

РОЗДІЛ V

Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

УДК: 658.7:658.5:004.8

Ліпич Любов,
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри підприємництва, торгівлі та логістики,
Луцький національний технічний університет,
м. Луцьк, Україна
ORCID ID : 0000-0002-9059-7271
e-mail: lipych_liubov@lutsk-ntu.com.ua

<https://doi.org/10.29038/2786-4618-2026-01-140-150>

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ В ПЛАНУВАННІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ: МОЖЛИВОСТІ, ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ

Вступ. Планування є базовою складовою ефективного управління ланцюгами постачання, оскільки забезпечує узгодженість дій їх учасників і підтримує прийняття рішень щодо безперервності постачань, оптимізації витрат та рівня сервісу.

Мета дослідження полягає в узагальненні теоретичних і прикладних аспектів використання штучного інтелекту, технологій Big Data та машинного навчання в управлінні ланцюгами постачання, а також у визначенні їх ролі у підвищенні прозорості, ефективності, стійкості та конкурентоспроможності підприємств.

Методи дослідження включають аналіз і синтез наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, порівняльний аналіз традиційних та інтелектуальних підходів до управління ланцюгами постачання, узагальнення статистичних і аналітичних даних міжнародних досліджень, а також методи системного підходу й логічного узагальнення для формування висновків.

Результати. Встановлено, що застосування інтелектуальних алгоритмів забезпечує більш точне прогнозування попиту за рахунок аналізу великих масивів історичних і поточних даних, що сприяє зменшенню ризиків надлишкових запасів або дефіциту продукції. Доведено, що використання Big Data аналітики дозволяє підприємствам отримувати наскрізну видимість логістичних процесів у режимі реального часу, покращувати координацію між учасниками ланцюга постачання та оперативно виявляти вузькі місця. Це створює підґрунтя для підвищення стійкості логістичних систем, особливо в умовах нестабільного зовнішнього середовища. Алгоритми машинного навчання підвищують ефективність управління запасами, транспортуванням і складськими операціями завдяки врахуванню нелінійних залежностей, часових патернів і чинників, які не можуть бути оброблені традиційними статистичними моделями. Це дозволяє оптимізувати логістичні маршрути, скорочувати витрати на транспортування, зменшувати затримки доставки та підвищувати рівень задоволеності клієнтів. Обґрунтовано, що ефективність застосування штучного інтелекту та машинного навчання залежить від якості, актуальності та узгодженості даних, а також від рівня цифрових компетенцій персоналу.

Висновок. Штучний інтелект, Big Data та машинне навчання є ключовими драйверами цифрової трансформації логістики й управління ланцюгами постачання.

Ключові слова: штучний інтелект; великі дані; машинне навчання; планування ланцюга поставок; управління ланцюгом поставок; цифрова трансформація; прогнозування попиту; стійкість ланцюга поставок.

Lipych Lyubov,
Doctor of Economics, Professor,
Professor of the Department of Entrepreneurship, Trade and Logistics
Lutsk National Technical University,

DIGITAL TRANSFORMATION OF SUPPLY CHAIN PLANNING: OPPORTUNITIES, BENEFITS, AND CHALLENGES

Introduction. Planning is a fundamental component of effective supply chain management, as it ensures the coordination of actions among all participants and supports decision-making aimed at supply continuity, cost optimization, and service level improvement.

The purpose of the study is to generalize the theoretical and applied aspects of using artificial intelligence, Big Data technologies, and machine learning in supply chain management, as well as to identify their role in enhancing transparency, efficiency, resilience, and competitiveness of enterprises.

Methods. The research methods include analysis and synthesis of scientific publications by domestic and foreign authors, comparative analysis of traditional and intelligent approaches to supply chain management, generalization of statistical and analytical data from international studies, as well as systems approach and logical generalization methods for drawing conclusions.

Results. The study finds that the application of intelligent algorithms enables more accurate demand forecasting through the analysis of large volumes of historical and streaming data, thereby reducing the risks of excess inventory or product shortages. It is demonstrated that the use of Big Data analytics allows enterprises to achieve end-to-end visibility of logistics processes in real time, improve coordination among supply chain participants, and promptly identify bottlenecks. This creates a foundation for enhancing the resilience of logistics systems, especially under conditions of an unstable external environment. Machine learning algorithms increase the efficiency of inventory management, transportation, and warehousing operations by accounting for nonlinear relationships, temporal patterns, and factors that cannot be processed by traditional statistical models. This makes it possible to optimize logistics routes, reduce transportation costs, minimize delivery delays, and improve customer satisfaction. It is substantiated that the effectiveness of artificial intelligence and machine learning applications depends on the quality, timeliness, and consistency of data, as well as on the level of digital competencies of personnel.

Conclusion. Artificial intelligence, Big Data, and machine learning are key drivers of the digital transformation of logistics and supply chain management.

Key words: artificial intelligence; Big Data; machine learning; supply chain planning; supply chain management; digital transformation; demand forecasting; supply chain resilience.

JEL: M11, L23, C61, O33

Вступ. Планування є ключовим елементом ефективного функціонування ланцюгів постачання, оскільки забезпечує координацію дій усіх їх учасників і слугує основою для прийняття управлінських рішень, спрямованих на безперервність постачань, мінімізацію витрат та підвищення рівня обслуговування споживачів. Основним завданням планування є підтримка процесу прийняття рішень шляхом визначення майбутніх дій і вибору оптимальних варіантів розвитку з урахуванням ресурсних обмежень.

