інтелекту, що займається розробкою алгоритмів та моделей, які дозволяють комп'ютерним системам автоматично знаходити закономірності в даних і приймати рішення без явного програмування [3, с. 101–102].

Алгоритми машинного навчання різноманітні, та направлені на різні сфери застосування в логістиці, що дає змогу охопити контроль та управління більшістю ризиків, що виникають в процесі діяльності господарюючого суб'єкту з отримання найефективніших переваг (табл. 3).

Таблиця 1 – Категорії основних ризиків у логістичних системах

Категорія ризику	Приклади	Наслідки	Методи прогнозування
Економічні	Інфляція, валютні коливання, зростання вартості пального	Підвищення собівартості перевезень, фінансові втрати	Аналіз економічних показників, моделі прогнозування
Геополітичні	Конфлікти, санкції, митні обмеження	Закриття маршрутів, затримки, додаткові витрати	Геополітичний моніторинг, прогнозні аналітичні моделі
Технологічні	Кібератаки, технічні збої, застарілі IT-системи	Витік даних, збої у логістичних процесах	Використання AI, системи кібербезпеки
Екологічні	Урагани, повені, екологічні обмеження	Руйнування інфраструктури, затримки доставки	Метеорологічні прогнози, аналіз екологічних факторів
Операційні	Помилки персоналу, нестача ресурсів, технічні несправності	Втрата вантажу, низька якість обслуговування	Контроль якості, автоматизація, навчання персоналу

Джерело: узагальнено автором

Таблиця 2 – Аналіз методів ШІ для управління ризиками

Метод	Принцип роботи	Застосування у логістиці	Переваги
Машинне навчання (ML)	Навчання алгоритмів на основі історичних даних	Прогнозування попиту, оптимізація маршрутів	Висока точність, здатність до самонавчання
Нейронні мережі (ANN)	Обробка багаторівневих даних	Аналіз ризиків ланцюгів постачання, оцінка збитків	Гнучкість, адаптація до складних залежностей
Глибоке навчання (DL)	Аналіз великих масивів даних, багаторівневі зв'язки	Виявлення аномалій у логістичних операціях	Автоматизація складних аналітичних процесів
Big Data Analytics	Аналіз структурованих та неструктурованих даних	Прогнозування кризових ситуацій, аналіз попиту	Висока швидкість обробки даних
Експертні системи (ES)	Використання знань фахівців для оцінки ризиків	Розробка стратегій управління ризиками	Імітація експертних рішень, швидке реагування

Джерело: узагальнено автором

Таблиця 3 – Основні алгоритми машинного навчання для оцінки ризиків

Алгоритм ML	Принцип роботи	Застосування у логістиці	Переваги
Лінійна регресія	Аналіз залежностей між змінними	Оцінка впливу факторів ризику на ефективність	Простота, швидкість розрахунків
Дерево рішень (Decision Trees)	Побудова ієрархії рішень на основі даних	Визначення критичних ризиків	Візуальність, інтерпретованість
Random Forest	Комбінація кількох дерев рішень	Аналіз складних багатофакторних залежностей	Висока точність, стійкість до шуму
SVM (підтримуючі векторні машини)	Визначення меж між класами ризиків	Класифікація ризикових подій	Добра узагальнююча здатність
K-Means (кластеризація)	Групування схожих об'єктів	Виявлення схожих за характеристиками ризиків	Простота, швидкість
Нейронні мережі (ANN)	Глибокий аналіз даних із багатьма параметрами	Прогнозування ймовірності виникнення ризиків	Гнучкість, висока точність

Джерело: узагальнено автором

Отже, виникає потреба пошуків інтелектуальних систем управління ризиками, що дає змогу ефективно та завчасно запобігати кризовим ситуаціям, та знаходити ефективні шляхи їх вирішень [5, с. 121–122].

Інтелектуальні системи управління ризиками у логістиці – це комплекс програмних та апаратних рішень, що використовують алгоритми штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML) і аналіз великих даних (Big Data) для виявлення, оцінки та прогнозування ризиків. Вони допомагають логістичним компаніям зменшити невизначеність, підвищити ефективність постачань та знизити витрати. Існують основні типи систем оцінки та прогнозування ризиків, що дають змогу охопити ключові аспекти в управлінні ризиками та вишити поставлені задачі (табл. 4).

Загалом, необхідно зауважити, що прогнозування ризиків доречно здійснювати за допомогою алгоритмів машинного навчання, що аналізують великі обсяги даних і будують прогностичні моделі.

Основними методами прогнозування є:

- Аналіз часових рядів – прогноз змін у логістичних процесах на основі історичних даних.
- Моделювання сценаріїв – оцінка можливих ризиків через симуляцію подій.
- Аномалійне виявлення – автоматичне виявлення нетипових ситуацій у транспортних потоках.
- Глибоке навчання (Deep Learning) – складні нейронні мережі аналізують нелінійні залежності у великих даних.

