

Агашков Андрій Юрійович

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ

ORCID 0009-0009-6492-1830

Шевченко Світлана Миколаївна

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, м. Київ,

ORCID 0000-0002-9736-8623

Бондарчук Андрій Петрович

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ

ORCID 0000-0001-5124-5102

Жебка Вікторія Вікторівна

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ

ORCID 0000-0003-4051-1190

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ХМАРНИХ ЛОГІСТИЧНИХ РІШЕНЬ

Анотація. *Глобалізація та технологічний прогрес перетворили логістику на багатогранну галузь, що вимагає інтеграції різних видів діяльності і впровадження цифрових інновацій, зокрема хмарних технологій.*

Дана стаття присвячена проблемі впровадження хмарних рішень у транспортну логістичну сферу. У ній висвітлюються важливі елементи розвитку хмарних технологій, їх складові та характеристики. Описані моделі обслуговування, а саме: Робочий стіл як послуга (DaaS), Платформа як послуга (PaaS), Інфраструктура як послуга (IaaS) та моделі розгортання: приватна, спільноти, публічна та гібридна хмари.

На основі аналізу наукової літератури та кейсів успішних компаній доведено, що використання хмарних платформ у транспортній логістиці є ключовою перевагою над традиційними методами управління транспортом. Внаслідок розробки оптимальних маршрутів та моніторингу транспортних засобів у режимі реального часу дана технологія значно підвищує ефективність логістичних процесів, зменшуючи витрати на паливо, сприяючи зменшенню викидів шкідливих речовин, скорочуючи час доставки та можливість її відслідкування, що дозволяє забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів.

Дослідження також виявило виклики застосування хмарних технологій, що пов'язані з безпекою даних, інтеграцією хмарних рішень з існуючими системами управління транспортом, необхідністю підвищення кваліфікації персоналу та неспроможністю малого та середнього бізнесу адаптуватися до впровадження нових технологій через відсутність необхідних ресурсів і компетенцій.

Охарактеризовані напрямки підвищення транспортних операцій з використанням хмарних технологій, серед яких виділено інтеграцію штучного інтелекту, машинного навчання та IoT; удосконалення технологій, орієнтованих на стійкість та екологічність; впровадження блокчейн для підвищення інформаційної безпеки; застосування на складах робототехніки та автоматизації.

Як приклад описано процес розробки методики організації вантажопасажирських перевезень на основі хмарних логістичних технологій для малого та середнього бізнесу: встановлені вимоги до функціонування даного додатку; визначено програмні засоби розробки; змодельовано діаграму варіантів використання; розроблено та протестовано програмне забезпечення у вигляді додатку для Windows 11.

Результати дослідження можна впровадити в навчальний процес студентів галузі ІТ Інформаційні технології.

Ключові слова: *хмарні технології, транспортна логістика, оптимізація, прозорість логістики, екологічність, безпека, малий та середній бізнес.*

Andrii Ahashkov

State university of information and communication technologies, Kyiv

ORCID 0009-0009-6492-1830

Svitlana Shevchenko

Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Kyiv

ORCID 0000-0002-9736-8623

Bondarchuk Andrii

State university of information and communication technologies, Kyiv

ORCID 0000-0001-5124-5102

Viktoriiia Zhebka

State university of information and communication technologies, Kyiv

ORCID 0000-0003-4051-1190

THE WAYS OF ADVANCEMENT OF TRANSPORT OPERATIONS FOR THE ADVANCE OF DARK LOGISTIC RESULTS

Abstract. *Globalization and technological progress have transformed logistics into a rich field, which is driven by the integration of different types of activities and the advancement of digital innovations, beyond dark technologies.*

This article is dedicated to the problem of implementing critical solutions in the transport and logistics sector. It reveals important elements of the development of dark technologies, their warehouse and characteristics. Descriptions of the service model, as well as: Desktop as a service (DaaS), Platform as a service (PaaS), Infrastructure as a service (IaaS) and models of the throat: private, public, public and hybrid.

Based on the analysis of scientific literature and cases of successful companies, it has been proven that the rise of cloudy platforms in transport logistics is a key advantage over traditional methods of transport management. As a result of the development of optimal routes and monitoring of transport processes in real time, this technology significantly increases the efficiency of logistics processes, reducing waste on fuel, accommodating a change in cash flows speech, quick delivery time and the ability to follow up, which allows us to ensure a high level of customer service.

The investigation also revealed evidence of the stagnation of bad technologies related to data security, integration of bad solutions with basic transport management systems, and the need for mobility qualifications of personnel and the inability of small and medium-sized businesses to adapt to the introduction of new technologies through the availability of necessary resources and competencies.

The directions for improving transport operations using cloud technologies are described, including the integration of artificial intelligence, machine learning and IoT; improving technologies focused on sustainability and environmental friendliness; implementing blockchain to improve information security; and applying robotics and automation in warehouses.

As an example, the process of developing a methodology for organizing van-passenger transportation based on advanced logistics technologies for small and medium-sized businesses is described: establishing capabilities for the operation of this add-on; the development program has been designated; the diagram of variants of the wiki was modeled; the security software for Windows 11 was disassembled and tested.