Згідно з підходом Н. Stadtler, Ч. Kilger та Н. Меур, процес планування ланцюгів постачання охоплює аналіз проблеми прийняття рішень, формування цілей, розроблення та моделювання альтернативних сценаріїв, оцінювання можливих рішень і вибір найбільш ефективного з них [1]. Водночас сучасні ланцюги постачання характеризуються високою складністю, багаторівневістю та динамічністю, що ускладнює повне врахування взаємозв'язків між їх елементами та зумовлює використання прогностичних, імітаційних і оптимізаційних моделей.

Однією з ключових проблем планування залишається залежність таких моделей від історичних даних, які часто є фрагментарними або застарілими та не відображають високого рівня невизначеності, волатильності попиту й впливу зовнішніх ризиків. Крім того, розроблення та оперативна адаптація складних моделей планування є обмеженими без застосування сучасних цифрових інструментів.

За цих умов актуалізується використання інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту, великих даних і машинного навчання, здатних обробляти значні обсяги різномірної інформації в реальному часі, виявляти приховані закономірності та підвищувати точність, гнучкість і адаптивність систем планування ланцюгів постачання.

Огляд літератури. У наукових дослідженнях планування ланцюгів постачання розглядається як ключова функція операційного та логістичного менеджменту, спрямована на узгодження матеріальних, інформаційних і фінансових потоків у межах інтегрованих мереж постачання. Значний внесок у розвиток теорії планування зробили Н. Stadtler, Ch. Kilger та Н. Meyr, які трактують його як багаторівневий процес, що поєднує стратегічні, тактичні та оперативні рішення та реалізується в межах концепції Advanced Planning Systems (APS) [1].

Питання інтегрованого планування попиту, виробництва й дистрибуції ґрунтовно висвітлено в працях Chopra та Meindl, де наголошується на ролі узгоджених управлінських рішень у забезпеченні стійкості й конкурентоспроможності ланцюгів постачання [2]. У межах операційного менеджменту широко застосовуються прогнози, імітаційні та оптимізаційні моделі, ефективність яких, за Simchi-Levi D., Kaminsky та Simchi-Levi E., значною мірою залежить від якості вихідних даних [3].

Сучасні дослідження акцентують увагу на обмеженнях традиційних підходів і необхідності переходу до динамічних, цифрово орієнтованих систем планування, здатних працювати в режимі реального часу. Зокрема, у працях Іванова Д., Долгуя А. та Соколова Б. підкреслюється зростаюча роль цифрових рішень у підвищенні адаптивності ланцюгів постачання в умовах волатильності та збоїв [4].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із використанням штучного інтелекту, Big Data та машинного навчання. Waller і Fawcett зазначають, що аналітика великих даних підвищує точність прогнозування та обґрунтованість управлінських рішень [5], тоді як Baryannis G., Dani S. та Antoniou G. доводять здатність ML-алгоритмів виявляти приховані закономірності, недоступні класичним моделям [6-7]. У 2024–2025 рр. наукові публікації фіксують розвиток інноваційних підходів, зокрема застосування графових нейронних мереж, федеративного навчання та генеративних моделей для підвищення видимості та управління ризиками в ланцюгах постачання [8-10].

Українські дослідження зосереджуються на цифровізації логістичного менеджменту та практичних аспектах упровадження інтелектуальних технологій. Зокрема, результати досліджень українських науковців (2024 р.) підтверджують позитивний вплив штучного інтелекту на ефективність управління ланцюгами постачання та конкурентні позиції підприємств на міжнародних ринках [11].

Методи дослідження включають аналіз і синтез наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, порівняльний аналіз традиційних та інтелектуальних підходів до управління ланцюгами постачання, узагальнення статистичних і аналітичних даних міжнародних досліджень, а також методи системного підходу й логічного узагальнення для формування висновків.

Мета статті полягає в узагальненні теоретичних і прикладних аспектів використання штучного інтелекту, технологій Big Data та машинного навчання в управлінні ланцюгами постачання, а також у визначенні їх ролі у підвищенні прозорості, ефективності, стійкості та конкурентоспроможності підприємств, зокрема в українських умовах.

У контексті дослідження передбачається вирішення таких завдань:

- розкрити сутність та ключові напрями застосування штучного інтелекту в ланцюгах постачання;
- систематизувати характеристик технології Big Data на основі концепції V-параметрів і визначення її значення для логістичних процесів;
- проаналізувати можливості машинного навчання щодо прогнозування попиту, управління запасами, оптимізації транспортування та управління ризиками;
- ідентифікувати основні переваги і виклики впровадження цифрових технологій у логістиці;
- узагальнити український науковий й практичний досвід застосування зазначених технологій.

Результати дослідження. Штучний інтелект (ШІ) - це галузь, що охоплює технології, які дозволяють комп'ютерам імітувати когнітивні функції людини, такі як навчання, розпізнавання образів, прийняття рішень та прогнозування. До складу ШІ входять нейронні мережі, робототехніка, інтелектуальні моделі поведінки, машинне навчання, глибоке навчання та навчання з підкріпленням. У поєднанні з іншими технологіями - датчиками, геолокацією, робототехнікою - ШІ здатен виконувати завдання, що раніше потребували людського втручання. Прикладами застосування є

цифрові помічники, GPS-навігація, автономні транспортні засоби та генеративні інструменти, такі як ChatGPT від OpenAI.

