

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут управління, технологій та правових наук
Кафедра інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

ВЕБ-ОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА «ЛОГІСТИКА»

Спеціальність: 121 «Інженерія програмного забезпечення»
ОПП «Інженерія програмного забезпечення»

Розробив: Владислав ЖЕРНОВИЙ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Керівник: д.т.н., професор Олег НІКОНОВ

(науковий ступінь, вчене звання) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтроль: д.т.н., професор Олег НІКОНОВ

(науковий ступінь, вчене звання) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Допущений до захисту

« ____ » _____ 2025р.

В.о. завідувача кафедри: д.т.н., професор Олег НІКОНОВ

(науковий ступінь, вчене звання) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент: к.т.н., доцент Ірина МАШКІНА

(науковий ступінь, вчене звання) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Київ – 2025

Міністерство освіти і науки України
 Національний транспортний університет
 Навчально-науковий інститут управління, технологій та правових наук
 Кафедра інформаційних технологій

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
 Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
 Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»
 ОПП «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
 інформаційних технологій
 д.т.н., проф. _____ Олег НІКОНОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Завдання
на магістерську роботу здобувачу вищої освіти
Владиславу ЖЕРНОВУ

(ім'я, прізвище)

1. Тема роботи: Веб-орієнтована система «Логістика»

керівник роботи: д.т.н., професор Олег НІКОНОВ

Затверджені наказом від «17» жовтня 2025 року № 1031

2. Строк подання здобувачем роботи 19 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: веб-орієнтована система «Логістика», база даних про логістичні операції, які здійснюються логістичною компанією при перевезенні вантажів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) огляд та аналіз області дослідження (сутність логістичних процесів в Україні, інформатизація логістики, інформаційні потоки у логістиці інформаційні системи у логістиці, сучасні інформаційні логістичні системи), аналіз та шляхи розв'язку проблеми (формування маршрутів перевезення вантажів, інформаційно-технологічні засоби розробки веб-орієнтованих систем), опис програмного продукту – веб-орієнтованої системи «Логістика» (вимоги до програмного продукту, архітектура програмного продукту, опис функціонування веб-орієнтованої системи «Логістика»)

5. Перелік графічного матеріалу: презентація магістерської роботи, скріншоти, які демонструють функціонування веб-орієнтованої системи «Логістика»

6. Консультанти роботи: д.т.н., професор Олег НІКОНОВ

7. Календарний план виконання роботи

№ з/п	Найменування етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Огляд та аналіз джерел тематичної області	17.10.25 – 22.10.25	
2	Огляд та аналіз шляхів розв’язання проблем роботи	23.10.25 – 28.10.25	
3	Опис власного підходу до вирішення проблеми	29.10.25 – 04.11.25	
4	Визначення вимог до програмного продукту та його структури	05.11.25 – 07.11.25	
5	Опис та реалізація основних функцій програмного продукту	08.11.25 – 28.11.25	
6	Оформлення пояснювальної записки	29.11.25 – 05.12.25	
7	Захист		

8. Дата видачі завдання «17» жовтня 2025 року

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Жерновий В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ніконов О.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема: «Веб-орієнтована система «Логістика»»

Магістерська робота: 93 сторінки, 27 рисунків, 1 таблиця, 71 літературне джерело, 1 додаток.

Магістерська робота присвячена розробці веб-орієнтованої логістичної системи в сучасних умовах. Метою роботи є дослідження логістичного процесу перевезення вантажів та його складових операцій, розроблення підходу до організації логістичного процесу на основі використання сучасних методів формування маршрутів перевезення в кризових ситуаціях, що дозволить оптимізувати та підвищити ефективність логістичного процесу та розробити відповідну веб-орієнтовану логістичну систему.

Дослідження зосереджено на розробці веб-орієнтованої логістичної системи, що включає в себе функціонал для здійснення замовлення на перевезення вантажу, вибору відповідного транспортного засобу з автопарку логістичної компанії та підбору водія, який може вчасно доставити вантаж до отримувача. Застосовані сучасний стек вебтехнологій, який включає HTML, CSS, JavaScript та бази даних для реалізації потрібного функціоналу системи.

Було проведено аналіз потреб щодо оптимізації логістичного процесу, що дозволило сформулювати основні функціональні вимоги до програмного продукту, що використовує актуальні дані про транспортні засоби, маршрути, водіїв, вантажі тощо. Результатом роботи є розроблена веб-орієнтована система «Логістика».

Розроблена веб-орієнтована система «Логістика» має потенціал для подальшого розширення та вдосконалення, включаючи можливості використання штучного інтелекту для формування варіанту оптимального рішення щодо транспортного засобу, водія та маршруту перевезення вантажу.

Ключові слова: веб-орієнтована система, логістичний процес, перевезення вантажу, формування маршрутів перевезення вантажу, генетичні алгоритми, оптимальний маршрут перевезення вантажів.

ABSTRACT

Topic: "Web-based system for testing students' knowledge"

Master's thesis: 93 pages, 27 figures, 1 table, 71 literary sources, 1 appendix.

The master's thesis is devoted to the development of a web-oriented logistics system in modern conditions. The purpose of the work is to study the logistics process of cargo transportation and its component operations, to develop an approach to organizing the logistics process based on the use of modern methods of forming transportation routes in crisis situations, which will allow optimizing and increasing the efficiency of the logistics process and developing an appropriate web-oriented logistics system.

The research focuses on the development of a web-oriented logistics system, which includes functionality for placing an order for cargo transportation, selecting a suitable vehicle from the logistics company's fleet and selecting a driver who can deliver the cargo to the recipient on time. A modern web technology stack was applied, which includes HTML, CSS, JavaScript and databases to implement the required system functionality.

A needs analysis was conducted for optimizing the logistics process, which allowed formulating the main functional requirements for a software product that uses current data on vehicles, routes, drivers, cargo, etc. The result of the work is the developed web-oriented system "Logistics".

The developed web-oriented system "Logistics" has the potential for further expansion and improvement, including the possibility of using artificial intelligence to form an optimal solution for the vehicle, driver and cargo transportation route.

Keywords: web-oriented system, logistics process, cargo transportation, formation of cargo transportation routes, genetic algorithms, optimal cargo transportation route.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Сутність логістичних процесів в Україні	11
1.2 Інформатизація логістики	22
1.2.1 Інформаційні потоки у логістиці	22
1.2.2 Інформаційні системи у логістиці	24
1.3 Сучасні інформаційні логістичні системи	26
1.3.1 Види інформаційних систем у логістиці	26
1.3.2 Lardi-Trans	26
1.3.3 4logist	29
1.3.4 Система SAT – логістика для бізнесу	32
2 АНАЛІЗ ТА ШЛЯХИ РОЗВ’ЯЗКУ ПРОБЛЕМИ	34
2.1 Формування маршрутів перевезення вантажів	34
2.1.1 Основні задачі формування маршрутів перевезення	34
2.1.2 Основні методи вирішення проблеми формування маршрутів перевезення вантажів	38
2.2 Інформаційно-технологічні засоби розробки веб-орієнтованих систем	47
3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ «ЛОГІСТИКА»	54
3.1 Вимоги до програмного продукту	54
3.2 Архітектура програмного продукту	57
3.3 Опис функціонування веб-орієнтованої системи «Логістика»	61
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

В наш час в умовах військового конфлікту забезпечення стабільної роботи логістичної транспортної інфраструктури має дуже важливе (а інколи й критичне) значення. Логістичні транспортні перевезення завжди відігравали важливу роль у економіці країни, бо завдяки налагодженим ланцюгам постачання товарів (сировини, військової зброї, тощо) стає можливим забезпечення безперебійної життєдіяльності країни, здійснюючи поставку товарів першої необхідності.

Сучасні технології логістики та відповідне інформаційно-технологічне забезпечення (інформаційні логістичні системи) сприяють тому, що може бути забезпечено виконання цих факторів:

- здійснюючи автоматизацію контролю стану вантажів;
- відмінюючи необхідність залучення великої кількості фахівців, що підтримують логістичні процеси.

Серед технологій, які в наш час використовуються в логістиці, можна виділити, зокрема такі, як:

- автоматизація управління логістичними процесами та операціями – впровадження спеціалізованих систем управління для контролю вантажопотоків;
- відстеження вантажів (контролю та моніторингу стану вантажів);
- побудови маршрутів на основі аналітичних даних;
- інтелектуальні транспортні системи – включають датчики, Інтернет речей (IoT) [1] та експертні системи [2], що забезпечують постійний контроль та моніторинг як вантажу, так і відповідного транспортного засобу, збільшуючи ефективність перевезення;
- здійснення інтернет-платежів – запровадження перевізниками online-систем оплати для прискорення фінансових транзакцій, що мають відношення до таких логістичних операцій, наприклад, таких як [3]: перевезення вантажів; організація роботи складів вантажу.

В наш час в Україні працює понад 900 компаній, що займаються транспортною діяльністю за КВЕД 52.29 [4], з яких найбільші – це міжнародні оператори, такі як DHL [5], Kuehne+Nagel [6], «MAERSK» [7], а також українські компанії, наприклад, «KASHKAN LOGISTIC» [8]. Важливу роль відіграють й малі підприємства (зокрема, ФОП), які пропонують конкурентні ціни та умови для перевезення вантажів з України в Європу, демонструючи гнучкість (цінову, маршрутну) у сучасних складних кризових умовах.

Важливим фактором ефективної логістики є так звана маршрутизація, тобто формування транспортних маршрутів для пересування транспортних засобів. В сучасних умовах, коли традиційні маршрути часто стають недосяжними (блокуються, стають небезпечними), необхідно розробляти та застосовувати алгоритми, що дозволяють швидко (бажано в реальному часі) адаптуватися до змін, що відбуваються, та формувати нові альтернативні, безпечні шляхи.

Втрата традиційних транспортних шляхів, знищення/застарілість транспортної інфраструктури, нестача персоналу та матеріально-технічних ресурсів значно ускладнюють організацію безперебійних та надійних перевезення.

Актуальність проблеми, яка розглядається у магістерській роботі, полягає у тому, що велика кількість задач забезпечення логістичних операцій, пов'язаних з перевезеннями вантажу, може бути вирішена завдяки належній цифровій підтримці, без якої ці операції та процеси потребуватимуть значних людських ресурсів, часу і можуть призвести до помилок через недостатню синхронізацію дій різних учасників логістичного ланцюга.

Науковою новизною роботи є дослідження всіх складових ланцюга логістичного процесу перевезення вантажів та використання цифровізації для управління та організації вантажоперевезенням (від етапу замовлення перевезення до кінцевого етапу доставки вантажу), що забезпечує оптимізацію та автоматизацію складових логістичного процесу.

Метою роботи є дослідження предметної області (логістичного процесу

перевезення вантажів та складових його операцій), розроблення підходу до управління та організації логістичного процесу на основі використання цифровізації процесів формування маршрутів перевезення в кризових ситуаціях, що дозволить оптимізувати та підвищити ефективність логістичного процесу та розробити відповідну веб-орієнтовану систему.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань:

- зробити огляд та аналіз предметної області дослідження;
- визначити цілі, види, методи та підходи до управління і організації перевезення вантажів в сучасних умовах;
- проаналізувати сучасні системи управління логістичними операціями та логістичним процесом;
- розробити підхід до організації та управління перевезеннями вантажів за допомогою логістичних систем;
- здійснити збір загальної інформації, необхідної для розробки відповідної веб-орієнтованої системи логістичного спрямування;
- визначити вимоги до веб-орієнтованої логістичної системи та її функції;
- розробити веб-орієнтовану систему логістичного спрямування.

Об’єктом дослідження в магістерській роботі є дані та знання, що відповідають сфері організації та управлінню логістичним процесом., його оптимізації та підвищення ефективності.

Предметом дослідження в магістерській роботі є сукупність підходів, інформаційно-програмних інструментів, технологій до організації й управління логістичним процесом та розробки відповідного програмного продукту – веб-орієнтованої логістичної системи.

Практична цінність магістерської роботи полягає у впровадженні веб-орієнтованої системи організації та управління логістичними процесами, побудованої на основі використання оптимізації логістичних процесів, формування маршрутів перевезення вантажів та обробки великих обсягів інформації, їх збереження та обробки в режимі реального часу.

Магістерська робота складається зі вступу, трьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку, в яких розглядаються методи, підходи та принципи, що використовуються при організації та управлінні логістичними операціями, оптимізації, контролю вантажів, моніторингу транспортних засобів, які здійснюють перевезення вантажу, формуванні транспортних маршрутів перевезення.

Розробка веб-орієнтованої системи для оптимізації логістичних транспортних перевезення в сучасних умовах, що враховує специфіку роботи в кризових ситуаціях та адаптується до обмежених ресурсів і нестабільної транспортної та логістичної інфраструктури.

Основне завдання такої веб-орієнтованої системи є автоматизація та Інформатизація та інтелектуалізація (за допомогою технологій штучного інтелекту) найбільш важливих логістичних процесів, зокрема планування та формування маршрутів, контроль та моніторинг вантажів, оптимізація використання транспортних засобів і забезпечення взаємодії між учасниками логістичних операцій.

Особистий внесок магістра. Магістерська робота є самостійним завершеним дослідженням автора.

