

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет

Науково-навчальний інститут бізнесу, економіки та менеджменту
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Олександра КАРІНЦЕВА
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 076 Підприємництво та торгівля,
(код та назва)

освітньо-професійної програми Підприємництво, торгівля та логістика
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Використання штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів
на підприємствах торгівлі

Здобувача групи

ПТЛ.м-31/2

Псарьов Андрій Михайлович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Андрій ПСАРЬОВ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доц., к.е.н., доц. Євген КОВАЛЕНКО
посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ

(підпис)

СУМИ - 2024

*Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет*

**КАФЕДРА ЕКОНОМІКИ, ПІДПРИЄМНИЦТВА
ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри економіки,
підприємництва
та бізнес-адміністрування
_____ Олександра КАРІНЦЕВА
«21» жовтня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи
для здобуття освітнього ступеня «магістр»**

Студента(ки) групи _____ ПТЛ.м-31/2, 2го курсу ННІ БіЕМ
(найменування інституту)

Спеціальність: 076 «Підприємництво та торгівля»

Освітня програма: 8.076.00.12 «Підприємництво, торгівля та логістика»

_____ Псарьов Андрій Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: Використання штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів на підприємствах торгівлі.

Затверджена наказом по СумДУ № 1254-VI від «03» грудня 2024 р.

Термін подання здобувачем вищої освіти завершеної кваліфікаційної роботи: до «08» грудня 2024р.

Вихідні дані до роботи: підручники, навчальні посібники, монографії, періодична література, статистичні довідники, Нормативно-правові акти України та міжнародні правові акти.

Зміст основної частини кваліфікаційної роботи (перелік питань, що підлягають розробленню): Теоретичні аспекти використання штучного інтелекту в логістиці. Аналіз логістичних процесів на торговельних підприємствах. Практичний досвід використання штучного інтелекту для оптимізації логістичних процесів

Перелік ілюстрацій (мають бути представлені під час захисту):

Порівняння операційних і стратегічних логістичних процесів
Обсяг заощаджень, досягнутих компаніями в США за допомогою ШІ
станом на лютий 2023 року. Порівняльний аналіз оптимізації
логістичних процесів за допомогою традиційних методів та рішень
ШІ. Оптимізація за допомогою генетичного алгоритму та OR
алгоритму. Порівняння результатів знаходження оптимального шляху
за допомогою генетичного та OR алгоритму

Дата видачі завдання: «21» жовтня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: доц., к.е.н. Євген КОВАЛЕНКО
(вч. звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв(ла) до виконання: «21» жовтня 2024р. _____
підпис студента(ки)

Примітки:

1. Це завдання є складовою кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня та розміщується після її титульного аркушу.
2. Після складання завдання, студент має ознайомитися із:
 - календарним графіком підготовки кваліфікаційної роботи із зазначеними строками виконання окремих етапів;
 - порядком перевірки кваліфікаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату;
 - критеріями оцінювання та вимогами до кваліфікаційної роботи.

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему:

«Використання штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів на підприємствах торгівлі»

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи – Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 54 сторінки, у тому числі 3 таблиці, 5 рисунків, 21 використане джерело.

Обґрунтування актуальності теми роботи – Тема кваліфікаційної роботи є актуальною в умовах сучасного розвитку бізнесу, коли технології штучного інтелекту (ШІ) стають основними інструментами для підвищення ефективності та зниження витрат.

Об’єкт дослідження — процеси оптимізації логістичних операцій на підприємствах торгівлі з використанням технологій штучного інтелекту.

Мета роботи — дослідження, аналіз та розробка методів і підходів до впровадження технологій штучного інтелекту для оптимізації логістичних процесів на підприємствах торгівлі.

Методи дослідження — аналіз сучасних технологій ШІ в логістиці, оцінка ефективності впровадження ШІ, моделювання логістичних процесів з використанням ШІ.

Результати — досліджено можливості використання ШІ в прогнозуванні попиту, проаналізовано впровадження ШІ для управління запасами, розглянуто алгоритми оптимізації маршрутів доставки, проведено тестування програмного забезпечення.

Ключові слова – автоматизація складів за допомогою ШІ, інтеграція ШІ в бізнес-процеси, маршрутизація доставки, прогнозування запасів і попиту, штучний інтелект (ШІ), управління запасами.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ	8
1.1. Поняття та зміст логістичних процесів на підприємствах торгівлі.....	8
1.2. Штучний інтелект: поняття, основні технології, інструменти для логістики	11
1.3. Аналіз попередніх досліджень	15
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	32
2.1. Характеристика логістичної діяльності підприємств торгівлі	32
2.2. Проблеми в організації логістичних процесів підприємств.....	37
2.3. Оцінка рівня цифровізації логістики на підприємстві	38
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	41
3.1. Інструменти ШІ для оптимізації маршрутів	41
3.2. Моделювання процесів оптимізації логістики з використанням ШІ	42
3.3. Аналіз результатів оптимізації логістичних процесів за допомогою ШІ ..	46
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Актуальність. У сучасних умовах стрімкого розвитку торгівлі та зростання обсягів перевезень логістика стає ключовим елементом, що впливає на конкурентоспроможність підприємств. Оптимізація логістичних процесів за допомогою штучного інтелекту дозволяє знижувати витрати, скорочувати час доставки та покращувати якість обслуговування клієнтів. Це особливо важливо в умовах глобалізації та зростання конкуренції. Тому дослідження в цій сфері є надзвичайно актуальними.

Об'єкт дослідження. Логістичні процеси на підприємствах торгівлі, зокрема управління запасами, маршрутизація транспорту та доставка товарів.

Предмет дослідження. Методи і алгоритми штучного інтелекту, які використовуються для оптимізації логістичних процесів на підприємствах торгівлі.

Гіпотеза. Застосування методів штучного інтелекту дозволить значно підвищити ефективність логістичних процесів на підприємствах торгівлі, зменшити витрати на логістику та покращити рівень обслуговування клієнтів.

Наукова новизна. Наукова новизна роботи полягає в розробці та застосуванні нових підходів до оптимізації логістичних процесів за допомогою алгоритмів штучного інтелекту. У роботі проведено порівняльний аналіз різних методів оптимізації, що дозволяє виявити найефективніші алгоритми для застосування в реальних умовах.

Структура. Робота складається зі вступу, постановки задачі дослідження, аналізу методик, вибору методики та інструментів для вирішення описаної проблеми, опису програмного забезпечення інформаційної системи, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У сучасному світі логістика є невід'ємною складовою успішної діяльності підприємств торгівлі. В умовах зростаючої конкуренції оптимізація логістичних процесів стає одним із ключових чинників забезпечення ефективності роботи компаній. В останні роки значна увага приділяється

використанню штучного інтелекту (ШІ) для автоматизації та оптимізації логістичних процесів.

Особливо актуальним є застосування методів ШІ для автоматизації процесів у торгівлі, де оптимізація логістики дозволяє знижувати витрати та забезпечувати високу якість обслуговування клієнтів. Використання інструментів штучного інтелекту допомагає підприємствам оперативно реагувати на зміну попиту, оптимізувати управління складом та мінімізувати логістичні витрати [1].

Мета цього дослідження полягає у вивченні можливостей застосування штучного інтелекту для оптимізації логістичних процесів на підприємствах торгівлі. У рамках дослідження проведено аналіз сучасних методів і алгоритмів ШІ, а також їх впровадження для вирішення логістичних завдань, таких як управління запасами, оптимізація маршрутів та прогнозування попиту.

Робота складається з чотирьох розділів.

У першому розділі розглядаються основні теоретичні аспекти логістики та оптимізації логістичних процесів, зокрема роль штучного інтелекту в цих процесах.

Другий розділ присвячений аналізу існуючих методів та інструментів ШІ, які використовуються для оптимізації логістичних процесів, таких як алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та генетичні алгоритми.

У третьому розділі описується практична реалізація оптимізаційних моделей на основі ШІ, зокрема розробка та впровадження моделей для маршрутизації транспорту та управління запасами. Наведено порівняльний аналіз ефективності різних підходів.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ

1.1. Поняття та зміст логістичних процесів на підприємствах торгівлі.

Логістичні процеси — це сукупність дій, спрямованих на ефективне управління потоками матеріальних ресурсів, інформації та фінансів від моменту отримання сировини до доставки готової продукції кінцевому споживачеві. Ці процеси забезпечують координацію між усіма учасниками ланцюга поставок, що включає виробників, постачальників, дистриб'юторів, роздрібних продавців і клієнтів.

Основні компоненти логістики

1. **Закупівлі:**
 - Пошук, вибір та управління постачальниками.
 - Організація процесу постачання сировини чи товарів.
 - Контроль якості та кількості отриманих матеріалів.
2. **Транспортування:**
 - Управління рухом товарів між точками (постачальники, склади, роздрібні точки).
 - Оптимізація маршрутів для зменшення витрат та часу доставки.
 - Використання різних видів транспорту (автомобільного, залізничного, авіаційного тощо).
3. **Складування:**
 - Зберігання товарів у проміжний період перед продажем або транспортуванням.
 - Організація складу для швидкого доступу до товарів.
 - Використання автоматизації для контролю складських запасів.
4. **Дистрибуція:**
 - Процес передачі товарів кінцевим споживачам.

- Планування мереж розповсюдження для максимального покриття ринку.
- Використання логістичних хабів для зниження транспортних витрат.

Логістичні процеси в торгівлі відіграють вирішальну роль у підвищенні конкурентоспроможності підприємств. Вони сприяють зниженню операційних витрат, скороченню часу доставки продукції, покращенню обслуговування клієнтів та забезпеченню високої якості виконання зобов'язань перед споживачами. Таким чином, ефективне управління логістичними процесами є стратегічним пріоритетом для підприємств торгівлі.

Логістичні процеси в торгівлі можна класифікувати за характером їх впливу на діяльність підприємства:

Операційні процеси включають управління запасами, контроль руху товарів, забезпечення безперебійності постачання, зосереджуючи увагу на поточних завданнях. Основні операційні процеси включають:

1. **Управління запасами.** Забезпечення наявності товарів у достатній кількості для задоволення поточного попиту без надмірних витрат на їх зберігання.

- Контроль залишків.
- Поповнення запасів відповідно до прогнозів попиту.

2. **Контроль руху товарів.** Відстеження переміщення товарів у межах ланцюга постачання з метою забезпечення їх своєчасної доставки в потрібне місце.

- Моніторинг транспортування.
- Координація між постачальниками, складами та споживачами.

3. **Обробка замовлень.** Організація прийому, комплектації, пакування та відправлення замовлень клієнтам.

- Мінімізація часу обробки.
- Забезпечення точності виконання замовлень.

Стратегічні процеси спрямовані на довгострокове планування, прогнозування попиту, оптимізацію ланцюгів постачання та інтеграцію інноваційних технологій [4]. Основні стратегічні процеси включають:

1. **Планування ланцюгів постачання.** Розробка структури та функціонування логістичної системи для забезпечення ефективного потоку товарів і інформації.

- Вибір постачальників.
- Розташування складів і логістичних хабів.
- Визначення оптимальних шляхів транспортування.

2. **Прогнозування попиту.** Використання історичних даних і аналітики для визначення майбутніх потреб клієнтів.

- Підвищення точності прогнозів.
- Запобігання дефіциту або надлишкам товарів.

3. **Інтеграція інноваційних технологій.** Впровадження новітніх рішень, таких як автоматизація, штучний інтелект та цифрові платформи, для покращення управління логістикою.

- Автоматизовані системи зберігання.
- Алгоритми оптимізації маршрутів транспортування.

