

витрати, а підвищують продуктивність, використовуючи ІІІ для ефективного управління наявними ресурсами [5].

Відомі компанії активно використовують штучний інтелект та автоматизацію для підвищення ефективності логістики. UPS та DHL оптимізують маршрути доставки та обслуговування техніки, скорочуючи витрати та час виконання замовлень. Amazon Robotics, Ocado та Siemens автоматизують склади і процеси пакування, підвищуючи швидкість і точність обробки замовлень. Walmart і Lucas Systems використовують ІІІ для прогнозування попиту та управління запасами, а Zara демонструє високу точність обліку товарів у реальному часі. Завдяки таким технологіям компанії знижують витрати, уникнуть дефіциту та підвищують якість обслуговування клієнтів [5].

Література:

1. Автоматизація керування доставкою: швидше, простіше, точніше Url: <https://wezom.com.ua/ua/blog/avtomatizaciya-upravleniya-dostavkoj> (дата доступу: 21.11.2025).
2. internetofbusiness.com Url: <https://internetofbusiness.com/ecommerce-giant-alibaba-opens-chinas-smartest-warehouse> (дата доступу: 21.11.2025).
3. Автоматизація складів: усе, що вам потрібно знати Url: <https://www.evsint.com/uk/all-you-need-to-know-about-warehouse-robotics> (дата доступу: 21.11.2025).
4. Що потрібно для автоматизації складу? Url: <https://id-shop.com.ua/sho-potribno-dlya-avtomatizacii-sklada> (дата доступу: 21.11.2025).
5. Штучний інтелект у складській логістиці та його застосування Url: <https://ssk.ua/ua/blog/shtuchnii-intelekt-u-skladskii-logistici-ta-iogo-zastosuvannya> (дата доступу: 21.11.2025).

УДК 658.7:339.13:338.2

Вадим КРАВЧИК, здобувач вищої освіти

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

Науковий керівник: Дмитро ДМИТРИВ, канд. техн. наук, доцент

АНАЛІЗ АВТОНОМНИХ СКЛАДІВ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ

Vadym KRAVCHYK, higher education applicant

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

Scientific supervisor: Dmytro DMYTRIV, Ph.D., Assoc. Prof.

ANALYSIS OF AUTONOMOUS WAREHOUSES AND LOGISTICS HUBS

Сучасна логістична галузь стикається з безпрецедентними викликами, пов'язаними зі зростанням обсягів електронної комерції, підвищенням очікувань клієнтів щодо швидкості доставки та гострою нестачею робочої сили. У цих умовах цифровізація логістичних процесів стає не просто конкурентною перевагою, а необхідною умовою для виживання та розвитку. Ключовим напрямком такої трансформації є впровадження повністю автономних складів та логістичних хабів. Питання практичного втілення інноваційних технологій у логістиці вивчали у своїх роботах такі вітчизняні вчені, як Буренков Д.О., Дибчук Л.В., Дибчук Л.В., Пітик О.В., Жибер Т.В., Штельмашук, М. [1-4].

Автономний склад – це високотехнологічний комплекс, де більшість операцій (приймання, сортування, зберігання, комплектація, відвантаження) виконуються автоматизованими системами з мінімальним втручанням людини. На відміну від традиційної автоматизації, автономні хаби активно використовують штучний інтелект (ШІ) для прийняття рішень в реальному часі [2].

Основою функціонування таких об'єктів є синергія кількох ключових технологій:

1. Роботизовані системи. Включають автоматизовані системи зберігання та вибірки (AS/RS), автономні мобільні роботи (AMR) та роботизовані маніпулятори для комплектації замовлень.

2. Штучний інтелект та машинне навчання. ШІ виступає «мозком» складу, керуючи рухом роботів, оптимізуючи розміщення товарів, прогножуючи попит та плануючи технічне обслуговування обладнання.

3. Інтернет речей (IoT). Датчики на товарах, стелажах та обладнанні дозволяють відстежувати процеси в реальному часі, контролювати стан вантажів (наприклад, температуру) та створювати «цифрових двійників» складу.

4. Big Data та аналітика. Аналіз величезних масивів даних, що генеруються складом, дозволяє виявляти «вузькі місця» та можливості для подальшої оптимізації процесів.

Головним завданням при проєктуванні та впровадженні таких систем є детальний аналіз їх майбутніх техніко-економічних показників (ТЕП). Штельмашук М висвітлила основні перспективи цифровізації логістичних процесів до 2025 року [3]. Перехід до повної автономії вимагає значних капітальних інвестицій, тому їх обґрунтування є критично важливим. До ключових ТЕП, на які впливає автономізація, належать:

— Собівартість обробки одного замовлення значно знижується за рахунок скорочення витрат на оплату праці та зменшення кількості помилок.