Публікації. дослідження були апробовані:

– Ткаченко О.І., Жерновий В.В., Петрущенко М.О. Інформатизація процесів автоперевезення. *Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: світовий досвід: збірник наукових праць з матеріалами VII Міжнародної наукової конференції (Житомир, 24 жовтня, 2025 р.) / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С.250 – 253. [45].*

– результати дослідження опубліковані в науковій статті Ткаченко О.І., Жерновий В.В., Петрущенко М.О. Деякі аспекти розробки інформаційних логістичних систем. *Наука і техніка сьогодні*, 2025. 20(51). С. 2053-2066. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-10\(51\)-2053-2066](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-10(51)-2053-2066) [46].

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Сутність логістичних процесів в Україні

Інформатизація логістичного процесу транспортних перевезення, та розробка програмного забезпечення є важливою проблемою сучасної економіки.

Цифрова (інформаційна, інтелектуальна з використанням штучного інтелекту) трансформація логістичних операцій (елементів, складових логістичного процесу) неможлива без інтеграції сучасних інформаційних логістичних систем і технологій, наприклад, систем автоматизації логістичного процесу (його складових) для оптимізації та підвищення транспортних перевезення вантажів як в межах країни, так і за кордон.

Інформатизація в логістиці повинна передбачати, зокрема [45, 46]:

- інформатизацію окремих логістичних операцій;
- автоматизацію логістичних завдань;
- використання логістичної інформації, зокрема, для:
 - замовлення перевезення вантажу;
 - формування маршруту;
 - контролю та моніторингу вантажів;
 - сплати за окремі логістичні операції та супутні операції по обслуговуванню транспортного засобу чи вантажу;
 - прийняття управлінських рішень щодо логістики.

В наш час майже всі компанії (логістичні, транспортні), в сфері професійних інтересів яких знаходиться саме перевезення вантажів та всі супутні операції прийняли цифрову трансформацію логістики, впровадивши відповідні технологічні рішення у свою професійну діяльність.

Багато компаній прийняли цифрову бізнес-стратегію, використовуючи цифрові інструменти та інновації (як в сфері логістики, так і в сфері ІТ-технологій) для своїх:

- стабільності;
- зростання;
- підвищення ефективності свого бізнесу;
- оптимізації всіх своїх операцій (і не тільки логістичних);
- підвищення рівня власної конкурентоспроможності.

Сучасні статистичні дані свідчать про високий рівень впровадження та визнання цифровізації/інформатизації в галузі логістики [8].

Формування сучасної логістичної мережі з використанням елементів інформатизації та інтелектуалізації спроможне:

- забезпечити достатньо високий рівень стійкості та оперативності, що дозволить компаніям (незалежно від розміру);
- посилити конкурентоспроможність, намагаючись надати клієнтам найбільш оптимальне та якісне надання послуг з перевезення вантажів.

Використання різноманітних інформаційно-аналітичних технологій (наприклад, гіперзв'язку, суперкомп'ютерів та Big Data [9]) сприяє отриманню масштабних логістичних даних.

Слід також відзначити, що використання відповідних алгоритмів обробки даних сприяє заощадженню коштів компанії, збільшенню маржі, економічній, ефективній та екологічно безпечній роботі компанії [9].

Інформатизація та інтелектуалізація (за допомогою технологій штучного інтелекту) логістичного процесу та його складових має важливе значення для успіху цифрової логістики.

Інформатизація та інтелектуалізація (за допомогою технологій штучного інтелекту) в логістиці базується на таких факторах, як, наприклад:

- співпраця окремих підрозділів одного підприємства чи підрозділів різних компаній;

- наявність якісного зв'язку (наприклад, використовуючи мобільний Інтернет, телефонний зв'язок тощо);
- адаптивність компанії до змін в умовах перевезення, наприклад, таких як:
 - появи/необхідності формування нового маршруту;
 - поява нових категорій вантажів;
 - нові нормативні умови перетинання кордону;
 - зменшення персоналу компаній (наприклад, через відтік населення за кордон чи інші регіони країни);
- інтеграція з іншими інформаційними системами (як компанії, так і всієї галузі);
- впровадження механізмів автоматизації прийняття управлінських рішень;
- когнітивне вдосконалення інтерфейсу відповідних інформаційних логістичних систем.

Повне впровадження широкого спектру інформаційних технологій (та технологій інтелектуалізації процесів логістики та перевезення вантажів), таких як, наприклад:

- мобільні технології та пристрої;
- хмарні технології та обчислення;
- датчики, в тому числі й так звані «інтелектуальні» датчики;
- технології доповненої та віртуальної реальності;
- використання пристроїв з 3D-друком;
- різноманітні технології аналізу даних (в тому числі статистичного та інтелектуального);
- Інтернет речей (IoT) [1];

в логістичні процеси забезпечує: інтегровані системи планування та виконання, автономну логістику, розумні закупівлі та складування, управління запасними частинами та розширену аналітику [10, 11].

Інформаційна логістика, розроблена з урахуванням вищезазначених факторів і доступних технологій, забезпечує суттєві переваги для управління, планування і синхронізації транспортних, вантажних і логістичних операцій, серед яких особливої уваги заслуговують, зокрема, такі, як [12 –14]:

- робота логістичного (транспортного) підприємства (наприклад, контроль і моніторинг вантажів, контроль і моніторинг місцезнаходження транспортного засобу, тощо) в режимі реального часу;
- забезпечення повної «прозорості» по всьому ланцюгу поставок (перевезення вантажів);
- забезпечення повної «прозорості» та оптимізації (з подальшим збільшенням ефективності) для транспортних ланцюгів перевезення вантажів та логістичних (транспортних) центрів;
- забезпечення оптимізації всіх логістичних, транспортних та супутніх операцій завдяки аналізу великих даних (Big Data) [9];
- незалежний від пристроїв та їхнього місцезнаходження збір інформації за допомогою, наприклад, хмарних обчислень;
- забезпечення зниження складності процесів управління логістичним процесом завдяки децентралізованому, автономному прийняттю рішень;
- відкритий інтелектуальний користувальницький інтерфейс та його програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати горизонтальну і вертикальну співпрацю всіх компонентів як системи логістики, так і інформаційної логістичної системи;
- більш високий рівень автоматизації логістичних/транспортних операцій за рахунок більш тісної і комфортної взаємодії між людиною і системою;
- зменшення кількості збоїв у складних логістичних/транспортних процесах;
- створення можливостей для отримання всебічного споживчого досвіду за рахунок використання технологій розширеної та віртуальної

реальності (при використанні відповідних пристроїв, наприклад, натільних комп'ютерів) тощо [13].

Інформатизація та інтелектуалізація (за допомогою технологій штучного інтелекту) всього логістичного процесу передбачає, зокрема:

- планування логістичного процесу, зокрема:
 - вибір маршруту;
 - вибір перевізника;
 - вибір способів сплати за послуги;
- постачання транспортних засобів та супутніх товарів (наприклад, запчастин),
- виробництва замовлених вантажів,
- доставки чи повернення товарів (вантажів)

Все це сприятиме, зокрема:

- подальшому вдосконаленню логістичних процесів;
- оптимізації робочих процесів логістичної компанії;
- скороченню часу виконання замовлень на перевезення вантажу.

Виміри сталого розвитку логістичної (транспортної) компанії повинні відображати:

- забезпечення доступної інформаційної логістичної системи, яка ефективно працює, пропонує обґрунтовані рішення щодо перевезення вантажів тощо;
- забезпечення базових потреб користувачів.

Використання інформаційних та інтелектуальних технологій (зокрема, за допомогою технологій штучного інтелекту) у логістичному процесі значно підвищує ефективність та надійність галузі логістики через підтримку співпраці між організаціями/підрозділами організацій (компаній) та інтеграцію різноманітних даних (зокрема, статистичних, Big Data).

Віртуальні логістичні кластери та так звані «цифрові/інформаційні» хаби дозволяють спільно використовувати складські та транспортні

потужності компаній, забезпечуючи більш широкий охоплення територій як України, так і за її межами, новими маршрутами перевезення вантажів.

Інтеграція інформаційних логістичних систем включає взаємодію (як горизонтальну, так і вертикальну) для підтримки видимості ланцюга перевезення вантажів.

Використання інформаційних та інтелектуальних технологій (зокрема, за допомогою технологій штучного інтелекту) у логістичному процесі, таких як, наприклад [15, 16]:

Міжсистемна взаємодія, хмарні технології та обчислення, інтелектуальний та статистичний аналіз Big Data – все це:

- покращує узгодження попиту і пропозиції логістичних операцій;
- знижує ризики перевезення вантажів;
- підвищує ефективність різноманітних логістичних операцій.

Інформаційні та інтелектуальні системи (які використовують, зокрема, за допомогою технологій штучного інтелекту: нейронних мереж, генетичних алгоритмів, онтологічного моделювання) логістичного процесу обумовлює саморегуляцію логістичних операцій, прогнозування та реагування на зміни в реальному часі.

Ці інформаційно-інструментальні інновації створюють можливості для більш ефективного управління логістикою в сучасних кризових умовах.

Ефективність використання інформаційних та інтелектуальних логістичних систем в автоматизацію логістичного процесу перевезення вантажів та логістику компаній обумовлює розвиток та позитивні перспективи інновацій.

Автоматизація логістичного процесу, наприклад, в роздрібній торгівлі є процесом безперервним, а нові тенденції будуть сприяти формування галузі логістики в подальшому [13, 17].

В наш час країни часто стикаються з різноманітними кризовими ситуаціями, які впливають і на логістику (логістичні ланцюги поставок та доступність перевезення вантажів як по країні, так і за кордон).

Різні кліматичні проблеми/негаразди/катастрофи (наприклад, урагани, землетруси, зливи) все більше частішають, спричиняючи серйозні порушення в повсякденній життєдіяльності як країни, так і окремих їх громадян, стаючи змістом (сенсом) появи/існування/розвитку так званої «гуманітарної логістики» та ланцюгів постачання гуманітарних вантажів у постраждалі райони/регіони [18].

Сучасний кризовий стан в світі впливає на регіональну логістику.

Моделі попиту перевезення вантажів, створення яких обумовлено кризовим станом в країні, обумовлюють кроки, які сприятимуть задоволенню регіонального попиту щодо основних сфер виробництва, постачання, контролю, технологій, конкуренції, енергетики та управління проєктами в галузях, що тісно пов'язані з логістичним процесом.

В сучасних кризових ситуаціях логістичні компанії вимушені працювати, зокрема:

- в умовах, що суттєво відрізняються від номінальних /нормальних/нормативних;
- з потенційно стійким невисоким рівня попиту на регіональні чи міжнародні перевезення вантажів.

В наш час постійно змінюються, зокрема:

- правила надання логістичних послуг;
- умови надання цих послуг як під час, так і після кризи;
- логістичні виклики, обумовлені з інноваціями щодо створення вартості, цінової стратегії та каналів розподілу вантажів.

Під час кризи складні інформаційні логістичні системи регіонального спрямування, стикаючись з постійно виникаючими змінами, умовами та обмеженнями, повинні враховувати, зокрема:

- наявні процеси кризових перетворень;
- реорганізацію чи трансформацію логістичних (транспортних) підприємств.

— складнощі в управлінні корпоративною логістикою капітальних товарів, наприклад, літак Boeing 747 містить декілька мільйонів деталей, які повинні бути доставлені в умовах складних цілісних чи міжгалузевих ланцюгів поставок (перевезення вантажів), які вимагають більш високого рівня готовності та реагування в кризових умовах.

Кризове управління логістичного процесу повинно здійснювати керування складною мережею взаємопов'язаних систем (в тому числі й транспортними та логістичними), які стикаються з численними проблемами, обумовленими теперішнім станом.

Ці проблеми повинні враховувати багато факторів: від геополітичних факторів до інформаційно-технологічних [19, 20].

Крім проблем, що пов'язані з інформатизацією та інтелектуалізацією логістичного процесу, перед Україною постають проблеми, спричинені військовим положенням, введеним в країні, закриті кордони та наявні обмеження перевезення вантажів.

В наш час Україна, країни Європи та світу повинні були повністю змінити всю логістичну систему країн через появи складних та незрозумілих наслідків та обмежень, що постали перед ними через ситуацію, яка сталась у світі. В результаті традиційні маршрути та ланцюги різко змінюються, а інколи й взагалі розриваються [46].

В наш час (через кризові умови, що виникли) українським експортерам довелося переорієнтувати вантажопотоки з українських портів (Одеса, Миколаїв) на порти ЄС, зокрема Румунії (Констанца), Болгарії (Бургас), Польщі (Гдиня, Гданськ, Щецин, Свіноуйсьце), Хорватії (Рієка, Плоче), Німеччини (Гамбург, Бремен) [21].

Все це обумовило збільшення середньої відстані до порту відправлення вантажів для українських експортерів значно зросла, а витрати на доставку вантажів до порту призначення зросли майже в 3-4 рази [21].

Логістичні шляхи в ЄС та Україні змінились через збільшення частки автомобільних перевезення вантажів майже на 15 – 20% [22, 23].

Українські компанії все частіше використовують автомобільний транспорт, щоб подолати наявні логістичні обмеження, такі як, наприклад[^]

- блокада портів;
- обмежена пропускна спроможність залізничних переїздів тощо.

У 2022 р. між ЄС та Україною було укладено угоду про перевезення вантажів автомобільним транспортом.

Згідно з цією угодою, українським перевізникам більше не потрібно було отримувати відповідні необхідні дозволи для перевезення різноманітних вантажів до ЄС.

Угода унеможливила призупинення експорту багатьох українських товарів. Перетин сухопутного кордону з країнами ЄС (зокрема, Польщею та Румунією) дозволив Україні задовольняти свої гуманітарні та військові потреби.

