

УДК 004.02

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-1>

Владислав БАГРІЙ

аспірант, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0009-0000-5159-9365

Марина ГРАФ

доктор філософії (Ph.D) з комп'ютерних наук, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0003-4873-548X

Scopus Author ID: 57202440773

Бібліографічний опис статті: Багрій, В., Граф, М. (2024). Аналіз існуючих методів та програмних засобів оптимізації логістичних процесів у вантажних перевезеннях. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-1>

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Стаття присвячена дослідженню методів та програмних засобів оптимізації логістичних процесів у галузі вантажних перевезень.

Метою роботи було дослідити сучасні методи оптимізації, що використовують інформаційних технологій, такі як: метод управління ланцюгом постачання (англ. supply chain management (SCM)), метод Трекінгу (англ. tracking and tracing), а також метод використання інтернету речей (англ. internet of things (IoT)).

Методологія аналізу і класифікації методів оптимізації полягає у детальному розгляді принципів їх роботи, переваг та недоліків, прикладів використання у конкретних сервісах. У статті розкрито концепцію використання SCM систем, історію виникнення, основне призначення, різницю між підсистеми Supply chain planning (SCP) та Supply chain execution (SCE), сучасну реалізацію цієї системи з використанням інформаційних технологій, та розглянуто роботу на конкретних сервісах. Описано метод трекінгу вантажу, його основні етапи, технічні реалізації, зокрема з використанням технології radio frequency identification (RFID), переваги використання таких систем у вантажних перевезеннях, а також на розглянуто принцип роботи на основі існуючих технологій і сервісів. Також був проведений аналіз метода використання технології Internet of things (IoT) у галузі вантажних перевезень, розглянуті можливі застосування, описані переваги цих технологій, а також на прикладі існуючих систем показана робота.

Наукова новизна отриманих у роботі результатів полягає у розробці зрозумілої і зручної системи класифікації сучасних методів оптимізації логістичних процесів, а також надання вичерпної інформації, з прикладами, для базового розуміння цих процесів. Отримані дані, можуть бути стати відправною точкою для подальших, поглиблених досліджень у сфері застосування інформаційних технологій у вантажних перевезеннях.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування цих методів може покращити наступні показники ефективності логістичних процесів як: швидкість виконання операцій, швидкість прийняття рішень, точність прогнозування ризиків і попиту, контрольованість і злагодженість дій усіх учасників перевезень, зменшення фінансових витрат. Дані методи оптимізації дозволяють покращити контроль над усіма етапами перевезень, вести моніторинг у реальному часі, що, в свою чергу, зменшить ризики виникнення форс-мажорних ситуацій у дорозі, а також дасть можливість якісніше збирати дані про рейс для більш якісного планування наступних поїздок.

Ключові слова: методи, програмні засоби, логістика, вантажні перевезення, інформаційні технології, інтернет речей (IoT), прийняття рішень.

Vladyslav BAHRII

Postgraduate, State University "Zhytomyr Polytechnic", 103, Chudnivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, vladbahrii@ukr.net

ORCID: 0009-0000-5159-9365

Marina GRAF

Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Computer Science, Head of the Department of Computer Science, State University "Zhytomyr Polytechnic", 103, Chudnivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, grafms@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4873-548X

Scopus Author ID: 57202440773

To cite this article: Bahrii, V., Graf, M. (2024). Analiz isnuichykh metodiv ta prohramnykh zasobiv optymizatsii lohistrychnykh protsesiv u vantazhnykh perevezenniakh [Analysis of existing methods and software tools for optimizing logistic processes in freight transportation]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-1>

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND SOFTWARE TOOLS FOR OPTIMIZING LOGISTIC PROCESSES IN FREIGHT TRANSPORTATION

This article is devoted to the study of methods and software tools for optimizing logistic processes in the field of freight transportation.

The goal of the research was to research modern methods that utilize information technology, such as supply chain management (SCM), tracking and tracing, and the use of the internet of things (IoT).

The methodology of analysis and classification of optimization methods consists in a detailed consideration of the principles of their operation, advantages and disadvantages, examples of use in specific services. The article reveals the concept of using SCM systems, their history, main purpose, the difference between Supply Chain Planning (SCP) and Supply Chain Execution (SCE) subsystems, the modern implementation of this system using information technology, and its operation on specific services. The method of cargo tracking, its main stages, technical implementations, particularly using radio frequency identification (RFID) technology, the advantages of using such systems in freight transportation, as well as the principle of operation based on existing technologies and services, are described. Additionally, an analysis of the use of the Internet of Things (IoT) technology in the field of freight transportation was conducted, possible applications are considered, the advantages of these technologies are described, and their operation is demonstrated using existing systems.