— Продуктивність праці (пропускна здатність складу) зростає в рази завдяки цілодобовій роботі систем та високій швидкості виконання операцій.

— Коефіцієнт використання складської площі (фондовіддача) системи AS/RS дозволяють ефективніше використовувати вертикальний простір, збільшуючи щільність зберігання.

— Точність комплектації замовлень наближається до 100%, що знижує витрати на обробку повернень.

— Показники окупності інвестицій (ROI) та загальна вартість володіння (TCO).

Таким чином, аналіз та моделювання ТЕП є фундаментальним етапом при переході до автономних логістичних хабів. Подальші дослідження пропонують зосередити на розробці динамічних моделей «цифрових двійників» для сценарного аналізу «що-якщо», що дозволить прогнозувати економічний ефект від впровадження конкретних роботизованих систем ще до їх фізичної імплементації.

Література

1. Буренков Д.О., Дибчук Л.В. Застосування цифрових технологій для оптимізації логістики на виробничих підприємствах. Сучасна освіта та наука в глобальному і національному вимірах: виклики, загрози та ефективні рішення: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Вінниця, 24 квіт. 2024 р.). Вінниця: ВКІ, 2024. С.112- 115

2. Дибчук Л.В., Пітик О.В. Формування ринку логістичних послуг в Вінницькому регіоні. News of Science and Education. 2017. Т. 1. №. 1. С. 37-39.

3. Жибер, Т.В. (2025). Розвиток логістичних хабів як складова митної політики. *Review of transport economics and management*, (13(29), 5–14. <https://doi.org/10.15802/rtem2025/328071>

4. Штельмашук, М. (2024). Цифровізація та автоматизація логістичних процесів: сучасний стан та перспективи. *Економіка та суспільство*, (68). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-193>

УДК 004.89:658.7

Роман МІНДЗІБРОЦЬКИЙ, здобувач вищої освіти

Андрій ЛУЦКІВ, канд. техн. наук, доц

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ЛОГІСТИЦІ: ВІД ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ ДО АВТОНОМНИХ СИСТЕМ

Roman MINDZIBRODSKYI, higher education applicant

Andriy LUTSKIV, Ph.D., Associate Prof.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS: FROM DEMAND FORECASTING TO AUTONOMOUS SYSTEMS

Інтеграція штучного інтелекту (AI) докорінно змінює логістику, переводячи її від систем, що спиралися на історичні дані та експертні оцінки, до динамічних екосистем, здатних самостійно прогнозувати, оптимізувати й реагувати на зміни у реальному часі. Ця трансформація охоплює все – від аналітики попиту до автономних транспортних і складських систем, але супроводжується значними викликами як технічними, так і організаційними.

Традиційні методи прогнозування, такі як ARIMA чи експоненціальне згладжування, виявили свою неефективність у світі з високою турбулентністю попиту та глобальними збоями постачання [2, 3]. Після пандемії COVID-19 компанії почали масово інвестувати у гнучкі AI-рішення. Глобальний ринок таких технологій у логістиці оцінюється у понад 12 млрд доларів [6] із прогнозом стабільного зростання понад 15% щорічно [4].

AI-моделі прогнозування демонструють суттєву перевагу над класичними підходами: середня абсолютна процентна помилка зменшується з 22,7% до близько 12% [4]. Глибокі нейронні мережі, зокрема LSTM і гібридні RNN-CNN, здатні враховувати довгострокові тренди та короткострокові аномалії завдяки обробці великих обсягів різномірних даних – від соціальних індикаторів до транзакцій у реальному часі [2]. Це забезпечує точні локалізовані прогнози й адаптивне планування запасів. Walmart повідомив про зниження витрат на утримання складів на понад мільярд доларів на рік завдяки AI-аналітиці [4]. Amazon оптимізує понад 100 млн комбінацій “продукт–локація” щодня, досягаючи точності доставки понад 96% [4].

Аналітика попиту тісно поєднується з автономними системами логістики. Нове покоління автономних мобільних роботів (AMRs) і автоматизованих систем управління складами (ASRS), оснащених LiDAR і комп'ютерним зором, здатне самостійно орієнтуватися в динамічному середовищі, планувати маршрути й виконувати складські операції без участі людини [1, 8]. Доставка вантажів дронами і безпілотними транспортними системами скорочує час перевезень у кілька разів і знижує вуглецевий