Польща стала найбільшим транзитним пунктом для перевезення вантажів до більшості країн Північної та Західної Європи.

Перевезення палива, гуманітарних та військових вантажів становила у 2022 р. майже 20% від загального обсягу перевезення [22, 23].

Технологічний розвиток в секторі логістики (логістичного процесу та логістичних операцій) призводить до суттєвих змін, впровадження інноваційних технологій та вдосконалень.

Все це надає можливість протистояти таким викликам, як:

- зростання попиту на перевезення того чи іншого класу вантажів;
- глобалізація світового ринку (в тому числі й ринку перевезення);
- зростаюча складність ланцюгів перевезення вантажів (постачання товарів).

Деякими з основних інформаційно-технологічних інновацій, які суттєво вплинули і зараз впливають на логістику і логістичний процес:

- Інтернет речей (IoT) [1] завдяки своєму впровадженню сприяє збору та аналізу даних в режимі реального часу, покращуючи відстеження

відправлень вантажів і управління ресурсами вздовж всього ланцюга перевезення вантажу (поставок товарів).

— Штучний інтелект і машинне навчання, які сприяють, зокрема:

- оптимізації процесів формування/планування логістичних (транспортних) маршрутів;
- прогнозування попиту та автоматизації прийняття рішень.

— Блокчейн (технологія блокчейну) пропонує безпечні та розподілені транзакції, покращуючи відстеження (контроль і моніторинг вантажів), безпеку даних і прозорість у ланцюгу перевезення вантажів (поставок товарів).

— Робототехніка та автоматизація, яка передбачає використання роботів, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і самокерованих транспортних засобів, що:

- підвищує ефективність процесів обробки вантажів при їх перевезенні (чи складуванні);
- зменшує витрати та залежність від втручання людини у логічні операції.

— Штучний інтелект і машинне навчання (зробивши логістику 4.0) призвели до значного підвищення ефективності логістичного процесу та управління логістичними (транспортними) та багатьма супутніми (наприклад, фінансовими – сплати за перевезення, завантаження/розвантаження вантажів, ремонт транспортних засобів тощо) операціями [24, 45].

Завдяки інтелектуалізації процесу аналізу потоку даних і машинному навчанню сучасні тенденції щодо інформатизації та інтелектуалізації логістичного процесу галузь логістики в цілому та окремі її логістичні компанії отримують кілька переваг, зокрема, такі, як:

— *Покращений контроль і маршрутизація замовлень*: штучний інтелект може аналізувати та обробляти великі обсяги даних (Big Data), щоб ідентифікувати моделі та оптимізувати маршрути перевезення вантажів, забезпечуючи більш точний та своєчасний контроль замовлень користувачів щодо доставки вантажів.

– *Більш ефективне агрегування програмних продуктів* (інформаційних систем): використовуючи прогнозування перевезення вантажів та інших логістичних операцій на основі штучного інтелекту та технологій, що його підтримують, можуть краще агрегувати різноманітні потрібні у логістиці програмні продукти на основі складних і точних прогнозів попиту, зменшуючи витрати та підвищуючи ефективність ланцюга перевезення вантажів.

– *Скорочення часу доставки*: завдяки оптимізації транспортних маршрутів і ефективному управлінню ресурсами (матеріальними, фінансовими, транспортними тощо), використанню штучного інтелекту і технологій, що його підтримують, а також машинне навчання можуть допомогти, зокрема [25]:

- скоротити час доставки (перевезення вантажів);
- забезпечувати контроль і моніторинг вантажів;
- покращувати задоволеність користувачів інформаційної логістичної системи.

Галузь логістики в наш час все частіше стає потенційною мішенню для кібератак (наприклад, зламів баз даних компаній тощо), як і будь-яка галузь, що використовує, наприклад, хмарне сховище.

Можливий вплив кіберзлочинності на ланцюг постачання/перевезення вантажів/пасажирів матиме негативні наслідки як для глобальної споживчої економіки, так і для окремих логістичних (транспортних) компаній. Кіберзлочинці можуть отримувати облікові дані через існуючу можливість віддаленого доступу.

Кіберзловмисники загрожують в наш час багатьом провідним логістичним (транспортним) компаніям світу.

Наприклад, Expeditors, відома як одна зі світових логістичних гігантів, намагається поборотися з надзвичайно серйозною кібератакою вже декілька років.

Ця компанія офіційно визнала наявність атаки, але не підтвердила, що це була подія так званого «програмного забезпечення-вимагача».

Компанія заявила, що кібератака, суттєво вплинувши на деякі її операційні системи (інформаційні системи, спрямовані на ті чи інші логістичні операції), сильно уповільнила діяльність компанії по всьому світу та закрила більшість своїх операційних систем у всьому світі після кібератаки [26].

Для покращення ситуації з безпекою (і не тільки інформаційною) існують певні рекомендації, які сприятимуть збільшенню рівня захищеності, зокрема, програмного забезпечення інформаційних логістичних систем.

1.2 Інформатизація логістики

Інформатизація логістики (так звана «інформаційна логістика») являє собою частину логістики, яка організує потік інформації, що супроводжує матеріальний потік в процесі його переміщення [12].

Інформаційна логістика є об'єднуючою ланкою між постачанням, виробництвом та збутом товарів, яке передбачає перевезення товарів до їх кінцевих споживачів.

Інформаційна логістика управляє процесами перевезення та складування товарів, забезпечуючи своєчасну доставку цих товарів у необхідній кількості, необхідної комплектації та потрібної якості з місця їх виробництва до місця споживання з мінімальними витратами та оптимальним сервісом.

1.2.1 Інформаційні потоки у логістиці

В основі процесу управління матеріальними потоками лежить обробка інформації, що циркулює у логістичних системах. У зв'язку з цим одним із ключових понять логістики є поняття інформаційного потоку.

Інформаційний потік – сукупність даних, що циркулюють в інформаційній логістичній системі, між логістичною системою і зовнішнім середовищем, необхідних для управління, контролю, обліку та моніторингу логістичних операцій [27].

Інформаційний потік може існувати як у вигляді паперових, так і електронних документів.

Керувати інформаційним потоком в логістиці можна, зокрема, наступним чином:

- змінюючи напрямок потоку (тобто міняючи місцями відправника і отримувача інформації);
- обмежуючи швидкість передачі до відповідної швидкості прийому;
- обмежуючи обсяг потоку до величини пропускної спроможності окремого вузла чи ділянки колії.

Важливою характеристикою інформаційного логістичного потоку є кількість інформації, що обробляється/передається за одиницю часу в режимі реального часу.

На практиці обсяг інформаційного потоку, що обробляється в інформаційній логістичній системі, включає в себе різноманітну за форматом представлення та змістом документи, зокрема:

- кількістю оброблюваних чи переданих документів стосовно логістичних операцій, наприклад:
 - замовлення перевезення вантажу;
 - платіжні документи;
 - стан контролю і моніторингу вантажу;
 - інформація про водія (водіїв) на маршруті;
 - маршрут перевезення вантажу.
- кількістю самих логістичних операцій та відповідних нормативно-правових документів;
- кількістю документів, що підтримують супроводжувальні операції (по відношенню до логістичних операцій), наприклад:

- самих супроводжувальних операцій та відповідних нормативно-правових документів;
- журналу транспортних засобів;
- журналу водіїв;
- митних документів;
- документів щодо завантаження/розвантаження.

Крім логістичних операцій в інформаційних логістичних системах здійснюються й інші операції: фінансові, ремонтні тощо. Але суто логістичні інформаційні потоки становлять найбільш значну частину сукупного потоку

Приблизно від 1/3 до 2/3 загального обсягу оброблюваної у будь-якій компанії інформації може бути інформація, необхідна для управління, обліку, контролю та моніторингу процесу перевезення вантажів та його складових.

1.2.2 Інформаційні системи у логістиці

Важливим компонентом будь-якої інформаційної логістичної системи є підсистема, що забезпечує проходження та обробку інформації, яка сама розгортається в складну інформаційну систему, що складається з різних підсистем.

Тобто інформаційний потік являє собою відображення багаторівневої моделі [28].

Функціональна підсистема складається з сукупності розв'язуваних завдань, що згруповані за ознакою спільності мети.

Забезпечуюча підсистема включає такі елементи, як:

- технічне забезпечення (сукупність технічних засобів, що забезпечують обробку та передачу інформаційних потоків)
- інформаційне забезпечення (різні довідники, класифікатори, кодифікатори, засоби формалізованого опису даних);

– математичне забезпечення (сукупність методів, алгоритмів вирішення функціональних завдань логістики).

Інформаційні логістичні системи – це системи, що є автоматизованими системами управління логістичним процесом чи його складовими логістичними операціями.

Математичне забезпечення в інформаційних логістичних системах – це комплекс програм та сукупність засобів програмування, що забезпечують вирішення багатьох завдань, наприклад, таких як:

- управління матеріальними потоками;
- обробка природномовних текстів;
- отримання довідкової інформації щодо окремих компонентів/елементів логістичного процесу в режимі реального часу;
- отримання даних та функціонування технічних засобів в режимі реального часу.

Організація зв'язків між компонентами/підсистемами в інформаційних логістичних системах може суттєво відрізнятися від звичної організації традиційних інформаційних систем.

Це пов'язано з тим, що у логістиці інформаційні системи мають забезпечувати [10]:

- всебічну інтеграцію всіх елементів управління матеріальним потоком, пов'язаним із логістичним процесом;
- оперативну і надійну взаємодію всіх елементів (складових) логістичного процесу.

Інформаційно-технічне та інформаційно-технологічне забезпечення інформаційних логістичних систем відрізняється не тільки і не стільки характером інформації та набором технічних засобів, що використовуються для їх обробки, а, в основному, методами та принципами, що використовуються для їх побудови, проєктування та розробки.

1.3 Сучасні інформаційні логістичні системи

1.3.1 Види інформаційних систем у логістиці

Інформаційні логістичні системи створюються для управління матеріальними потоками (вантажопотоками) як на рівні окремого підприємства (логістичного, транспортного), так і для сприяння організації логістичних процесів на території регіонів і країн/групи країн (наприклад, країни ЄС).

Інформаційні логістичні системи перевезення вантажів – це комплекс програмних рішень для управління логістикою, які включають:

- online-платформи для контролю і моніторингу вантажів і транспортних засобів;
- системи GPS-моніторингу [29];
- програмне забезпечення для автоматизації та оптимізації перевезення.

Вони допомагають логістичним компаніям, зокрема:

- оптимізувати процеси, пов'язанні з перевезенням вантажів;
- відстежувати вантажі в реальному часі;
- автоматизувати процес пошуку попутних перевезення.

Розглянемо деякі з інформаційних логістичних систем. Проаналізуємо їхні переваги та недоліки.

1.3.2 Lardi-Trans

Платформа Lardi-Trans – це набір інструментів для професіоналів у сфері вантажоперевезення [30, 32].

Платформа Lardi-Trans підтримує, зокрема, виконання таких логістичних операцій, як (рис. 1.1):

- пошук вантажу та транспорту, який призначений для перевезення саме такого виду вантажу;
- страхування (як вантажу, так і транспортних засобів);
- керування автопарком своїх транспортних засобів;
- ведення електронного документообігу;
- формування відповідної звітності;
- проведення тендерів на перевезення та інші логістичні операції.

Платформа Lardi-Trans є надійним інструментом, який спроможний допомагати логістичним компаніям видалити ланку роботи з небажаними контрагентами, що сприяє значному скороченню витрат компанії.

Платформа Lardi Trans пропонує, крім можливостей у сфері вантажоперевезення по Україні, надання додаткових інструментів для оптимізації роботи логістичної компанії.

Платформа Lardi Trans працює як велика електронна дошка оголошень (рис. 1.2), де зареєстровані користувачі, якими, наприклад, можуть бути:

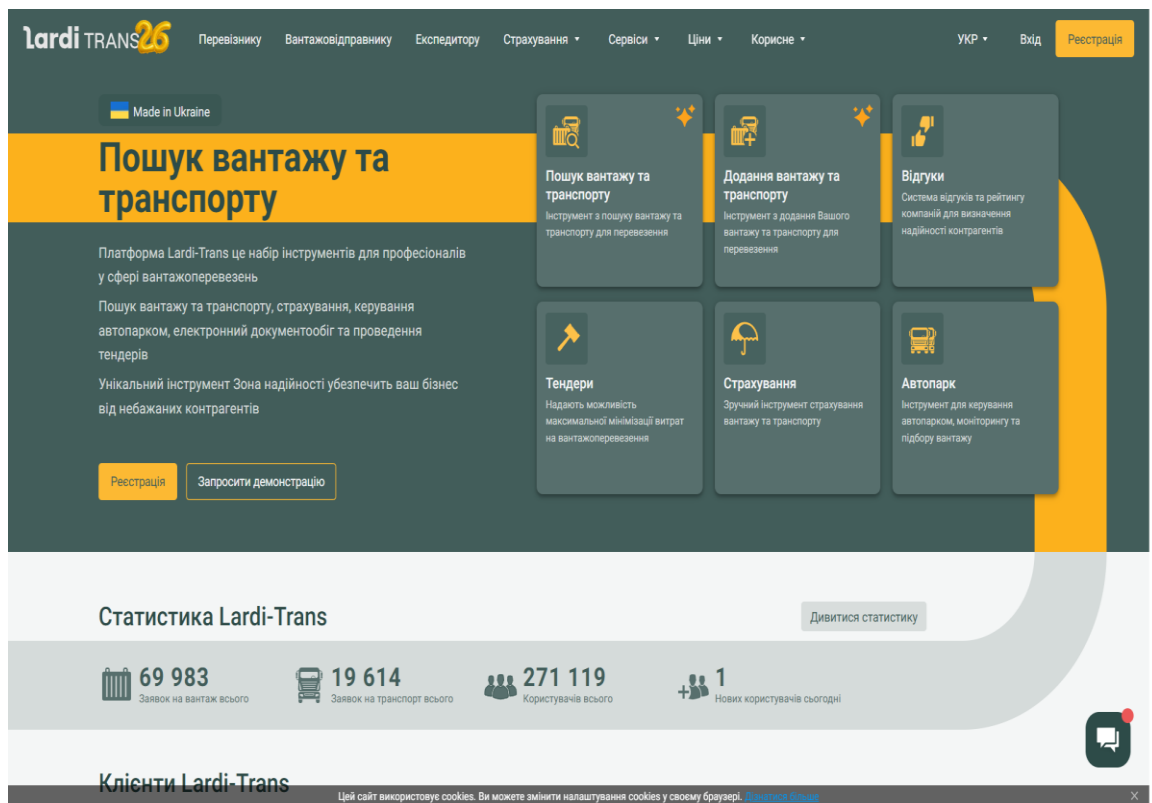


Рисунок 1.1 – Головна сторінка платформи Lardi-Trans

- перевізники;
- вантажовласники;

можуть публікувати свої пропозиції.