The scientific novelty of the results obtained in the work consists in the development of an understandable and convenient system of classification of modern methods of optimization of logistics processes, as well as the provision of comprehensive information, with examples, for a basic understanding of these processes. The obtained data can be a starting point for further, in-depth research in the field of application of information technologies in freight transportation.

Conclusions. As a result of the research, it has been established that the application of these methods can improve the following efficiency indicators of logistic processes: speed of operations, decision-making speed, accuracy of risk and demand forecasting, controllability and coordination of actions of all participants in transportation, and reduction of financial costs. These optimization methods allow for better control over all stages of transportation, real-time monitoring, which in turn, will reduce the risks of force majeure situations on the road, and also provide an opportunity to collect data about the trip more qualitatively for better planning of subsequent trips.

Key words: methods, software tools, logistics, freight transportation, information technology, internet of things (IoT), decision-making.

Актуальність проблеми. У сучасному світі вагому роль відіграють два процеси – глобалізація та диджиталізація. Наразі вони охоплюють майже кожну галузь діяльності людини. І однією з таких галузей є сучасна логістика, що є прямим наслідком глобалізації. Адже при збільшенні об'ємів товарообігу у світі, збільшенні кількості і складності способів доставки товарів, виникає потреба не просто доставити вантаж з точки А у точку Б, а зробити це максимально раціонально і доцільно. При збільшенні можливості однієї країни вести торгівлю майже з будь-якою іншою країною світу, почала з'являтися потреба оброблювати велику кількість даних та, з врахуванням багатьох факторів і ризиків при плануванні оптимальних маршрутів. Саме цю

задачу у логістиці пропонується вирішити з використанням інформаційних технологій. Це необхідно для створення більш ефективної моделі логістичних шляхів, швидкої обробки великих масивів даних і, на основі них, надавати рекомендації щодо оптимального шляху. Це, в свою чергу, надасть можливість перевізникам більш раціонально використовувати паливні та фінансові ресурси. Також оптимізація логістичних процесів надасть можливість знизити шкоду навколишньому середовищу, за рахунок складання більш доцільних і інколи коротших шляхів транспортування, що в свою чергу зменшує об'єми викидів CO² (вуглекислого газу).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливу роль у дослідженні SCM систем,

зробили американська і британська школа. До представників американської школи відносять: Дж. Клос, Д. Ламбен, Д. Бауерсокс та Д. Уостерс, до британської: Дж. Менцер, К. Олівер, М. Вебер. Детальний аналіз SCM систем було викладено у роботах: Менцера Дж., ДеВітт В., Кіблера Дж.С., Сонхонг М., Нікса Н., Сміт К.Д. і Захарія З. «Defining supply chain management» (Менцер, 2001), Ламберта Д., Купер М. «Issues in supply chain management» (Ламберт, 2000, с. 65-83), Девіса Т. «Effective supply chain management» (Девіс, 1993), а також Лисак О.І. «SCM-системи, як засіб автоматизації управління постачанням» (Лисак, 2022, с. 125-132). Темі сучасного застосування системи трекінгу присвячена робота «An Intelligent Logistics Tracking System Based on Wireless Sensor Network» за авторства Цзіцзюнь Сін (Цзіцзюнь, 2018), «Tracing and tracking using RFID tags in logistic systems of transport and storage» С. Квасьньовського та П. Зайонца (Квасьньовський, 2013), а також «Real-time Tracking and Tracing System: Potentials for the Logistics Network» Шамсузоха, Петрі Т. Хело (Шамсузох, 2011). А впровадженню системи IoT у галузь логістики присвячена робота «Smart logistics based on the internet of things technology: an overview» за авторства Янке Дін, Мінчжоу Цзінь, Сен Лі та Дінчжун Фенг (Янке, 2020) та «Інтернет речей у логістиці» Колешні Я.О. і Кравця А.І. (Колешня, 2021, с. 262-263).