Важливим залишається пошук і узагальнення практичних рекомендацій щодо впровадження інтелектуальних систем, оскільки узагальнення практичного досвіду в управлінні ризиками дає можливість здійснити прорив в вирішенні даної проблематики, економити ресурси та зробити процес максимально зрозумілим і логічним. Рекомендацій щодо впровадження інтелектуальних систем наведено в таблиці 5.

Таблиця 4 – Основні типи інтелектуальних систем управління ризиками

Тип системи	Функції	Застосування
Системи прогнозування ризиків (Risk Prediction Systems)	Визначають потенційні ризики на основі історичних даних	Аналіз затримок постачань, прогноз попиту
Системи моніторингу в реальному часі (Real-Time Monitoring Systems)	Відстежують ризики та негайно повідомляють про загрози	GPS-трекери, IoT-сенсори на транспорті
Експертні системи (Expert Systems)	Автоматизують прийняття рішень за допомогою AI	Аналіз та корекція маршрутів у разі ризиків
Системи управління ланцюгами постачань (Supply Chain AI)	Оптимізують маршрути та керують запасами	Автоматизація закупівель та транспортування
Системи аналізу великих даних (Big Data Analytics)	Аналізують масиви інформації для виявлення закономірностей	Оцінка попиту, виявлення слабких місць системи

Джерело: узагальнено автором

Таблиця 5 – Рекомендацій щодо впровадження інтелектуальних систем

Етап впровадження	Рекомендації	Очікувані результати
Аналіз поточних логістичних процесів	Провести аудит ризиків, визначити ключові загрози	Визначення слабких місць у логістиці
Вибір технології та алгоритмів AI	Обрати відповідний алгоритм ML для аналізу ризиків	Підвищення точності прогнозування
Інтеграція IoT та Big Data	Встановити сенсори, GPS-трекери, підключити хмарні обчислення	Моніторинг реального часу, швидке реагування
Автоматизація прийняття рішень	Впровадити експертні системи для управління ризиками	Скорочення людського фактору, оперативність
Тестування та коригування моделей	Аналіз ефективності AI, навчання моделей на нових даних	Оптимізація процесів управління ризиками

Джерело: узагальнено автором

Таким чином, впровадження інтелектуальних систем управління ризиками дає можливість:

- зменшити затримки у постачанні завдяки аналізу та прогнозуванню ризиків.
- оптимізувати витрати за рахунок автоматизації управлінських рішень.
- підвищити безпеку ланцюгів постачання через моніторинг та виявлення загроз у режимі реального часу.

Рекомендований підхід дозволить логістичним компаніям адаптуватися до сучасних викликів і підвищити конкурентоспроможність.

Висновки. У сучасних умовах глобальної нестабільності, яка зумовлена зростанням геополітичної напруженості, частими економічними кризами, природними катастрофами та непередбачуваними подіями

на кшталт пандемій, логістичні системи стають дедалі вразливішими до різноманітних ризиків. У відповідь на ці виклики особливого значення набуває впровадження інтелектуальних підходів до управління логістикою. Проведене дослідження засвідчило, що штучний інтелект – потужний інструмент у сфері прогнозування та моделювання ризиків. Методи машинного навчання, нейронні мережі, алгоритми глибокого навчання, а також технології Big Data й IoT відкривають нові можливості для виявлення потенційних загроз і підвищення адаптивності логістичних систем. Особливо ефективними виявилися алгоритми класифікації, регресії, кластеризації та аналізу часових рядів, що дозволяють формувати точні прогнози ризикових подій та своєчасно впливати на їхнє мінімізацію.

Список використаних джерел:

- Зрибнева І. П. Аналіз новітніх технологій, методів та підходів у логістиці, їх вплив на оптимізацію ланцюгів постачання та підвищення продуктивності. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60>
- Кирлик Н. Ю. «Штучний інтелект» та його використання в логістичних процесах. *Економічні науки та управління*. 2021. № 9–10. С. 59–66. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/12/9-10.21_topik_Kyryk-N.Yu_59-66.pdf
- Костира В. С., Запотічний І. І. Роль інформаційних технологій в управлінні клієнтоорієнтованістю сучасних підприємств. *Дослідження та інновації*, 2024. Т. 3, № 3. С. 95–102. URL: <https://rni.com.ua/index.php/ri/article/download/38/36/142>
- Михайлик Н. І. Вплив технологій на базі штучного інтелекту на фінансово-економічну ефективність логістичних систем. *Актуальні проблеми економіки та управління*. Випуск 8/2025. URL: <https://a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/254>
- Петренко В. О. Цифрові технології в управлінні логістичними ризиками: сучасний стан та перспективи розвитку. *Логістика та управління ланцюгами постачання*. 2022. № 4. С. 112–125. URL: <https://www.supplychainjournal.com.ua/index.php/journal/article/view/112>
- Сидоренко С., Добришин Ю., Максименко М. Загрози та ризики використання штучного інтелекту. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2023. Т. 1, № 1. С. 45–52. URL: <https://csecurity.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/5207>
- Череп О., Михайліченко Л. Розвиток штучного інтелекту: переваги та недоліки. *Економіка та суспільство*. Випуск 67/2024. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/4719/4660>