The results of the study can be implemented in the educational process of students 12 Information technology.

Keywords: *cloud technologies, transport logistics, optimization, logistics transparency, environmental friendliness, security, small and medium-sized businesses.*

1. Вступ

Сучасні умови ведення бізнесу характеризуються високим рівнем конкуренції, глобалізацією ринків і зростаючими очікуваннями клієнтів щодо якості, швидкості та вартості

логістичних послуг. Однією з ключових складових логістичного ланцюга є транспортні операції, ефективність яких суттєво впливає на загальну продуктивність компаній.

Традиційні методи управління транспортними процесами часто є недостатньо гнучкими та ефективними через складність координації потоків інформації, недостатню прозорість ланцюга постачань і труднощі в інтеграції даних з різних джерел. Більшість функцій ланцюжка поставок (75%) оформлюються у вигляді електронних таблиць, біля половини компаній використовують застарілу програму для планування ланцюжків поставок SAP Advanced Planning and Optimization (APO), обслуговування якої закінчується у 2027 році [1]. Близько 45% організацій практично не можуть відслідкувати свій ланцюжок поставок, що призводить до значного перевищення витрат і сліпої передачі товару [2]. Актуальними залишаються проблеми значних операційних витрат, низького рівня прогнозування і складнощів у прийнятті оперативних рішень. Ланцюжок поставок і логістичних операцій є ресурсномістким, тому на якість вантажоперевезень впливає також дефіцит робочої сили. Проведене дослідження [3] у 36 країнах ілюструє, що у цій сфері понад три мільйона вакансій не закриті, що становить 7% від загальної кількості вакансій, і це число подвоїться у найближчі п'ять років.

У цьому контексті важливим стає впровадження інноваційних підходів, зокрема використання хмарних логістичних рішень.

Хмарні технології (Cloud Technologies) – Інтернет-обчислення, в яких великі групи віддалених серверів об'єднані в мережу, щоб забезпечити спільне використання завдань обробки даних, централізоване зберігання даних і онлайнвий доступ до комп'ютерних послуг або ресурсів [4]. За допомогою хмарних обчислень (Cloud Computing) здійснюється повсюдний і зручний доступ на вимогу до загального пулу обчислювальних ресурсів, що конфігуруються (наприклад, до сукупності мереж, серверів, сховищ даних, додатків і послуг), який може бути оперативно наданий сервісним провайдером [5].

Проте їх інтеграція пов'язана з низкою викликів, таких як кібербезпека, складність технічної реалізації, фінансові витрати на впровадження та адаптацію персоналу, про що свідчать аналітичні дані [1]: галузі з надзвичайно складними ланцюжками поставок витрачають на оновлення від 6,25 до 125 мільйонів доларів протягом від чотирьох до шести років, галузі з менш складними ланцюжками поставок – два-три роки і близько 17,5 мільйонів доларів.

У зв'язку з цим оцінка ефективності впровадження хмарних рішень, особливо у малих і середніх підприємствах, а також подолання бар'єрів, пов'язаних із фінансовими витратами на цифровізацію, вимагають подальшого дослідження і впровадження практичних рекомендацій.

2. Огляд джерел

Історія створення хмарних технологій починається з концепції «комунальні обчислення», які були представлені у 1961 році Дж. Маккарті. На ранніх етапах розвитку хмарні технології позиціонувалися як гнучкий інструмент, який дозволяє користувачам отримувати обчислювальні ресурси в потрібній кількості і лише тоді, коли це необхідно, за аналогією з послугами операторів зв'язку, де ти платиш лише за фактично використані хвилини [6]. Перше повідомлення про хмарні технології з'явилося у 2007 році [7]. Зростання популярності хмарних технологій призвело до гострої потреби у впорядкуванні цього ринку шляхом створення єдиних стандартів. У NIST Definition of Cloud Computing визначили «хмарні обчислення — це модель для забезпечення повсюдного, зручного мережевого доступу на вимогу до спільного пулу конфігурованих обчислювальних ресурсів (наприклад, мереж, серверів, сховищ, програм і служб), які можна швидко надати та вивільнити з мінімальними зусиллями керування або взаємодіючи з постачальником послуг. Ця хмарна модель складається з п'яти основних характеристик, трьох моделей обслуговування та чотирьох моделей розгортання» [8, с.2]. До основних характеристик відноситься: самообслуговування на вимогу, широкий доступ до мережі, об'єднання ресурсів, швидка еластичність, розмірене обслуговування; моделі обслуговування – це Програмне забезпечення як послуга (Software as

a Servicet – SaaS), Платформа як послуга (Platform as a Servicet – PaaS), Інфраструктура як послуга (Infrastructure as a Service – IaaS); моделі розгортання – це Приватна хмара (Private cloud), Хмара спільноти (Community cloud), Публічна хмара (Public cloud), Гібридна хмара (Hybrid cloud). Сучасним розвитком моделі SaaS є DaaS (Desktop as Service), за якої постачальник послуг надає споживачеві доступ до віртуального екрану програмного засобу (робочого стола тощо), що виконуються в хмарній інфраструктурі. Суть хмарної моделі представлена у таблиці 1.