Перечисленні праці вищезгаданих науковців надають розлогу і детальну інформацію щодо методів оптимізації логістичних процесів, але ця інформація містить багато вузькоспеціалізованих термінів і описує багато процесів, які потребують наявності середнього рівню знань у галузі логістики та інформаційних технологій. У даній статті мною запропонована зручна і зрозуміла система класифікації методів оптимізації логістичних процесів. Також надана узагальнена, спрощена інформація, по кожному з методів, з поясненнями термінів і з прикладами застосування технологій у реальному житті.

Визначення мети дослідження. Основною метою даної роботи є аналіз існуючих методів і програмних засобів оптимізації логістичних процесів у галузі вантажних перевезень, задля класифікації і систематизації актуальних даних, які можуть бути використані як відправна точка для подальших досліджень у цій сфері.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, найактуальнішими методами оптимізації логістичних процесів за рахунок використання інформаційних технологій за (Багрій, 2023, с. 201-204) є:

1. Метод використання системи управління ланцюгом постачання (англ. Supply chain management, SCM).

2. Метод системи відстеження (англ. Tracking and Tracing).

3. Метод використання Інтернет-речей (англ. Internet of Things, IoT).

Метод використання системи управління ланцюгом постачання

У поняття управління ланцюгом постачання існує декілька визначень, але найбільш точно суть цього методу передає наступне визначення – це набір із трьох, або більше суб'єктів (організацій чи приватних осіб), безпосередньо залучених у вихідні та низхідні потоки продуктів, послуг, фінансів та/або інформації від джерела до клієнта.

SCM-системи поділяється на дві великі підсистеми: Планування логістичних ланцюжків (англ. Supply chain planning, SCP) та виконання логістичних ланцюжків (англ. Chain supply execution, SCE). Згідно з визначенням Gartner IT glossary, SCP – це орієнтований на майбутнє процес координації активів, що збалансовують попит і пропозицію за рахунок оптимізації доставки товарів, послуг та інформації від постачальника до споживача. Класичні системи планування містять наступні методи оптимізації: планування продаж і операцій, спільне планування (включно з прогнозуванням), інвентаризація, керована постачальником, виробниче планування, планування подій, інвентарне планування, планування попиту, дистрибутивне планування, розробка стратегічної мережі, планування постачання, стратегія оптимізації інвентаризації, планування виробництва потужностей. Згідно з визначенням того ж джерела, SCE – це застосунки, які сфокусовані на виконанні певних процесів. Ці процеси включають в себе систему управління складами (англ. Warehouse management system, WMSs), систему управління транспортом (англ. Transportation management system, TMSs), систему управління глобальною торгівлею (англ. Global trade management system, GTM), систему допомоги у прийнятті рішень у реальному часі (англ. Real-time decision support system) і систему видимості ланцюжків постачання (англ. Supply chain visibility system). WMS-система включає в себе систему управління працею, управління складськими приміщеннями, управління поверненнями, інвентарний контроль. TMS-система складається з програмного забезпечення для управління внутрішніми перевезеннями і управління мультимодальними перевезеннями. Складовими

GTM-системи є відповідність торгівлі, глобальна логістика, глобальне управління замовленнями, управління фінансами глобальної торгівлі.

За рівнем складності розрізняють три види ланцюгів постачання:

1. Прямі (Direct supply chain) (рис. 1а).
2. Розширені (Extended supply chain) (рис. 1б).
3. Кінцеві (Ultimate supply chain) (рис. 1в).

Прямі ланцюги постачання складаються з наступних ланок: компанії, постачальника і споживача. Розширені включають в себе також постачальника безпосереднього постачальника і споживача безпосереднього споживача. Кінцеві складаються з усіх організацій чи приватних осіб, що залучені у всіх вихідних та низхідних потоках продуктів, фінансів, інформації та послуг від кінцевого постачальника до кінцевого споживача. Дані види ланцюгів постачання наведені на рис. 1.

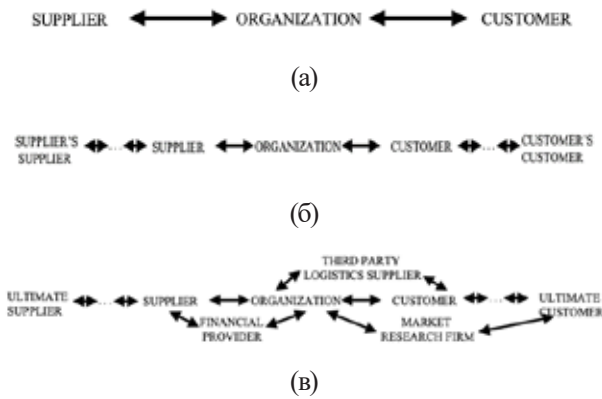


Рис. 1. Види ланцюгів постачання за складністю (Менцер, 2001)

Також для системи управління ланцюгами постачання існує поділ на три фундаментальних складових системи:

1. Структурна мережа ланцюгів постачання.
2. Бізнес-процеси ланцюгів постачання.
3. Компоненти управління ланцюгами постачання.



