

ВИКОРИСТАННЯ BIG DATA ТА AI ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ПОШТОВО-ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ В УМОВАХ ТУРБОЛЕНТНОСТІ

ЯРЕМА Олег Романович

Доцент кафедри цифрової економіки та бізнес аналітики
Львівського національного університету імені Івана Франка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3736-4820>

ГРИНДА Тетяна Миколаївна

здобувач освітнього рівня «магістр»
Львівського національного університету імені Івана Франка
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7540-3808>

Анотація. У статті досліджено можливості використання Big Data та технологій штучного інтелекту для прогнозування попиту на поштово-логістичні послуги України в умовах підвищеної турбулентності, спричиненої воєнними діями, нестабільністю ринкових процесів та динамічними змінами попиту. Розглянуто ключові джерела даних у, а також методи їх обробки та аналізу для побудови більш точних і адаптивних прогностичних моделей. Особливу увагу у дослідженні було приділено аналізу сучасних інструментів інтелектуальної обробки даних, зокрема кластеризації методом DBSCAN та прогнозуванню часових рядів за допомогою Long Short-Term Memory (LSTM), які є наданий момент найефективнішими для прогнозування часових рядів. Проведено порівняльний аналіз традиційних методів прогнозування та моделей побудованих із використанням технологій штучного інтелекту й Big Data для виявлення методу прогнозування з найнижчим відсотком похибки прогнозу. Дослідження базується на аналізі сучасних наукових публікацій з тематики Big Data, машинного навчання та логістики.

Ключові слова: Big Data, штучний інтелект, прогнозування попиту, поштово-логістичні послуг., LSTM, DBSCAN, часові ряди, кластеризація, машинне навчання, логістика, прогнозування.

Постановка проблеми. Розвиток логістики відбувається в умовах зростаючої нестабільності та складності ринку. Традиційні підходи до прогнозування в умовах турбулентності не завжди здатні врахувати всі фактори, які впливають на попит поштово-логістичних послуг. Тому особливої актуальності набувають інтелектуальні системи прогнозування, засновані на великих даних і штучному інтелекті.

Big Data технології дозволяють збирати та обробляти великі обсяги інформації з різних джерел у реальному часі. Алгоритми штучного інтелекту дають змогу виявляти приховані закономірності та будувати адаптивні моделі прогнозування попиту, що значно підвищує ефективність управлінських рішень у логістичних компаніях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання використання технологій Big Data та штучного інтелекту у прогнозуванні попиту стали предметом численних сучасних досліджень. Порівняння традиційних методів прогнозування з моделями, побудованими на основі AI, розглядається у працях провідних фахівців та аналітиків.

Зокрема, заслуговують на увагу дослідження, присвячені архітектурі LSTM [9], кластеризації методом DBSCAN [5], а також роботи, що аналізують точність та ефективність різних підходів до прогнозування попиту [8]. Значний внесок у висвітлення ролі Big Data в управлінні логістичними процесами зроблено у міжнародних аналітичних звітах [3]. В українському контексті важливими є публікації, що описують застосування інформаційних систем у діяльності логістичних компаній, зокрема «Нової Пошти» [1].

Мета статті. Метою статті є дослідження можливостей застосування технологій Big Data та штучного інтелекту для підвищення точності прогнозування попиту на поштово-логістичні послуги в умовах турбулентності, а також порівняння ефективності традиційних методів прогнозування з AI-моделями після попереднього аналізу роботи технологій LSTM та DBSCAN.

Виклад основних результатів. Логістичний сектор перебуває в умовах турбулентності, що зумовлено воєнними діями на території країни. Традиційні методи прогнозування втрачають свою ефективність, через неможливість швидко адаптуватись до нових трендів. Для побудови більш ефективних прогнозів логістичні компанії використовують Big Data та AI. Оперування великою кількістю даних дозволяє будувати більш гнучкі та адаптивні моделі прогнозу, які враховують велику кількість факторів під час аналізу часових рядів.