4. **Розробка екологічно сталих рішень.** Зниження впливу логістичної діяльності на навколишнє середовище через використання альтернативних видів палива, оптимізацію упаковки та переробку відходів [2, 46, 50].

Таблиця 1.1. Порівняння операційних і стратегічних логістичних процесів

Характеристика	Операційні процеси	Стратегічні процеси
1.	2.	3.
Часовий горизонт	Короткостроковий	Довгостроковий
1.	2.	3.
Масштаб	Локальний (поточна діяльність)	Глобальний (загальна система)
Мета	Забезпечення безперервності та ефективності операцій	Досягнення стратегічних цілей
Пріоритети	Вирішення поточних завдань	Формування конкурентних переваг

Таблиця демонструє чіткі відмінності між операційними та стратегічними логістичними процесами, які відіграють ключову роль у діяльності підприємств торгівлі. Операційні процеси характеризуються короткостроковим часовим горизонтом і орієнтацією на вирішення поточних завдань. Їх основна мета полягає в забезпеченні безперебійного функціонування логістичної системи, досягненні максимальної ефективності операцій і задоволенні безпосередніх потреб клієнтів. Зазвичай такі процеси мають локальний масштаб і зосереджуються на оптимізації окремих ланок логістичного ланцюга, наприклад, управлінні запасами, транспортуванні чи обслуговуванні клієнтів у межах поточної діяльності [13]. На відміну від цього, стратегічні процеси спрямовані на досягнення довгострокових цілей, які визначають загальний розвиток підприємства [3, 24, 41, 42, 45, 51]. Вони охоплюють глобальний масштаб і включають планування всієї системи логістики з акцентом на формування конкурентних переваг, адаптацію до змін ринкового середовища, інтеграцію інноваційних технологій і вдосконалення інфраструктури. Стратегічні процеси дозволяють підприємству зміцнити свої позиції на ринку та забезпечити стійкий розвиток у майбутньому.

1.2. Штучний інтелект: поняття, основні технології, інструменти для логістики

Штучний інтелект (ШІ) — це галузь комп'ютерних наук, яка активно розвивається та має широкий спектр методів і технологій, що дозволяють створювати інтелектуальні системи. Ці системи здатні виконувати завдання, які традиційно потребували людської участі, і робити це з високою ефективністю та швидкістю. ШІ є не тільки теоретичною концепцією, а й реальним інструментом, який змінює багато галузей, включаючи охорону здоров'я, фінанси, освіту, промисловість, транспорт і, зокрема, логістику [29, 35, 44, 49, 53].

Однією з основних цілей штучного інтелекту є створення систем, які можуть самостійно виконувати складні завдання, що зазвичай асоціюються з інтелектуальною діяльністю людини [20]. Це включає такі задачі, як:

1. **Розпізнавання образів (Image Recognition):** ШІ здатний обробляти зображення, розпізнавати об'єкти на них, класифікувати зображення за категоріями або визначати їх вміст. Таке застосування широко використовується в медичній діагностиці для аналізу медичних зображень (рентген, МРТ), у безпеці для розпізнавання осіб або у розпізнаванні зображень товарів на складах для автоматизації інвентаризації.

2. **Прийняття рішень (Decision Making):** ШІ системи здатні приймати рішення на основі аналізу даних, виявляючи закономірності або тренди. Цей процес може бути частково автоматизований, що дозволяє значно прискорити прийняття рішень у бізнесі, фінансах або виробничих процесах. Зокрема, в логістиці, ШІ може оптимізувати маршрути доставки, аналізувати попит та пропозицію товарів і здійснювати прогнозування потреб у ресурсах [21].

3. **Природне спілкування (Natural Language Processing, NLP):** Однією з важливих галузей розвитку ШІ є обробка природної мови. Це технології, що дозволяють комп'ютерним системам «розуміти» людську мову, розпізнавати текст або голосові запити, а також здійснювати відповідні дії. Вони використовуються в чат-ботах, голосових помічниках (Siri, Alexa) і в автоматизованих системах підтримки клієнтів. NLP дозволяє ШІ взаємодіяти з користувачами природною мовою, що значно підвищує зручність користування технологіями.

Одним із найбільших досягнень у розвитку штучного інтелекту є здатність систем до **самонавчання**. Це дозволяє ШІ покращувати свої результати на основі накопиченого досвіду, без необхідності програмування кожного окремого кроку. Наприклад, в системах машинного навчання, алгоритми можуть «вчитися» з великих масивів даних і застосовувати ці знання для виконання нових завдань. Це є основою для таких методів, як глибинне

навчання (deep learning), де нейронні мережі використовуються для вирішення складних завдань розпізнавання, прогнозування та класифікації.

Штучний інтелект застосовується в багатьох сферах, де раніше була необхідна людська участь. Зокрема:

- У логістиці, де ШІ допомагає оптимізувати маршрути доставки, управляти запасами та прогнозувати попит на товари.
- У медицині, де ШІ аналізує медичні зображення, проводить діагностику на основі історії хвороби та прогнозує ефективність лікування.
- У фінансовому секторі, де алгоритми ШІ використовуються для виявлення шахрайства, аналізу ризиків і оптимізації інвестиційних стратегій.
- У транспорті, де автономні транспортні засоби використовують ШІ для навігації, управління рухом і прогнозування стану доріг.

Штучний інтелект використовує кілька потужних методів для вирішення складних задач, таких як передбачення, класифікація та оптимізація. Одними з основних методів, що активно застосовуються в різних сферах, зокрема в логістиці, є машинне навчання, аналіз даних і оптимізаційні алгоритми. Розглянемо кожен з них докладніше.

1. Машинне навчання (Machine Learning)

Машинне навчання є підгалуззю ШІ, яка дозволяє комп'ютерним системам вчитися з даних і робити прогнози чи приймати рішення без явного програмування для кожного окремого завдання. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні дані, виявляють закономірності та адаптуються до нових умов. Це дозволяє значно підвищити ефективність багатьох процесів, таких як прогнозування попиту, автоматизація сортування товарів, адаптація маршрутів доставки тощо.

Машинне навчання може бути класифіковане на три основні типи:

- **Навчання з учителем (Supervised Learning):** система тренується на заздалегідь підготовлених наборах даних, де для кожного вхідного значення є відповідний результат (мітка). Задачі, які вирішуються цим методом, включають класифікацію та регресію.

- **Навчання без учителя (Unsupervised Learning):** система працює з незміченими даними, намагаючись виявити приховані закономірності або структури в даних. Цей метод використовується для сегментації клієнтів або кластеризації продуктів.

- **Навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning):** алгоритм навчання, де агент навчається взаємодіяти з середовищем, отримуючи винагороди чи покарання за свої дії. Цей метод застосовується, наприклад, в робототехніці або у створенні автоматичних водіїв.

2. Аналіз даних (Data Analytics)

Аналіз даних включає в себе процес збору, обробки та інтерпретації великих обсягів даних для виявлення корисної інформації, яка може бути використана для прийняття рішень. У рамках ШІ аналіз даних часто поєднується з іншими методами, такими як машинне навчання, для створення більш точних моделей і прогнозів.

Основні етапи аналізу даних включають:

- **Збір даних:** збирання даних з різних джерел, таких як датчики, транзакційні системи, соціальні медіа, веб-логі та ін.

- **Обробка та очищення даних:** перетворення сирих даних у зручний для аналізу формат, а також видалення непотрібної або помилкової інформації.

- **Візуалізація даних:** створення графічних представлень даних для виявлення тенденцій і закономірностей, що полегшує розуміння та прийняття рішень.

- **Інтерпретація та використання:** застосування статистичних і математичних методів для отримання корисної інформації, наприклад, аналіз трендів, прогнозування попиту чи виявлення аномалій.

Аналіз даних є основою для багатьох застосувань ШІ в бізнесі, включаючи персоналізацію обслуговування клієнтів, прогнозування поведінки покупців, управління запасами, оптимізацію ланцюгів поставок і багато іншого.

3. Оптимізаційні алгоритми (Optimization Algorithms)

Оптимізаційні алгоритми є важливим інструментом у ШІ для пошуку найкращих рішень у складних або нестабільних умовах. Вони використовуються для максимізації або мінімізації певних параметрів, таких як витрати, час чи ресурси, з урахуванням множинних обмежень. В логістиці ці алгоритми можуть бути використані для оптимізації маршрутів доставки, управління запасами, планування виробничих процесів тощо.

Кілька типів оптимізаційних алгоритмів:

- **Лінійне програмування (Linear Programming):** застосовується для вирішення задач, де цільова функція і обмеження виражені лінійними рівняннями. Цей метод ефективний для задач оптимізації у виробництві або транспортуванні.

- **Цілочисельне програмування (Integer Programming):** використовується, коли рішення повинні бути цілочисельними (наприклад, кількість транспортних засобів або замовлень).

- **Еволюційні алгоритми (Evolutionary Algorithms):** ці методи імітують процеси природного відбору для пошуку оптимальних рішень. Вони застосовуються у випадках, де інші методи можуть бути неефективними або занадто складними для реалізації.

- **Генетичні алгоритми (Genetic Algorithms):** один з типів еволюційних алгоритмів, який імітує еволюційні процеси, застосовується для вирішення складних оптимізаційних задач, наприклад, у робототехніці чи управлінні ланцюгами поставок.

1.3. Аналіз попередніх досліджень

Перш за все, необхідно зазначити, що дослідження у галузі автоматизації логістики за допомогою ШІ зосереджуються на різних аспектах застосування штучного інтелекту в логістичних процесах. Більшість досліджень вказують на

значний потенціал ШІ для автоматизації процесів транспортування, складування, управління запасами, а також в управлінні ланцюгами поставок.

Зокрема, дослідження показують, як технології ШІ можуть застосовуватись для прогнозування попиту та планування постачань, що дозволяє зменшити витрати на зберігання та обробку товарів. Інші дослідження охоплюють питання інтеграції автономних транспортних засобів і роботизованих систем у склади, що дозволяє знижувати людські помилки та підвищувати точність виконання завдань [5].

Важливим аспектом також є автоматизація управлінських процесів, де ШІ дозволяє прогнозувати затримки в постачаннях, оцінювати ризики та оптимізувати витрати на транспортування.

Основні напрями та підходи в дослідженнях

Одним із основних напрямків досліджень є використання машинного навчання для прогнозування та прийняття рішень. Наприклад, методи машинного навчання активно використовуються для аналізу великих обсягів даних, що дозволяє оптимізувати маршрути транспортування, скорочувати час доставки та знижувати витрати на обробку товарів.

Другим важливим напрямком є роботизація складів і транспорту. Багато досліджень зосереджені на розробці автономних транспортних засобів та роботизованих систем для складів, що значно покращує ефективність логістичних операцій. Роботи, що використовують алгоритми ШІ для автоматичного сортування, розподілу товарів і їх доставки, показують величезний потенціал для зниження витрат і підвищення швидкості операцій.

Також важливим напрямком є **оптимізація ланцюгів поставок**. ШІ дозволяє аналізувати потоки товарів та ресурсів, планувати ефективні стратегії постачань і знижувати витрати на транспортування, зберігання і обробку.

Основні підходи в дослідженнях на тему автоматизації логістики через ШІ можна поділити на кілька категорій:

1. **Теоретичні дослідження** — ці роботи орієнтовані на розробку нових алгоритмів і моделей, які можуть бути застосовані в логістичних процесах. Вони часто базуються на математичних моделях та теорії оптимізації.

2. **Прикладні дослідження** — тут фахівці зосереджуються на реальних кейсах, де ШІ використовуються для автоматизації логістичних процесів на підприємствах. Це можуть бути приклади впровадження роботизованих складів або використання машинного навчання для прогнозування попиту.