Рис. 2. Фундаментальні складові управління ланцюгами постачання (Купер, 1997, с. 1-13)

Структурна мережа ланцюгів постачання складається з наступних аспектів: учасники ланцюгів постачання, структурні виміри мережі і різні типи зв'язуючих процесів. Учасниками ланцюгів постачання є усі компанії, фірми, організації, приватні особи, які напряду чи не напряду взаємодіють з постачальниками чи споживачами, починаючи з точки створення продукту і закінчуючи кінцевим споживачем. У свою чергу, учасники поділяються на дві основні групи: первинні і підтримуючі (Девенпорт, 1993). До первинних відносяться усі автономні компанії, які здійснюють операційну чи управлінську діяльність із додаванням вартості у бізнес-процесах, що направлені на отримання конкретного продукту для конкретного клієнту чи ринку. До підтримуючих відносяться компанії, які надають засоби, ресурси, інформацію для первинних учасників. Прикладами таких учасників є власників складів, орендарів вантажівок тощо.

Структурні виміри мереж важливі при описі, аналізі та управлінні ланцюгами постачання. Вони можуть бути горизонтальними, вертикальними або мати горизонтальне положення центральної компанії в межах кінцевих точок ланцюга поставок. Перший вимір, горизонтальна структура, відображає кількість рівнів у всьому ланцюжку поставок. Ланцюжок поставок може бути довгим, з численними рівнями, або коротким, з кількома рівнями. Другий вимір, вертикальна структура відображає кількість постачальників або споживачів, що представляють кожен рівень. Третій структурний вимір – це горизонтальна позиція компанії всередині ланцюжка постачання. Компанія може бути або біля кінцевого споживача, або біля джерела постачання або десь посередині в ланцюжку постачання.

Бізнес-процеси ланцюгів постачання є важливою складовою SCM-системи. Контроль невизначеності попиту споживачів, продуктивності постачальників та виробничих процесів є надважливим фактором успішної роботи цієї системи. Для кращого розуміння цих процесів, учасники GSCF дали їм чітке визначення. Отже, існують такі бізнес-процеси:

- Управління взаємовідносинами з клієнтами.
- Управління клієнтськими сервісами.
- Виконання замовлень.
- Управління виробничими потоками.
- Закупівлі.
- Розробка продукту та комерціалізація.
- Повернення.

Компоненти управління ланцюгами постачання є третьою складовою SCM-систем. Для успішної SCM-системи, було виділено наступні

основні компоненти: планування і контроль, робоча структура, організаційна структура, структура потоку продукції, структура об'єкта потоку інформації, методи управління, структура влади і лідерства і культура і ставлення.

Проаналізувавши ключові складові SCM-систем, варто розглянути їх сучасні методи реалізації. Наразі, на ринку логістичних послуг вагомий вплив мають онлайн-сервіси, що надають розширений спектр послуг, пов'язаних з керуванням і плануванням логістичними ланцюжками. На прикладі декількох компаній, і послуг що вони надають, можна виділити деякі спільні методи оптимізації логістичних процесів із застосуванням програмних засобів. Для прикладу було взято компанії Transporeon group, ABM Inventory, Blue Yonder.

Дані платформи надають наступні пакети послуг:

1. Система пошуку вантажів.
2. Система планування попиту.
3. Система управління складами.
4. Система управління вантажними перевезеннями.
5. Система мережевого проектування.

Система пошуку вантажу – цей сервіс акцентує ключову роль у забезпеченні користувачів вчасною та динамічною інформацією, необхідною для прийняття стратегічних рішень у їхніх процесах закупівлі. Однією з визначальних особливостей є можливість надавати користувачам актуальні ринкові інсайти. Це надає підприємствам можливість приймати обґрунтовані рішення щодо того, коли починати тендери, які напрямки віддавати перевагу та який метод закупівлі є найбільш відповідним – тактичний, стратегічний чи комбінований. Користувачі можуть адаптувати свої стратегії закупівлі на льоту, реагуючи оперативним чином на ринкові зміни та оптимізуючи свій підхід для досягнення максимальної ефективності.

