

Полосьмак М. О.
студентка кафедри міжнародного бізнесу та логістики,
ORCID: 0009-0000-8064-3636

Омельченко А. І.
канд. екон. наук,
доцент кафедри менеджменту підприємств
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0001-9376-7566

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ (LAST MILE DELIVERY)

Сучасний логістичний ринок характеризується високим рівнем конкуренції, де ключовими факторами конкурентоспроможності виступають швидкість, точність та вартість доставки. Найбільш критичною складовою ланцюга постачання залишається «остання миля» (last mile delivery) — завершальний етап доставки вантажу кінцевому споживачеві, що формує значну частку загальних логістичних витрат та безпосередньо впливає на рівень задоволеності клієнтів. Зростання складності транспортних мереж та динамічність зовнішнього середовища зумовлюють обмежену ефективність традиційних детермінованих методів маршрутизації, що актуалізує впровадження технологій штучного інтелекту.

Використання інтелектуальних алгоритмів забезпечує оперативну обробку великих масивів даних, ідентифікацію потенційних ризиків та формування адаптивних маршрутів у режимі реального часу. Такий підхід сприяє не лише оптимізації операційної ефективності, але й підвищенню прозорості та передбачуваності функціонування автоматизованих логістичних систем [1]. Отже, дослідження методів інтелектуальної маршрутизації є важливим напрямом цифрової трансформації сучасного бізнес-середовища.

Ключовою перевагою сучасних систем штучного інтелекту є здатність до інтегрованої обробки гетерогенних даних у режимі реального часу та формування адаптивних маршрутних рішень. Алгоритми ШІ аналізують комплексні інформаційні потоки, що охоплюють стан дорожньої інфраструктури, інтенсивність транспортного руху, погодні умови, параметри логістичної мережі та індивідуалізовані вимоги клієнтів [2]. Крім того, вони забезпечують безперервний моніторинг логістичних активів, включаючи відстеження переміщення транспортних засобів, контроль стану вантажів і умов їх транспортування. На відміну від традиційних підходів, які базуються на статичних або історичних даних і не враховують оперативні зміни середовища, інтелектуальні системи забезпечують динамічну адаптацію маршрутів відповідно до поточної ситуації [2]. Це дозволяє підвищити точність планування, мінімізувати операційні витрати та знизити рівень логістичних ризиків.

Для вирішення задачі маршрутизації транспортних засобів у контексті last mile delivery застосовується широкий спектр алгоритмічних підходів, що умовно можна поділити на евристичні, метаевристичні та методи, засновані на машинному навчанні. До найпоширеніших належать генетичні алгоритми, еволюційні та інші метаевристичні методи, підходи на основі геоінформаційних систем, а також моделі машинного навчання, що враховують історичні та контекстні дані для прогнозування оптимальних маршрутів.

Ефективність вирішення задачі значно зростає при використанні гібридних моделей, які поєднують, зокрема, метаевристичні алгоритми (наприклад, генетичні) з методами машинного навчання для підвищення якості прийняття рішень та скорочення простору пошуку. Така інтеграція дозволяє одночасно забезпечити глобальну оптимізацію маршруту та адаптацію до динамічних змін середовища. Вибір конкретного підходу визначається складністю задачі, обмеженнями щодо часових вікон доставки, розміром транспортної мережі та доступними обчислювальними ресурсами [2].

Адаптивність алгоритмів штучного інтелекту до непередбачуваних змін операційного середовища є одним із ключових чинників їхньої практичної ефективності. Сучасні ШІ-системи здатні безперервно оновлювати моделі на основі нових даних, виявляючи приховані закономірності в транспортних потоках, які можуть бути недоступними для традиційного аналізу.

Наприклад, у випадку регулярного виникнення затримок на певних ділянках маршруту через затори або інші зовнішні фактори, система фіксує ці патерни та коригує маршрутні рішення шляхом формування альтернативних траєкторій. Такий підхід базується на принципах навчання з підкріпленням та онлайн-навчання, що забезпечує поступове підвищення якості прийняття рішень у змінному середовищі [3].

Додатковою перевагою ШІ-систем у логістиці «останньої милі» є зниження впливу суб'єктивного людського фактора на процес прийняття рішень. На відміну від людини, такі системи не мають

обмежень, пов'язаних із втомою, емоційним станом або когнітивним навантаженням, що забезпечує стабільність та відтворюваність результатів [3]. Це особливо важливо при управлінні масштабними транспортними парками та великою кількістю точок доставки, де необхідна висока точність і оперативність коригування маршрутів.