Для забезпечення стабільності бізнес-процесів та збільшення якості логістичних послуг, логістичні компанії інтегрують аналітичні платформи які обробляють велику кількість даних, інформацію з GPS-датчиків, клієнтську поведінку та макроекономічні індикатори та на основі зібраних даних будують точні прогнози попиту, оптимізують ресурси та дозволяють зменшити операційні витрати. Використовуючи технологію Big Data, компанії мають можливість під час побудови прогнозів поєднувати історичні дані з даними в реальному часі. В той час використання AI дозволяє виявити приховані тенденції та взаємозв'язки, які залишаються непомітними при використанні традиційних методів прогнозування [10].

Логістичні компанії для побудови прогнозів попиту та оптимізації логістичних маршрутів використовують дані отриманні в режимі реального часу з різноманітних джерел таких як: GPS, IoT-речей, соціальних мереж, ERP, дані про сезонність і пікові навантаження. Побудування точних прогнозів дозволяє компаніям уникати перевищення запасів товарів, які не будуть продаватись та збільшення товарів на які буде попит.

Big Data – це набір великої кількості інформації, яка може бути структурованою або неструктурованою. Дані постійно збільшуються та оновлюються і традиційні методи обробки інформації не забезпечують можливості опрацювання цієї інформації. Також термін «Big Data» включає інструменти, які використовуються для обробки великих масивів даних. Особливість Big Data є можливість опрацьовувати дані різних форматів.

Штучний інтелект – напрямок в інформаційних технологіях, діяльність якого направлена на виконання за допомогою обчислюваних систем дій та міркувань наближених до людського інтелекту.

Для обробки великих масивів даних компанії впроваджують системи прогнозування, які є побудовані на основі машинного навчання та глибокого аналізу даних. Дані системи дозволяють визначити закономірності в попиті, передбачити пікові навантаження, спрогнозувати навантаження на маршрутах та спланувати ресурси на основні прогнозованого попиту з високою точністю. Основною перевагою

використання штучного інтелекту в прогнозуванні попиту в логістичному секторі, є здатність навчатись на історичних даних, постійно покращувати прогнозовані моделі та адаптуватись до нових факторів, які не були враховані раніше.

Одним із найефективніших інструментів для прогнозування часових рядів є Long short-term memory (LSTM). Даний інструмент є різновидом нейронних мереж, який здатний запам'ятовувати довгострокові залежності в послідовних даних. Дана перевага цього алгоритму є дуже важливою для логістичного сектору, де попит має сезонний та циклічний напрямок. Long short-term memory дозволяє будувати адаптивні моделі на основі історичних даних про відправлення, сезонні навантаження, зовнішніх факторів та інше. В сфері логістики LSTM значно підвищує точність прогнозів порівняно з класичними методами. Візуалізація роботи LSTM наведено на рис. 1 [9] [2].

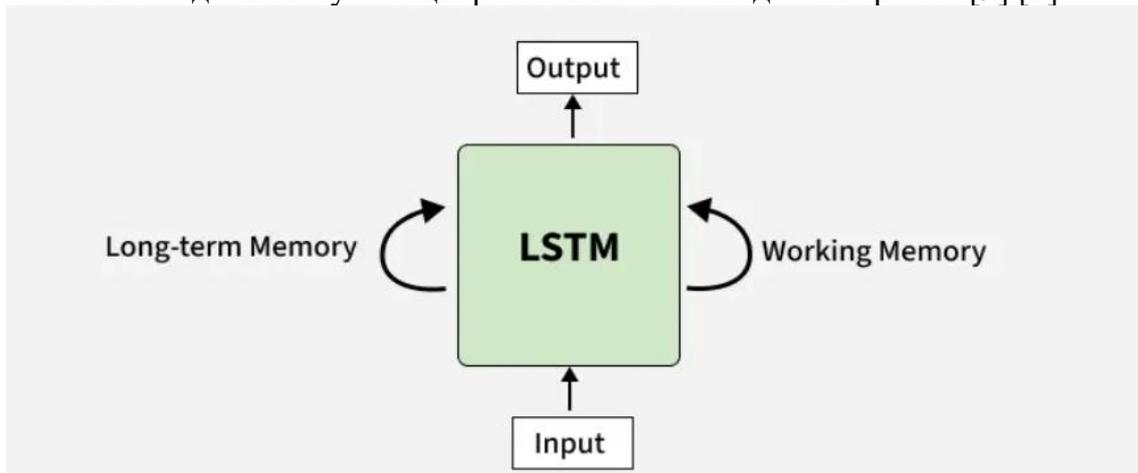


Рис. 1. Принцип роботи LSTM

Джерело [1]