Система планування попиту – це процес прогнозування та управління очікуваним попитом на товари або послуги протягом певного періоду часу. Основна мета полягає в тому, щоб забезпечити належний рівень запасів і ресурсів, щоб вчасно задовольнити потреби клієнтів і уникнути надмірного або недостатнього запасу. Використовуючи дані про історичний попит, тенденції ринку та інші фактори, компанії можуть ефективно планувати виробництво, закупівлю і постачання товарів або послуг. Цей процес стає ключовим елементом стратегічного управління ланцюгом постачання та дозволяє компаніям адаптуватися до змін в попиті, мінімізуючи витрати і оптимізуючи операційну діяльність.

Система управління складами – це сервіс, що дозволяє вирішити проблеми неефективних процесів на складській території, що виникають через відсутність своєчасної інформації про час прибуття, завантаження чи розвантаження, ручного оформлення водіями документів, тощо. Дана система вирішує ці проблеми, дозволяючи менеджерам складу ефективно координувати та оптимізувати рух товарів. Це досягається наступними процесами: розумне бронювання відповідно до потужності та логістичних вимог (потреба зберігання товарів у холодильних камерах, група товарів, асортимент, тип транспортного засобу), впровадження автоматизованих, в реальному часі та спільних рішень щодо розрахунку часу, потрібного на усі етапи складських робіт. Використання таких систем здатне зменшити витрати часу на 30–40%.

Система управління вантажними перевезеннями – безперешкодно інтегрує заплановані події з тим, що відбувається в реальному часі, пропонуючи необхідні інструменти для оптимізації процесів. Ця платформа надає експедиторам та перевізникам централізовану точку доступу до всіх відвантажень, отриманих з платформи управління транспортом, спрощуючи операції та підвищуючи ефективність. Оскільки перевезення вантажів – це складна операція, що характеризується різними формами, розмірами та методами транспортування, високий рівень вміння, точності та передбачуваності є невід'ємним. Глобальні ланцюги постачання потребують платформи, яка надає логістичним командам можливість легко переходити між режимами або комбінувати їх при необхідності, забезпечуючи при цьому повний огляд та контроль над усім процесом.

Для експедиторів вантажів та їх надійної мережі перевізників дана система створює ефективне, повністю цифрове та безпечне операційне середовище. Платформа полегшує делегування відвантажень субпідрядникам на більш пізні етапи, забезпечуючи при цьому прозорість та видимість на всьому шляху транспортування. На рисунку 3 зображено приклад програмного забезпечення Transporeon group.

Враховуючи багатогранність логістики, платформа пропонує перший в галузі інструмент планування та виконання маршруту на основі штучного інтелекту. Цей інструмент не лише оптимізує маршрути вантажівок, але й вивільняє час диспетчерів. Він дозволяє ефективно керувати маршрутами, паркуванням, перетинами кордонів, міжмодальними зв'язками, заправкою та перервами, дотримуючись при цьому вимог регулювання.



Рис. 3. Програмне забезпечення, яке відповідає за формування таблиці транспортних замовлень

Система мережевого проєктування – це сервіс, що надає можливості для оцінки, розробки та оптимізації ланцюжка постачання, за рахунок створення середовища для моделювання і оптимізації, яке може адаптуватися до різної ширини та глибини ланцюга постачання, необхідної для відповіді на стратегічні виклики. Це може позначати моделювання всього ланцюга постачання від вихідних матеріалів до готової продукції або обмеження моделі до конкретного вузького місця в ланцюзі постачання або його частини, яка була під впливом останніх розривів чи поглиблень. У зв'язку із швидкими змінами на ринках та конкурентними сценаріями оптимізація мережевого постачання стає не щорічною подією, а регулярним, навіть щотижневим процесом. На рисунку 4 зображено програмне забезпечення від Blue Yonder.