Таблиця 1.

Хмарна модель

| Характеристики | Моделі обслуговування | Моделі розгортання |
|---|--|--|
| 1. Самообслуговування на вимогу - споживач має можливість самостійно і безпосередньо надавати в спільний доступ свої обчислювальні ресурси, такі як серверний час і мережеве сховище, автоматизуючи цей процес і мінімізуючи потребу у взаємодії з постачальником послуг. | 1. Робочий стіл як послуга (Desktop as Service - DaaS) - користувачі можуть отримати доступ до свого персоналізованого робочого середовища, яке включає всі необхідні програми та файли, незалежно від того, де вони знаходяться. | 1. Приватна хмара (Private cloud) - створюється для задоволення потреб конкретної організації, може бути розташована в приміщенні організації, в дата-центрі стороннього постачальника або розподілена між кількома локаціями. |
| 2. Широкий доступ до мережі – можливість отримувати доступ до даних та програм з різних пристроїв, незалежно від їхніх операційних систем та потужності. | 2. Платформа як послуга (Platform as a Servicet – PaaS) - дозволяє розробникам створювати і запускати додатки без необхідності керувати фізичними серверами, мережею та іншими компонентами інфраструктури. | 2. Хмара спільноти (Community cloud) - дозволяє організаціям налаштовувати хмарну інфраструктуру під свої конкретні потреби, зберігаючи при цьому спільні стандарти та політики |
| 3. Об'єднання ресурсів – можливість різним користувачам орендувати частину потужностей одного великого комп'ютера, і ця частина може змінюватися в залежності від того, скільки обчислень їм потрібно в даний момент. | 3. Інфраструктура як послуга (Infrastructure as a Service – IaaS) - користувачі отримують повний контроль над операційною системою та встановленим програмним забезпеченням на віртуальних серверах, але не відповідають за підтримку фізичної інфраструктури. | 3. Публічна хмара (Public cloud) - надає обчислювальні ресурси широкому колу користувачів через Інтернет |
| 4. Швидка еластичність – можливість динамічно змінювати обсяг використовуваних ресурсів, автоматично масштабуючи їх вгору або вниз відповідно до попиту користувача. | | 4. Гібридна хмара (Hybrid cloud) - об'єднує переваги різних хмарних моделей, дозволяючи організаціям вибирати найкраще рішення для кожного конкретного завдання |
| 5. Розмірене обслуговування – можливість відстежувати, контролювати та звітувати про використання ресурсів, забезпечуючи прозорість як для постачальника, так і для споживача використовуваної послуги | | |

У дослідженні [9] вперше виконано порівняння класичної і хмарних моделей надання комп'ютерних послуг (рис 1.)

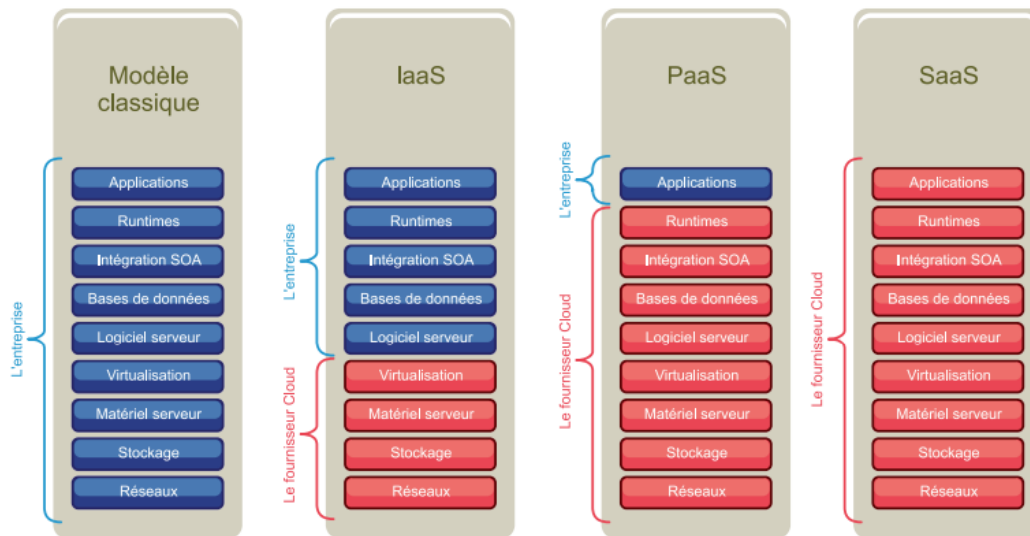


Рис 1. Порівняльний аналіз класичної і хмарних моделей [9]

Хмарні технології відкривають широкі можливості для підвищення ефективності бізнес-процесів завдяки їхній гнучкості, масштабованості та зниженню витрат на ІТ-інфраструктуру, тому їх впровадження стрімко зростає у різні сфери та галузі, зокрема у транспортну логістику.