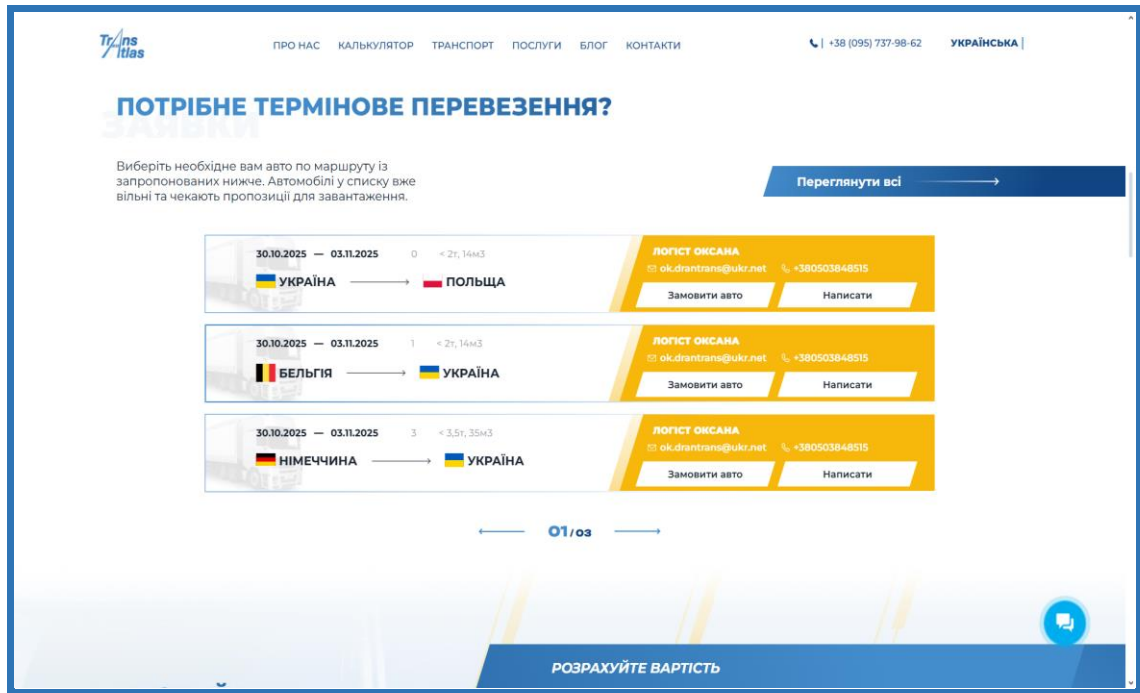


Рисунок 1.2 – Сторінка «дошка оголошень» платформи Lardi-Trans

На рис. 1.3 продемонстровано вікно розрахунку вартості перевезення вантажу в платформі Lardi-Trans з можливістю вибору:

- дати перевезення;
- країни;
- ціни,

надаючи користувачеві доступ до бази системи.

Крім очевидних переваг, платформа Lardi-Trans має й певні недоліки, зокрема, такі, як:

- для повноцінного доступу до інформації платформи lardi-trans необхідна платна підписка;

– інколи, за потреби користувачів виникає необхідність аренди відповідних/потрібних транспортних засобів у інших компаній (які можуть бути й конкурентами логістичної компанії).

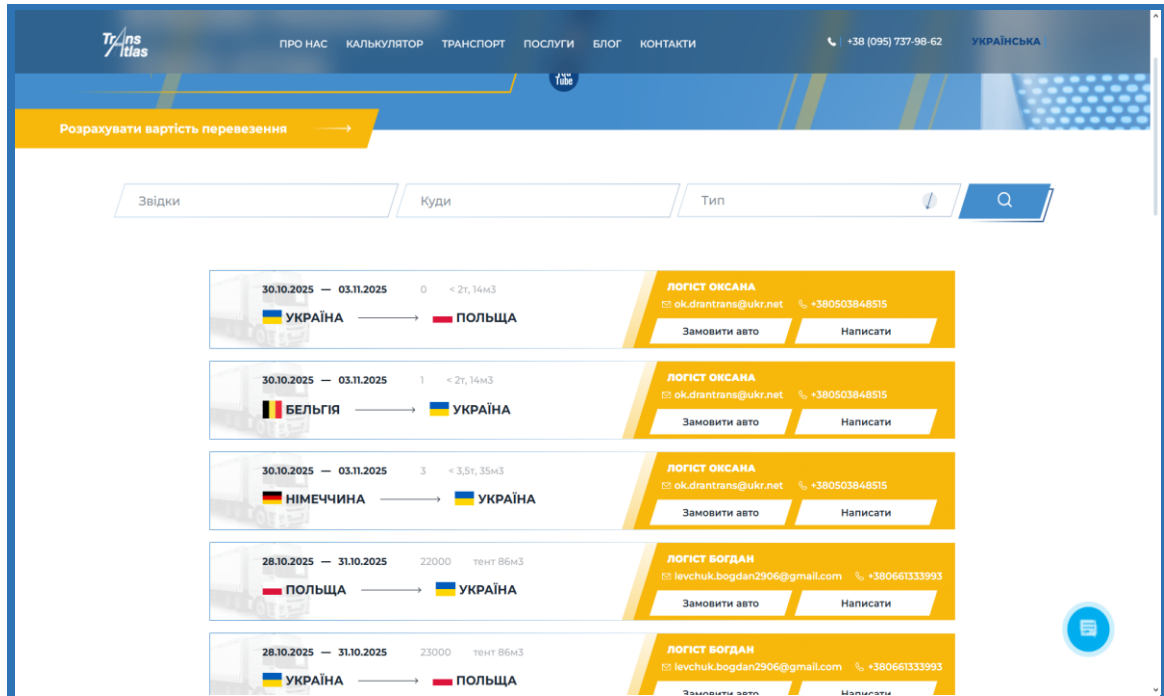


Рисунок 1.3 – Сторінка розрахунку вартості перевезення у платформі Lardi-Trans

1.3.3 4logist

Хмарна система (платформа) 4logist являє собою комплекс сучасних рішень для ефективного управління вантажами [31, 32].

4logist включає більше 10 інструментів для ефективного управління різноманітними бізнес-процесами у вантажній галузі (рис. 1.4).

4logist спеціально розроблена для транспортних (логістичних) та експедиторських компаній.

4logist сприяє вирішенню проблем оптимізації логістичного процесу, зменшувати витрати та підвищувати прибутковість бізнесу компанії.

Для менеджерів логістичної (транспортної) компанії 4logist надає можливість:

- управління замовленнями на перевезення та прискорення широкого спектру логістичних операцій;
- автоматизація рутинних завдань логістики;
- більш ефективне оброблення замовлення на перевезення вантажу;

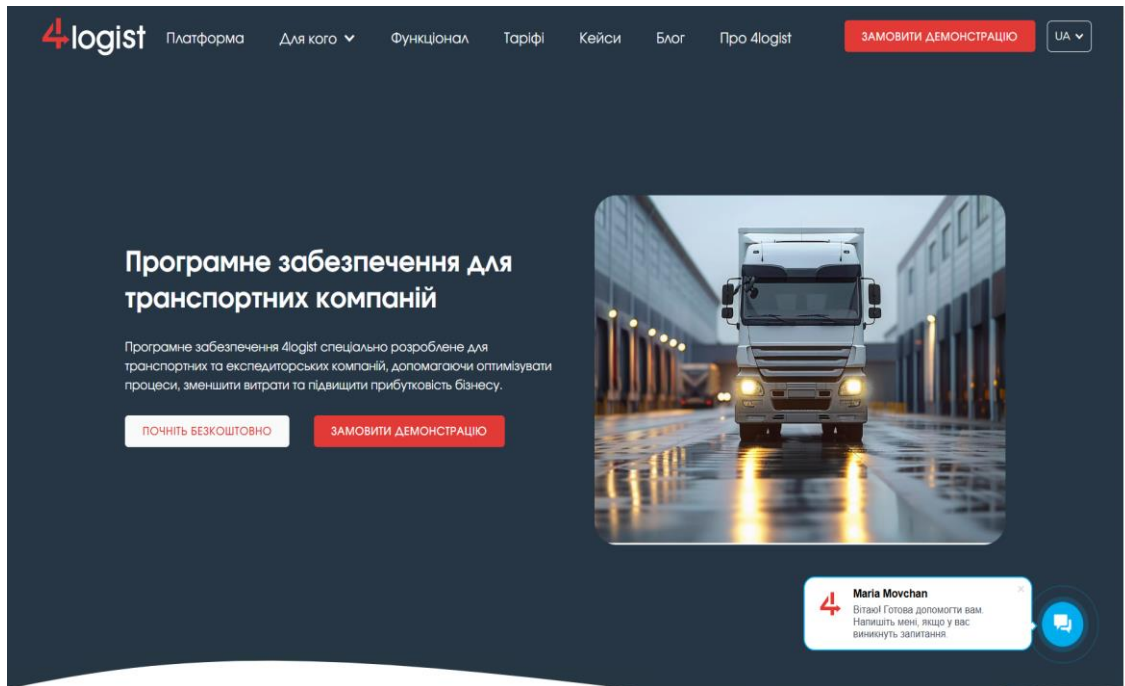


Рисунок 1.4 – Головна сторінка хмарної системи 4logist

– мінімізація можливих помилок щодо так званого «проведення» замовлення, тобто визначення маршруту, транспортного засобу, водія, ціни, пакету необхідних супроводжувальних документів, проведення всіх необхідних платежів;

- відстеження статусів відправлень вантажів;
- керування відповідним документообігом.

Для експедиторів логістичної (транспортної) компанії 4logist надає можливість, зокрема:

- оптимізації роботи з замовленнями;
- легкого керування відправленнями (транспортних засобів, що вже завантажені відповідним вантажем чи плануються під завантаження на базі замовника перевезення вантажу);
- допомогу при керуванні замовленнями через єдиний інтерфейс;

- автоматизації та контролю відповідних робочих процесів;
- автоматизації ведення відповідного документообігу;
- швидкого/оперативного спілкування з клієнтами та перевізниками.

Для керівників логістичної (транспортної) компанії 4logist надає можливість, зокрема, керувати результатами та контролювати своєю компанією весь час з будь-якої точки світу.

Для транспортних(логістичних) компаній 4logist надає сучасні програмні рішення для автоматизації перевезення вантажів, підвищує швидкість роботи, знижує рівень можливих помилок і підвищує рівень прибутковості компанії.

Основні функції, які підтримує платформа 4logist продемонстровані на рис. 1.5.