Рис. 4. Програмне забезпечення, призначене для проєктування ланцюжків постачання

Метод системи відстеження. Це метод збору інформації про пересування вантажів або вантажів від постачальника до споживача впродовж усього ланцюжка постачання. Збір інформацію про географічне розташування здійснюється у реальному часі за допомогою спеціальних приладів, що знаходяться

безпосередньо у кабіні водія або на вантажі. Зібрана інформація надалі застосовується для контролю маршруту водія, планування наступних логістичних процесів та для вирахування розрахункового часу прибуття (estimated time of arrival, ETA). Застосування таких систем здатне вирішити такі важливі проблеми:

1. Полегшення процесу планування ланцюжків постачання, адже будь-який учасник ланцюжку матиме можливість точно вирахувати пройдений шлях, і той, що залишився. Такий підхід забезпечить функціонування принципу Just-in-time, тобто забезпечення такої кількості товару на складі, скільки це дійсно потребує попит, запобігаючи перевитрат на усі супутні логістичні процеси.

2. Дає можливість контролювати поточне місцезонашування автомобіля чи товару, що позитивно впливає на розуміння ситуації і довіри інших учасників логістичних процесів.

3. Зменшує шанси угона автомобіля чи викрадення товару, у протилежному випадку полегшує процес їх пошуку.

4. Спрощує процес контролю годин роботи водіїв, згідно з законодавством.

Бездротова мережа сенсорів (англ. wireless sensor network) – це серія незалежних систем, побудованих на частині інфраструктури існуючого Інтернету. Вона має унікальну інтелектуальну інфраструктуру. Радіочастотна ідентифікація (англ. Radio Frequency Identification, RFID) є однією з ключових технологій бездротової мережі сенсорів. Бездротова мережа сенсорів може швидко та точно збирати інформацію за допомогою технології RFID та забезпечувати взаємодію цієї інформації з традиційним Інтернетом. Режими комунікації в бездротовій мережі сенсорів включають комунікацію між різними об'єктами, комунікацію між об'єктами та людьми, комунікацію між людьми та інші типи, що робить віртуальний світ мережі більш реальним. Практичне використання бездротової мережі сенсорів надає нову можливість для розвитку логістичної індустрії, робить товари розумними під час транспортування та перетворює управління логістичною інформацією у інтелектуальне (Цзізціонь, 2018).

Ідентифікація за допомогою радіочастотних міток (RFID) – це система, що бездротовим чином передає унікальний серійний номер для ідентифікації особи або об'єкта за допомогою радіохвиль. У цій області існують два основні підходи: споживання енергії та одночасна або чергова передача. У випадку чергової передачі, транспондер поглиблює енергію, і пізніше інформація передається. Системи моніторингу

RFID складаються з двох основних частин: транспондера і базової станції (антени). Базова станція випромінює енергію, яку збирає електронний тег для подальшої передачі. Зазвичай чіп зберігає приблизно 2000 байтів за стандартом. Цього достатньо для використання цих міток для відстеження вантажів в ланцюгах постачання, і мітки можуть мати форму карток, капсул або дисків. Принцип дії RFID систем показаний на рисунку 5.

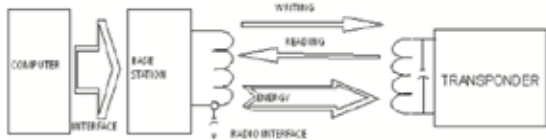


Рис. 5. Принцип роботи RFID систем (Квасьньовский, 2013)

Комп'ютер, що обладнаний спеціальним проміжним обладнанням (англ middleware), збирає дані з читувачів (англ readers), форматує і відправляє ці дані до кінцевої системи. Проміжне забезпечення грає важливу роль для функціонування RFID-систем. Базова станція з'єднана з зовнішнім комп'ютером провідним інтерфейсом. Базова станція використовує радіо-інтерфейс для комунікації з транспондером. Цей інтерфейс працює на спеціальній частоті (Квасьньовский, 2013).

Метод використання інтернету речей (IoT) Технологія інтернету речей – це технологія передачі даних між матеріальними об'єктами, об'єднаних однією мережею для взаємодії всередині системи, а також з зовнішніми суб'єктами. Дану систему прийнято вважати клієнторієнтованою, адже в її склад можуть входити не лише об'єкти ланцюгів постачання, а й кінцеві споживачі. Важливими перевагами технології є здатність об'єднати в одну систему усі матеріальні об'єкти і надалі проводити постійний моніторинг у реальному часі, аналізувати зібрані дані, і на основі них або проводити планування наступних процесів, або приймати миттєві рішення на кожному етапі логістичних процесів. Також дана система дає змогу відображати дані щодо тенденцій ринку, сезонності, проблем і надавати інформацію по вирішенню складнощів на основі минулого досвіду. З появою інтернету речей у логістиці, з'явилися такі поняття як смарт-палети, смарт-тари, смарт-машини, смарт-стелажі і смарт-термінали. Використання системи трекінгу також є частиною інтернету речей, адже діють по принципу використання приладів для збору інформації, а потім передачі цих даних певною мережею