Визначаючи роль та застосування передових цифрових технологій у досягненні сталості в мультимодальних логістичних операціях авторами [10] було проаналізовано 52 дослідження. Огляд літератури показав: 1-й документ був опублікований у 2005 році, а потім 2-й документ був опублікований через 9 років у 2014 році. Цікаво, що аналіз також показав, що більша кількість досліджень була опублікована за останні 3 роки 2021, 2022 та 2023 років. Такий результат не є дивним у зв'язку зі зростаючим значним інтересом, пов'язаним з вивченням операцій мультимодальних вузлів для сталого управління логістичними та вантажними операціями.

У дослідженні [11] побудовано рейтинг використання цифрових технологій в логістиці та ланцюгах постачання, в якому визначено, що хмарні обчислення займають третє місце після Іот та Big Data, проте застосовуються у всіх логістичних видах: закупівельна, виробнича, розподільча, маркетингова, складська, транспортна, інформаційна, фінансова, зворотна функції у логістиці.

Авторами роботи [12] проаналізовано хмарні сервіси, які користуються популярністю у світовій логістиці та логістиці українського ринку, а також детальніше розглянуто такі цифрові платформи як WMS (Warehouse Management System), системи управління транспортом (Transport Management System), системи управління територіями (Yard Management System), системи управління доставкою (Delivery Management System) та системи управління рухомим вантажем (Transport & Monitoring Solutions).

Зростаючі вимоги щодо зменшення вуглецевого сліду змушують компанії переглядати свої логістичні ланцюжки. Науковці у дослідженнях [13, 14] продемонстрували, що в контексті логістики екологічна стійкість (така як дані відстеження викидів і ефективність вантажоперевезень) пов'язана з покращенням майбутніх операційних показників (таких як зростання продажів і економічна ефективність).

Велика кількість наукових праць присвячена моделюванню архітектури та розробці програмних продуктів для транспортної логістики з використанням хмарних технологій. Так, у дослідженні [15] пропонується архітектура циклу збору-зберігання потоків даних за допомогою служб REST і зберігання їх у базі даних MongoDB.

Науковцями [16] запропоновано нову модель хмарних обчислень під назвою ITS-Cloud, застосовану до інтелектуальних транспортних систем (ITS) для покращення транспортних результатів, таких як безпека дорожнього руху, продуктивність транспорту, надійність подорожей, усвідомлений вибір подорожей, захист навколишнього середовища та стійкість руху. Модель складається з двох підмоделей: статистичної та динамічної хмарних підмоделей. Однак, у першому транспортні засоби отримують переваги звичайних хмар; динамічна, яка є тимчасовою хмарою, формується самими транспортними засобами, які представляють хмарні центри обробки даних.

У роботі [17] представлено архітектуру хмарних обчислень VehiCloud, яка використовує технології хмарних обчислень для зв'язку між транспортними засобами та розширення обмежених обчислювальних можливостей мобільних пристроїв. В архітектурі VehiCloud розроблено структуру інформації про маршрутні точки (WIF), спрямовану на надання служби маршрутизації для автомобільної мережі, де кожен транспортний засіб служить мобільним сервісним вузлом і передбачає своє майбутнє розташування шляхом генерації повідомлень про маршрутні точки, які описують траєкторію руху транспортного засобу. Модуль прийняття рішень у VehiCloud збирає маршрутні точки транспортних засобів і приймає рішення про маршрут для зв'язку між транспортними засобами. Вибрані шляхи маршрутизації глобально оптимізовані з точки зору коефіцієнта доставки повідомлень із дотриманням обмежень наскрізної затримки та вартості зв'язку.

Проектування гібридної хмари для мережі ланцюга поставок промисловості 4.0 описано у дослідженні [18]. Удосконалення моделей хмарних обчислень для оптимізації транспортно-логістичного процесу представлено у роботі [19]. Науковці порівняли з точки зору економічних та екологічних аспектів алгоритм First-Fit з модифікованим ними алгоритмом Bin-Packing і отримали наступні результати: застосування розробленого алгоритму дозволило отримати приріст 90,20 євро економічної вартості, зменшення на 156 кг виробництва CO₂ та на 163,3 євро штрафу за викиди CO₂.

Вище описане підтверджує, що проблема застосування хмарних технологій у транспортній логістиці є важливою та актуальною.

3. Вплив хмарних технологій у транспортних операціях.

Аналіз наукової та аналітико-статистичної літератури [9-21] дозволив виділити наступні аспекти впровадження хмарних технологій у транспортні операції.

1. Економічна ефективність хмарних технологій у транспортних операціях

1.1 Зниження витрат:

- на інфраструктуру та обслуговування: хмарні рішення дозволяють компаніям не витрачатися на власні сервери та програмне забезпечення, оскільки ресурси надаються у вигляді послуг за підпискою або по використанню; це дає можливість знижувати витрати на ІТ-обслуговування та інфраструктуру, оскільки відповідальність за технічне обслуговування лягає на постачальника послуг;
- на персонал: використання хмарних рішень автоматизує багато аспектів управління, таких як відстеження вантажів, планування маршрутів, управління запасами тощо; це дозволяє знизити потребу в ручному введенні даних і скоротити час, витрачений на виконання рутинних завдань, що, в свою чергу, зменшує потребу в великій кількості адміністративного персоналу.