У ланцюгах постачання ІІІ підвищує прозорість і ефективність процесів. Основні напрями застосування включають [12]:

- прогнозування: ІІІ аналізує історичні дані, поведінку клієнтів та ринкові тенденції, що дозволяє точно прогнозувати попит;
- управління запасами: аналізуючи дані про продажі та сезонні тенденції, ІІІ допомагає оптимізувати рівні запасів;
- автономні ланцюги постачання: використовуючи інтелектуальні пристрої та алгоритми на основі ІІІ, забезпечується автономна обробка даних у режимі реального часу, пришвидшується прийняття рішень;
- управління ризиками та стійкість: ІІІ пропонує передові рішення з управління ризиками завдяки постійному аналізу даних для виявлення потенційних загроз;
- персоналізоване обслуговування клієнтів: ІІІ дозволяє компаніям краще розуміти вподобання та поведінку клієнтів, що призводить до ефективнішого обслуговування.

За даними досліджень 2021 року, лише 2 % компаній мали повну видимість процесів у ланцюгах постачання [13]. Сучасні дані показують поступове покращення прозорості щодо постачальників першого рівня (до 60 % компаній), проте наскрізна видимість глибших рівнів залишається обмеженою (13–17 %), що підкреслює потребу у подальших дослідженнях і цифрових рішеннях для управління ризиками та стійкістю [14].

ІІІ також підвищує ефективність внутрішніх операцій: автоматизує збір і обробку даних під час картування ланцюгів постачання, покращує організацію процесів і комунікацію. Основні переваги використання ІІІ в ланцюгах постачання включають [15-18]:

- підвищення ефективності та продуктивності: ІІІ дозволяє автоматизувати складні рутинні процеси, оптимізувати маршрути доставки, управління запасами, планування попиту та розподіл ресурсів, що сприяє зниженню операційних витрат і часу виконання завдань;
- покращення прогнозування та прийняття рішень. Машинне навчання та аналітика даних дозволяють точніше прогнозувати попит, оцінювати ризики та швидше адаптуватися до змін ринкових умов, що підвищує стійкість і гнучкість ланцюгів постачання;
- підвищення прозорості та видимості. Інтеграція цифрових технологій і ІІІ сприяє наскрізній видимості операцій у складі ланцюга постачання, що дозволяє компаніям краще відстежувати переміщення товарів та стан процесів у реальному часі;
- покращення управління ризиками та стійкості: ІІІ може аналізувати великий обсяг даних для виявлення аномалій, прогнозувати потенційні збої та оптимізувати плани дій, що сприяє підвищенню стабільності операцій під час зовнішніх турбуленцій;
- оптимізація ресурсів та зниження витрат: використання моделей ІІІ дозволяє скоротити надлишкові запаси, оптимізувати використання транспорту й обладнання та знизити логістичні витрати;
- інновації та конкурентні переваги: ІІІ сприяє розвитку нових форм бізнес-моделей, наприклад, автономних агентів чи гібридних рішень, що здатні створювати гнучкіші, швидші та адаптивні ланцюги постачання.

Разом з тим, впровадження ІІІ супроводжується низкою викликів, серед яких обмежена якість та доступність даних, висока вартість і складність інтеграції, складність інтерпретації рішень, технологічна залежність та потенційні збої, нестача кваліфікованих кадрів, а також етичні, правові та безпекові ризики [19]. Також існує побоювання щодо скорочення робочих місць, проте історично технології трансформують характер праці, спрямовуючи працівників на завдання з вищою доданою вартістю.

Узагальнення основних ефектів та викликів впровадження штучного інтелекту в управління ланцюгами постачання показано на рис.1. Цифрові технології сприяють підвищенню ефективності, прозорості та стійкості ланцюгів постачання, водночас їх результативність залежить від якості даних, рівня цифрових компетенцій персоналу та складності інтеграції.

Великі дані (Big Data) - це технологія, яка передбачає збір та обробку великих наборів даних, систем та алгоритмів, що використовуються для аналізу даних [20]. У науковій літературі Big Data

(великі дані) розглядається як явище, що характеризується не лише великим обсягом інформації, але й низкою специфічних якостей, які істотно відрізняють ці дані від традиційних масивів інформації. Велика частина досліджень використовує так званий концептуальний підхід «V-параметрів» для опису властивостей Big Data, що дозволяє систематизувати їхню природу, виклики та практичне значення.

Однією з найвживаніших моделей для опису характеристик Big Data є модель «5 V», що включає такі основні ознаки[21-24]:

1. Volume (обсяг). Обсяг даних у Big Data є їхньою найфундаментальнішою характеристикою: сукупність даних досягає такого розміру, що традиційні системи управління даними (як-от класичні реляційні СУБД) не здатні ефективно їх обробляти. Ця якість впливає з експоненційного зростання кількості цифрової інформації у різних сферах діяльності.