до обчислювальних центрів. Але окрім функції трекінгу автомобілів чи товарів, може також застосовуватися для отримання інформації щодо стану вантажу, його якості і придатності. Також широко використовується для отримання інформації про виникнення помилок, про необхідність проходження техогляду, про заплановану заміну деталей або про зміни маршруту.

Технологія Інтернету речей особливо бездротові мережі сенсорів (англ wireless sensor network, WSN), покращує рівень моніторингу та безпеки під час транспортування. Віддалене вимірювання температури ядра продукту за допомогою WSN є важливим для забезпечення якості харчових продуктів і зменшення втрат для товарів, що швидко псуються. Це пов'язано з тим, що товари, що швидко псуються, завжди пов'язані з умовами зберігання. Сенсори використовуються для отримання даних про температуру та рівень кисню і вуглекислого газу, під час зберігання товарів та транспортування. Вищезазначений моніторинг забезпечує неінвазійне вимірювання та збір даних із більшою ефективністю та вищою безпекою. Під час моніторингу за допомогою WSN RFID може бути використано для виявлення змін у вантажі, ідентифікації водіїв та забезпечення необхідних умов навколишнього середовища (Янке, 2020).

Доволі важливим є застосування інтернету речей у складуванні. Дану технологію можна застосувати для маркування піддонів або окремої продукції у межах процесу смарт-інвентаризації. Бездротові сканери зафіксують інформацію, що передається з кожного піддону. Дана інформація може містити дані про обсяг, вагу, розмір, габаритність товару, для кращого контролю і менеджменту товарів на складі (Колешня, 2021, с. 262–263).

Загальний принцип технології інтернету речей у логістиці наведений на рисунку 6, де використання інтернету речей, на ряду з використанням хмарних обчислень, Big-data, штучного інтелекту використовуються у логістичних системах для збору даних про вантажні перевезення і складування, утворюючи тим самим технологію смарт-логістики, яка дає можливість більшої ефективності, більшої гнучкості, більшої точності та безпеки логістичним процесам.

Висновки. Використання описаних методів дає можливість значно оптимізувати логістичні процеси, а саме, дає можливість провести якісний етап планування рейсу, тим самим зменшивши фінансові витрати і зекономивши час на прийнятті рішень, зменшити ризики різного характеру під час поїздки, за рахунок

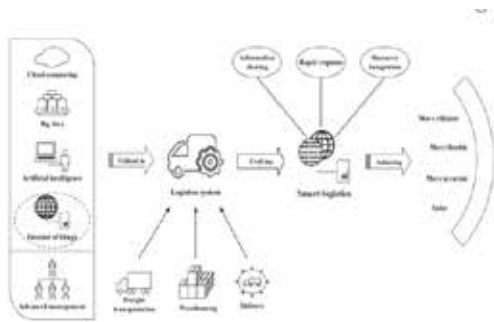


Рис. 6. Загальний принцип роботи інтернету речей у логістиці (Янке, 2020)