Економічний ефект від впровадження алгоритмів штучного інтелекту в задачі маршрутизації є емпірично підтвердженим. Згідно з дослідженнями McKinsey, компанії, які інтегрували ШІ-рішення у логістичні процеси, досягають скорочення операційних витрат до 15% та зменшення середнього часу доставки приблизно на 20%. Додатково, завдяки оптимізації маршрутів та зменшенню непродуктивних пробігів, спостерігається скорочення витрат на паливо на рівні 10–15%, що безпосередньо підвищує рентабельність логістичних операцій. Побічними ефектами є зменшення зношення транспортних засобів та зниження екологічного навантаження [3].

Практична реалізація системи оптимізації маршрутів на основі ШІ потребує поетапного та інтегрованого підходу до побудови цифрової логістичної інфраструктури. На першому етапі здійснюється формування та інтеграція багатоджерельних даних, що охоплюють дорожню інфраструктуру, трафік, геолокацію точок доставки та операційні обмеження. Далі формується математична модель задачі маршрутизації з урахуванням багатокритеріальних обмежень, таких як часові вікна, вантажопідйомність та умови руху.

Наступним етапом є розробка та налаштування алгоритмів оптимізації маршрутів, які можуть поєднувати методи машинного навчання та метаевристичні підходи. Завершальним етапом виступає інтеграція розробленого рішення з існуючими інформаційними системами підприємства, зокрема системами управління перевезеннями (TMS), GPS-моніторингу та управління запасами. Комплексна реалізація зазначених етапів є критичною умовою досягнення прогнозованого економічного ефекту та стабільної продуктивності системи [2].

Поєднання алгоритмів штучного інтелекту з методами прогнозування попиту створює передумови для реалізації проактивного підходу до планування маршрутів доставки. Системи ШІ, використовуючи історичні дані, сезонні коливання та поведінкові патерни споживання, здатні формувати прогнози попиту на рівні товарних категорій або окремих позицій (SKU). За даними Gartner, застосування ШІ-алгоритмів у прогнозуванні попиту дозволяє підвищити точність планування до 85%, що забезпечує більш ефективне управління логістичними ресурсами [3]. Це, у свою чергу, дає змогу завчасно формувати оптимальні зони доставки та зменшувати частку непродуктивних перевезень.

Таким чином, алгоритми штучного інтелекту трансформують підхід до організації доставки «останньої милі», переводячи його з реактивної та статичної моделі до динамічної, data-driven системи управління. Завдяки здатності аналізувати в режимі реального часу такі фактори, як транспортні затори, часові вікна доставки, поведінка клієнтів та операційні обмеження, ШІ забезпечує формування оптимізованих маршрутів, що мінімізують непродуктивні пробіги та підвищують ефективність використання транспортних засобів. Це дозволяє одночасно підвищувати рівень сервісу та знижувати операційні витрати, забезпечуючи баланс між швидкістю, вартістю та якістю доставки.

Узагальнюючи, впровадження алгоритмів штучного інтелекту в задачі маршрутизації last mile delivery є науково обґрунтованим і практично доцільним напрямом розвитку сучасних логістичних систем. Його реалізація сприяє формуванню більш стійкої та адаптивної логістичної інфраструктури. Подальші дослідження доцільно зосередити на розробці гібридних моделей маршрутизації, що поєднують методи глибокого навчання з класичними детермінованими оптимізаційними алгоритмами в умовах реальних міських транспортних мереж.

Список використаних джерел:

1. Гришанович Т. О., Чеснюк Ю. М. Проектування та розробка інформаційної системи організації вантажних перевезень з інтелектуальною оптимізацією маршрутів і завантажень. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО. 2026. № 62. С. 374–384. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2026-62-42> (дата звернення: 10.04.2026).
2. UTEC Logistics. Використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутних перевезень з Китаю. – 2023. URL: <https://utec.ua/blog/vikoristannya-shtuchnogo-intelektu-dlya-optimizatsiyi-marshrutnih-perevezen-z-kitayu> (дата звернення: 10.04.2026).
3. Штучний інтелект у транспортній логістиці: автоматизація без збоїв | Blog 6 Weeks Marketing. 6 Weeks Marketing | SEO-promotion to increase traffic and sales. URL: <https://6weeks.marketing/ua/yak-vykorystaty-ai-dlia-optimizatsii-lohistyky/> (дата звернення: 10.04.2026).