3. **Інтердисциплінарні дослідження** — в даному випадку поєднуються знання з логістики, інформатики, математики та інженерії для розробки інтегрованих систем, які дозволяють автоматизувати всю низку логістичних операцій, від планування до реалізації.

Використання штучного інтелекту в логістичних процесах

Оптимізація запасів

Штучний інтелект відіграє важливу роль в управлінні запасами, допомагаючи компаніям точно прогнозувати попит та оптимізувати рівні запасів для зниження витрат. Основні технології, які використовуються для цього, включають машинне навчання та статистичне моделювання. Алгоритми ШІ аналізують історичні дані, сезонні коливання, тренди попиту та інші фактори, що впливають на потребу в товарах. Це дозволяє точно прогнозувати, скільки товарів необхідно замовити, щоб уникнути як дефіциту, так і надлишкових запасів.

Інструменти, засновані на ШІ, можуть визначити оптимальні рівні мінімальних запасів для кожного товару, враховуючи час доставки та коливання попиту. Наприклад, прогнози щодо продажів можуть враховувати вплив свят, акцій, змін на ринку, що дозволяє підприємствам більш точно управляти своїми запасами і запобігати надмірним витратам на зберігання.

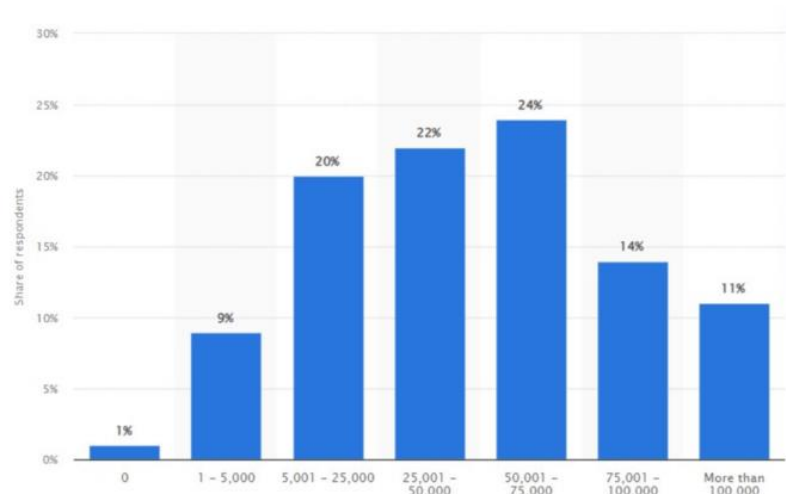


Рис.1.1. Обсяг заощаджень, досягнутих компаніями в США за допомогою ШІ станом на лютий 2023 року

Приклад:

Walmart

Компанія Walmart активно використовує штучний інтелект для прогнозування попиту на товари. Їхні алгоритми аналізують історичні дані продажів, сезонні тренди, погоду та локальні події, щоб визначити, які товари будуть користуватися попитом у конкретних регіонах. Це дозволяє оптимізувати обсяги запасів, зменшуючи витрати на зберігання та мінімізуючи дефіцит. Як результат, Walmart значно скоротив витрати на управління запасами і зменшив кількість непроданих товарів.

Маршрутизація та управління доставками

Штучний інтелект також відіграє ключову роль в оптимізації маршрутів доставки. Завдяки алгоритмам, що обробляють велику кількість даних, можна визначити найбільш ефективні маршрути для транспортування товарів з урахуванням різноманітних факторів, таких як час, витрати, погодні умови, завантаженість доріг і обмеження на вантажопідйомність. Це дозволяє зменшити витрати на транспортування та забезпечити швидку доставку до клієнтів.

Застосування ШІ в управлінні доставками передбачає використання алгоритмів для динамічного перепланування маршрутів в реальному часі.

Якщо, наприклад, на одному з маршрутів виникають затори або інші непередбачувані обставини, система автоматично коригує маршрути для забезпечення оптимальної доставки.

Приклад:

Amazon

Amazon використовує алгоритми машинного навчання для оптимізації маршрутів доставки. Система враховує безліч параметрів, включаючи завантаженість доріг, погодні умови, відстань між пунктами доставки, і навіть час доби, щоб вибрати найкоротші та найефективніші маршрути. Це дозволяє зменшити витрати на паливе і час доставки. Генеративний ШІ використовується для оптимізації процесів доставки, включаючи передбачення замовлень у певних регіонах. Це дозволяє краще планувати заповненість складів і відповідно налаштовувати маршрути, особливо в пікові періоди, як-от Чорна п'ятниця. У 2024 році більше 60% доставок Amazon Prime у США здійснювались у той же день або на наступний завдяки новим алгоритмам. Останніми роками Amazon працювала над новим алгоритмом CONDOR, використання якого дозволило зменшити кількість необхідних маршрутів на 0,5%. Для таких масштабних мереж, як у Amazon, це може призвести до значної економії часу та ресурсів.

Управління складом та автоматизація

Інтеграція штучного інтелекту в управління складом допомагає автоматизувати та покращити процеси зберігання і переміщення товарів. Завдяки роботизованим системам, що управляються за допомогою ШІ, можливо досягнути високої ефективності при виконанні операцій з товарообігом. Роботи можуть виконувати завдання з підбору, упаковки та переміщення товарів, що мінімізує людські помилки та збільшує швидкість виконання замовлень.

ШІ також дозволяє оптимізувати використання складських площ, автоматично визначаючи найкраще розташування товарів з урахуванням частоти їхнього використання та інших параметрів. Це підвищує загальну

продуктивність складу, скорочуючи час обробки замовлень і знижуючи витрати на зберігання товарів.

Аналітика та прогнозування

Прогнозування попиту та аналітика є важливими компонентами для забезпечення необхідного рівня обслуговування в логістичних процесах. Застосування ШІ дозволяє аналізувати велику кількість даних, зокрема історичні тренди, сезонні зміни, інформацію про ринок, щоб забезпечити точні прогнози щодо майбутнього попиту на товари. Це дозволяє компаніям зменшити ризики дефіциту або надлишкових запасів, а також планувати обсяги закупок та транспортування з урахуванням реальних потреб.

Штучний інтелект також допомагає створювати поведінкові моделі клієнтів, які можуть передбачати їхні покупки та уподобання. Це дає можливість налаштувати стратегії маркетингу та управління запасами на основі реальних та прогнозованих потреб споживачів, що забезпечує високий рівень задоволення клієнтів та ефективне використання ресурсів.

Приклад:

UPS

Система ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation) компанії UPS використовує штучний інтелект і аналіз великих даних для оптимізації маршрутів доставки. ORION аналізує дані в реальному часі, такі як умови дорожнього руху, погодні умови, час доби і параметри замовлення, щоб обчислити найефективніші маршрути для водіїв UPS. Ця система дозволяє значно зменшити витрати на паливо, скоротити кількість зайвих кілометрів і покращити вуглецевий слід компанії.

Ось деяка статистика, яку можна знайти в джерелах, що стосуються системи ORION від UPS:

1. **Економія пального:** За даними UPS, система ORION дозволяє щорічно економити понад 10 мільйонів галонів пального, що є значним внеском у зниження витрат на транспортування.

2. **Зменшення викидів CO₂:** Завдяки більш ефективним маршрутам UPS зменшує викиди CO₂ на 100 000 метричних тонн на рік.

3. **Зменшення зайвих кілометрів:** ORION допомагає зменшити кількість зайвих кілометрів на 10 мільйонів миль щорічно, що значно знижує витрати на паливо та покращує ефективність.

4. **Покращення часу доставки:** Завдяки оптимізації маршрутів компанія також здатна знижувати час доставки, покращуючи обслуговування клієнтів і підвищуючи рівень задоволення клієнтів.

Порівняльний аналіз традиційних та ШІ-рішень

З розвитком цифрових технологій та штучного інтелекту, логістична індустрія переживає значні зміни. Впровадження ШІ у процеси управління складом, автоматизації складів та оптимізації запасів дозволяє значно покращити ефективність роботи та знизити витрати. Традиційні методи управління, що базуються на людських ресурсах і ручному контролі, виявляються менш ефективними, порівняно з рішеннями на основі штучного інтелекту. Завдяки алгоритмам ШІ, можна автоматизувати планування маршрутів, прогнозування попиту, а також оптимізувати рівень запасів і швидкість обробки товарів. Ці інновації не тільки покращують бізнес-операції, але й змінюють способи, якими компанії взаємодіють з клієнтами та організовують свої внутрішні процеси [25, 27, 31, 32, 36, 37, 43, 47, 48, 52].

Таблиця 1.2. Порівняльний аналіз оптимізації логістичних процесів за допомогою традиційних методів та рішень ШІ

Критерій	Традиційні рішення	ШІ рішення
Прогнозування попиту	Просте прогнозування на основі попереднього досвіду та сезонних коливань	Машинне навчання для точного прогнозування попиту на основі великих даних, аналізу трендів
Управління запасами	Ручне управління рівнями запасів, з ризиками перевищення чи дефіциту	Інтелектуальні системи для динамічного коригування рівня запасів в режимі реального часу
Маршрутизація доставки	Традиційне планування маршрутів вручну з урахуванням часу і відстані	Алгоритми ШІ для оптимізації маршрутів з урахуванням трафіку, погодних умов, часу доби
Час виконання	Затримки через ручне управління і обробку даних	Автоматизовані процеси дозволяють значно прискорити виконання замовлень і доставок
Точність і помилки	Високий рівень помилок через людський фактор (наприклад, помилки при введенні даних)	Зниження помилок завдяки автоматизації та точності алгоритмів
Витрати на персонал	Потреба у великій кількості працівників для виконання фізичної роботи	Зниження витрат на персонал завдяки автоматизації процесів, але потреба в технічних спеціалістах для підтримки систем

Впровадження штучного інтелекту в логістичні процеси має безсумнівні переваги, особливо коли йдеться про автоматизацію складів, оптимізацію запасів і покращення маршрутизації доставок. ШІ дозволяє значно підвищити

ефективність, знизити витрати на персонал та обробку даних, а також забезпечити кращу точність у прогнозуванні попиту і плануванні ресурсів. Традиційні методи, хоча й продовжують використовуватись, часто не можуть конкурувати з потужними алгоритмами машинного навчання і автоматизацією, що дозволяють компаніям знижувати витрати та покращувати якість обслуговування клієнтів. Проте, важливо враховувати ризики, пов'язані з кібербезпекою, залежністю від технологій та необхідністю адаптації персоналу до нових умов роботи. У майбутньому, з ростом технологій, роль ШІ у логістиці буде тільки зростати, забезпечуючи ще більші можливості для ефективного управління та інтеграції з іншими бізнес-процесами [22, 23, 26, 28, 30, 39].

1.4. Зарубіжний і український досвід застосування ШІ в логістиці

Штучний інтелект поступово трансформує логістичну галузь, забезпечуючи нові можливості для оптимізації процесів, зниження витрат і підвищення задоволеності клієнтів. У багатьох країнах світу, зокрема й в Україні, компанії впроваджують інноваційні технології, які дозволяють вирішувати складні завдання ланцюгів постачання, транспортної логістики та управління запасами.

Досвід впровадження ШІ в логістиці варіюється залежно від регіону, масштабу компаній і рівня цифрової зрілості. У країнах з розвиненою економікою акцент робиться на автоматизацію процесів, прогнозування попиту та використання аналітики для прийняття стратегічних рішень. Водночас в Україні починають з інтеграції базових рішень, таких як системи моніторингу та автоматизації складів.