використання системи трекінгу у реальному часі, а також надати більші можливості контролю усіх етапів логістичних процесів, що в свою чергу покращує стабільність і безперервність роботи, від моменту отримання замовлення на перевезення вантажу, закінчуючи моментом отримання його замовником. Отримані висновки можуть бути корисними для дослідників у галузі логістики, для кращого розуміння того, як можна оптимізувати роботу транспортних компаній, а також для подальших досліджень, що стосуються розробки нових методів оптимізації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Mentzer J.T., DeWitt W., Keebler J.S., Min S., Nix N.W., Smith C.D. Defining supply chain management. *Journal of business logistics*. Volume 22, № 2. 2001.
2. Lambert D. M., Cooper M.C. Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 65–83p. 2000.
3. Davis T. Effective supply chain management. *Sloan Management review*. Volume 34, № 4. 1993.
4. Лисак О.І., SCM-системи як засіб автоматизації управління постачанням. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2022. Вип. 1. С. 125–132.
5. Jijun Xing. An Intelligent Logistics Tracking System Based on Wireless Sensor Network. *International Journal of Online Engineering*. Volume 14, № 1. 2018.
6. Kwaśniowski S, Zając P. Tracing and tracking using RFID tags in logistic systems of transport and storage. *Archives of transport system telematics*. Volume 6, № 4. 2013.
7. Shamsuzzoha, Petri T. Helo. Real-time Tracking and Tracing System: Potentials for the Logistics Network. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2011.
8. Yangke Ding, Mingzhou Jin, Sen Li, Dingzhong Feng. Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. *International Journal of Logistics Research and Applications*. Volume 24, № 4. 2020.
9. Колешня Я.О., Кравець А.І. Інтернет речей у логістиці. II Міжнародна науково-практична конференція «Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи». 2021. С. 262–263.
10. Барій В.В., Граф М.С. Огляд методів та програмних засобів оптимізації логістичних процесів у галузі вантажних перевезень: тези доп. VI всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». Житомир, 2023.
11. Gartner IT glossary. URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/>. Дата звернення (11.12.2023).
12. Cooper, M. C., Lambert, D. M., and Pagh, J. D.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management* 8(1), 1–13 (1997).
13. Davenport, T. H.: *Process Innovation—Reengineering Work through Information Technology*. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1993.
14. Transporeon group official site. URL: <https://www.transporeon.com/en/>. Дата звернення (09.12.2023).
15. ABM Inventory official site. URL: <https://abmcloud.com/en/abm-soft/abm-inventory/>. Дата звернення (09.12.2023).
16. Blue yonder official site. URL: <https://blueyonder.com/solutions>. Дата звернення (09.12.2023).
17. Glossary of Trimble Transport & Logistics. URL: https://www.trimbletl.com/glossary_term/track-and-trace-system/. Дата звернення (25.12.2023).

REFERENCES:

1. Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W. & Smith, C. D. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.
2. Lambert, D. M. & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83.
3. Davis, T. (1993). Effective supply chain management. *Sloan Management Review*, 34(4), 35–46.

4. Lysak, O. I. (2022). SCM-systemy yak zasib avtomatyzatsii upravlinnia postachanniam [SCM systems as a means of automation of supply management]. Zbirnyk naukovykh prats Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu imeni Dmytra Motornoho – *Collection of scientific works of the Dmytro Motorny Tavri State University of Agrotechnology* (Vols. 1), 125–132. [In Ukrainian].
5. Xing, J. (2018). An intelligent logistics tracking system based on wireless sensor network. *International Journal of Online Engineering*, 14(1).
6. Kwaśniewski, S. & Zajac, P. (2013). Tracing and tracking using RFID tags in logistic systems of transport and storage. *Archives of Transport System Telematics*, 6(4).
7. Shamsuzzoha, & Petri, T. H. (2011). Real-time tracking and tracing system: Potentials for the logistics network. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
8. Ding, Y., Jin, M., Li, S. & Feng, D. (2020). Smart logistics based on the internet of things technology: An overview. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(4).
9. Koleshnia, Ya. O. & Kravets, A. I. (2021). Internet rechei u lohistytsi [Internet of Things in Logistics]. Proceedings from II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Biznes, innovatsii, menedzhment: problemy ta perspektyvy» (pp. 262–263). [In Ukrainian].
10. Bahrii, V. V. & Hraf, M. S. (2023). Ohliad metodiv ta prohramnykh zasobiv optymizatsii lohistychnykh protsesiv u haluzi vantazhnykh perevezen [Overview of methods and software tools for optimizing logistics processes in the field of freight transportation]. Proceedings from VI vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Komp'uterni tekhnolohii: innovatsii, problemy, rishennia». (pp. 201–204). [In Ukrainian].
11. Site of Gartner's IT glossary. Gartner. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/>
12. Cooper, M. C., Lambert, D. M. & Pagh, J. D. (1997). Supply chain management: More than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1–13.
13. Davenport, T. H. (1993). *Process Innovation—Reengineering Work through Information Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
14. Official site of Transporeon group. Transporeon group. <https://www.transporeon.com/en/>. Date of application.
15. Official site of ABM Inventory. ABM inventory. <https://abmcloud.com/en/abm-soft/abm-inventory/>.
16. Official site of Blue yonder. Blue Yonder. <https://blueyonder.com/solutions>.
17. Glossary of Trimble Transport & Logistics. Trimbletl. https://www.trimbletl.com/glossary_term/track-and-trace-system/.