1.2 Поліпшення прогнозування та планування:

- інтелектуальні системи на основі великих даних (Big Data): хмарні платформи дають змогу аналізувати великі обсяги даних (включаючи інформацію про маршрути, погоду, попит тощо) в реальному часі, що дозволяє точно прогнозувати потреби в транспорті, витрати на паливо та інші ресурси; це допомагає знижувати перевитрати і покращує фінансове планування;
- оптимізація маршрутів: застосування алгоритмів для планування найбільш ефективних маршрутів дозволяє знижувати витрати на паливо, мінімізувати

витрати часу та зменшити затори.

2. Операційна ефективність хмарних технологій у транспортних операціях.

2.1 Поліпшення прозорості та моніторингу:

- реальний моніторинг у реальному часі: хмарні платформи дозволяють в режимі реального часу відстежувати транспортні засоби, вантажі та місце знаходження товарів; це допомагає знизити ризик втрат, крадіжок або запізнь і дає змогу швидше реагувати на непередбачувані ситуації.
- автоматичне оновлення даних: хмарні технології забезпечують синхронізацію даних на всіх рівнях (від водіїв до менеджерів), що допомагає забезпечити точність і актуальність інформації щодо стану вантажу та транспорту; це дозволяє зменшити кількість помилок та затримок, підвищуючи точність виконання операцій.

3. Екологічна ефективність хмарних технологій у транспортних операціях

3.1 Зменшення викидів вуглекислого газу: хмарні технології дозволяють оптимізувати маршрути, не виконувати зайвих рухів; це допомагає мінімізувати викиди CO₂ та сприяє використанню електромобілів, велосипедів або громадського транспорту для працівників.

4. Виклики використання хмарних технологій у транспортних операціях

Попри численні переваги хмарних технологій, їх впровадження супроводжується певними труднощами:

1. Залежність від Інтернету. Оскільки хмарні системи вимагають постійного підключення до Інтернету, будь-які проблеми з мережею можуть призвести до тимчасового зниження доступності системи. Це може стати проблемою в регіонах з нестабільним Інтернет-з'єднанням.

2. Безпека даних. На відміну від малих та середніх підприємств, які часто стикаються з обмеженими ресурсами для забезпечення кібербезпеки, великі хмарні провайдери мають значні інвестиції в безпеку. Вони пропонують комплексний захист даних, включаючи резервне копіювання, шифрування та постійний моніторинг загроз, що дозволяє малим компаніям зосередитися на своєму бізнесі. Проте, незважаючи на високий рівень безпеки, зберігання критичних даних на сторонніх серверах може викликати занепокоєння з точки зору захисту конфіденційності та прав власності, бо ризик витоку або несанкціонованого доступу до даних все ж існує.

3. Вартість впровадження. У багатьох підприємств, особливо малих і середніх, виникають бар'єри на шляху адаптації до нових технологій через відсутність необхідних ресурсів і компетенцій.

5. Елементи методики організації вантажопасажирських перевезень на основі хмарних логістичних технологій для малого та середнього бізнесу.

Ручне введення даних є давньою практикою в логістичній галузі, особливо серед малих і середніх компаній. Проте такий підхід за своєю природою схильний до помилок, таких як друкарські помилки, неправильне введення даних та неправильне тлумачення інформації. Навіть незначні помилки можуть мати каскадний ефект, що призводить до неправильних відвантажень, розбіжностей у запасах і проблем з оплатою.

Для малого та середнього бізнесу ручне введення даних може здатися економічним варіантом, але він стає все більш обтяжливим у міру зростання обсягу інформації. Для покращання ситуації пропонується програмне забезпечення для організації вантажопасажирських перевезень, яке базується на інтеграції хмарних технологій та сучасних інструментів для оптимізації процесу транспортування вантажів і пасажирів.

У додатку завдяки використанню Google Cloud забезпечується зберігання великих обсягів даних у хмарі, що дозволяє централізувати інформацію про замовлення, маршрути, транспорт і пасажирів. Google Cloud AI надає методи на основі машинного навчання та штучного інтелекту, які аналізують дані про трафік, завантаженість доріг, погоду та

оптимізують маршрути для зменшення витрат часу й палива. Google Cloud Functions і BigQuery автоматизують обробку запитів, їх оновлення та відстеження в реальному часі.

De Novo, як дата-центр із фізичною інфраструктурою в Україні, гарантує локальне збереження даних, що важливо для дотримання законодавства України, зокрема вимог до захисту персональних даних. До того ж, De Novo дозволяє забезпечити безперебійний зв'язок на території України, незалежно від сили глобального Інтернет зв'язку, виконувати локальні задачі значно швидше, ніж через глобальну хмару Google Cloud.

Використовується лише необхідний мінімум сервісного функціоналу для забезпечення швидкого, своєчасного та безпечного вантажоперевезення. Такий підхід дозволяє не тільки заощадити кошти та зосередити витрати виключно на необхідному функціоналу, а також, забезпечує гнучкість у реагуванні на різні ситуації. Завдяки цьому досягається найменша затримка між логістичним оператором та швидкістю оновлення даних.