DHL, один із світових лідерів у сфері логістики, активно використовує технології штучного інтелекту (ШІ) для підвищення ефективності своїх процесів. Компанія впровадила кілька інноваційних рішень, які вплинули на

різні аспекти логістики, включаючи транспорт, складське господарство, аналіз даних і обслуговування клієнтів.

Впроваджені технології та рішення в DHL:

1. Комп'ютерний зір: DHL використовує технології комп'ютерного зору для автоматизації процесів сортування та обробки вантажів. Згідно зі звітом компанії, аналіз зображень за допомогою ШІ стане стандартною операцією в логістичній галузі протягом п'яти років [15].

2. Генеративний ШІ: У 2024 році DHL Supply Chain розпочала впровадження генеративного ШІ для покращення управління даними та аналітики. Це дозволяє компанії надавати більш цінні інсайти та безпосередньо підвищувати цінність для клієнтів.

3. Робототехніка: DHL спільно з компанією AWL розробила нового робота-депалетизатора, який автоматизує процес розвантаження палет. Це рішення сприяє підвищенню ефективності та безпеки на складах.

❖ Прогнозування ризиків у транспортних процесах (Resilience360): Система Resilience360, заснована на ШІ, моніторить фактори, які можуть вплинути на транспортну логістику, зокрема:

- Погодні умови.
- Затори та стан доріг.
- Геополітичні події.

Результати:

- Зменшення кількості затримок у доставці на 30%.
- Оптимізація маршрутів для зменшення часу перевезень на 15%.

❖ Автоматизація складських операцій (Vision Picking): DHL впровадила розумні окуляри з підтримкою ШІ, які забезпечують працівників інформацією про місце розташування товарів, найбільш оптимальний шлях їх пошуку та специфікацію товарів.

Результати:

- Підвищення швидкості виконання складських операцій на 25%.
- Скорочення помилок у процесі комплектування замовлень на 40%.

❖ Інтелектуальна аналітика даних:

ШІ використовується для аналізу даних щодо потоків замовлень, запасів і поведінки клієнтів. На основі цих даних компанія оптимізує маршрути, обсяги перевезень і запаси.

Результати:

- Зниження операційних витрат на 10%.
- Прогнозування пікових періодів замовлень, що дозволило покращити планування ресурсів.

❖ Чат-боти для обслуговування клієнтів:

ШІ-боти використовуються для автоматизації взаємодії з клієнтами. Вони обробляють запити щодо доставки, допомагають у відстеженні посилок і надають консультації.

Результати:

- Скорочення часу реагування на запити клієнтів на 60%.
- Збільшення задоволеності клієнтів на 15% (за даними внутрішніх опитувань).

❖ Оптимізація транспортних маршрутів:

ШІ аналізує тисячі параметрів для створення оптимальних маршрутів доставки. Це дозволило DHL зменшити витрати на паливо і покращити екологічність логістичних процесів.

Результати:

- Скорочення витрат на паливо на 12%.
- Зменшення викидів CO₂ на 50 тисяч тонн у рік.

Зміни, привнесені ШІ у DHL

1. Ефективність:

Використання ШІ дозволило компанії значно скоротити час обробки замовлень, покращити точність складських і транспортних операцій.

2. Економія:

Завдяки автоматизації та оптимізації DHL заощадила мільйони доларів.

Наприклад, система Resilience360 знизил ризики затримок, що дозволило уникнути збитків на суму понад \$200 мільйонів у 2023 році.

3. Задоволеність клієнтів:

Поліпшення обслуговування, скорочення затримок і точніше виконання замовлень підвищили лояльність клієнтів і забезпечили стабільне зростання ринкової частки DHL.

4. Екологічна стійкість:

Оптимізація маршрутів і впровадження електротранспорту допомогли компанії значно зменшити свій вуглецевий слід.

Нова пошта: Впровадження штучного інтелекту та результати

Нова пошта — одна з провідних українських логістичних компаній, яка активно використовує інноваційні технології для вдосконалення своїх послуг. Впровадження рішень на основі штучного інтелекту (ШІ) дозволило компанії значно підвищити ефективність операцій, скоротити витрати та поліпшити обслуговування клієнтів.

Ключові впровадження ШІ у Новій пошті:

1. Автоматизація сортування відправлень:

Нова пошта впровадила роботизовані системи, які працюють із алгоритмами ШІ для автоматичного сортування посилок. Системи розпізнають розмір, вагу та місце призначення посилки за допомогою комп'ютерного зору.

Результати:

- Збільшення швидкості сортування на 30%.
- Скорочення кількості помилок під час сортування на 25%.

2. Прогнозування завантаженості відділень і складів:

Використання моделей ШІ для аналізу потоку відправлень дозволяє прогнозувати пікові навантаження. Це допомагає ефективніше планувати роботу персоналу та ресурси.

Результати:

- Скорочення часу очікування клієнтів у відділеннях на 20%.

- Оптимізація графіка роботи персоналу, що зменшило витрати на понад 15%.

3. Розробка інтелектуальних чат-ботів: ШІ-боти у месенджерах та на сайті компанії надають клієнтам інформацію про стан відправлень, допомагають створювати накладні та розраховувати вартість доставки.

Результати:

- Автоматизація 60% запитів клієнтів.
- Підвищення задоволеності клієнтів завдяки швидким відповідям.

4. Оптимізація транспортних маршрутів: Нова пошта використовує алгоритми машинного навчання для створення оптимальних маршрутів доставки, враховуючи затори, стан доріг та погоду.

Результати:

- Зменшення витрат на паливо на 12%.
- Скорочення часу доставки між містами на 15%.

5. Аналіз великих даних: ШІ допомагає аналізувати поведінку клієнтів, щоб визначати найбільш затребувані послуги та регіони. Це сприяє розширенню мережі відділень та вдосконаленню продуктів.

Результати:

- Відкриття нових відділень у найбільш завантажених регіонах.
- Підвищення частки ринку на 10% за останні три роки.

Зміни, привнесені ШІ у Нову пошту

1. Підвищення продуктивності: Впровадження ШІ значно прискорило процеси обробки та доставки посилок, що дозволило компанії обслуговувати більшу кількість клієнтів у стислі терміни.

2. Зменшення витрат:

Автоматизація процесів зменшила потребу в ручній праці, а оптимізація маршрутів допомогла знизити витрати на транспорт.

3. Поліпшення обслуговування клієнтів:

Використання чат-ботів і автоматизованих рішень зробило комунікацію з клієнтами швидшою та зручнішою.

4. Екологічність:

Оптимізовані маршрути та ефективніше використання транспорту сприяли зменшенню викидів CO₂.

Нова пошта демонструє, як інноваційні технології можуть трансформувати логістичну галузь, створюючи конкурентні переваги. Завдяки впровадженню ШІ компанія не лише покращила якість послуг, а й закріпила свою позицію як провідного оператора логістики в Україні.

1.5. Ризики впровадження ШІ

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в логістику та управління постачаннями стало важливим кроком до трансформації традиційних бізнес-процесів, забезпечуючи більш високий рівень ефективності, точності та гнучкості. ШІ дозволяє компаніям оптимізувати багато аспектів логістики, від прогнозування попиту до автоматизації складу і розрахунку оптимальних маршрутів доставки. Проте, незважаючи на величезний потенціал цих технологій, впровадження ШІ вимагає значних інвестицій, як фінансових, так і ресурсних, а також уважного підходу до управління новими ризиками, які можуть виникнути внаслідок інтеграції автоматизованих систем у існуючі структури.

З одного боку, ШІ відкриває нові можливості для логістичних компаній, зокрема за допомогою аналітики великих даних і машинного навчання. Ці технології дозволяють компаніям зменшити витрати на транспортування, прискорити час доставки, покращити точність прогнозування попиту та

мінімізувати ризики, пов'язані з помилками людського фактора. Однак з іншого боку, існують певні виклики та ризики, пов'язані з технологічною складністю, витратами на впровадження та необхідністю підтримки безпеки даних. Крім того, залежність від технології може призвести до нових уразливостей у бізнес-процесах і створити соціальні наслідки, зокрема для працівників, що можуть втратити робочі місця через автоматизацію [33, 34, 38, 40].

У даному контексті важливо не лише аналізувати потенціал ІІІ для покращення логістичних процесів, а й оцінювати економічні та соціальні ризики, що можуть виникнути в результаті його впровадження. Розгляд цих аспектів допоможе підприємствам збалансовано підходити до трансформації своїх операцій, оптимізуючи логістику за допомогою новітніх технологій, не забуваючи про важливість збереження робочих місць і безпеку даних.

Основні ризики впровадження ІІІ можна поділити на кілька категорій:

Витрати на технології

Інвестиції в ІІІ технології можуть бути значними, оскільки для їх впровадження необхідно мати висококваліфікованих спеціалістів, потужне програмне забезпечення та апаратне забезпечення. Розробка індивідуальних рішень на основі ІІІ може бути дорога, а також вимагає підтримки й обслуговування протягом усього життєвого циклу системи. Крім того, адаптація бізнесу до нових технологій часто вимагає додаткових витрат на навчання персоналу та переоснащення інфраструктури. Це може бути особливо складним для малих і середніх компаній, які не мають достатнього бюджету для таких інвестицій.

Ризики кібербезпеки

Інтеграція ІІІ в бізнес-процеси, зокрема у логістичних компаніях, створює нові уразливості в плані кібербезпеки. Великі обсяги даних, що обробляються штучним інтелектом, а також доступ до важливих внутрішніх систем компанії через інтернет, можуть стати мішенню для хакерських атак. Це може призвести до витоку конфіденційної інформації, зупинки процесів або навіть до

маніпуляцій з даними, що серйозно загрожує репутації компанії та її клієнтів. Проблеми з кібербезпекою стають особливо актуальними, коли компанії покладаються на хмарні технології або використовують IoT пристрої, що підвищує рівень уразливості систем [8, 9].

Залежність від технології

Ще одним важливим ризиком є висока залежність бізнесу від ШІ та автоматизованих систем. У разі збоїв або помилок у роботі технологій (наприклад, через непередбачувану поведінку алгоритмів або збій апаратного забезпечення), компанії можуть втратити значну частину продуктивності, що призведе до порушень у ланцюгах постачання або збоїв у обробці замовлень. Залежність від ШІ також означає, що компанії повинні постійно оновлювати та підтримувати свої системи, що вимагає значних ресурсів і часу.

Ризики для робочих місць

Автоматизація, спричинена впровадженням ШІ, може призвести до скорочення робочих місць, особливо для працівників, чия робота була раніше орієнтована на рутинні завдання, що можуть бути автоматизовані. Це може спричинити соціальні наслідки для працівників, які не мають достатнього рівня кваліфікації для адаптації до нових технологій. Однак, з іншого боку, автоматизація також створює нові робочі місця для фахівців з ШІ, програмістів, аналітиків даних тощо.

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в логістику та управління запасами має значний потенціал для покращення ефективності і оптимізації бізнес-процесів [10]. Проте воно не позбавлене ризиків. Високі початкові витрати на впровадження, складність інтеграції нових систем з існуючими інфраструктурами, потенційні загрози кібербезпеки та залежність від технологій — це виклики, які потребують ретельного управління. Окрім того, автоматизація може призвести до зменшення робочих місць для деяких категорій працівників, що вимагає розробки стратегій підтримки таких співробітників і забезпечення безпеки їхніх робочих місць.

