

УДК 656.07

**ІНТЕГРАЦІЯ ІoT ТА AI В АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ
МОНІТОРИНГУ І ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ВАНТАЖІВ ЯК ЗАСІБ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАВОК**

Холоденко В.О. – гр. БКІ-21, студент, hlodon123@gmail.com

Романюк Є.О. – к.т.н., доц., romanyuk.yo@knutd.edu.ua

Демішонкова С.А. – к.т.н., доцент, demishonkova.sa@knutd.edu.ua

Київський національний університет технологій та дизайну

Метою роботи є розробка автоматизованої системи моніторингу та відстеження вантажоперевезень з використанням сучасних інформаційних технологій. У сучасних умовах логістичні процеси потребують високої точності, оперативності та ефективного керування транспортними ресурсами. Використання технологій Інтернету речей (IoT), GPS-моніторингу та обробки великих даних дозволяє значно підвищити якість логістичного обслуговування, оптимізувати маршрути транспортування та забезпечити безперервний контроль за вантажем. Запропонована система включає програмно-апаратний комплекс, що складається з мікроконтролера, GPS-модуля, GSM-зв'язку та хмарного сервера для збору й аналізу даних.

Сучасні системи автоматизованого моніторингу та відстеження вантажоперевезень зазнали суттєвого розвитку завдяки впровадженню ключових цифрових технологій, зокрема Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), технологій обробки великих даних (Big Data), блокчейну та хмарних обчислень. Інтеграція зазначених рішень забезпечує нову парадигму в управлінні логістичними процесами, орієнтовану на підвищення ефективності, точності та безпеки ланцюга постачання. Архітектура такої системи ґрунтується на ієрархічному поєднанні технологічних рівнів, кожен з яких виконує специфічну функцію у межах загального процесу моніторингу вантажів (рис.1) [1].

На первинному рівні дані генеруються безпосередньо з об'єкта контролю, яким виступає вантаж або транспортний засіб. Встановлені IoT-пристрої – GPS-трекери, RFID-мітки, сенсори температури, вологості, вібрацій – здійснюють безперервний збір інформації про місцезнаходження, стан та умови транспортування вантажу. Зібрані дані передаються через IoT-шлюзи до хмарних сховищ за допомогою мобільних мереж 4G/5G або LPWAN-з'єднань. Попередньо вони агрегуються, фільтруються та стискаються для зниження затримок та оптимізації передачі у режимі реального часу.

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS TA SMART-СИСТЕМИ

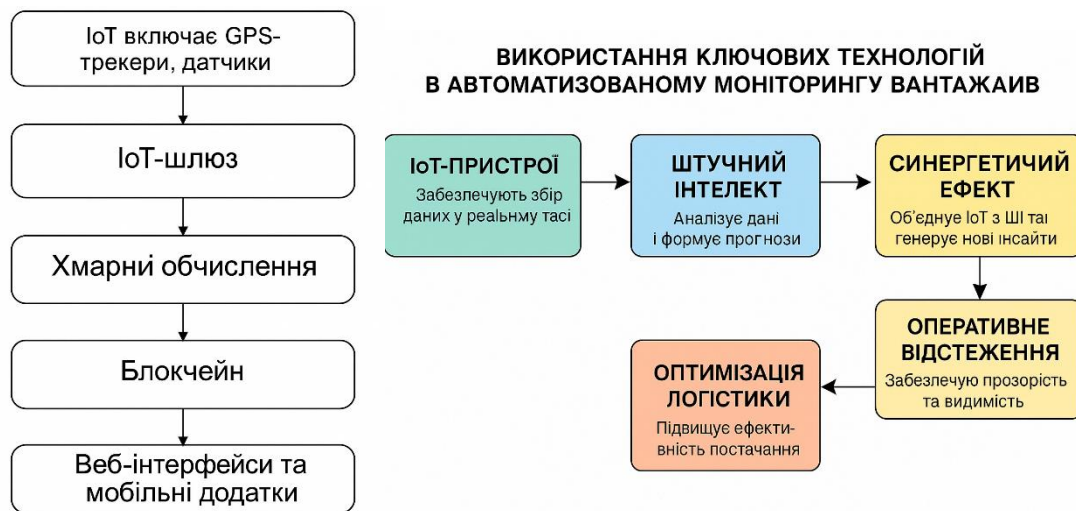


Рисунок – Архітектура системи автоматизованого моніторингу та відстеження вантажоперевезень

Обробка великих масивів інформації здійснюється на рівні хмарної інфраструктури, яка забезпечує масштабовану обробку даних, їхню збереженість та централізований доступ. У цьому середовищі реалізується взаємодія з системами штучного інтелекту. AI-модулі аналізують отримані дані, виявляють закономірності, прогнозують можливі порушення в ланцюгу доставки, оптимізують маршрути та забезпечують адаптивну логістику. Штучний інтелект виконує ключову функцію в обґрунтуванні управлінських рішень, забезпечуючи своєчасну реакцію на потенційні ризики. Синергія IoT та AI сприяє переходу від пасивного відстеження до проактивного управління вантажоперевезеннями [3].