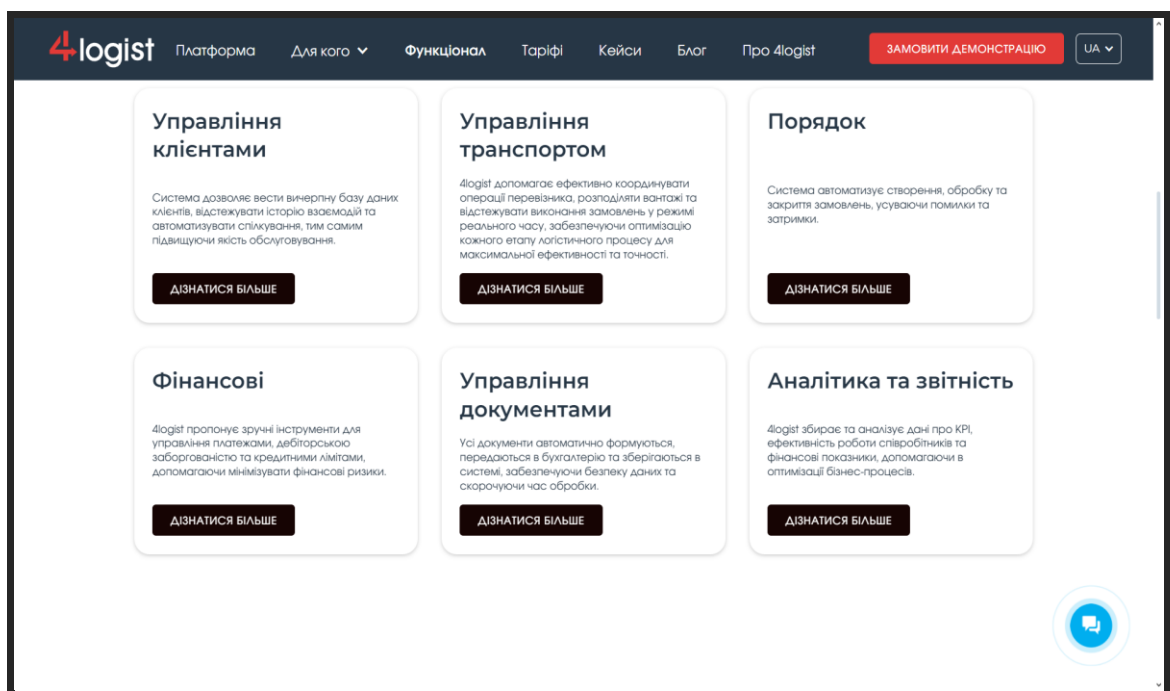


Рисунок 1.5 – Сторінка виклику функцій в хмарній системі 4logist

Серед цих функцій можна виділити, зокрема:

- управління клієнтами;
- управління транспортом;
- управління та виконання фінансовими операціями;

- управління документообігом;
- здійснення аналітичної діяльності;
- управління та обробка замовлень;
- формування різноманітної звітності.

1.3.4 Система SAT – логістика для бізнесу

SAT являє собою так званий «розумний» сервіс, який вирішує широкий спектр проблем логістики для бізнесу [28, 32].

SAT, з'явившись у 2002 р., надає логістичні послуги багатьом користувачам безпосередньо в Україні.

Основна спеціалізація SAT – це надання транспортних та логістичних послуг для бізнесу та населення.

На рис. 1.6 продемонстровано головне вікно сервісу SAT.



Рисунок 1.6 – Головне вікно сервісу SAT

SAT обумовлює більш комфортне ведення бізнесу комфортнішим.

Це робить логістику максимально доступною, швидкою та технологічною для різних категорій користувачів (індивідуальних чи групових). SAT можна вважати повноцінним логістичним партнером різних категорій користувачів (індивідуальних чи групових). SAT забезпечує, зокрема:

- високий професіоналізм у виконанні всіх логістичних операцій;
- індивідуальні логістичні (транспортні) рішення будь-якої складності:
- якісну доставку вантажів вчасно, в цілості та безпеці.
- забезпечення точного дотримання термінів та домовленостей щодо перевезення вантажів чи інших логістичних операцій;
- прозорість контролю та моніторингу руху вантажу на всіх етапах маршруту перевезення вантажів;
- чітку оперативну комунікацію між всіма суб'єктами перевезення вантажів в процесі роботи в режимі реального часу;
- надійне партнерство у непередбачених/критичних/кризових ситуаціях.

Таким чином було розглянуто кілька існуючих логістичних систем, що використовуються транспортними компаніями в Україні та Європі. Для кожної системи визначено їх переваги та недоліки, які впливають на зручність використання, функціональність та можливість інтеграції в різні бізнес-процеси. Результати аналізу наведено в табл. 1.1:

Таблиця 1.1 – Аналіз популярних логістичних систем

Системи	Переваги	Недоліки
CargoCRM [66]	Зручний інтерфейс, чат з водієм	Немає української локалізації
Della [67]	Велика база перевізників	Працює як біржа, не як внутрішня система
Trans.eu [68]	Безпека, інтеграції	Дуже складний інтерфейс

2 АНАЛІЗ ТА ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗКУ ПРОБЛЕМИ

2.1 Формування маршрутів перевезення вантажів

Задача формування маршрутів для транспортних засобів, що здійснюють перевезення вантажів є однією із задач оптимізації.

В наш час в умовах кризового стану країни виникла необхідність вдосконалення алгоритмів для визначення не просто найкоротших маршрутів з однієї точки в іншу, а й небезпечних маршрутів. Тобто задача формування маршрутів ускладнюється.

Існує багато рішень цієї проблеми, кожне з яких має свої обмеження, наприклад, вантажопідйомність або кількість пунктів обслуговування.

Спільним для цих рішень є оптимізація/мінімізація витрат ресурсів (і фінансових, і матеріальних, і людських) для підвищення прибутковості та рівня задоволеності клієнтів – замовників логістичних операцій щодо перевезення вантажів, як по території України, так і в країни ЄС.

2.1.1 Основні задачі формування маршрутів перевезення

Класична задача формування транспортних маршрутів для здійснення перевезення вантажів – є актуальною особливо в наш час зростання обсягів та ускладнення проведення/здійснення логістичних операцій [33].

Класична задача може бути пояснена так: є n вантажівок, кожна з яких має обмеження на вагу вантажу (в тонах), і це обмеження має враховуватися при плануванні і маршруту, і при формуванні замовлення.

Слід визначити кращий маршрут для кожної вантажівки. Маршрути повинні забезпечувати доставку вантажу до всіх отримувачів без винятку.

Задача полягає у зменшенні загальної відстані (і відповідно мінімізації витрат на паливо та заощадження часу водіїв/експедиторів/-вантажників),

яку проїдуть усі вантажівки при перевезенні вантажів від замовника перевезення чи складу логістичної компанії.

Для кожної вантажівки можна обчислити відстань, яку вона проїде. Якщо вантажівка на своєму маршруті їде через пункти А, В, С1, а потім повертається на склад (чи в автопарк) логістичної компанії, то відстань можна обчислити за формулою:

$$D = d_{LA} + d_{AB} + d_{BC} + d_{CL},$$

де:

А, В, С – пункти, через які здійснюється перевезення вантажів,

L – склад (автопарк) логістичної компанії чи місце завантаження на території замовника перевезення (доставки),

d_{LA} – відстань між пунктами L і А,

d_{AB} – відстань між пунктами А і В,

d_{BC} – відстань між пунктами В і С,

d_{CL} – відстань між пунктами С і L.

Класична задача маршрутизації вантажівок сприяє розумінню того, як слід ефективно організувати перевезення вантажів, надає можливість планування, врахування різних обмежень, що робить цю задачу корисною при розробці відповідної веб-орієнтованої логістичної системи.

Задача маршрутизації з часовими вікнами є розширенням класичної задачі, яке враховує часові інтервали доставки клієнтам замовлених для перевезення вантажів [34].

Крім обмежень на вантажопідйомність вантажівок і оптимізацію витрат на перевезення, задача передбачає дотримання часових вікон, протягом яких автомобіль повинен перевезти вантаж і доставити його клієнтові (не відправнику, а отримувачу).

Задачу можна представити наступною формулою:

$$t_{start_j} \leq t_j \leq t_{stop_j}$$

де:

t_j – час прибуття до отримувача вантажу (клієнта j), який залежить від прокладеного маршруту і проведеного розрахунку часу;

t_{start_j} – початок допустимого часу доставки/перевезення вантажу;

t_{stop_j} – кінець допустимого часу доставки/перевезення вантажу.

Задача формування маршруту при перевезенні вантажів, які забираються з різних складів (місць завантаження) врахує наявність кількох складів, з яких вантажівки починають свої маршрути [35].

Рішення задачі передбачає мінімізацію загальної відстані, необхідної для доставки/перевезення вантажів, коли кожен клієнт обслуговується лише однією вантажівкою, а маршрути починаються і закінчуються на складах.

Це рішення дозволяє оптимізувати маршрути, зменшити витрати на доставку/перевезення вантажів та забезпечити раціональне використання наявних різноманітних ресурсів, що є важливим для ефективного управління логістичним процесом та складовими його елементами.

Формування маршрутів на основі використання динамічних запитів [35], що обумовлюються динамічними змінами щодо ситуації, які складаються під впливом зовнішніх причин (наприклад, такими, як знищення мостів, природні катастрофи, небезпека через присутність БПЛА тощо), дозволяє враховувати такі зміни в реальному часі.

Це має велике значення для логістичного процесу та його складових логістичних операцій, коли веб-орієнтована логістична система здатна швидко адаптуватися до потреб клієнтів – замовників перевезення вантажів та їх отримувачів.

Використання сучасних технологій (інформаційних, штучного інтелекту тощо) сприяє зменшенню витрат логістичної компанії, підвищенню рівня управління ресурсами та рівня обслуговування

замовників і отримувачів вантажів.

При формуванні маршрутів перевезення вантажів з більшим горизонтом планування (*VRP with Extended Planning Horizon, VRPEPH*) [36]: слід враховувати ситуації, коли маршрути плануються не тільки на один день, а й на кілька днів. Це дозволяє логістичним (транспортним) компаніям:

- більш ефективно управляти різноманітними ресурсами;
- знижувати витрати (фінансові, матеріальні, людські);
- підвищувати якість обслуговування клієнтів компанії (як відправників вантажів/замовників перевезення, так і отримувачів вантажів/замовників доставки вантажів).

При планування маршруту потрібно чітко визначати час, необхідний для проведення безпосередньо перевезення вантажів, тобто час у дорозі.

Цей час обумовлює основне обмеження задачі формуванні маршрутів перевезення вантажів з більшим горизонтом планування, яке можна представити наступною формулою [35, 36]:

$$\sum_{j \in C} t_{jk}^{(t)} * x_{jk}^{(t)} \leq T_{max} \quad \forall k \in V, \forall t \in H$$

де:

$t_{jk}^{(t)}$ – час, необхідний для обслуговування клієнта j автомобілем k в

день t ;

$x_{jk}^{(t)}$ – змінна, яка визначає, чи обслуговується клієнта j автомобілем k в момент часу t ;

T_{max} – максимально допустимий час маршруту для автомобіля k .

Формування маршрутів перевезення вантажів є однією з основних проблем логістичного процесу та логістичної (транспортної) оптимізації як цього процесу, так і його складових логістичних (транспортних) операцій.

Рішення цієї проблеми полягає в розробленні найбільш ефективних та оптимальних маршрутів (за ціною, за довжиною шляху, за витратами на

паливо, за витратами на завантажувальні/розвантажувальні роботи, за рівнем безпеки маршруту, за терміном так званої «пригодності» вантажу тощо) для доставки між складами та пунктами призначення з мінімізацією всіх сукупних витрат.

Слід зауважити, що в сучасних кризових умовах (як нормативно-правових, так і політичних), що спричинені воєним станом в Україні, формування маршрутів перевезення вантажів належить до класу NP-повних задач, що свідчить про значну складність її вирішення.

Для знаходження оптимального рішення означеної проблеми необхідно враховувати всі можливі варіанти, що призводить до суттєвого збільшення часу обчислень.

Більш точні методи формування маршрутів підходять для невеликих задач, які вирішуються за умов, наприклад, таких, як:

- невелика відстань, на яку перевозиться вантаж;
- лише один отримувач (тобто одна точка/пункт доставки вантажу);
- безпечна територія, по якій перевозиться вантаж;
- неушкоджений шлях, по якому перевозиться вантаж.

Для вирішення складних задач з багатьма пунктами доставки/обслуговування (наприклад, транспортного засобу) необхідно застосовувати більш складні евристичні підходи та алгоритми.

2.1.2 Основні методи вирішення проблеми формування маршрутів перевезення вантажів

Сутність методу гілок і меж (*Branch and Bound*) [37] являє собою побудову відповідного дерева рішень (зокрема, можливих управлінських, транспортних, логістичних, кадрових, фінансових тощо), де кожна гілка дерева представляє один з варіантів маршрутів для конкретного перевезення відповідного вантажу відповідним транспортним засобом (вантажівкою).

При виконанні алгоритму крок за кроком розглядаються всі варіанти

маршрутів, виключаючи ті гілки, які, на певному етапі, вже не можуть забезпечити краще рішення, ніж те, яке було знайдено раніше.

Це дозволяє значно зменшити кількість варіантів, які треба перевіряти та досліджувати, щоб нарешті знайти найбільш оптимальне рішення, тобто оптимальний маршрут перевезення вантажів з урахуванням всіх супутніх умов і вимог, що складаються на момент формування маршруту. Незважаючи на високу точність цього методу, існують й певні обмеження щодо його використання.

Одна з основних проблем полягає в тому, що для великих задач кількість варіантів, які треба проаналізувати та зробити відповідні розрахунки, може дуже стрімко зростати, що робить процес вирішення проблеми формування маршрутів перевезення вантажів дуже повільним. Це інколи на заваді пр роботі реального часу.

Метод повного перебору варіантів рішень [38] передбачає перевірку всіх можливих варіантів рішень для знаходження найбільш оптимального маршруту перевезення вантажів (за відповідними заздалегіть заданими вимогами та умовами).

При використанні алгоритму цього методу повного перебору варіантів рішень генеруються всі можливі варіанти маршрутів перевезення вантажів та обирає найкращий маршрут (за означеними умовами та вимогами).

Використання методу повного перебору варіантів рішень змістовно обумовлює підґрунття для знаходження оптимального рішення (найбільш ефективного та оптимального (за визначеними критеріями) варіанту маршруту перевезення вантажів), але він має й суттєвий недолік, який полягає в тому, що при збільшені кількості варіантів маршрутів значно збільшується обчислювальна складність як самого алгоритму, що реалізує цей метод, так і відповідного програмного забезпечення.