2. Velocity (швидкість). Велика швидкість генерації й надходження даних створює вимогу для систем обробки працювати в реальному чи близькому до реального часу. Джерела даних, такі як IoT-пристрої, соціальні мережі або системи телекомунікацій, постійно генерують потоки даних, що ускладнює їх швидку обробку без спеціальних технологій.

3. Variety (різноманітність). Сучасні дані мають різні форми та структури - від структурованих таблиць до неструктурованих текстів, зображень, відео, логів тощо. Це різноманіття вимагає застосування спеціальних засобів інтеграції, зберігання та аналізу даних, які враховують їхню гетерогенність.

4. Veracity (достовірність). Цей параметр відображає якість та надійність даних, що може бути суттєво варіабельним у великих наборах, особливо коли джерела даних неструктуровані або включають шуми й невизначеності. Достовірність даних безпосередньо впливає на релевантність висновків, що їх отримують у результаті аналізу.



Рис.1. Ефекти та виклики використання штучного інтелекту в плануванні ланцюгів постачання

Джерело: сформовано автором на основі [12-22].

5. Value (цінність). Останнім часом у літературі дедалі більше акцентують увагу на здатності даних приносити реальну користь при прийнятті рішень: від економічної цінності для бізнесу до наукового значення для досліджень. Наявність великої кількості даних сама по собі не гарантує корисних результатів - важливо, щоб аналіз цих даних генерував цінну інформацію та інсайти.

Науковці також відзначають, що модель V-параметрів продовжує еволюціонувати: окремі огляди наукової літератури фіксують появу додаткових характеристик, зокрема variability (мінливість), visualization (візуалізація) та інші розширені параметри, що допомагають описувати часозалежні зміни даних або особливості їх структури в конкретних контекстах.

Використання технології великих даних у логістиці є великою перевагою, оскільки кожен логістичний процес генерує емпіричні дані. Ці дані можуть зберігатися в числовій формі та виражатися як значення, але також можуть мати форму мультимедіа. З цих даних робляться висновки, які є основою для створення прогнозів та автоматизації майбутніх процесів.

У ланцюзі постачання великі дані використовуються для стратегічної оптимізації окремих етапів задля підвищення його прозорості. Прозорість передбачає надання організованого, фільтрованого та зрозумілого огляду поточної ситуації в режимі реального часу. Спектр використання цієї технології в ланцюзі поставок широкий і включає як ефективне зберігання палет у складських приміщеннях, так і краще обслуговування клієнтів.

У ланцюзі постачання операціоналізація Big Data, тобто перетворення необроблених даних на цінну інформацію, здійснюється таким чином [21].

- збір - включає збирання даних з доступних джерел, таких як хмара, мобільні додатки та датчики Інтернету речей;
- обробка - включає впорядкування, перетворення та завантаження даних у базу великих даних, що дозволяє проводити їх аналіз на цьому етапі;
- скорочення - включає форматування даних, видалення дублікатів та покращення якості даних;
- аналіз даних - на цьому етапі використовуються передові інструменти для виявлення закономірностей та тенденцій у даних.

В останні роки українські підприємства дедалі активніше впроваджують технології Big Data аналітики у логістичні процеси з метою оптимізації операцій, підвищення ефективності ланцюгів поставок та покращення прийняття управлінських рішень. Так, науковці підкреслюють, що Big Data дозволяє підприємствам аналізувати великі масиви логістичної інформації, визначати оптимальні маршрути, прогнозувати навантаження на транспортні ланки та скорочувати витрати на обробку вантажів, що суттєво покращує загальну продуктивність логістичних систем [24]. Крім того, аналітика даних дає змогу виявляти приховані закономірності в поведінці поставок та адаптувати логістичні операції до змін ринкових умов.

Архітектура великих даних у плануванні ланцюгів постачання, сформована на основі інтеграції внутрішніх і зовнішніх джерел інформації. Використання моделі «5V» та послідовних процесів збору, обробки й аналітики даних забезпечує формування єдиного інформаційного середовища та підвищує прозорість логістичних процесів представлена на рис.2.

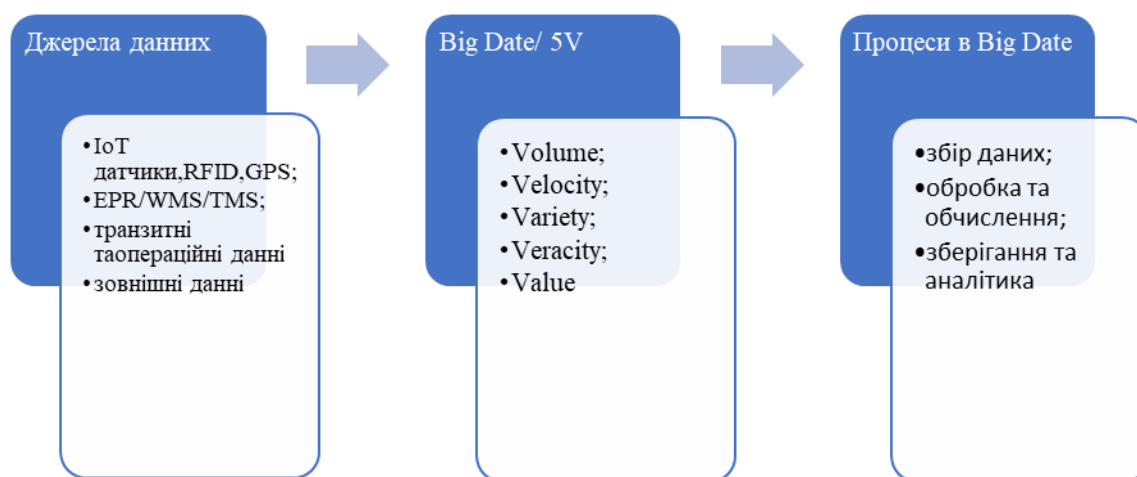


Рис. 2. Архітектура великих даних при плануванні ланцюгів постачання.