Даний програмний продукт відповідає наступним вимогам. До функціональних відноситься:

1. Управління перевезеннями: створення, редагування, відстеження та видалення замовлення.
2. Побудова оптимального маршруту в режимі реального часу з урахуванням завантаженості доріг та погодних умов.
3. Шифрування даних.
4. Інтеграція з хмарними сервісами.
5. Створення резервних копій.

Не функціональні:

1. Висока продуктивність (час відповіді на запит менше 2с, підтримка одночасної роботи не менше 1000 користувачів).
2. Масштабованість розробки нових функцій та обробки більшої кількості інформації.
3. Сумісність із хмарними сервісами та комп'ютерами на Windows 11.

Концептуальну модель реалізації методики виконано в об'єктно-орієнтованій парадигмі засобами UML (рис. 2)

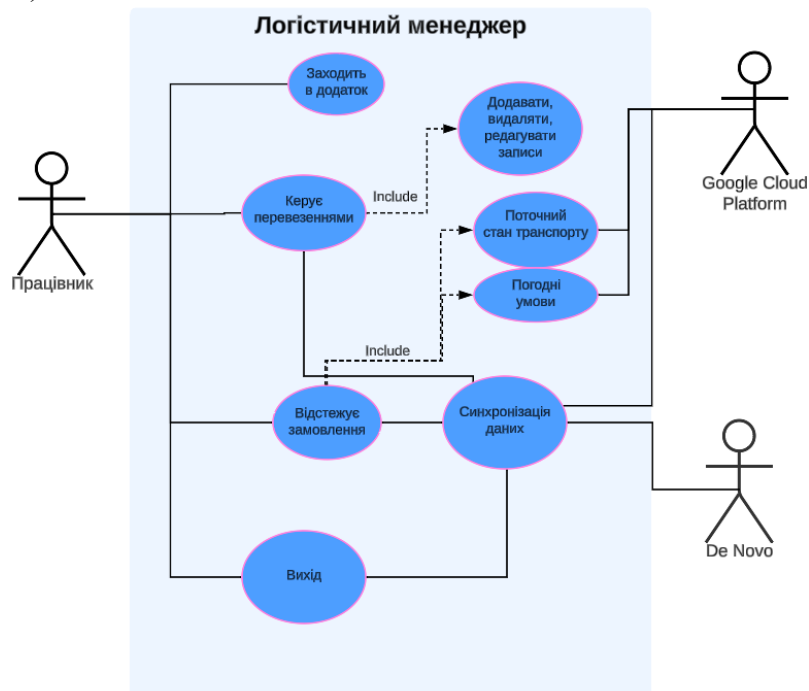


Рис 2. Діаграма використання додатку для організації вантажопасажирських перевезень на основі хмарних логістичних технологій для малого та середнього бізнесу

Для розробки додатку були використані наступні програмні засоби. Python – як мова програмування, що підтримує найбільше різноманітних бібліотек, зокрема, для логістичних операцій із застосуванням хмарних технологій. Як засіб для створення програмного продукту, було обрано Visual Studio Code. Зручний інтерфейс, гнучке налаштування інтерфейсу для створення проектів, автоматичні та точні підказки про помилки та модульність роблять даний редактор коду найбільш оптимальним для створення майбутнього проекту. Tkinter – бібліотека Python для розробки інтерфейсу програми. Google Cloud Platform – хмарний сервіс для керування та відстеження замовлень. Всі потрібні сервіси та функції підтягуються в додаток через API, формат файлів – JSON. Використані технології: Big Query для відстеження поточного статусу замовлення, слідуванням в режимі реального часу; Cloud Storage для резервного копіювання даних.

Weather API – сервіс, який надає дані про погоду у вказаній локації. Завдяки ньому, прогнозується не тільки тривалість маршруту, а ще й витрати на паливо, які зростають із погіршенням погодних умов, і навпаки – зменшуються із покращенням.

Дата центри від De Novo надають широке покриття всієї території України. Дані центри слугують для швидкого зв'язку операторів та самих перевізників, забезпечуючи безперебійний зв'язок між усіма учасниками транспортування навіть під час масових відключень електроенергії. Також дані дата центри слугують як локальні резервні копії, що зберігають та захищають інформацію від зникнення інтернет зв'язку.

Таблиця 2.

| Кількість запитів | Середній час відгуку (секунди) |
|-------------------|--------------------------------|
| 100 | 0.5 |
| 500 | 1.2 |
| 1000 | 2.1 |
| 1500 | 3.5 |

Таблиця 3.

| Показник | До впровадження | Після впровадження | Зміна |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------|
| Середній час обробки замовлення | 5 хвилин | 0.8 секунд | -98.8% |
| Продуктивність (замовлень/годину) | 12 | 75 | +525% |

Таблиця 4.

| Параметр | Середнє значення | Максимальне навантаження |
|--------------------------|------------------|--------------------------|
| Час створення замовлення | 0.8 секунд | до 1.2 секунд |
| Час редагування | 1.2 секунд | до 1.6 секунд |
| Час відображення таблиці | 1.5 секунд | до 2.3 секунд |

Таблиця 5.

| Операція | Час виконання (середній) | Коректність відображення |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Створення замовлення | 0.8 секунд | 100% |
| Редагування замовлення | 1.2 секунд | 100% |
| Відображення змін у таблиці | 1.5 секунд | 100% |

Google Cloud надає інструменти для забезпечення безпеки даних, такі як контроль доступу, шифрування та моніторинг. Важливим компонентом технологічного стеку є протоколи безпеки, як-от TLS (Transport Layer Security), що використовуються для захисту передачі даних між локальними та хмарними компонентами. Це забезпечує захищене

з'єднання під час передачі конфіденційних даних, зокрема даних про маршрути та клієнтів, запобігаючи можливості перехоплення інформації.