Баким чином можна зробити висновок, що метод повного перебору варіантів рішень може бути ефективним тільки для задач з невеликою кількістю параметрів (умов, вимог, критеріїв тощо).

Для розв'язання задачі формування маршрутів (маршрутизації) перевезення вантажів транспортними засобами часто використовується й метод найближчого сусіда [39].

Цей метод передбачає вибір найближчої точки для наступної доставки (пункту призначення /отримання вантажу), що дозволяє швидко сформувати маршрут, починаючи з початкової точки та поступово рухаючись до кожного пункту доставки/отримання вантажу.

Серед переваг цього методу можна виділити, зокрема, такі як:

- простота реалізації (як алгоритмічна, так і також у вигляді відповідного програмного забезпечення);
- достатньо висока швидкість отримання перших результатів щодо обраного спектру варіантів маршрутів перевезення вантажів.

Все вищесказане обумовлює висновок щодо того, що цей метод найближчого сусіда є привабливим для нескладних задач формування маршруту перевезення вантажів, коли, зокрема:

- відстань, на яку перевозиться вантаж, є невеликою;
- є лише один отримувач вантажів (тобто один пункт доставки/отримання вантажів);
- безпечний і короткий маршрут, по якому виконується/здійснюється перевезення вантажів;
- неушкоджений шлях (відсутність перешкод, ремонтних робіт тощо, спричинених військовими діями чи аварійним станом окремих відрізків шляху), по якому перевозяться вантажі.

Але це, будучи перевагою для описаних вище ситуацій, є й певним недоліком цього методу, коли через свою локальну оптимізацію, вказаний метод найближчого сусіда може призводити до більш гірших результатів ніж деякі інші методи формування маршрутів перевезення вантажів.

Метод вибору найближчого сусіда не завжди враховує загальну структуру маршруту перевезення, що може інколи призводити до достатньо великих рухів у зворотному напрямку і до так званого «зациклення» (зокрема,

у відповідному програмному забезпеченні, яке реалізує цей метод).

Метод так званої «евристики вставки» [40] починається з формування базового маршруту. Потім нові точки/пункти доставки крок-за-кроком додаються до вже існуючого (раніше сформованого початкового) маршруту (спочатку базового, потім модифікованого і т.д.) в його найкращі доступні позиції (варіанти відрізків (ділянок) шляху/дороги для перевезення вантажів).

Робота методу починається з вибору стартового пункту (зазвичай це пункт завантаження/формування вантажу) або кількох пунктів (якщо вантаж, що перевозиться, є вантажем від різних відправників, чи береться з різних складів тощо) та на їх основі формується початковий (базовий, основний, немодифікований) маршрут перевезення вантажу.

Потім при додаванні кожного нового пункту на маршрутів розглядаються всі можливі позиції для вставки (додавання до маршруту) цих пунктів до існуючого маршруту, щоб мінімізувати загальну відстань або витрати логістичної (транспортної) компанії, наприклад, на паливо, амортизацію транспортних засобів тощо. Такий підхід сприяє, зокрема:

- швидкому досягненню прийнятних (найбільш оптимальних та ефективних) рішень;
- адаптуванню до можливих змін маршруту (в реальному часі, наприклад).

Відповідне програмне забезпечення, яке реалізує вказаний метод формування маршруту перевезення, повинно бути готовим до адаптації для роботи в режимі реального часу через мінливість ситуації (інколи так звану форс-мажорну ситуацію), яка фіксується під час перевезення вантажів.

Метод так званої «евристики вставки» не завжди надає можливість отримати реально оптимальні рішення щодо формування маршруту перевезення вантажів, бо враховування локальних покращень маршруту може призводити до так званого «пропуску» найбільш оптимальних варіантів рішень (тобто сформований маршрут, локально (на окремих ділянках маршруту) може бути покращеним, а глобально (для всього маршруту

перевезення – ні).

У випадках з великою кількістю точок доставки/отримання вантажів обчислення можуть зайняти значний час, що може значно обмежити ефективність методу.

Таким чином, метод так званої «евристики вставки» може бути корисним для формування так званого «базового» маршруту, але для отримання найбільш оптимального варіанту маршруту перевезення його доцільно поєднувати з іншими методами для того, щоб досягти найбільш кращих результатів.

Для формування маршрутів перевезення можуть застосовуватися і так звані «генетичні алгоритми». Генетичні алгоритми – це методи для розв'язання оптимізаційних задач щодо формування маршруту перевезення вантажів [41, 42].

Ці методи включають задачу маршрутизації транспортних засобів, яка базується на принципах еволюції, коли більш кращі варіанти рішень (варіанти маршрутів перевезення вантажів) мають більший шанс на так зване «виживання» та так зване «подальше розмноження».

Тобто обравши, за допомогою одного з генетичних алгоритмів варіант маршруту перевезення, можна буде деякий час пропонувати його для використання транспортними компаніями при перевезенні вантажів. Звичайно в сучасних кризових умовах це може бути дуже короткий термін використання маршруту, але він дійсно надає певні переваги.

Робота алгоритму, який реалізовує обраний варіант генетичного алгоритму, починається з ініціалізації деякої довільно обраної початкової множини варіантів маршрутів (так званої «початкової популяції рішень»), яку в цілому і окремі її елементи оцінюються за допомогою «функції придатності».

Вибір кращих варіантів рішень (варіантів маршрутів перевезення вантажів) – так званих «індивідуумів» відповідно до обраного генетичного алгоритму:

- здійснюється згідно з попередньо отриманою оцінкою того чи іншого маршруту перевезення («індивідууму»);
- після чого ці варіанти («індивідууми») комбінуються через так зване «схрещування» з метою отримання/створення/формування/генерації нових більш оптимальних рішень (варіантів маршрутів), що поєднують позитивні характеристики/властивості так званих «батьківських» варіантів, тобто тих варіантів маршрутів, які були початковими.

Генетичний алгоритм, що має назву «Мутація» [43] обумовлює, зокрема, наступного:

- передбачає включення випадкових змінних (при появі нових факторів, що впливають на маршрут перевезення) в рішеннях (варіантах маршрутів перевезення вантажів);
- допомагає уникати локальних оптимальних рішень, які можуть не надавати в подальшому отримання оптимального всього маршруту перевезення вантажів;
- розширює пошук нових можливих рішень (нових оптимальних маршрутів перевезення вантажів в сучасних кризових і часто небезпечних умовах).

Після кожного покоління (нової множини варіантів маршрутів) відбувається, зокрема, наступне:

- нові рішення замінюють старі (тобто відкидаються завідомо неоптимальні, чи дуже небезпечні, чи взагалі вже неактуальні/неможливі маршрути перевезення вантажів);
- процес повторюється до досягнення певного критерія зупинки, наприклад такого, як бажана якість рішення (знайдено найбільш оптимальний маршрут з пункту А до пункту В чи множина подібних рішень – маршрутів перевезення – для різних точок/пунктів доставки та точок/пунктів завантаження вантажів – стартових пунктів).

В цілому можна зробити висновок, що генетичні алгоритми ефективні при вирішенні складних задач, бо можуть швидко знаходити рішення, що

найбільше наближені до оптимальних, але їхній результат залежить від таких параметрів, як, наприклад:

- розмір популяції (в нашому випадку – це кількість різних маршрутів перевезення, які здійснює логістична (транспортна) компанія));
- ймовірність так званого «схрещування» та «мутації» (для варіантів рішень – це заміни окремих відрізків (ділянок) маршруту на більш безпечні чи взагалі єдино можливі варіанти).

Генетичний «мурашиний» алгоритм ґрунтується на основі природньої поведінки мурах при пошуках їжі. Мурахи переміщуються по маршруту у пошуку можливих шляхів, залишаючи відмітки («ферменти») на кожному етапі (відрізка (ділянки) маршруту), сприяючи підвищенню привабливості вже визначених маршрутів для інших мурах мірашника [48].

Генетичні алгоритми є одними з основних методів інтелектуального аналізу даних (Data Mining) [53], що використовуються при формуванні маршрутів перевезення вантажів, в тому числі й великих обсягів даних (так званих Big Data) [9].

В логістиці, перевезеннях вантажів та ланцюгів поставок відбувається багато втрат (і відповідно, додаткових витрат) транспортних (логістичних) підприємств (компаній), обумовлених їх непродуктивною/неефективною діяльністю. Тому постає задача мінімізації різноманітних витрат на перевезення вантажів (в, відповідно, визначення ступеня їхнього впливу на вартість доставки вантажів, зниження якого може багаторазово збільшувати продуктивність роботи компанії, заощаджуючи тим самим ресурси (фінансові, паливні, транспортні тощо)

Генетичний «мурашиний» алгоритм включає наступні етапи [44, 48]:

- ініціалізація матриці ферментів (матриці позначок кожного окремого відрізка маршруту перевезення вантажів);
- вибір маршрутів (за певними вимогами та умовами);
- оновлення ферментів після кожної ітерації та стимулювання пошуку нових шляхів.

Генетичний «мурашиний» алгоритм є ефективним для обробки великих обсягів даних (Big Data) і здатний адаптуватися до змін, але потребує налаштування для досягнення оптимальних результатів при формуванні оптимальних маршрутів перевезення вантажів.

Генетичний «бджолиний» алгоритм моделює процес формування маршруту при пошуку їжі бджолами-розвідниками. Спочатку створюється набір можливих маршрутів, які оцінюються (так званими «бджолами-розвідниками») [47, 48].

Найбільш ефективні та оптимальні маршрути стають основними для того, щоб на їхній основі формувати реальні маршрути до цих пунктів для інших транспортних засобів для подальшого більш детальнішого аналізу виявлених маршрутів перевезення вантажів.

В реальних практичних задачах формування маршрутів перевезень на основі генетичного «бджолиного» алгоритму передбачає, зокрема:

- використання вже сформованих маршрутів перевезення вантажів;
- продовження пошуку нових (альтернативних чи більш оптимальних/ефективних) варіантів маршрутів для виконання логістичного процесу щодо перевезення вантажів.

«Бджоли», що повертаються з найбільш кращими результатами (тобто при знаходженні в деякий момент формування маршрутів перевезення вантажів найбільш підходящого – ефективного, оптимального, безпечного тощо), обмінюються інформацією з іншими, сприяючи покращенню загальної популяції. Генетичний «бджолиний» алгоритм поєднує:

- локальний пошук, що сприяє покращенню поточних варіантів маршрутів перевезення вантажів (рішень);
- глобальний пошук для знаходження нових варіантів, що надає йому можливість ефективно вирішувати задачі формування складних маршрутів зі складними (багатофакторними умовами та вимогами).

Оптимізація транспортних маршрутів перевезення вантажів є однією з важливих проблем для більшості світових логістичних (транспортних)

компаній. (особливо для країн, в яких спостерігається нестабільна кризова ситуація чи, як в Україні, військовий стан).

Ефективна доставка товарів (оптимальне та ефективне перевезення вантажів) до клієнтів-отримувачів вантажів є важливим фактором, який впливає на конкурентоспроможність логістичної (транспортної) компанії.

Актуальність проблеми формування маршрутів перевезення вантажів обумовлена необхідністю:

- зменшення витрат на транспортування вантажів;
- скорочення часу доставки/перевезення вантажу до пункту доставки;
- підвищення ефективності логістичних операцій – складових логістичного процесу.

Для генетичного «бджолиного» алгоритму основними обмеженнями можна назвати такі, як: кожний пункт на маршруті слід бути відвідано/пройдено тільки один раз; знайдений маршрут повинен мінімізувати загальну відстань та час.

В магістерській роботі використовується алгоритм, який надає можливість формувати транспортні маршрути перевезення вантажів, що відповідають всім потрібним вимогам та умовам сьогодення.

Особливу увагу приділено забезпеченню ефективності алгоритму для великих обсягів даних (Big Data) [53], що обумовить ефективність застосування цього алгоритму у кризових умовах сучасної логістики.

Формування транспортного маршруту передбачає виконання наступних кроків, умов і вимог:

- маршрут має проходити через визначені пункти/точки/міста маршруту;
- кількість пунктів/точок/міст маршруту, через які має проходити сформований маршрут (n – кількість міст, множина $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – це міста, через які проходить маршрут, де перший елемент являє собою стартову точку, а останній – пункт/точку/місто доставки/отримання вантажу)
- матриця відстаней між містами $D(n, n)$, розмір матриці визначається

кількістю доставки/отримання/завантаження вантажу, тобто визначається кількістю міст, які приймають участь у логістичному процесі доставки вантажів;

- здійснюється пошук маршруту, який здатний мінімізувати витрати логістичної (транспортної) компанії та забезпечити виконання вимоги щодо того, що кожна точка/пункт/місто буде відвідано не більше одного разу.

У результаті виконання запропонованого алгоритму буде отримано маршрут перевезення вантажів згідно з усіма вимогами, умовами та обмеженнями.

При розв'язанні задачі формування маршрутів перевезення вантажів мурашиний алгоритм є ефективним інструментом для розв'язання задач формування транспортних маршрутів. Обґрунтуванням цього є адаптивність та додаткові можливості щодо вибору і генерації відповідних транспортних маршрутів.

2.2 Інформаційно-технологічні засоби розробки веб-орієнтованих систем

Для розробки веб-орієнтованих систем часто використовується об'єктно-орієнтована мова програмування Java [49], враховуючи такі її властивості, як, наприклад:

- поширеність та популярність і ІТ-сфері;
- наявність великого спектру розвинутих інструментів;
- активну спільноту ІТ-розробників.