Для побудови прогнозів використовуючи Big Date залучається інструмент для кластеризації – DBSCAN. Використання даного алгоритму не потребує визначеної кількості кластерів наперед. У логістиці це важлива перевага, оскільки попит має різну структуру залежно від регіону, урбанізації. DBSCAN дозволяє групувати регіони чи відділення відповідно до схожої поведінки попиту та вилучати з моделей тимчасове збільшення попиту пов'язано з короткостроковими факторами для прикладу акціями на певну послугу у конкретному регіоні. Це дозволяє збільшити стабільність моделей та зменшує ризик помилкових прогнозів [5].

Об'єднання двох методів DBSCAN та LSTM дозволяє створювати гнучкі, масштабовані системи для прогнозування попиту. Процес побудови прогнозів включає збір даних з різних джерел та в різному типі даних. Пізніше отриманні дані піддаються очищенні та кластеризації завдяки алгоритму DBSCAN, в результаті чого отримуються сегменти з подібною поведінкою попиту. На наступному етапі для кожного отриманого сегменту створюється своя LSTM- модель, яка враховує особливості попиту. Візуально процес прогнозування зображено на рис. 2.

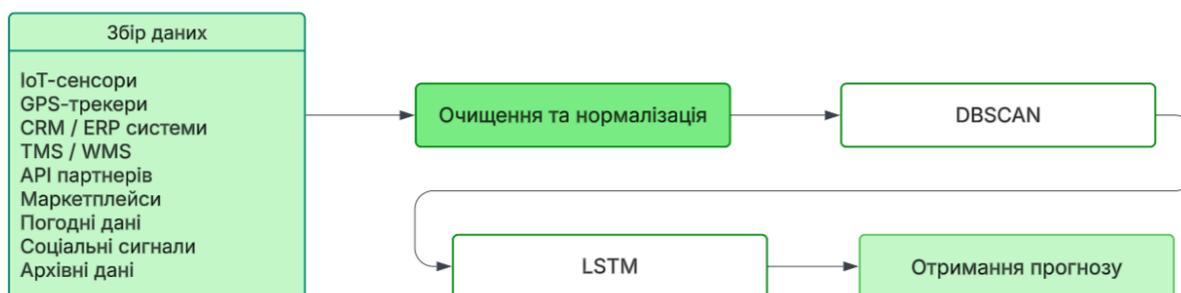


Рис. 2. Процес побудови прогнозу використовуючи Big Data та AI
Джерело: Побудовано автором на основі [2;9]

Проведенні дослідження демонструють, що моделі побудовані із використанням AI демонструють стабільно нижчу похибку прогнозування у порівнянні з класичними моделями. LSTM у середньому забезпечує зниження RMSE на 20–35 % порівняно з ARIMA при нестабільному попиті [4]. Порівняльний аналіз побудови прогнозів традиційними методами та з використанням AI наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Аналіз типів моделей прогнозування

Тип моделей	Основні техніки	Переваги	Недоліки
Традиційні	Moving Average, ARIMA	Простота, низька обчислювальна вартість	Слабко працюють з нелінійними залежностями
Машинне навчання	Random Forest, Gradient Boosting	Працюють з нелінійними даними, стійкі до великої кількості ознак	Вимагають якісної підготовки даних
Глибоке навчання	LSTM, CNN, Transformers	Висока точність, адаптивність до динамічних змін	Високі обчислювальні витрати, потреба у великих масивах даних
Гібридні підходи	ARIMA + ML, LSTM + зовнішні ознаки	Поєднання лінійних та нелінійних можливостей	Потребують експертизи в кількох методологіях

Джерело: Побудовано на основі даних з джерела [4;8]