Тестування методики показало її ефективність та швидкість у роботі в обсягах кількості запитів для малого і середнього бізнесів (таблиці 2-5).

6. Напрямки розвитку транспортних операцій з використанням хмарних технологій.

У ході аналізу наукових публікацій було з'ясовано, що галузь логістики готова до значних трансформацій, спричинених технологічним прогресом:

1. Покращена інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання.
2. Широке впровадження автономних транспортних засобів, включаючи дрони та самокеровані вантажівки.
3. Блокчейн для підвищення безпеки та прозорості.
4. IoT та розумна логістика.
5. Технології, орієнтовані на стійкість (електромобілі, склади на сонячних батареях, екологічна упаковка тощо).
6. Індивідуалізація та орієнтований на клієнта підхід.
7. Робототехніка та автоматизація на складах.

Висновки

Логістика переживає період кардинальних змін. Вона трансформується з традиційної галузі, що фокусується на доставці, в інноваційну сферу, де ключову роль відіграють технології та аналітика даних. Завдяки цьому логістичні компанії можуть забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів, оптимізувати свої процеси та зайняти лідерські позиції на ринку. Хмарні технології відкривають нові можливості для розвитку транспортної галузі, дозволяючи підвищити ефективність, безпеку та якість послуг. Однак, для успішного впровадження хмарних рішень необхідно ретельно планувати цей процес та враховувати всі можливі ризики.

Список використаних джерел

1. Marilú Destino, Julian Fischer, Daniel Müllerklein, and Vera Trautw. (2022). To improve your supply chain, modernize your supply-chain IT. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/to-improve-your-supply-chain-modernize-your-supply-chain-it>
2. Knut Aliche, Edward Barrball, Tacy Foster, Julien Mauhourat, Vera Trautwein. (2022). Taking the pulse of shifting supply chains. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/taking-the-pulse-of-shifting-supply-chains>
3. Global Truck Driver Shortage Report 2023. <https://www.iru.org/resources/iru-library/global-truck-driver-shortage-report-2023>
4. Dictionary.com. <https://www.dictionary.com/browse/cloud-computing>
5. IT-enterprise. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cloud-solutions>
6. Computers and the World of the Future / Edited by Martin Greenberger. – New York: M.I.T. Press and Wiley, 1962. – 340 p.
7. Маркова О.М., Семеріков С.О., Стрюк А.М. Хмарні технології навчання: витоки. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2015, Том 46, №2.
8. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendation of the National Institute of Standards and Technology [Electronic resource] / Peter Mell, Timothy Grance.

– Gaitherburg : National Institute of Standards and Technology, September 2011. – III, 3 p. – (Special Publication 800-415).

9. Le Livre Blanc du Cloud Computing: Tout ce que vous devez savoir sur l'informatique dans le nuage / Syntec informatique. – 2ème Trimestre 2010. – 19 s.

10. Anaiz Gul Fareed, Fabio De Felice, Antonio Forcina, Antonella Petrillo, Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review, *Sustainable Futures*, Volume 8, 2024,

11. Фоміченко І.П., Баркова С.О. Смарт-логістика: концептуальні засади та перспективи розвитку в Україні / І.П. Фоміченко, С.О. Баркова // Економічний вісник Донбасу. — 2020. — № 1 (59). — С.63-71.

12. Веркина, Марина & Загоруйко, Оксана. (2023). Застосування хмарних технологій у логістичних системах. *Modeling the development of the economic systems*. 45-49.

13. Garcia-Dastugue, S.; Cuneyt, E. Operating performance effects of service quality and environmental sustainability capabilities in logistics. *J. Supply Chain Manag.* 2018, 30, 1–20.

14. Isaksson, M., Hulthén, H., & Forslund, H. (2019). *Environmentally sustainable logistics performance management process integration between buyers and 3PLs. Sustainability 11 (11): 3061.*

15. Gavin Kemp, Genoveva Vargas-Solar, Catarina Ferreira da Silva, Parisa Ghodous, Christine Collet, et al... (2016). Cloud big data application for transport. *International Journal of Agile Systems and Management*. 9.

16. S. Bitam and A. Mellouk, —ITS-cloud: Cloud computing for intelligent transportation system, in Proc. IEEE Global Commun. Conf., Anaheim, CA, USA, 2012, pp. 2054-2059.