Об'єктно-орієнтована мова програмування Java є мовою з чіткою типізацією, що обумовлює її можливості щодо створення стабільних і масштабованих програмних продуктів.

Використовуючи Java Virtual Machine (JVM) [50], веб-орієнтовані системи (вебзастосунки, вебсервіси) можна запускати на будь-якій платформі без необхідності її подальшої перекомпіляції.

Ці можливості і Java, і JVM забезпечують високий рівень кросплатформної сумісності (інтеграції) з іншими середовищами як розробки, так і функціонування програмного продукту.

Java підтримує механізм автоматичного збору сміття (*Garbage Collection*) [51], сприяє ефективному управлінню пам'яттю, її оптимальній організації, що дозволить зменшити кількість виникнення можливих помилок, спричинених. Зокрема, і середовищем розробки і функціонування.

Сучасна мова програмування Java має також і цілий спектр вбудовані інструменти підтримки інформаційної безпеки (кібербезпеки) для захисту програмних продуктів, що написані цією мовою, від впливу шкідливого коду.

Java підтримує, зокрема, таку важливу функцію, як багатопоточність (виконання, функціонування програмного продукту з боку його інформаційного забезпечення), що, зокрема:

- дозволяє доволі ефективно використовувати наявні системні ресурси;
- має потужні можливості для розробки мережових застосунків, клієнт-серверних рішень, веб-орієнтованих систем (вебсервісів, вебзастосунків).

Java (завдяки оптимізованому компілятору програмного коду) забезпечує роботу програмного продукту з високим рівнем швидкості та продуктивності.

При розробці програмних продуктів часто застосовується множина принципів SOLID [52], забезпечуючи модульність та гнучкість програмного коду, що обумовлює можливість легкої адаптації веб-орієнтованої системи в подальшій її експлуатації.

Для розробки веб-орієнтованої системи часто обирається середовище розробки IntelliJ IDEA [54], IntelliJ IDEA стало дуже популярним серед веброзробників завдяки наявності, зокрема, цілого спектру зручних інструментів для забезпечення:

- рефакторингу програмного продукту;

- налагодження та інтеграції з системами контролю версій.

IntelliJ IDEA має дуже гнучку цінову політику, пропонуючи, наприклад:

- різні тарифи на так звану «підписку» (отримання ліцензованого середовища розробки);
- безкоштовну версію Community Edition з відкритим вихідним програмним кодом.

Середовище IntelliJ IDEA є доступним для багатьох операційних систем, зокрема, таких: Linux, Mac OS X і Windows, що робить IntelliJ IDEA зручним інструментом для IT-розробників, які працюють на різних платформах і в різних операційних системах.

Spring Boot – фреймворк, який пристосований для роботи з мовою програмування Java [55].

Використання фреймворку Spring Boot обумовлює значне спрощення розробки веб-орієнтованих систем (вебзастосунків, вебсервісів). Все це досягається завдяки використанню, зокрема:

- автоматизованої конфігурації фреймворку;
- готового середовища для роботи по проєктуванню та створенню веб-орієнтованої системи.

Базуючись на Spring Boot, який додає багато корисних для IT-розробників інструментів і функцій, що сприяють швидкому створенню автономних вебзастосунків (веб-орієнтованих систем, вебсервісів), мінімізуючи обсяг робіт з налаштування відповідного програмного коду вебсистеми.

Одним із основних завдань використання фреймворку Spring Boot є зменшення кількості рутинних операцій, які виконують IT-розробники, забезпечуючи налаштування програмного коду відповідної вебсистеми за так званим режимом «за замовчуванням» [55].

Серед основних переваг фреймворку Spring Boot доцільно виділити, зокрема, такі, як:

- швидкий старт роботи з програмними продуктами (програмними проєктами) без необхідності використання складної конфігурації програмного продукту, завдяки простому вибору необхідних технологій розробки;

- анотації, наприклад, такі як:

- @Service;
- @Configuration;
- @Controller

дозволяють швидко налаштовувати веб-орієнтовані системи (вебзастосунки та вебсервіси) без необхідності глибокої конфігурації кожного компонента системи;

- вбудовані сервери (наприклад, Tomcat [56], Jetty [57]) сприяють «розгортанню» веб-орієнтованої системи без налаштування спеціального окремого серверного середовища;

- управління залежностями (через Maven [58], Gradle [59]) забезпечує інтеграцію додаткових бібліотек мови програмування Java;

- велика кількість ІТ_розробників і наявні численні інформаційні ресурси (в тому числі й довідково-навчального спрямування) обумовлюють швидке опанування фреймворку Spring Boot;

- Spring Boot може легко інтегруватися з іншими інструментами розробки вебсистем, такими як Spring MVC, Spring Data, Spring Security [55], Hibernate [60], що обґрунтовує можливість створення складних вебзастосунків, вебсервісів і вебсистем;

- можливість автоматичного налаштування завдяки анотаціям і файли конфігурацій значно пришвидшують розроблення вебсистем;

- можливість використання вбудованої підтримки unit-тестів та інтеграційного тестування, включаючи REST API, робить перевірку вебсистем (вебзастосунків, веб-орієнтованих систем) більш зручним і ефективним [61].

Фреймворк Spring Boot є, таким чином, ефективним і універсальним рішенням для швидкої розробки веб-орієнтованих систем, забезпечуючи високу гнучкість і продуктивність, використовуючи прості інструменти

налаштування та тестування програмного коду вебсистем та надаючи можливість подальшого масштабування системи.

При розробці програмного забезпечення веб-орієнтованих систем часто обирають найбільш популярні системи управління базами даних PostgreSQL [62] чи MySQL [63], які:

- є популярними системами керування реляційними базами даних з відкритим вихідним програмним кодом;
- використовуються для створення та керування базами даних на основі мови SQL;
- працюють згідно з моделлю «клієнт-сервер», де клієнти підключаються до сервера для доступу до даних з відповідних баз даних;
- широко застосовуються для веброзробки.

Наприклад, PostgreSQL розвивається завдяки спільній роботі незалежних ІТ-розробників і організацій в ІТ-сфері та інших сферах, що потребують для свого функціонування використання відповідних баз даних. Система керування базами даних, наприклад, така як PostgreSQL поширюється як набір текстових файлів з відкритим кодом.

Бази даних в PostgreSQL та MySQL, будучи реляційними базами даних, підтримуються створенням зв'язків між таблицями, що сприяє ефективній розробці інформаційних баз відповідних вебсистем (веб-орієнтованих систем, вебсервісів, вебзастосунків) для конкретно обраних предметних областей. Зокрема, бібліотека Flyway в PostgreSQL:

- сприяє автоматизації міграції версій за допомогою SQL або Java;
- підтримує такі типи міграцій: версійні, що виконуються один раз, і повторювані, які можуть застосовуватись кілька разів
- що підтримує стабільність і надійність інформаційної бази вебсистеми при оновленні [62].

Тестування вебсистем передбачає, зокрема, використання таких бібліотек Java, як [49]:

- spring Test – для тестування компонентів у середовищі Spring, що спрощує перевірку контролерів, сервісів, репозиторіїв та інших компонентів програмного забезпечення вебсистеми;
- junit – для модульного тестування;
- mockito – для створення мок-об'єктів, замінюючи реальні залежності та контролюючи їх взаємодію при тестуванні.

Вказані бібліотеки гарантують якісне тестування основних компонентів системи. Контроль версій часто здійснюється за допомогою Git [64] – один з сучасних потужних і популярних інструментів управління версіями. Git сприяє безпечному зберіганню історії змін у програмі.

Крім функцій контролю версій, таких як, наприклад, версіювання, створення гілок, злиття, Git надає ще й інструменти ефективної співпраці ІТ-розробників [64].

Перевагою Git є його інтеграція з віддаленими хмарними репозиторіями, такими, наприклад, як GitHub і GitLab, які слугують стандартом для зберігання та управління вихідним кодом у світі програмного забезпечення.

GitHub і GitLab надають широкі можливості для командної роботи, моніторингу, статистики тощо. Git, GitHub і GitLab надають більшість своїх функцій безкоштовно. Git поширюється за допомогою відкритого коду, що забезпечує його гнучкість і доступність.

GitHub і GitLab, не тільки контролюють версії, а й надають інструментарій автоматизації розроблення, управління проєктами та командної взаємодії. Але частина функцій (наприклад, налаштування CI/CD, опції проєктного менеджменту) надається тільки за умови платної підписки.

Git у поєднанні з хмарними платформами GitHub або GitLab надає інструменти керування версіями та організації командної роботи, що сприяє більш ефективній розробки програмного забезпечення вебсистем.

Фреймворк React Native [65] є поширеним інструментом створення мобільних застосунків та вебзастосунків.

React Native надає можливість інтеграції сучасних технологій. Основними перевагами використання React Native, зокрема:

- один код використовується і для iOS, і для Android, що обумовлює зменшення витрат на розроблення та підтримку веб- та мобільного застосунку;
- інтеграція компонентів, що забезпечує продуктивність застосунку;
- наявність багатьох готових бібліотек, інструментів та прикладів програмного коду, що полегшує розроблення та використання нових функцій;
- інтеграція з існуючими рішеннями та масштабування вебзастосунку.

Можливості React Native сприяють скороченню часу виходу програмного продукту на ринок без втрати якості та продуктивності, що є важливим в наш час.

Для розробки програмного продукту на React Native доцільно обрати редактор Visual Studio Code (VS Code), який є безкоштовним і зручним середовищем розроблення, яке надається компанією Microsoft.

VS Code забезпечує високу ефективність та гнучкість при розробленні програмного забезпечення на React Native. Серед переваг VS Code слід виділити, наприклад, такі:

- швидкість роботи та низьке споживання ресурсів;
- екосистема плагінів для додавання нових функцій;
- спеціалізовані плагіни (наприклад, React Native Tools);
- інструменти роботи з Git (для комітів і «гілок» без виходу з редактора);
- підтримка операційних систем Windows, macOS та Linux.
- інтеграція з тестовими інструментами, такими як Jest.

3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ «ЛОГІСТИКА»

3.1 Вимоги до програмного продукту

Зростання обсягів доставки вантажів та необхідність оперативного управління логістичним процесом і відповідними логістичними операціями приводять до збільшення кількості інформації, яку потрібно систематизувати, зберігати, оновлювати та аналізувати. Тобто виникає ситуація необхідності обробки Big Data.

Використання веб-орієнтованих систем надає можливість оптимізувати роботу логістичних компаній, зменшити кількість помилок та прискорити обробку замовлень на перевезення вантажів.

У сучасних умовах підприємства та приватні особи активно користуються послугами доставки вантажів, що потребує:

- швидкого та надійного обліку замовлень на перевезення вантажів;
- контролю та моніторингу транспортних засобів;
- контролю та моніторингу водіїв;
- формування маршрутів;
- контролю та моніторингу проходження маршруту перевезення вантажів;
- визначення та моніторингу статусу перевезення.

3.1.1 Функціональні вимоги до програмного продукту

Веб-орієнтована система «Логістика» призначена для управління логістичним процесом та відповідними логістичними операціями.

Веб-орієнтована система «Логістика» повинна надавати можливість виконувати, зокрема, наступні дії:

- здійснення обліку та управління замовленнями на перевезення вантажів;
- забезпечення роботи з транспортними засобами логістичної компанії та її водіями;
- реалізація механізму призначення водіїв та транспортних засобів на конкретні замовлення щодо перевезення вантажу;
- контролювання статусів виконання логістичних операцій, що пов'язані з перевезенням конкретного вантажу;
- організація доступу користувачів відповідно до їх категорій (Customer, Manager) до інформаційної бази системи «Логістика»;
- забезпечення зручного та комфортного інтерфейсу для взаємодії користувачів з системою «Логістика».

Веб-орієнтована система «Логістика» передбачає виконання різними категоріями користувачів системи таких функцій, як:

- для категорії Customer:
 - створення нового замовлення на перевезення вантажів;
 - перегляд вже зроблених своїх замовлень на перевезення вантажів;
- для категорії Manager:
 - редагування всіх замовлень на перевезення вантажів;
 - призначення водіїв на перевезення вантажів;
 - призначення/вибір транспортного засобу на перевезення вантажів;
 - зміна статусів вантажів (процесу перевезення).
- для категорії Admin:
 - перегляд усіх замовлень на перевезення вантажів;
 - фільтрація та пагінація результатів логістичного процесу чи відповідних логістичних операцій;

- зміна статусів замовлень на перевезення вантажів;
- призначення транспортних засобів і водіїв на конкретне замовлення вантажів;
- керування множиною транспортних засобів та списками водіїв (CRUD-операції).

3.1.2 Технічні та системні вимоги до програмного продукту

- Тип системи: веб-орієнтована система.
- Мова програмування: HTML, CSS, JavaScript.
- База даних: MySQL або PostgreSQL.
- Мова інтерфейсу: українська.
- Браузер: доступ через Google Chrome, Mozilla Firefox, Edge.

У межах проєкту було розроблено REST API для веб-орієнтованої системи «Логістика», що забезпечує повний цикл роботи із замовленнями щодо перевезення вантажів.

Back-end веб-орієнтованої системи «Логістика» реалізовано на платформі .NET 8 (ASP.NET Core Web API) з використанням архітектури «Clean Architecture» [69] та розподілом проєкту на шари:

- Core;
- Storage;
- Web.