Світовий досвід логістичних компаній демонструє, що використання Big Data та AI дозволяє покращувати точність прогнозування. DHL активно впроваджує прогнозування навантажень на основі потокової аналітики великих даних [3;6;7]. Amazon Logistics застосовує машинне навчання для моделювання попиту за поштовими індексами, що дозволяє оптимізувати транспорт і склади. UPS інтегрує AI-моделі для адаптивного планування маршрутів і персоналу. Maersk використовує великі дані та алгоритми глибокого навчання для прогнозування глобальних потоків перевезень, що є критично важливим для контейнерного транспорту. В Україні схожі підходи запроваджує Нова пошта, яка застосовує аналіз великих даних для прогнозування пікових періодів і планування потужностей [1].

Висновки: Застосування технологій Big Data та штучного інтелекту кардинально змінює підходи до прогнозування попиту на логістичні послуги, дозволяючи перейти від статичних моделей до динамічних, адаптивних систем підтримки управлінських рішень. Використання таких методів, як кластеризація DBSCAN для виявлення структур даних та аномалій і LSTM-моделювання для глибокого аналізу часових рядів, забезпечує значно вищу точність прогнозів, особливо в умовах нестабільності та різких ринкових коливань. Проведений порівняльний аналіз

традиційних статистичних методів та AI-моделей підтвердив, що підходи, засновані на машинному навчанні, демонструють менші похибки прогнозу, а також мають здатність адаптуватися до нетипових сплесків попиту. Це особливо важливо для українського поштово-логістичного ринку, який функціонує під впливом воєнних ризиків, зміщення транспортних потоків та нерівномірності споживчої активності. Отримані результати засвідчують, що інтеграція AI-алгоритмів у TMS- та WMS-платформи, CRM-системи та аналітичні модулі дозволить підприємствам підвищити оперативність планування, оптимізувати складські та транспортні ресурси, мінімізувати ризики перевантаження потужностей. Це створює основу для формування більш стійких, прогнозованих та ефективних логістичних процесів, що є критично важливим у середовищі високої турбулентності.

Список використаної літератури

1. Інформаційні системи в управлінні Новою Поштою. *LP-Sklad*. 2023. URL: <https://lp-sklad.biz/blog/informacijni-systemy-v-upravlinni-novoju-poshtoyu/>
2. A study of deep learning-based algorithms for supply chain logistics demand forecasting. *Learning-Gate Journal*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i3.5650>
3. AI-driven big data analytics: the next big thing in supply chain management. *DHL Global*. 2023. URL: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/innovation/big-data-analytics-in-supply-chain-management.html>
4. Comparative Analysis of Traditional and AI-based Demand Forecasting Models. *ResearchGate*. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/388443834>
5. DBSCAN Clustering in ML – Density based clustering. *GeeksforGeeks*. 2023. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/dbscan-clustering-in-ml-density-based-clustering/>
6. Hofmann E., Rutschmann E. Big data analytics and demand forecasting in supply chains: a conceptual analysis. *The International Journal of Logistics Management*. 2018. Vol. 29(2). P. 739–766. URL: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/abs/pii/S0957409318000688>
7. Kagalwala H., Venkatesh G. Predictive Analytics in Supply Chain Management: The Role of AI and Machine Learning in Demand Forecasting. *ACR Journal*. 2025. URL: <https://acr-journal.com/article/predictive-analytics-in-supply-chain-management-the-role-of-ai-and-machine-learning-in-demand-forecasting-886/>
8. Mitra A., Sutradhar S. Comparative Study of Demand Forecasting Models for Retail Chain. *International Journal of Retail & Distribution*. 2022. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9514716/>
9. What is LSTM – Long Short Term Memory? *GeeksforGeeks*. 2023. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/deep-learning/deep-learning-introduction-to-long-short-term-memory/>
10. Zamani E. D., Fosso Wamba S., Kala Kamdjoug J. Artificial intelligence and big data analytics for supply chain resilience: a systematic literature review. *Annals of Operations Research*. 2023. URL: <https://www.researchgate.net/publication/363319307>

Дата надходження статті: 02.08.2025

Дата прийняття статті: 15.08.2025

Дата публікації статті: 28.09.2025