З метою забезпечення прозорості, достовірності та захищеності даних у логістичному ланцюзі, інформація, отримана з IoT-пристроїв, паралельно записується у розподілену реєстрову систему на основі блокчейн-технологій. Це унеможливорює несанкціоноване редагування даних, формує довіру між усіма сторонами процесу – від відправника до кінцевого споживача – та підтримує валідацію інформації про вантаж на всіх етапах його переміщення.

Інформація, оброблена на попередніх рівнях, візуалізується на рівні користувача через веб-інтерфейси або мобільні додатки. Це забезпечує миттєвий доступ до даних у режимі 24/7, дозволяє здійснювати дистанційне управління перевезеннями, переглядати історію руху вантажів, отримувати попередження про позаштатні ситуації, що, у свою чергу, мінімізує затримки та зменшує втрати. Завдяки хмарній платформі аналітики мають змогу

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS TA SMART-СИСТЕМИ

відслідковувати ключові показники ефективності доставки, виявляти "вузькі місця" у ланцюзі постачання та здійснювати його стратегічну оптимізацію.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика ключових технологій в автоматизованому моніторингу вантажів

Технологія / Аспект	Опис впливу	Ефективність застосування	Перспективи розвитку	Доцільність впровадження	Коментарі / Особливості
IoT (Інтернет речей)	Збір даних у реальному часі з сенсорів, GPS, RFID	Зниження затримок на 30–50%, покращення відстеження	Висока – ринок IoT у логістиці стрімко зростає	Доцільно у всіх логістичних процесах	Потрібна стабільна мережа передачі даних
AI (Штучний інтелект)	Прогнозування маршрутів, затримок, попиту	Оптимізація маршрутів, зниження витрат до 20%	Висока – адаптивне навчання моделей	Доцільно для масштабних логістичних компаній	Необхідні обсяги даних для точних моделей
Edge Computing	Обробка даних біля джерела (на пристрої)	Менше затримок, швидша реакція	Перспективна в умовах нестабільного інтернету	Доцільно при використанні IoT	Знижує навантаження на хмари
5G	Швидка передача даних, стабільне з'єднання	Покращення взаємодії між пристроями	Стратегічно важлива для масштабного IoT	Доцільно при віддалених об'єктах	Залежить від національного покриття
Digital Twin	Віртуальна копія об'єкта або процесу	Висока точність симуляцій, управління в реальному часі	Інтенсивно впроваджується у великих компаніях	Доцільно в складних логістичних системах	Потребує великих обчислювальних ресурсів
Blockchain	Захист ланцюга постачання, перевірка транзакцій	Підвищення довіри, прозорості	Перспективна в системах з багатьма учасниками	Доцільно в міжнародній логістиці	Обмеження масштабованості, енергозатратність
Smart Sensors	Збір екологічних, механічних, географічних даних	Гнучкий контроль умов перевезення	Розширюється в агро- та фарма-логістиці	Висока доцільність для перевезення чутливих вантажів	Вимагають калібрування та обслуговування
Big Data Analytics	Аналіз історичних даних для покращення логістики	Глибока аналітика ефективності	Стратегічно важлива для глобальних мереж	Доцільно для середніх та великих логістичних компаній	Потребує якісного збору та зберігання даних

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS TA SMART-СИСТЕМИ

У сукупності зазначені технології формують надійну, масштабовану та адаптивну інфраструктуру, яка не лише підвищує надійність і швидкість доставки, а й дозволяє зменшити операційні витрати, забезпечити гнучке планування ресурсів, знизити викиди парникових газів за рахунок оптимізації маршрутів та мінімізації простоїв. Таким чином, автоматизовані системи моніторингу вантажоперевезень з використанням IoT, AI та суміжних цифрових технологій є важливим інструментом цифрової трансформації логістичних процесів, що відповідає викликам індустрії 5.0 та критеріям сталого розвитку [4].

Висновки. Таким чином, поєднання IoT та AI у сфері логістики відкриває нові можливості для побудови ефективних, адаптивних і сталих ланцюгів постачання. Попри виклики, потенціал цих технологій дозволяє трансформувати логістичні операції, забезпечуючи стратегічну перевагу підприємств у глобальному середовищі.

Л і т е р а т у р а

1. Міхеєв Ю.В., Литвиненко П.Л. Основи моніторингу транспортних систем. Навчальний посібник. Київ: КПІ, 2023. – 320 с.
2. Карпінський М . П., Боровий Я. А. GPS-моніторинг автотранспорту: теорія і практика. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 256 с.
3. Коваленко А.Є. Архітектура серверних додатків для IoT-систем // Вісник НТУУ "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. 2023. №68. С. 45-58.
4. Шевченко О.П. Мобільний зв'язок та IoT в сучасних системах моніторингу // Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2022. №3. С. 34-42.