Тому важливо, щоб компанії, що запроваджують ІІІ-рішення в свою логістику, не лише оцінювали економічний ефект і переваги, але й враховували можливі соціальні та екологічні наслідки, а також забезпечували необхідні заходи для зменшення ризиків, пов'язаних з кібербезпекою і автоматизацією.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

2.1. Характеристика логістичної діяльності підприємств торгівлі

«АТБ-Маркет» — найбільша мережа роздрібної торгівлі в Україні, що працює у форматі дискаунтера. Підприємство було засноване у 1993 році, а з 2000 року активно розвиває власну логістичну мережу. Завдяки розгалуженій інфраструктурі та сучасним підходам до управління, компанія утримує лідерські позиції на ринку ритейлу. На сьогодні магазини «АТБ» представлені у всіх регіонах України, що забезпечує доступ до якісних товарів для мільйонів українців.

У своїй діяльності компанія дотримується принципів економічної ефективності, оптимізації логістичних витрат і постійного вдосконалення процесів. Її стратегія спрямована на задоволення попиту споживачів шляхом забезпечення широкого асортименту, конкурентних цін і безперебійної доставки товарів.

Логістична інфраструктура підприємства

Успішність «АТБ-Маркет» значною мірою залежить від ефективної логістичної системи, яка включає:

1. **Розподільчі центри (склади):**
 - Загалом функціонує 11 розподільчих центрів у різних регіонах України, що дозволяє оптимально обслуговувати магазини мережі.
 - Склади працюють за моделлю крос-докінгу, що скорочує час зберігання товарів і зменшує логістичні витрати.
 - Інтеграція сучасних систем управління складськими процесами (Warehouse Management System, WMS) забезпечує автоматизацію операцій і мінімізує помилки при обробці замовлень.
2. **Автопарк:**

❖ Понад **700 вантажівок**, включаючи автомобілі з рефрижераторами, що забезпечують транспортування продуктів, які потребують дотримання температурного режиму.

❖ Встановлені **GPS-трекери** дозволяють в режимі реального часу відстежувати переміщення вантажів та контролювати дотримання графіка доставки.

❖ Регулярна технічна підтримка автопарку знижує ризики простоїв через несправність техніки.

❖ Використання орендованого транспорту дозволяє масштабувати логістику в періоди пікового навантаження (наприклад, під час святкових днів).

3. **Цифрові технології:**

○ Впроваджено систему штучного інтелекту для прогнозування попиту, що дозволяє оптимізувати обсяги замовлень та мінімізувати залишки.

○ CRM-системи аналізують споживчі поведінкові моделі для коригування асортименту та логістичних процесів.

○ Електронний документообіг забезпечує ефективність взаємодії з постачальниками та внутрішніх операцій.

Основні логістичні процеси підприємства

Ефективна логістика «АТБ-Маркет» базується на інтегрованому підході до всіх етапів руху товарів, починаючи від закупівлі та транспортування до складування та доставки клієнтам. Основні процеси оптимізовані для зменшення витрат, скорочення часу обробки замовлень і забезпечення постійної наявності товарів у магазинах.

Логістичні процеси є ключовим елементом забезпечення безперебійного функціонування великих торговельних мереж. На прикладі ТОВ «АТБ-Маркет» можна дослідити, як впровадження сучасних технологій та управлінських підходів сприяє оптимізації закупівель, транспортування, управління запасами та складування.

Закупівельна діяльність

Одним із базових аспектів забезпечення ефективності логістичних процесів є формування стійкої закупівельної системи. ТОВ «АТБ-Маркет» налагодило співпрацю з понад 800 постачальниками, серед яких переважають національні виробники. Такий підхід дозволяє підтримувати локальну економіку, одночасно забезпечуючи високу частку якісної продукції в асортименті.

Особливу увагу заслуговує використання електронних тендерів як інструменту відбору постачальників. Дослідження свідчать, що електронні тендери сприяють зниженню транзакційних витрат та підвищують прозорість закупівельних процесів, що підтверджується низкою емпіричних досліджень у сфері електронної комерції та закупівель.

Контроль якості здійснюється як на етапі відбору постачальників, так і під час подальших поставок. Сертифікація продукції та додаткові перевірки безпечності, які враховують температурний режим транспортування, відповідають вимогам національних і міжнародних стандартів, таких як ISO 22000.

Управління транспортною логістикою

Значну увагу приділено оптимізації процесів транспортування, які базуються на моделі "just-in-time". Застосування спеціалізованого програмного забезпечення для маршрутизації дозволяє мінімізувати витрати на паливо та скоротити час доставки. Ці технології враховують такі змінні, як трафік, погодні умови та пріоритетність товарів, що дозволяє компанії дотримуватись високих стандартів обслуговування клієнтів.

Дослідження впливу цифрових технологій на ефективність транспортування свідчать, що використання GPS-трекерів для контролю транспортних засобів сприяє зниженню операційних ризиків і покращенню показників своєчасності доставки.

Управління запасами та складськими операціями

ТОВ «АТБ-Маркет» впровадило автоматизовані системи управління запасами (WMS), які забезпечують моніторинг залишків у реальному часі. Це

дозволяє уникати дефіциту або надлишків товарів, що є критичним фактором у зменшенні витрат на зберігання та підвищенні оборотності запасів.

Система прогнозування попиту, що базується на методах машинного навчання, дозволяє враховувати сезонні коливання, маркетингові кампанії та зміну споживчих уподобань. Згідно з результатами дослідження, впровадження таких систем у торговельних мережах дозволяє знизити рівень надлишкових запасів на 15–20%, що підтверджується емпіричними даними, зібраними в різних регіонах України.

Логістика є ключовим елементом успіху компанії «АТБ-Маркет» на ринку роздрібної торгівлі. Інтеграція сучасних технологій, продумана організація логістичних процесів і постійне вдосконалення дозволяють підприємству утримувати лідерські позиції серед конкурентів.

Важливою складовою є використання цифрових технологій, які охоплюють прогнозування попиту, автоматизацію складських і транспортних процесів, а також інтеграцію з маркетинговими кампаніями. Такий підхід дозволяє досягати високого рівня ефективності, оптимізуючи витрати на всіх етапах логістичного ланцюга.

Високий рівень автоматизації та стратегія постійного вдосконалення логістичних процесів роблять «АТБ-Маркет» прикладом успішної компанії, яка змогла адаптуватися до викликів сучасного ринку. Завдяки цьому підприємство не лише задовольняє попит клієнтів, але й формує конкурентну перевагу, що сприяє зміцненню його позицій на ринку роздрібної торгівлі України.

Компанія демонструє, що інвестиції в логістичну інфраструктуру, сучасні технології та співпрацю з локальними постачальниками є ключовими факторами її довгострокового успіху. Це дозволяє «АТБ-Маркет» не тільки залишатися лідером ринку, але й задавати нові стандарти в логістиці для інших учасників галузі.

Статистичні показники діяльності «АТБ-Маркет»

1. **Фінансові**

результати:

У 2023 році оборот підприємства перевищив **200 мільярдів гривень**, що

свідчить про стабільне зростання компанії. Порівняно з 2022 роком, показник збільшився на **10%**, підкреслюючи ефективність стратегії розвитку та логістичних процесів.

2. **Обслуговування** **клієнтів:**

Щодня мережа обслуговує понад **3 мільйони клієнтів**. Це робить «АТБ-Маркет» одним із найбільш відвідуваних ритейлерів України, забезпечуючи доступність товарів у широкому асортименті.

3. **Управління** **асортиментом:**

Завдяки впровадженню сучасних цифрових технологій та автоматизації, рівень дефіциту товарів у магазинах становить менше **1%**. Це свідчить про ефективність управління запасами та задоволення споживчого попиту.

4. **Робота складів:**

- Щоденно на складах обробляється понад **50 тисяч замовлень**, що є значним показником для ринку.

- Середня швидкість обробки замовлення становить **2 години**, що дозволяє забезпечувати швидку доставку товарів у магазини та мінімізувати простой.

- Модель крос-докінгу дозволяє скоротити середній час зберігання товарів до **24 годин**, що оптимізує витрати на складування.

5. **Транспортна логістика:**

- Щодня автопарк компанії долає понад **200 тисяч кілометрів**, забезпечуючи доставку товарів до понад **1500 магазинів** у всіх регіонах України.

- Впроваджена система GPS-моніторингу дозволяє контролювати маршрути та час перевезення, оптимізуючи логістичні витрати.

6. **Технологічні** **інновації:**

Впровадження штучного інтелекту у процеси прогнозування попиту дозволило знизити надлишкові запаси на **20%**, що сприяє зменшенню втрат через псування товарів і оптимізації обсягів закупівель.

2.2. Проблеми в організації логістичних процесів підприємств

Управління логістичними процесами є складною та багатогранною задачею, що вимагає постійного удосконалення. Незважаючи на успішну діяльність компанії "АТБ-Маркет", у її організації логістичних процесів можна виділити кілька проблем, які є характерними для підприємств роздрібною торгівлі.

1. Недостатня гнучкість у реагуванні на зміни попиту
Враховуючи, що попит на деякі товарні категорії може різко змінюватися залежно від сезону, свят чи економічних умов, система прогнозування попиту вимагає вдосконалення. Хоча компанія "АТБ" використовує сучасні технології, такі як штучний інтелект для прогнозування попиту, існують проблеми з точністю прогнозування в умовах швидко змінного ринку. У таких випадках можливі ситуації з надлишковими запасами чи їх дефіцитом, що може призвести до додаткових витрат чи втрати клієнтів.

2. Проблеми з управлінням складськими запасами
Навіть при високому рівні автоматизації, компанія стикається з викликами в управлінні запасами, зокрема у великих регіонах з великою кількістю магазинів. Часто це може призводити до проблем з точністю інформації про залишки товарів на складах і в магазинах. Рішення цієї проблеми вимагає ще більш досконалих систем управління запасами (WMS) та інтеграції з іншими частинами бізнесу (наприклад, з системами маркетингу чи планування закупівель).

3. Перевезення і транспортування
Проблеми з доставкою товарів можуть виникати через обмеження в інфраструктурі транспорту. Автопарк компанії, хоча й складається з понад 700 вантажівок, все ще стикається з труднощами через зношеність транспорту або непередбачувані погодні умови. Це може призводити до затримок у постачанні товарів до магазинів і, як наслідок, до зниження рівня обслуговування клієнтів.

4. Проблеми з обслуговуванням клієнтів

У зв'язку з високою конкуренцією на ринку роздрібної торгівлі, компанія "АТБ" стикається з необхідністю постійно покращувати якість обслуговування клієнтів, що вимагає постійного вдосконалення логістичних процесів. Для того, щоб зберегти лояльність покупців і задовольнити їхні потреби, компанія повинна оперативно реагувати на зміну запитів і забезпечувати наявність товарів, що користуються найбільшим попитом.

5. Високі витрати на зберігання

Хоча "АТБ" використовує модель крос-докінгу, в деяких випадках складські витрати все ж можуть бути високими через надмірні запаси чи неефективне управління приміщеннями для зберігання. Враховуючи обсяг товарів і швидкість їх обробки, необхідність в оптимізації складських площ та систем зберігання залишається однією з ключових проблем.

2.3. Оцінка рівня цифровізації логістики на підприємстві

Цифровізація логістичних процесів є ключовим фактором, який забезпечує ефективність та конкурентоспроможність сучасних підприємств [18, 19]. Для підприємств роздрібної торгівлі, таких як "АТБ-Маркет", інтеграція цифрових технологій в управління ланцюгами постачання дозволяє скоротити витрати, оптимізувати процеси і підвищити рівень обслуговування клієнтів. Оцінка рівня цифровізації логістики на підприємстві "АТБ-Маркет" включає аналіз використання технологій автоматизації, систем моніторингу, управління запасами, а також інноваційних підходів до транспортування та доставки.