Джерело: сформовано автором на основі [21-24].

Машинне навчання (ML) - це технологія на основі штучного інтелекту, яка дозволяє комп'ютерним системам навчатися на даних, виявляти закономірності та приймати рішення без потреби в додатковому програмуванні [25]. Комп'ютери, що використовують цю технологію, навчаються самостійно та стають дедалі ефективнішими на основі великих обсягів даних. Вони не потребують точних інструкцій; натомість вони використовують закономірності та приклади в даних для самовдосконалення - так само, як люди навчаються на досвіді. Чим більше даних у них є, тим краще вони виконують завдання. Алгоритми машинного навчання виявляють закономірності та тенденції, які важко або неможливо помітити людині. Чим більше даних подається в систему ML, тим точнішою стає модель прогнозування. Варто зазначити, що машинне навчання може вимагати до чотирьох разів більше даних, ніж класичні методи прогнозування. Найважливішими перевагами використання алгоритмів ML є [26]:

- прийняття обґрунтованих рішень у плануванні ланцюга постачання завдяки корисній інформації, яка дозволяє ефективно вирішувати проблеми та постійно вдосконалюватися, що мінімізує логістичний ризик;
- мінімізація витрат за рахунок зменшення відходів та покращення якості продукції;
- зменшення затримок шляхом автоматизації аналізу даних ланцюга поставок, що також призводить до швидшого реагування у разі розбіжностей;
- максимізація ефективності шляхом виявлення областей неефективного використання ресурсів та отримання інформації про те, як їх покращити;
- підвищення задоволеності клієнтів завдяки скороченню термінів доставки та покращенню обслуговування клієнтів.

Застосування машинного навчання в логістиці дає змогу підприємствам значно підвищувати якість прогнозування попиту та управління запасами. У класичних підходах прогнозування часто спирається на лінійні або статистичні моделі, які не завжди здатні точно відобразити складні динамічні залежності між факторами попиту й пропозиції. Натомість алгоритми машинного навчання, включно з нейронними мережами та LSTM-моделями, здатні враховувати нелінійні часові патерни та великі обсяги даних, що призводить до покращення точності прогнозів і зменшення ймовірності як надлишкових запасів, так і нестачі товарів на складах. Це, у свою чергу, сприяє оптимізації рівня запасів і зниженню витрат на їх утримання. У порівнянні з традиційними моделями машинне навчання показало підвищення якості прогнозування та ефективності управління запасами, що є критично важливим у ланцюгах постачання, особливо в умовах волатильного ринку [27].

Інша перевага - це оптимізація логістичних процесів і транспортування товарів. Завдяки ML-алгоритмам підприємства можуть обробляти великі обсяги даних про трафік, погодні умови, стан транспортних засобів та маршрути в реальному часі, що дозволяє вибирати оптимальні маршрути доставки, зменшувати транспортні витрати та збільшувати показники своєчасної доставки. Це призводить не лише до зниження операційних витрат, а й до підвищення рівня задоволення клієнтів завдяки більш стабільним і передбачуваним логістичним показникам [27].

Ще однією перевагою є поліпшення оперативного управління ризиками у ланцюгах постачання. ML-моделі можуть аналізувати минулі дані та розпізнавати аномалії або схильності до критичних ситуацій, таких як затримки постачань або несподівані зміни у попиті, що дає можливість проактивно вживати заходів для мінімізації негативних наслідків. Такий підхід дозволяє не лише підвищити гнучкість і стійкість логістичних систем, але й забезпечити безперервність бізнес-процесів навіть у нестабільних умовах [27].

Також важливо відмітити, що машинне навчання сприяє поліпшенню прийняття управлінських рішень на стратегічному рівні. Глибокий аналіз даних із різних джерел (наприклад, дані про попит, постачальників, транспорт і зовнішні фактори) надає керівникам цілісне уявлення про функціонування ланцюга постачання, що дозволяє не лише реагувати на поточні виклики, а й проактивно планувати майбутні кроки розвитку [27].

Крім того, інтелектуальні системи на основі ML автоматизують багато рутинних логістичних процесів, зменшуючи залежність від ручної праці і, відповідно, знижуючи ризик людських помилок та експлуатаційні витрати. Автоматизовані алгоритми можуть швидко обробляти великі обсяги даних, приймати оптимальні рішення й оновлювати прогнози в реальному часі, що стає особливо важливим в умовах високої мінливості зовнішніх факторів [28].

У сукупності ці переваги демонструють, що впровадження алгоритмів машинного навчання в управління ланцюгами постачання забезпечує значні стратегічні та операційні вигоди, включно з підвищенням точності прогнозів, оптимізацією логістичних процесів, зниженням ризиків та витрат, а також удосконаленням прийняття рішень на всіх рівнях управління.