References:

- Zrybnieva I. P. (2024). Analiz novitnikh tekhnologiy, metodiv ta pidkhodiv u lohistytsi, yikh vplyv na optymizatsiiu lantsiuhiv postachannia ta pidvyshchennia produktyvnosti [Analysis of new technologies, methods, and approaches in logistics, their impact on supply chain optimization and productivity improvement]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (60). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60>
- Kyryk N. Yu. (2021). "Shtuchnyi intelekt" ta yoho vykorystannia v lohistychnykh protsesakh ["Artificial intelligence" and its use in logistics processes]. *Ekonomichni nauky ta upravlinnia*, (9–10), 59–66. Available at: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/12/9-10.21_topik_Kyryk-N.Yu_59-66.pdf
- Kostyra V. S. & Zapotichnyi I. I. (2024). Rol informatyinykh tekhnologii v upravlinni kliientooriiientovanistiu suchasnykh pidpriemstv [The role of information technologies in managing customer orientation of modern enterprises]. *Doslidzhennia ta innovatsii*, 3(3), 95–102. Available at: <https://rni.com.ua/index.php/ri/article/download/38/36/142>
- Mykhailik N. I. (2025). Vplyv tekhnologii na bazi shtuchnoho intelektu na finansovo-ekonomichnu efektyvnist lohistychnykh system [Impact of artificial intelligence-based technologies on the financial and economic efficiency of logistics systems]. *Aktualni problemy ekonomiky ta upravlinnia*, (8). Available at: <https://a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/254>
- Petrenko V. O. (2022). Tsyfrovi tekhnologii v upravlinni lohistychnymy ryzykamy: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku [Digital technologies in logistics risk management: current state and development prospects]. *Lohistyka ta upravlinnia lantsiuhamy postachannia*, (4), 112–125. Available at: <https://www.supplychainjournal.com.ua/index.php/journal/article/view/112>
- Sydorenko S., Dobryshyn Yu. & Maksymenko M. (2023). Zahrozy ta ryzyky vykorystannia shtuchnoho intelektu [Threats and risks of using artificial intelligence]. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika*, 1(1), 45–52. Available at: <https://csecurity.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/5207>

7. Cherep O. & Mykhailichenko L. (2024). Rozvytok sztuchnoho intelektu: perevahy ta nedoliky [Development of artificial intelligence: advantages and disadvantages]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (67). Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/4719/4660>

ANALYSIS AND MODELING OF RISKS OF LOGISTICS SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONDITIONS OF GLOBAL INSTABILITY

Hrynko Oleksandr

Poltava State Agrarian University

This article investigates the risks faced by logistics systems in the context of global instability and explores the potential of artificial intelligence (AI) for their prediction, prevention, and effective management. The study emphasizes the role of advanced technologies-machine learning (ML), deep learning (DL), neural networks, expert systems, big data analytics, and the Internet of Things (IoT) – in developing intelligent and adaptive logistics models. The research identifies and categorizes key types of risks-economic, geopolitical, technological, ecological, and operational – and describes how AI-based approaches can be employed for their detection, classification, modeling, and mitigation. The application of AI allows for the real-time monitoring of supply chain vulnerabilities, enhances predictive capabilities, and supports strategic decision-making under uncertainty. Special attention is given to the integration of digital twins, AR (augmented reality), and AI-powered autonomous transport in creating virtual models of logistics systems for scenario analysis. These technologies enable logistics operators to simulate potential risk situations, predict disruptions, and optimize resource allocation. The article reviews global and domestic practices, including the experience of Maersk and DHL in applying machine learning to minimize transportation delays, as well as Nova Poshta's use of big data for forecasting seasonal demand surges in Ukraine. These examples highlight the growing reliance on AI to increase resilience and responsiveness in logistics operations. The paper also discusses the importance of ethical AI in logistics, stressing the need for transparent algorithms, data security, and the ethical implications of automated decision-making. A step-by-step framework for implementing AI in logistics risk management is proposed, including risk auditing, algorithm selection, IoT and data integration, decision automation, and continuous model adaptation. Overall, the research argues that AI is not just a technological enhancement but a critical strategic tool for building robust, flexible, and competitive logistics systems in a rapidly changing world.

Keywords: logistics risks, artificial intelligence, machine learning, risk modeling, smart logistics, digital transformation.

JEL Classification: C53, L91, M15, O33