"АТБ-Маркет" активно використовує WMS (Warehouse Management System) для управління складськими запасами та автоматизації процесів обробки замовлень. Система дозволяє здійснювати контроль за товарами на складах в режимі реального часу, зменшуючи ризик помилок і покращуючи точність обліку товарів. Ця система також оптимізує маршрути для підготовки

замовлень та полегшує процес інвентаризації, що дозволяє знижувати витрати на зберігання і скорочувати час обробки замовлень [11].

Завдяки цій системі, інвентаризація, одна з найбільш трудомістких процедур у традиційному складі, в автоматизованій системі проводиться набагато швидше і точніше. WMS здійснює постійний моніторинг наявних товарів і порівнює ці дані з фізичним станом складу, автоматично фіксуючи всі відхилення.

Для управління доставкою "АТБ-Маркет" використовує системи GPS та трекінгу для моніторингу транспортних засобів. Це дозволяє в реальному часі відстежувати маршрут доставок, оцінювати ефективність роботи водіїв і оперативно коригувати маршрути в разі необхідності. Системи трекінгу також сприяють зменшенню витрат на паливо та підвищенню ефективності роботи автопарку.

У межах цифровізації "АТБ-Маркет" активно використовує електронні платформи для комунікації з постачальниками та автоматизує процеси закупівель. Використання електронних майданчиків та систем для обміну даними дозволяє оперативно отримувати інформацію про наявність товарів, ціни, а також забезпечувати більш ефективне управління ланцюгом постачання.

Використання технологій Big Data в "АТБ-Маркет" дозволяє компанії здійснювати точне прогнозування попиту на товари, що значно оптимізує її операційну діяльність та знижує ризики, пов'язані з надлишком чи дефіцитом товарів на складах. Суть технології полягає у зборі та аналізі величезних обсягів даних, що генеруються в результаті покупок клієнтів, сезонних коливань та різних економічних факторів. Ці дані включають інформацію про час та місце покупки, обрані товари, кількість замовлених одиниць, а також поведінкові особливості покупців.

Завдяки збору даних у реальному часі, компанія може аналізувати тенденції попиту на різні категорії товарів. Це дозволяє виявляти закономірності, на основі яких можна будувати прогнози про популярність товарів у майбутньому. Так, аналіз історичних даних допомагає передбачати,

які товари можуть бути більш затребуваними в певні періоди року, наприклад, в святкові сезони або під час зміни кліматичних умов. Використовуючи ці прогнози, "АТБ-Маркет" здатен коригувати обсяги закупок, що допомагає уникати ситуацій з дефіцитом або надлишком товарів на складах.

Це, в свою чергу, дозволяє компанії оптимізувати планування своїх запасів, підвищуючи ефективність процесу постачання. Прогнозування попиту на основі даних дозволяє «АТБ-Маркет» заздалегідь визначити потреби в поповненні асортименту і своєчасно вживати заходів для замовлення необхідних товарів у постачальників. Це дозволяє знижувати витрати на зберігання і транспортування товарів, оскільки запаси на складах підтримуються на оптимальному рівні відповідно до фактичного попиту. Завдяки використанню Big Data компанія знижує ймовірність дефіциту товарів і забезпечує більш ефективне планування своїх запасів, що в результаті позитивно впливає на кінцеві результати її діяльності та задоволення потреб споживачів.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1. Інструменти ШІ для оптимізації маршрутів

Сучасні логістичні системи стикаються зі зростаючою складністю через збільшення кількості клієнтів, динаміку попиту та необхідність швидкої доставки. Традиційні алгоритми оптимізації, такі як жадібні методи або комбінаторні алгоритми, хоча й ефективні, не завжди здатні врахувати динамічні умови, такі як завантаженість доріг, погодні умови та інші змінні фактори.

Штучний інтелект (ШІ) пропонує нові підходи до вирішення цієї задачі. Використовуючи машинне навчання та глибоке навчання, системи можуть аналізувати великі обсяги даних, робити прогнози та приймати рішення в реальному часі [7].

Інструменти ШІ, які будуть використані:

1. Google OR-Tools: Це бібліотека для вирішення задач маршрутизації, зокрема “задачі комівояжера”. У програмі вона використовується для оптимізації маршруту для одного транспортного засобу, який переміщується між кількома точками (містами). OR-Tools обчислює найкоротший маршрут, мінімізуючи відстань між точками [6].

Особливості:

- Вбудовані алгоритми для задач маршрутизації, таких як вибір найкоротшого шляху, планування перевезень і оптимізація графіків.

- Можливість роботи з великою кількістю точок і доставки, де враховуються не лише відстані, але й обмеження, такі як обсяг вантажу чи час доставки.

- Підтримка різних мов програмування, зокрема Python, що дозволяє легко інтегрувати інструмент в існуючі логістичні системи.

Застосування:

- Пошук найкоротших або найефективніших маршрутів для перевезення товарів між різними пунктами доставки.
- Оптимізація кількості перевізників або маршрутів для зменшення витрат.
- Моделювання складних логістичних сценаріїв з різними обмеженнями.

2. Генетичний алгоритм: Це метод, що базується на еволюційних принципах, зокрема на принципах природного відбору та мутацій. У програмі генетичний алгоритм також використовується для пошуку оптимального маршруту для одного транспортного засобу. Алгоритм генерує популяцію можливих маршрутів, оцінює їх за допомогою функції придатності (відстань), а потім за допомогою мутацій і схрещування покращує рішення.

Особливості:

- Призначені для знаходження наближених рішень для задач, де точні методи займають багато часу або є занадто складними.
- Ітераційний процес, що включає селекцію, кросовер (схрещування) та мутацію, що дозволяє поступово покращувати рішення.
- Можуть працювати з великими та складними даними, де інші методи можуть бути неефективними.

Застосування:

- Оптимізація маршруту для автотранспортних засобів, де є велика кількість точок доставки і складні обмеження.
- Пошук оптимальних рішень для задач з великими обсягами даних, де відстань чи час доставки варіюються залежно від різних факторів.

3.2. Моделювання процесів оптимізації логістики з використанням ШІ

Моделювання процесів оптимізації логістики з використанням ШІ включає кілька етапів, кожен з яких сприяє вдосконаленню логістичних процесів через

використання алгоритмів та інструментів ШІ. Розглянемо основні етапи цього процесу:

1. Збір та підготовка даних

На першому етапі необхідно зібрати всі доступні дані, які будуть використовуватись для побудови моделі. Для логістичних процесів це можуть бути:

- Дані про маршрути (відстань, час в дорозі).
- Інформація про стан доріг (затори, погодні умови).
- Дані про попит на товари, кількість замовлень і потреби клієнтів.
- Історичні дані про транспортування (час доставки, кількість вантажів, зупинки).

Зібрані дані потрібно підготувати до аналізу:

- Очистити від непотрібних або неповних даних.
- Нормалізувати числові значення.
- Кодувати категоріальні змінні (наприклад, за допомогою one-hot encoding).
- Розділити дані на тренувальні та тестові набори.

2. Вибір моделі для оптимізації

На основі задачі вибирається найбільш відповідний підхід ШІ:

• **Google OR-Tools:** Це потужний набір інструментів для вирішення складних задач оптимізації, зокрема задач маршрутизації, де необхідно враховувати обмеження, такі як відстань та час доставки. У програмі було реалізовано використання цієї бібліотеки для оптимізації маршрутів вантажівок, де кожен транспортний засіб є агентом, що має свої обмеження, наприклад, вантажопідйомність або максимальний час роботи.

Оскільки задача оптимізації стосується кількох точок доставки, OR-Tools дозволяє знаходити найбільш ефективні маршрути для вантажівок, уникаючи заторів та враховуючи реальний стан доріг.

- **Генетичний алгоритм:** Для пошуку глобального оптимуму в задачах маршрутизації, де є велика кількість можливих варіантів, був використаний генетичний алгоритм. Цей підхід дозволяє імітувати процес еволюції, де кожен індивідуум представляє собою можливий маршрут, а з популяції найкращих рішень формується наступне покоління. Генетичний алгоритм має високу ефективність при великих обсягах даних і складних задачах.

Генетичний алгоритм використовує оператори схрещування та мутації для генерування нових кандидатів на оптимальні маршрути, що дозволяє значно зменшити час обчислень і підвищити точність результату.

Вибір моделі залежить від конкретної задачі. Наприклад, для оптимізації маршрутів можна використовувати моделі навчання з підкріпленням (RL), а для прогнозування часу доставки — нейронні мережі.

3. Розробка моделі

На етапі розробки моделі створюється система, яка вирішує поставлену задачу оптимізації логістичних процесів. У нашому випадку ми використовуємо два основних підходи: навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL) для динамічного прийняття рішень в реальному часі та нейронні мережі для прогнозування параметрів, таких як час доставки і ефективність маршрутів. Для цього використовуються різні типи моделей:

- Для навчання з підкріпленням створюється агент, який вчиться приймати оптимальні рішення на основі нагород і покарань.
- Для нейронних мереж створюється архітектура мережі, яка може включати в себе кілька шарів для обробки даних, що дозволяють моделювати складні взаємозв'язки між змінними.

На цьому етапі визначаються:

- **Архітектура моделі** (наприклад, кількість шарів та нейронів у нейронній мережі).
- **Функція втрат** (для оптимізації моделі, наприклад, mean squared error для регресії).

- **Оптимізатор** (наприклад, Adam, SGD) для покращення навчання.

4. Навчання моделі

Після розробки моделі наступним кроком є її навчання на тренувальних даних. Цей процес включає:

- Ітераційне навчання моделі на основі тренувальних даних.
- Налаштування гіперпараметрів, таких як швидкість навчання (learning rate), кількість епох (epochs), розмір пакета (batch size).
- Моніторинг ефективності моделі за допомогою метрик, таких як точність, втрати (loss), коефіцієнт детермінації (R^2) та інші.

5. Функція втрат і оптимізатор

Функція оцінки: Для оптимізації вашого маршруту ви використовуєте функцію оцінки, яка розраховує загальну відстань для конкретного маршруту. Ця функція допомагає порівнювати різні маршрути та вибрати той, який мінімізує сумарну відстань між точками. У разі генетичного алгоритму це є частиною функції "fitness", яка визначає "якість" кожного індивіда в популяції.

- Алгоритм оптимізації: У вашому коді використовуються два підходи до оптимізації:

- OR-Tools
- Генетичний алгоритм

6. Навчання моделі

Після визначення архітектури моделі і функцій втрат, модель навчається на тренувальних даних. Під час навчання ми використовуємо:

Тренувальний набір даних для навчання моделі.

Тестовий набір для перевірки точності прогнозів.

Кілька епох для покращення результатів, при цьому кожен етап навчання допомагає зменшити помилку моделі на основі отриманих результатів.

3.3. Аналіз результатів оптимізації логістичних процесів за допомогою III

У цьому розділі проведено аналіз результатів оптимізації логістичних процесів за допомогою штучного інтелекту. Для порівняння застосовуваних методів були використані дві основні стратегії: оптимізація за допомогою OR-Tools та генетичний алгоритм. Обидва підходи демонструють свої сильні сторони в різних умовах і дозволяють знаходити найбільш ефективні маршрути для доставки товарів.

Оптимізація за допомогою OR-Tools

OR-Tools — це бібліотека оптимізації, яка використовує передові методи для вирішення задач оптимізації, таких як задача подорожуючого продавця. У цьому підході було застосовано алгоритм пошуку оптимального маршруту для 15 та 50 міст. Результати показали, що OR-Tools забезпечує коротший маршрут і меншу загальну відстань, що є критично важливим для зниження витрат на транспортування. Перевагою цього методу є його швидкість і точність, що дозволяє ефективно вирішувати задачі в реальних умовах.