Одним із найбільших викликів у машинному навчанні є забезпечення надійних, актуальних та високоякісних даних. Менеджери ланцюгів постачання повинні забезпечити регулярне оновлення та узгодженість бази даних. Це вимагає періодичної перевірки та аудиту інформації про ланцюги постачання для забезпечення її високої якості.

У сучасній українській IT-екосистемі машинне навчання (ML) стає не лише предметом наукових досліджень, а й практичним інструментом, що застосовується підприємствами та стартапами для створення реальних продуктів і технологій. Українські підприємства та стартапи активно інтегрують ML-алгоритми у свої продукти та сервіси. Ці рішення не лише показують технологічну спроможність українського IT-сектору, а й створюють конкурентні продукти на світовому ринку, підсилюючи національну IT-економіку. Основні приклади включають автоматизоване покращення зображень (Let's Enhance), розмовних AI-асистентів (BotsCrew), а також інноваційні ML-платформи для складних технічних задач (MineralAI).

Висновки. На основі проведеного дослідження та представленої інформації можна стверджувати, що сучасні технології, такі як штучний інтелект, великі дані та машинне навчання, відіграють ключову роль у трансформації та оптимізації ланцюгів постачання. Через їхню зростаючу складність та динаміку традиційних методів управління недостатньо. Це, у свою чергу, вимагає впровадження сучасних технологічних рішень.

Штучний інтелект забезпечує ефективніше управління запасами, швидше прийняття рішень та краще розуміння уподобань клієнтів. Незважаючи на проблеми, пов'язані з витратами на впровадження та необхідністю етичного управління даними, переваги використання ШІ в ланцюгах постачання є значними та підвищують конкурентоспроможність компаній.

Технологія великих даних дозволяє аналізувати великі набори даних, що призводить до кращого прийняття рішень та ефективнішого управління ризиками. Інтеграція цієї технології в ланцюги поставок дозволяє оптимізувати витрати та підвищити операційну ефективність.

Машинне навчання, як частина штучного інтелекту, пропонує автоматизацію багатьох процесів, таких як вибір постачальників та оптимізація маршрутів доставки, що призводить до мінімізації витрат та покращення обслуговування клієнтів. Безсумнівно, інтеграція сучасних технологій в управління ланцюгами поставок приносить значні операційні та стратегічні переваги, які значно переважають потенційні втрати.

Джерела та література:

1. Stadtler H., Kilger Ch., Meyr H. Supply Chain Management and Advanced Planning - Concepts, Models, Software and Case Studies. Springer, Heidelberg - New York - Dordrecht - London, 2015.
2. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation / S. Chopra, P. Meindl. - 6th ed. - Boston : Pearson, 2016. - 592 с.
3. Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies / D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, E. Simchi-Levi. - 4th ed. - New York : McGraw-Hill Education, 2014. - 784 с.
4. Іванов, Д., Долгуй, А. та Соколов, Б. (2019). Вплив цифрових технологій та Індустрії 4.0 на ефект хвиль та аналітику ризиків ланцюга поставок. *Міжнародний журнал досліджень виробництва*, 57, 829-846. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>.
5. Waller M.A., Fawcett S.E. Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*. 2013. Vol. 34, No. 2. С. 77-84.
6. Baryannis G., Dani S., Antoniou G. Predictive analytics and artificial intelligence in supply chain management: Review and implications for the future / G. Baryannis, S. Dani, G. Antoniou // *Computers & Industrial Engineering*. 2019. Vol. 137. С. 106-121.
7. Min H., Zacharia Z.G., Smith S. Blockchain and artificial intelligence technology in supply chain management: A review and future research directions. *International Journal of Logistics Management*. 2019. Vol. 30, No. 2. С. 880-902.