17. Y. Qin, D. Huang, and X. Zhang, —VehiCloud: Cloud computing facilitating routing in vehicular networks, in Proc. IEEE 11th Int. Conf. Trust Secur. Privacy Comput. Commun., Liverpool, U.K., 2012, pp. 1438-1445

18. Balan Sundarakani, Rukshanda Kamran, Piyush Maheshwari, Vipul Jain, (2019). Designing a hybrid cloud for a supply chain network of Industry 4.0: a theoretical framework. *Benchmarking: An International Journal*

19. Benotmane, Zineb & Belalem, Ghalem & Neki, Abdelkader. (2017). A cloud computing model for optimization of transport logistics process. *Transport and Telecommunication*, 2017, volume 18, no. 3, 194–206

20. Krishnan, Ravishankar & Perumal, Elantheraiyan & Govindaraj, Manoj & Logasakthi, K. (2024). Enhancing Logistics Operations Through Technological Advancements for Superior Service Efficiency.

21. Каличева Н.С., Масан В.В., Сафронов О.Е. (2021). Хмарні технології як інструмент забезпечення конкурентного розвитку підприємств залізничного транспорту. *Підприємництво та інновації*, випуск 20, с. 51-55.

References

1. Marilú Destino, Julian Fischer, Daniel Müllerklein, and Vera Trautw. (2022). To improve your supply chain, modernize your supply chain IT. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/to-improve-your-supply-chain-modernize-your-supply-chain-it>

2. Knut Aliche, Edward Barrball, Tacy Foster, Julien Mauhourat, Vera Trautwein. (2022). Taking the pulse of shifting supply chains. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/taking-the-pulse-of-shifting-supply-chains>

3. Global Truck Driver Shortage Report 2023. <https://www.iru.org/resources/iru-library/global-truck-driver-shortage-report-2023>
4. Dictionary.com. <https://www.dictionary.com/browse/cloud-computing>
5. IT-enterprise. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cloud-solutions>
6. Computers and the World of the Future / Edited by Martin Greenberger. – New York: M.I.T. Press and Wiley, 1962. – 340 p.
7. Markova O.M., Semerikov S.O., Stryuk A.M. Cloud learning technologies: origins. Information technologies and learning resources, 2015, Volume 46, No. 2.
8. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendation of the National Institute of Standards and Technology [Electronic resource] / Peter Mell, Timothy Grance. – Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, September 2011. – III, 3 p. – (Special Publication 800-415).
9. The Cloud Computing White Paper: Everything you need to know about cloud computing / Syntec informatique. – 2nd Quarter 2010. – 19 s.
10. Anaiz Gul Fareed, Fabio De Felice, Antonio Forcina, Antonella Petrillo , Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review, Sustainable Futures, Volume 8, 2024,
11. Fomichenko I.P., Barkova S.O. Smart logistics: conceptual principles and prospects development in Ukraine / I.P. Fomichenko, S.O. Barkova // Economic Bulletin of Donbas. — 2020. — No. 1 (59). — P.63-71.
12. Verkyna, Maryna & Zagoruyko, Oksana. (2023). Application of cloud technologies in logistics systems. Modeling the development of the economic systems. 45-49.
13. Garcia-Dastugue, S.; Cuneyt, E. Operating performance effects of service quality and environmental sustainability capabilities in logistics. J. Supply Chain Manag. 2018, 30, 1–20.
14. Isaksson, M., Hulthén, H., & Forslund, H. (2019). Environmentally sustainable logistics performance management process integration between buyers and 3PLs. Sustainability 11 (11): 3061.
15. Gavin Kemp, Genoveva Vargas-Solar, Catarina Ferreira da Silva, Parisa Ghodous, Christine Collet, et al... (2016). Cloud big data application for transport. International Journal of Agile Systems and Management. 9.
16. S. Bitam and A. Mellouk, —ITS-cloud: Cloud computing for intelligent transportation system, || in Proc. IEEE Global Commun. Conf., Anaheim, CA, USA, 2012, pp. 2054-2059.
17. Y. Qin, D. Huang, and X. Zhang, —VehiCloud: Cloud computing facilitating routing in vehicular networks, || in Proc. IEEE 11th Int.Conf. Trust Secure. Privacy Comput. Commun., Liverpool, U.K., 2012, pp. 1438-1445
18. Balan Sundarakani, Rukshanda Kamran, Piyush Maheshwari, Vipul Jain, (2019). Designing a hybrid cloud for a supply chain network of Industry 4.0: a theoretical framework. Benchmarking: An International Journal
19. Benotmane, Zineb & Belalem, Ghalem & Neki, Abdelkader. (2017). A cloud computing model for optimization of transport logistics process. Transport and Telecommunication, 2017, volume 18, no. 3, 194–206
20. Krishnan, Ravishankar & Perumal, Elantheraiyan & Govindaraj, Manoj & Logasakthi, K. (2024). Enhancing Logistics Operations Through Technological Advancements for Superior Service Efficiency.
21. Kalicheva N.E., Masan V.V. ., Safronov O.E. (2021). Cloud technologies as a tool for ensuring the competitive development of railway transport enterprises. Entrepreneurship and Innovation, issue 20, pp. 51-55.