Оптимізація за допомогою генетичного алгоритму

Генетичний алгоритм використовує принципи еволюції для пошуку наближеного оптимального рішення. Він ґрунтується на ідеях природного відбору і мутацій, що дозволяє моделювати еволюційний процес і знаходити рішення для складних логістичних задач. Хоча цей підхід також показує добрі результати, генетичний алгоритм може бути менш точним порівняно з OR-Tools, особливо при великих обсягах даних, таких як 50 міст. Однак його гнучкість і здатність знаходити наближене оптимальне рішення є його основними перевагами.

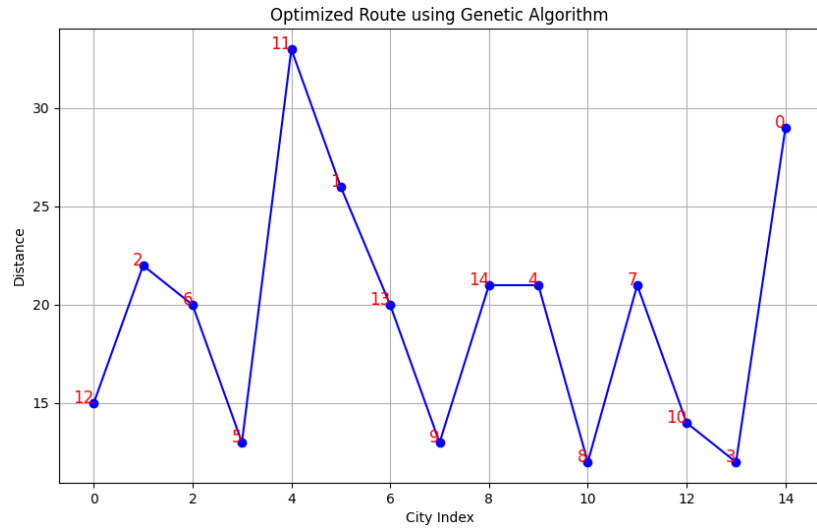


Рис. 3.1. Оптимізація за допомогою генетичного алгоритму (15 міст)

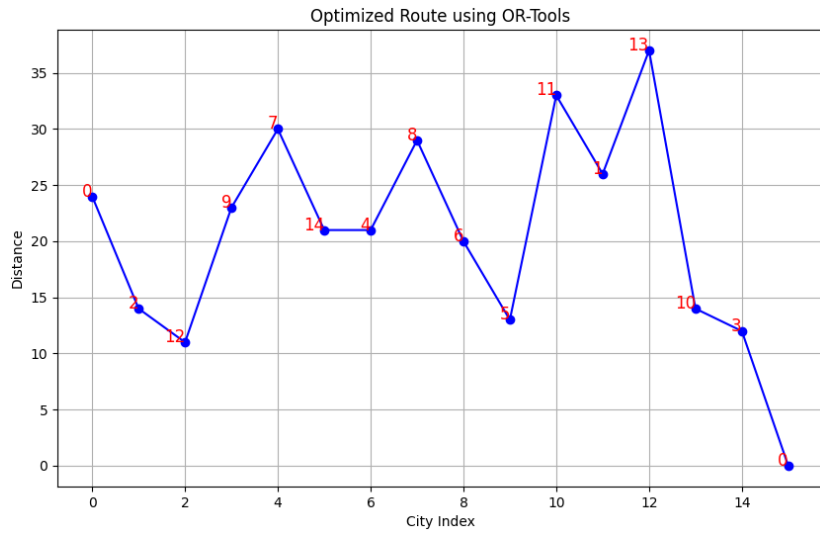


Рис. 3.2. Оптимізація за допомогою OR алгоритму (15 міст)

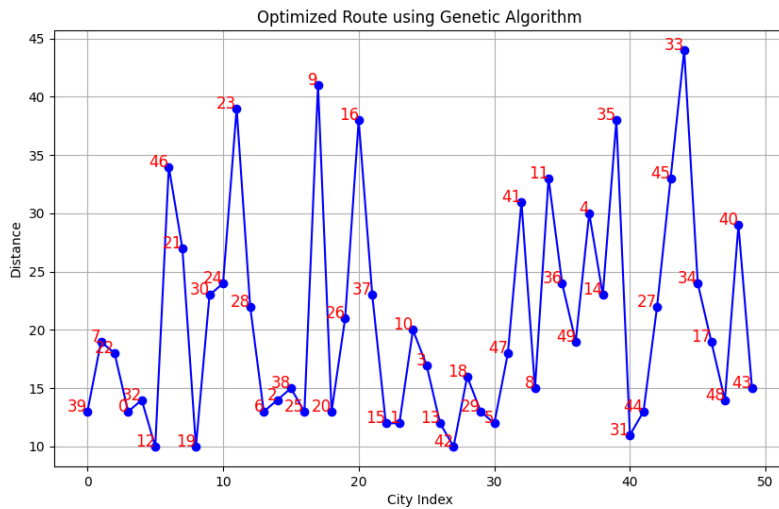


Рис. 3.3. Оптимізація за допомогою генетичного алгоритму (50 міст)

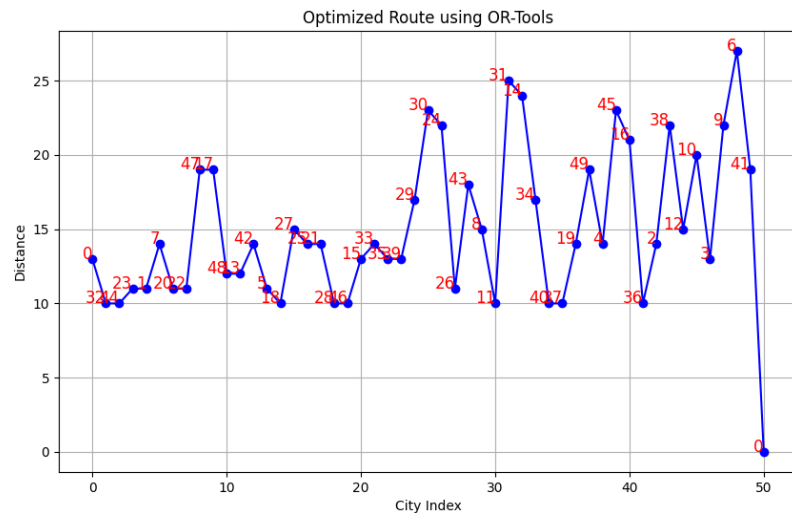


Рис. 3.4. Оптимізація за допомогою OR алгоритму (50 міст)

Таблиця 3.1. Порівняння результатів знаходження оптимального шляху за допомогою генетичного та OR алгоритму

Метод оптимізації	Кількість міст	Загальна відстань	Переваги	Недоліки
1.	2.	3.	4.	5.
Генетичний алгоритм	15	292	Хороші результати для невеликої кількості міст	Може бути менш точним при великій кількості міст
OR-Tools	15	328	Швидкий і точний, ефективний для більшої кількості міст	Менш ефективний при малих кількостях міст
Генетичний алгоритм	50	1036	Гнучкий підхід, здатний знаходити наближені оптимальні рішення	Повільніший, менш точний при великих обсягах даних
OR-Tools	50	759	Швидкий, точний, ефективний для великих обсягів даних	Може бути менш гнучким у порівнянні з генетичним алгоритмом

Порівняння результатів

На основі отриманих результатів, OR-Tools продемонстрував себе кращим за генетичний алгоритм для більших обсягів даних (наприклад, 50 міст), зокрема через значно нижчу загальну відстань для маршруту (759 проти 1036), що є важливим для великих підприємств з розгалуженими логістичними мережами.

Переваги оптимізації маршрутів за допомогою алгоритмів, таких як OR-Tools, в контексті зменшення відстані транспортування є значними для підприємств у сфері логістики. Оптимізація маршрутів дозволяє скоротити загальну кількість пройдених кілометрів для всіх вантажівок, що безпосередньо впливає на зниження витрат на паливе, знос транспорту та час доставки.

Першою очевидною перевагою є зменшення загальної відстані, яку проходять транспортні засоби. Це досягається шляхом ефективного розподілу вантажів і вибору найкоротших та найбільш економічних маршрутів. Наприклад, за допомогою алгоритму OR-Tools можна зменшити загальну відстань на 20% в порівнянні з традиційними методами планування маршрутів. Якщо до впровадження оптимізації підприємство проходило приблизно 5000 км на день для доставки товарів, то після оптимізації цей показник може зменшитися до 4000 км за один цикл.

Крім того, оптимізація дозволяє уникнути порожніх рейсів або зайвих відступів, що часто трапляються при неефективному плануванні. Завдяки цьому транспортні засоби використовуються на повну потужність, що зменшує кількість кілометрів, які проїжджають без вантажу, тим самим економлячи ресурси.

Також важливою перевагою є можливість забезпечення більш рівномірного розподілу навантаження серед транспортних засобів, що дозволяє уникнути ситуацій, коли деякі вантажівки роблять великі відстані з маленьким вантажем, а інші — не використовуються в повному обсязі.

Таким чином, використання алгоритмів оптимізації для зменшення відстані транспортування дозволяє підприємствам знизити витрати на паливе,

зменшити знос транспорту, скоротити час доставки та підвищити ефективність загальної логістичної системи.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження, присвяченого процесам оптимізації логістичних операцій на підприємствах торгівлі з використанням технологій штучного інтелекту, було проведено детальний аналіз існуючих підходів до управління логістикою та вивчено можливості інтеграції ІІІ для підвищення ефективності.

Перед розробкою практичної частини роботи було проведено глибокий аналіз основних логістичних процесів, таких як управління запасами, маршрутизація доставок, автоматизація складських процесів та прогнозування попиту. Було визначено основні проблеми, з якими стикаються підприємства, а також можливі напрямки для оптимізації за допомогою технологій ІІІ.