- 8.Venkatachalam S.. Integrating big programming language models with network optimization for interactive and understandable supply chain planning: a real-world example.URL: <https://www.researchgate.net/publication/395125312>
[Integrating Large Language Models with Network Optimization for Interactive and Explainable Supply Chain Planning A Real-World Case Study.](#)
- 9.Ge Zheng, Alexandra Brintru A. An Analytics-Driven Approach to Enhancing Supply Chain Visibility with Graph Neural Networks and Federated Learning. URL: <https://www.researchgate.net/publication/389747776>
[An AnalyticsDriven Approach to Enhancing Supply Chain_Visibility_with_Graph_Neural_Networks_and_Federated_Learning.](#)
- 10.Hyung-il Ahn, Santiago Olivar, Hershel Mehta, Young Chol Song. Generative Probabilistic Planning for Optimizing Supply Chain Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/2404.07511?>.
- 11.Чжан К. (2024). Роль штучного інтелекту у трансформації клієнтського досвіду та оптимізації ланцюгів постачання для глобального бізнесу. *Innovation and Sustainability*, (3), 45–52. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2024.3.45.52>.
12. 5 Ways AI Is Becoming Essential to Supply Chain. URL: <https://www.ascm.org/ascm-insights/5-ways-ai-is-becoming-essential-to-supply-chain/>.
- 13.Alicke K., Barriball E., Trautwein V., How artificial intelligence is reshaping supply chains, McKinsey Insights, McKinsey Global Publishing, Nowy Jork. USA. 2021.
- 14.Supply Chains: Still Vulnerable. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey2024?utm_source=com.
- 15.Хмара, М. П. (2025). Роль штучного інтелекту в глобальних ланцюгах поставок. Журнал стратегічних економічних досліджень, (6), 41–57. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2024.6.5>
- 16.Смерічевська, С. (2024). Стратегії управління ризиками ланцюга постачань в еру глобальної турбулентності та штучного інтелекту. Матеріали Всесвітньої конференції SWorld-Ger, 1 (гес32-00).С. 61–64. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-1783.2024-32-00-005>.
- 17.Babina T., Fedik A., He A., Hodson J. Artificial Intelligence, Firm Growth and Product Innovation Journal of Financial Economics, 151 (2024) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X2300185X>
- 18.Raha Aghaei, Ali A. Kiaei, Mahnaz Boush, Javad Vahidi, Zeynab Barzegar, Mahan Rofoosheh The Potential of Large Language Models in Supply Chain Management: Advancing Decision-Making, Efficiency, and Innovation URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Potential-of-Large-Language-Models-in-Supply-Aghaei-Kiaei/c454cf2193e8163bef541599c197c0b9e4372671>
- 19.Dhar S. The Collaboration Paradox: Why Generative AI Requires Both Strategic Intelligence and Operational Stability in Supply Chain Management. URL: https://www.researchgate.net/publication/394688291_The_Collaboration_Paradox_Why_Generative_AI_Requires_Both_Strategic_Intelligence_and_Operational_Stability_in_Supply_Chain_Management
- 20.Coelho da Silva T.L., Magalhaes R.P., Brilhante I.R., Macedo J.A., Araujo D., Rego P.A.L., Neto A.V.L., Big Data analytics technologies and platforms: A brief review, Latin America Data Science Workshop, 2018.
- 21.Tosi D.,Kokaj R.,Roccetti M. 15 Years of Big Data. A Systematic Literature ReviewJanuary 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.32860.56961. URL: https://www.researchgate.net/publication/377838869_15_Years_of_Big_Data_A_Systematic_Literature_Review.
- 22.Tahani Ali Hakam, Yasser M. Alginahi, Omar Sabri. Exploring the Evolution of Big Data Technologies: A Systematic Literature Review of Trends, Challenges, and Future Directions.Future Internet. 2025, 17(9), 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi17090427>.
23. «7V»: що треба знати про характеристики Big Data URL: https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-big-data?utm_source=com
- 24.Кушнір О. К., Макогончук Н. В., Янчик І. М. Використання BIG DATA аналітики для покращення логістичних процесів. *Інвестиції: практика та досвід*. № 10 (2024). DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.10.129>.
- 25.Filali A.E., Lahmer E.H.B., Filali S.E., Machine learning techniques for supply chain management: A systematic literature review, Journal of System and Management Sciences, 2022, vol. 12, no. 2, s. 80–82.
- 26.Unlocking the Game-Changing Capabilities of Machine Learning in Supply Chain. URL:<https://transimpact.com/blog/unlocking-the-game-changing-capabilities-of-machine-learning-in-supply-chain/>.
- 27.Zeimpekis V., Madas M.A. Enhancing Supply Chain Agility and Sustainability through Machine Learning: Optimization Techniques for Logistics and Inventory Management. *Logistics*.2024. 8(3), 73. DOI:<https://doi.org/10.3390/logistics8030073>.
- 28.Кривов'язюк І., Басюк Ю.Цифрові ланцюги постачання та їх місце в індустрії 4.0. С.45-47.URL: <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2025->

[06/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%9B%D0%9D%D0%A2%D0%A3_2.pdf?utm_source=chatgpt.com](https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086).

References:

- 1.Stadtler H., Kilger Ch., Meyr H. (2015). Supply Chain Management and Advanced Planning - Concepts, Models, Software and Case Studies. Springer, Heidelberg - New York - Dordrecht – London.
- 2.Chopra S., Meindl P. (2016).Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation / S. Chopra, P. Meindl. - 6th ed. - Boston : Pearson. 592 c.
- 3.Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E.(2014). Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies / D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, E. Simchi-Levi. - 4th ed. - New York : McGraw-Hill Education,. 784 c.
- 4.Ivanov, D., Dolhui, A. ta Sokolov, B. (2019). Vplyv tsyfrovyykh tekhnolohii ta Industrii 4.0 na efekt khvyl ta analityku ryzykiv lantsiuh postavok.[The impact of digital technologies and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics]. Mizhnarodnyi zhurnal doslidzen vyrobnytstva, 57, 829-846. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>.
- 5.Waller M.A., Fawcett S.E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management. Journal of Business Logistics. Vol. 34, No. 2. C. 77-84.
6. Baryannis G., Dani S., Antoniou G. (2019). Predictive analytics and artificial intelligence in supply chain management: Review and implications for the future / G. Baryannis, S. Dani, G. Antoniou // Computers & Industrial Engineering. . Vol. 137. C. 106-121.
- 7.Min H., Zacharia Z.G., Smith S.(2019.). Blockchain and artificial intelligence technology in supply chain management: A review and future research directions. International Journal of Logistics Management. Vol. 30, No. 2. C. 880–902.
- 8.Venkatachalam S..(2025). Integrating big programming language models with network optimization for interactive and understandable supply chain planning: a real-world example.URL: <https://surl.li/nyoevy>.
- 9.Ge Zheng, Alexandra Brintru A.(2025). An Analytics-Driven Approach to Enhancing Supply Chain Visibility with Graph Neural Networks and Federated Learning. URL: <https://www.semanticscholar.org/reader/89fa873ed2e223fef65a1142c6ab7970c463d25>.
- 10.Hyung-il Ahn, Santiago Olivar, Hershel Mehta, Young Chol Song. (2024).Generative Probabilistic Planning for Optimizing Supply Chain Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/2404.07511?>.
- 11.Chzhan K. (2024). Rol shtuchnoho intelektu u transformatsii klientskoho dosvidu ta optymizatsii lantsiuhiv postachannia dlia hlobalnoho biznesu.[The role of artificial intelligence in transforming customer experience and optimizing supply chains for global business]. Innovation and Sustainability, (3), 45–52. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2024.3.45.52>.
12. 5 Ways AI Is Becoming Essential to Supply Chain. URL: <https://www.ascm.org/ascm-insights/5-ways-ai-is-becoming-essential-to-supply-chain/>.
- 13.Alicke K., Barriball E., Trautwein V. (2021). How artificial intelligence is reshaping supply chains, McKinsey Insights, McKinsey Global Publishing, Nowy Jork. USA
- 14.Supply Chains: Still Vulnerable. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey2024?utm_source= com.
- 15.Khmara, M. P. (2025). Rol shtuchnoho intelektu v hlobalnykh lantsiuhakh postavok.[Khmara, M. P. (2025). The role of artificial intelligence in global supply chains]. Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzen , (6), 41–57. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2024.6.5>.
- 16.Smerichevska, S. (2024). Stratehii upravlinnia ryzykamy lantsiuh postachan v eru hlobalnoi turbulentnosti ta shtuchnoho intelektu.[Supply Chain Risk Management Strategies in the Era of Global Turbulence and Artificial Intelligence.]. Materialy Vsesvitnoi konferentsii SWorld-Ger , 1 (gec32-00).S. 61–64. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-1783.2024-32-00-005>.
- 17.Babina T., Fedik A., He A., Hodson J. (2024) Artificial Intelligence, Firm Growth and Product Innovation Journal of Financial Economics , 151. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X2300185X>
- 18.Aghaei R., Kiaei A.A.,Rofoosheh M.(2025). The Potential of Large Language Models in Supply Chain Management: Advancing Decision-Making, Efficiency, and Innovation URL: <https://arxiv.org/pdf/2501.1541>.
- 19.Dhar S. (2025).The Collaboration Paradox: Why Generative AI Requires Both Strategic Intelligence and Operational Stability in Supply Chain Management. URL: <https://surl.li/niugzb>.
- 20.Coelho da Silva T.L., Magalhaes R.P., Brilhante I.R., Macedo J.A., Araujo D., Rego P.A.L., Neto A.V.L.(2018). Big Data analytics technologies and platforms: A brief review, Latin America Data Science Workshop,.

21. Tosi D., Kokaj R., Rocchetti M. (2024). 15 Years of Big Data. A Systematic Literature Review January. DOI: 10.13140/RG.2.2.32860.56961. URL: https://www.researchgate.net/publication/377838869_15Years_of_Big_Data_A_Systematic_Literature_Review.
22. Tahani Ali Hakam, Yasser M. Alginahi, Omar Sabri. (2025). Exploring the Evolution of Big Data Technologies: A Systematic Literature Review of Trends, Challenges, and Future Directions. Future Internet., 17(9), 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi17090427>.
23. «7V»: що треба знати про характеристики Big Data URL: https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-big-data?utm_source=com
24. Kushnir O. K., Makohonchuk N. V., Yanchyk I. M. (2024). Vykorystannia BIG DATA analityky dla pokrashchennia lohistychnykh protsesiv. [Using BIG DATA analytics to improve logistics processes]. Investytsii: praktyka ta dosvid. № 10 DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.10.129>.
25. Filali A.E., Lahmer E.H.B., Filali S.E. (2022). Machine learning techniques for supply chain management: A systematic literature review, Journal of System and Management Sciences, vol. 12, no. 2, s. 80–82.
26. Unlocking the Game-Changing Capabilities of Machine Learning in Supply Chain. URL: <https://transimpact.com/blog/unlocking-the-game-changing-capabilities-of-machine-learning-in-supply-chain/>.
27. Zeimpekis V., Madas M.A. (2024). Enhancing Supply Chain Agility and Sustainability through Machine Learning: Optimization Techniques for Logistics and Inventory Management. Logistics. 8(3), 73. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics8030073>.
28. Kryvoviazuk I., Basiuk Yu. (2025). Tsyfrovi lantsiuihy postachannia ta yikh mistse v industrii 4.0. [Digital supply chains and their place in Industry 4.0.] С.45-47. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2025-06/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%9B%D0%9D%D0%A2%D0%A3_2.pdf?utm_source=chatgpt.com.

Стаття надійшла до редакції 06.01.2026 р.

Стаття прийнята до друку 28.01.2026 р.

Стаття опублікована 31.03.2026 р.