Паралельно були досліджені існуючі рішення та інструменти, які використовуються для вирішення подібних завдань в логістиці. Після введення базової функціональності до програми було проведено аналіз результатів та порівнянь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kustrich, L. (2020), "Logistic innovations as the basis of enterprise management", *ekonomika ta derzhava*, vol. 2, pp. 10–14. Doi: 10.32702/2306-6806.2020.2.10
2. Савицький, Е. (2023). Вплив оптимізації логістичних процесів на ефективність комерційної діяльності підприємства. *Економіка та суспільство*, (52). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-52-47>
3. Ковбатюк, Г. О. (2023). Роль інформаційних технологій та інновацій в управлінні зовнішньоторговельною діяльністю підприємств. *Economic synergy*, (4), 128–146. <https://doi.org/10.53920/es-2023-4-9>
4. Чумаченко, О., & Нескородько, О. (2023). Прогнозування попиту у контексті оптимізації запасів підприємства. *Вчені записки університету «крюк»*, (4(72)), 29–38. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2023-72-29-38>
5. Андрейшина, Н.Б. (2013). Концептуальний підхід щодо прогнозування попиту. *Бізнес-інформ*, 6, 120-124. Доступ через: https://www.business-inform.net/pdf/2013/6_0/120_124.pdf
6. Jin, X., Xu, C., Feng, J., Wei, Y., Xiong, J., & Yan, S. (2016). Deep learning with s-shaped rectified linear activation units. *Proceedings of the aaai conference on artificial intelligence*, 30(1). <https://doi.org/10.1609/aaai.v30i1.10287>
7. *Neural computing and applications* (2020). – <http://link.springer.com/10.1007/s00521-020-04780-3> /.
8. Montavon, G., Samek, W., & Müller, K. R. (2018, february 1). Methods for interpreting and understanding deep neural networks. *Digital signal processing: a review journal*. Elsevier inc. – <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2017.10.011>
9. Berestenko, V., & Onyshchenko, S. (2022). Structure and characteristics of the multimodal delivery from the standpoint of digitalization. *Transport development*, (4(11)), 82-93. <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.08>
10. Пасічник, Д. Р., & Слюніна, Т. Л. (2023). Впровадження новітніх інформаційних систем для управління запасами на сільськогосподарських підприємствах. *Науковий вісник львівського державного університету внутрішніх справ (серія економічна)*, (1), 55–61. <https://doi.org/10.32782/2311-844x/2023-1-8>
11. Ізмайлов, Я. О., & Свірко, С. В. (2021). Удосконалення методичних аспектів обліку, аналізу та контролю запасів підприємств. *Економіка, управління та адміністрування*, (1(95)), 39–44. [https://doi.org/10.26642/ema-2021-1\(95\)-39-44](https://doi.org/10.26642/ema-2021-1(95)-39-44)
12. Башлай, С., & Яремко, І. (2023). Цифровізація економіки України в умовах євроінтеграційних процесів. *Економіка та суспільство*, (48). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-48>
13. Іванова, Н. В. (2023). Інноваційний розвиток логістичного обслуговування: стратегічні пріоритети та інструменти реалізації. *Economic synergy*, (2), 177–192. <https://doi.org/10.53920/es-2023-2-13>

14. Кушнір, Л., & Яковлева, О. (2022). Основні тенденції розвитку інноваційних технологій у транспортно-логістичній сфері. *Економіка та суспільство*, (42). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-73>
15. DHL logistics trend radar. 2020 p. Url: <https://logist.fm/news/innovaciyniy-centr-dhl-nazvav-29-tendenciy-maybutnogo-svitovoyi-logistiki>
16. Tomashko, A. (2023). Principles of modeling the logistics complex system using machine learning. *Computer-integrated technologies: education, science, production*, (51), 94-100. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-51-12>
17. Navarangi, Dr. Phanrajit, management models of leadership and knowledge in agile organization: the case of dhl logistics (september 10, 2018). Available at [ssrn: https://ssrn.com/abstract=3246787](https://ssrn.com/abstract=3246787) or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3246787>
18. Штик, Ю., Семенова, Д., & Ковальська, К. (2023). Цифровізація бізнес-процесів екоорієтованих підприємств в умовах сталого розвитку. *Підприємництво та інновації*, (28), 70-73. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/28.11>
19. Сватюк, О. (2023). Цифровізація та штучний інтелект для організування праці менеджерів виробничого підприємства. *Modeling the development of the economic systems*, (4), 14–22. <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-10-2>
20. Bilyk, I., & Lavryk, K. (2023). Use of artificial intelligence in parenting: perspectives, advantages and disadvantages. *The actual problems of regional economy development*, 1(19), 109–115. <https://doi.org/10.15330/apred.1.19.109-115>
21. Shymanska, V., Mosiychuk, I., & Mykhaliuk, S. (2023). Artificial intelligence and the digital economy: trends, forecasts and perspectives. *Herald of kyiv institute of business and technology*, 49(1-2), 110-122. <https://doi.org/10.37203/kibit.2023.49.10>
22. *Економіка і бізнес : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. Суми : Університетська книга, 2021. 316 с.* <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83721>
23. *Економіка та бізнес-інновації: підручник / за ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника, д.е.н., проф. О. І. Карінцевої. – Суми : Університетська книга, 2023. – 702 с.* <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91523>
24. *Економіка розвитку: європейський досвід упровадження досягнень Industries 3.0, 4.0 та 5.0. : навч. посіб. / за ред. Л. Г. Мельника, Ю. М. Завдов'євої. Суми : Університетська книга, 2022. 608 с.* <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91525>
25. Завражний К., Кулик А. Аналіз моделі діяльності компанії як основа для успішної цифрової трансформації та сталого розвитку. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки»*. 2024. №1(111). С. 12-18. DOI: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2024-1-2> <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/94966>

26. Карінцева О. І., Тарасенко С. В., Розгон Ю. В. Інноваційний вектор реструктуризації міжнародного бізнесу у світлі Індустрії 4.0. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: «Економіка і менеджмент». 2024. № 59. С. 15-25. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/96456>
27. Карінцева, О. І., Литвиненко, С. М., Харченко, М. О., Ібрагім, Х. Ж., Дейнека, А. В., Чорток, М. В. (2023). Розвиток креативної економіки як провідний напрям цифрових трансформацій: досвід Європи та практика України. Підприємництво і торгівля, (37), 27-40. <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2023-37-03> <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/93539>
28. Карінцева, О., Кубатко, О., Любчак, В., Вороненко, В., Барченко, Н., & Мартинова, Н. Реструктуризація національного господарства до моделі цифрової економіки: доступ до інтернету. Економіка та суспільство, (66). 2024. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-126>. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97169>
29. Кубатко О., Озімс С., Вороненко В. Вплив штучного інтелекту на прийняття бізнес-рішень. Mechanism of an Economic Regulation. 2024. № 1(103). С. 17-23. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/94995>
30. Кубатко, О., Вороненко, В., Дяденко, О. (2024). Цифрові трансформації для безпеки персоналу підприємства в умовах надзвичайних ситуацій. Mechanism of an Economic Regulation, 2(104), 46-53. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/96769>
31. Мельник Л. (2021) Сучасні тренди економічного розвитку: Досвід ЄС та практика України: підручник / за ред. Л. Г. Мельника. Суми: ПФ «Видавництво “Університетська книга”», 2021. 432 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89235>
32. Мельник Л., Карінцева О., Калініченко Л., Розгон Ю., Чорток М. Цифрові репутаційні перспективи України як фактор євроінтеграції в умовах інноваційної економіки. Економіка та суспільство, (52). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-52-78> ISSN 2524-0072 <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/93535>
33. Мельник Л.Г., Бурлакова І.М. Ключові засади формування соціальної солідарної економіки. Практики соціальної солідарної економіки: європейський досвід для сталого розвитку України: монографія / за ред. д-рки екон. наук, проф. І. М. Сотник. Суми: Сумський державний університет, 2024. С. 10-23. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97244>
34. Мельник Л.Г., Бурлакова І.М. Форми соціальної солідарної економіки. Практики соціальної солідарної економіки: європейський досвід для сталого розвитку України: монографія / за ред. д-рки екон. наук, проф. І. М. Сотник. Суми: Сумський державний університет, 2024. С. 24-34. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97244>
35. Мельник, Л., Вороненко, В., Розгон, Ю., Ковальов, Б., Мазін, Ю. (2024). Вплив інтелектуального капіталу та штучного інтелекту на цифрові трансформації. Управління змінами та інновації, (9), 36-43. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95156>

36. Мельник, Л., Карінцева, О., Калініченко, Л., Харченко, М., & Тарасенко, С. (2024). Цифрова трансформація бізнес-процесів в Україні: кращі практики вітчизняного бізнесу та сучасні виклики. Механізм регулювання економіки, (2 (104), 54-60. <https://doi.org/10.32782/mer.2024.104.07>
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95813>

37. Мельник, Л., Ковальов, Б. (2020). Проривні технології в економіці і бізнесі (Досвід ЄС та практика України у світлі III, IV, і V промислових революцій. Сумський державний університет, с. 180.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/79621>

38. Практики соціальної солідарної економіки: європейський досвід для сталого розвитку України : монографія / за заг. ред. д-рки екон. наук, проф. І. М. Сотник. Суми: Сумський державний університет, 2024. ISBN 978-966-657-986-0. 137 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97244>

39. Сотник І. (2018) Підприємництво, торгівля та біржова діяльність / І. Сотник, Л. Таранюк. – Суми: Університетська книга, 2018. – 572 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80114>

40. Сотник І. М. Соціальна та солідарна економіка: електронний навчальний посібник. Суми: СумДУ, 2022. 247 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/88469>

41. Сучасні тренди економічного розвитку. Книга 1: Трансформації економічних систем: досвід ЄС в реалізації Industries 3.0, 4.0, 5.0: навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника. Суми: Університетська книга, 2022. 608 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91526>

42. Сучасні тренди економічного розвитку. Книга 2: Кращі практики ЄС для сестейнового розвитку : навч. посіб. / за ред. Л. Г. Мельника, Ю. М. Завдов'євої. Суми : Університетська книга, 2022. 608 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91527>

43. Kovalov, B., Karintseva, O., Kharchenko, M., Khymchenko, Y., & Tarasov, V. (2023). Methods of evaluating digitization and digital transformation of business and economy: the experience of OECD and EU countries. Економіка розвитку систем, 5(1), 18-25. <https://doi.org/10.32782/2707-8019/2023-1-3>
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91585>

44. Kubatko O., Ozims S., Voronenko V., Konovalenko I. Artificial intelligence for business efficiency and civil defence fostering. Economic Scope. 2024. № 190, с. 141-147. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95127>

45. Melnyk L., Matsenko O., Kalinichenko L., Holub A., Sotnyk I. Instruments for ensuring the phase transition of economic systems to management based on Industries 3.0, 4.0, 5.0. Mechanism of Economic Regulation. 2023. No. 1. P. 34-40.
<https://doi.org/10.32782/mer.2023.99.06>.

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/91226>

46. Melnyk, L., Sommer, H., Kubatko, O., Rabe, M., Fedyna, S. The economic and social drivers of renewable energy development in OECD countries // Problems and Perspectives in Management, 2020, 18(4), стр. 37–48

[http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18\(4\).2020.04](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18(4).2020.04)

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/82719>

47. Nikulina M., Sotnyk I., Derykolenko O., Starodub I. Unemployment in Ukraine's economy: COVID-19, war and digitalization. Mechanism of Economic Regulation. 2022. No. 1-2 (95-96). P. 25-32. DOI: <https://doi.org/10.32782/mer.2022.95-96.04>.

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89630>

48. Sotnyk I., Voronenko V., Maslii M., Nikulina M., Xing L. How digital transformation of the economy can improve employment in Ukraine. Kyiv Economic Scientific Journal. 2023. No. 1. P. 76-85. <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2023-1-10> <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/92320>

49. Tarasenko S., Karintseva O., Slabko T. Analysis of AI policy in Ukraine: normative impact on the restructuring of the economy // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. 2024. Вип. 2 (132). С. 37-44. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/96436>

50. Tu Yu-Xia, Kubatko O., Karintseva O., Piven V. Decarbonisation drivers and climate change concerns of developed economies // International Journal of Environment and Pollution. 2021. 69. С. 112-129. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijep.2021.125194>.

<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEP.2021.125194>

51. Tuliakova, A., Karintseva, O., & Tarasenko, S. (2024). Dynamic capabilities as a success-factor of the long-term business alliance: the case of siemens and atos. Entrepreneurship and Innovation, (32), 105-111. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/32.16>.

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/96845>

52. Voronenko V., Kovalov B., Kharchenko M., Hrytsenko P., Omelyanenko V. The Development of the digital transformation of socio-economic and ecological systems. International Journal of Ecology & Development. 2024. Vol. 39. No. 1. P. 1-10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10839944>

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95121>

53. Zavrazhnyi, K., Kulyk, A., Voronenko, V., Sokolov, M., & Antunes de Abreu, O. (2024). Formation of strategic directions for the use of artificial intelligence in the enterprise to achieve the goals of sustainable development. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 5(58), 470–483. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97179>