У веб-орієнтованій системі «Логістика» використано:

- Entity Framework Core [70] для роботи з базою даних Microsoft SQL Server;
- ASP.NET Identity для керування користувачами різних категорій (і відповідно їх ролями в системі).

Реалізовано автентифікацію та авторизацію за допомогою JWT-токенів [71].

3.2 Архітектура програмного продукту

Back-end веб-орієнтованої системи «Логістика» реалізований як багатопроєктне рішення на основі ASP.NET Core Web API, яке побудовано за принципом Clean Architecture. Розроблене програмне рішення складається з трьох основних компонентів (підпроєктів):

- LogisticsBackend – Web API, контролери, стартова конфігурація.
- LogisticsBackend.Core – бізнес-логіка, DTO-моделі, інтерфейси.
- LogisticsBackend.Storage – доступ до бази даних, конфігурації EF Core, міграції.

База даних веб-орієнтованої системи «Логістика» містить такі основні таблиці:

- Drivers, де важливим є здійснення таких операцій, наприклад, як:
 - додавання нової інформації;
 - редагування наявної інформації про водіїв;
 - видалення з таблиці інформації про водія, який вже не працює в логістичній (транспортній) компанії;
 - пошук потрібної (за різними фільтрами) інформації про водія;
 - призначення замовлення на перевезення вантажів конкретному (відповідному) водію;
 - активність водія (наприклад, кількість перевезень, їх складність тощо)
- Vehicles.
- Orders.

3.2.1 LogisticsBackend (Web API)

Контролери. У папці Controllers розміщені всі API-end-points, що обробляють запити від клієнтської частини веб-орієнтованої системи «Логістика»:

- AuthController.cs: Відповідає за реєстрацію, авторизацію та надання (видачу) JWT-токена.
- DriversController.cs: Операції з інформацією щодо водіїв:
 - додавання інформації про нового водія логістичної (транспортної) компанії;
 - редагування інформації про наявного в базі даних водія логістичної (транспортної) компанії;
 - отримання списку всіх наявних в базі даних водіїв логістичної (транспортної) компанії (наприклад, переліку всіх потрібних для здійснення замовлення на перевезення вантажів водіїв).
- OrdersController.cs: Робота з замовленнями:
 - створення нового замовлення на перевезення вантажу (вантажів) – це відбувається згідно з побажаннями користувача customer (клієнт);
 - перегляд як тільки що створеного замовлення (це робить Customer), так і же наявних в базі даних (це робить Manager);
 - оновлення та редагування відповідної інформації про замовлення на перевезення вантажу (це робить Manager чи Admin);
 - зміна статусів наявних замовлень в базі даних (це робить Manager чи Admin);
 - розрахунок вартості відповідно до відстані та ваги вантажу, інколи встановлюється ще й коефіцієнт для специфічних категорій вантажу (це робить Manager);
 - перегляд списку водіїв (фільтрація, пагінація) та призначення конкретного водія на виконання конкретного замовлення щодо перевезення вантажів (це робить Manager);
 - перегляд переліку наявних транспортних засобів (фільтрація, пагінація) та вибір конкретного транспортного засобу на виконання конкретного замовлення щодо перевезення вантажів (це робить Manager).

– VehiclesController.cs: Управління транспортними засобами логістичної (транспортної) компанії), яке враховує, зокрема такі характеристики, як:

- призначення транспортного засобу, яке враховує категорії вантажів для перевезення;
- характеристики транспортного засобу, зокрема:
 - марка транспортного засобу;
 - технічні характеристики;
 - номер реєстрації транспортного засобу;
 - вантажопідйомність транспортного засобу;

– LogisticsBackend.Core, який ґрунтується на використанні DTOs (*Data Transfer Objects*). У папці DTOs зібрані структури для обміну даними:

- AuthDTOs – AuthResponseDto, LoginRequestDto, RegisterRequestDto.
- DriversDTOs – CreateDriverRequestDto, DriverResponseDto, UpdateDriverRequestDto.
- OrdersDTOs – CreateOrderRequestDto, OrderResponseDto, PatchOrderRequestDto, UpdateOrderStatusRequestDto.
- VehiclesDTOs – AssignVehicleRequestDto, CreateVehicleRequestDto, UpdateVehicleRequestDto.

DTO гарантують безпечний і чітко контрольований формат даних між API та клієнтом (Customer).

– Abstractions: Зберігається і програмне забезпечення та відповідна інформація щодо інтерфейсів сервісів веб-орієнтованої системи «Логістика», наприклад, такі як:

- IDriverRepository;
- IOrderRepository;
- IVehicleRepository.

– LogisticsBackend.Storage: Робота з базою даних DbContext веб-орієнтованої системи «Логістика»:

- Всі інформація зберігається у файлі `AppDbContext.cs`, який містить, зокрема:
 - містить всі `DbSet` таблиць;
 - конфігурації `EF Core`.

У папці `Configurations` розміщені `Fluent API`-конфігурації:

- `OrderConfiguration`.
- `DriverConfiguration`.
- `VehicleConfiguration`.

3.2.2 Складові компоненти веб-орієнтованої системи «Логістика»

Веб-орієнтована система «Логістика» складається з наступних частин:

– `Back-end` (реалізований за допомогою `ASP.NET Core 8`), функціонування якого підтримується, зокрема, за допомогою таких компонентів (модулів), як:

- `Web Api`.
- Сервіси доступу до даних.
- `JWT`-авторизація.
- `Entity Framework Core + SQL Server`.
- Рольова модель доступу (`Authorize`).

– `Frontend` (реалізований за допомогою мов програмування `HTML`, `CSS` та `JavaScript (JS)`), функціонування якого підтримується, зокрема, за допомогою таких компонентів (модулів), як:

- `Orders` (замовлення).
- `Drivers` (водії).
- `Vehicles` (транспорт).
- `Login / Register` .
- `Customer panel` .
- `Manager panel`.

На рис. 3.1 представлена ER-діаграма веб-орієнтованої системи «Логістика»

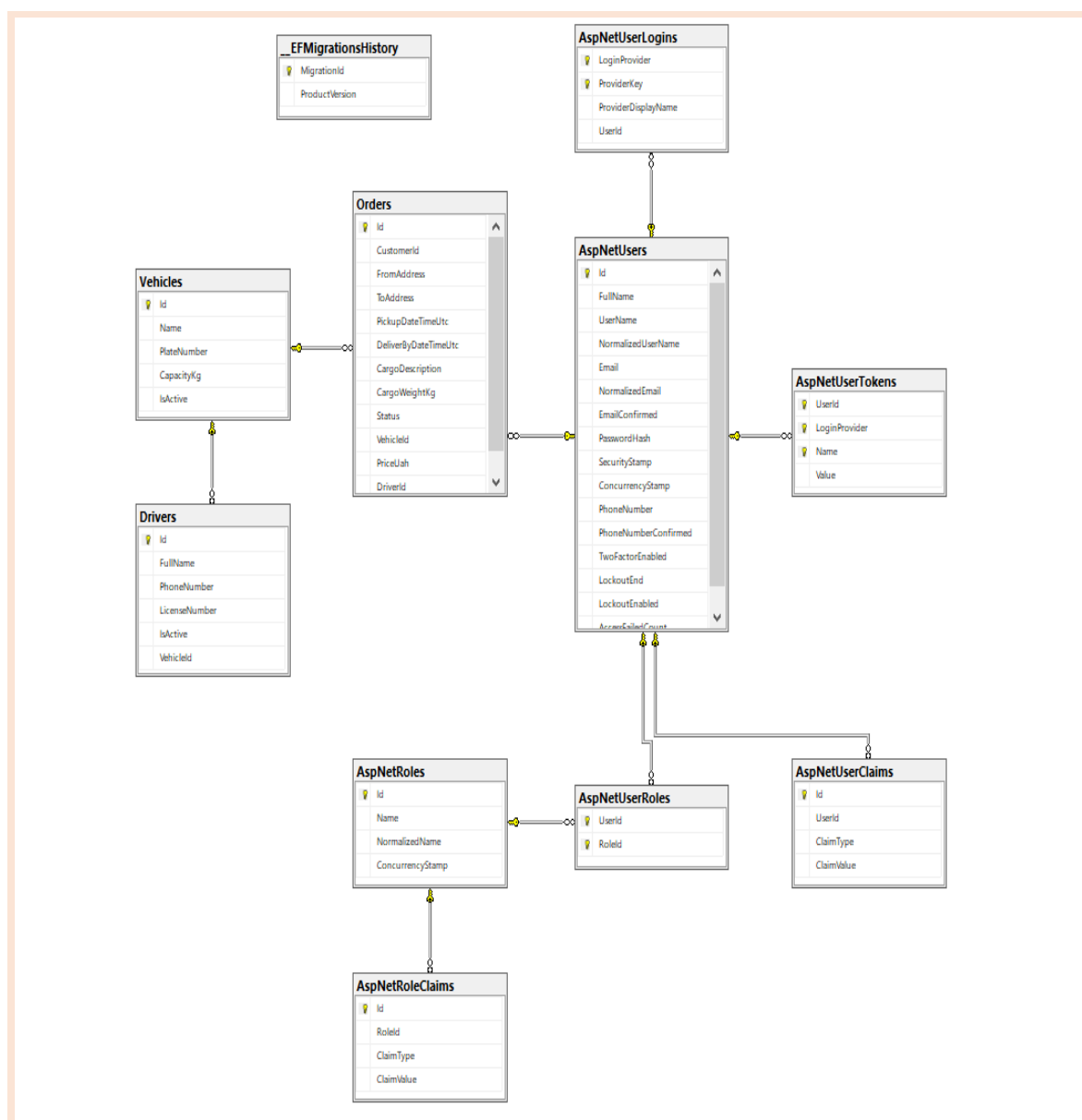


Рисунок 3.1 – ER-діаграма веб-орієнтованої системи «Логістика»

3.3 Опис функціонування веб-орієнтованої системи «Логістика»

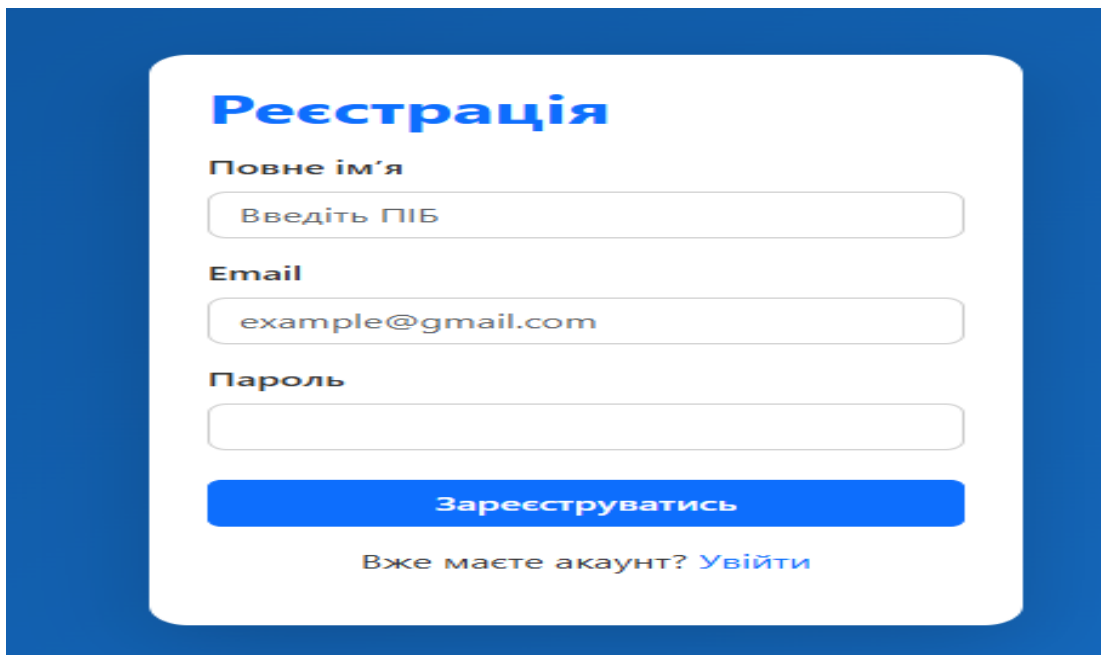
API підтримує три основні ролі користувачів (згідно з категоріями користувачів): Admin, Manager та Customer.

Користувач категорії Customer може реєструватися, авторизуватися, створювати замовлення на перевезення вантажів, переглядати та фільтрувати власні замовлення на перевезення вантажів.

Користувачі категорії Admin і Manager мають більш розширені можливості щодо: перегляду всіх наявних замовлень, здійснення фільтрації та пагінації наявних результатів, зміну статусу замовлення, вибір транспортних засобів і водіїв (найбільш підходящого для перевезення вантажу), робота по оновленню/редагуванню переліку наявних транспортних засобів та списку наявних водіїв.

При роботі з веб-орієнтованою системою «Логістика» всі користувачі (і категорії Manager, і категорії Customer, і категорії Admin) повинні:

- Зареєструватися (рис. 3.2):



Реєстрація

Повне ім'я

Введіть ПІБ

Email

example@gmail.com

Пароль

Зареєструватись

Вже маєте акаунт? [Увійти](#)

Рисунок 3.2 – Сторінка реєстрації в системі «Логістика»

- Здійснити авторизацію (рис. 3.3), яка використовує JWT

Приклад JWT-токена, який забезпечує виконання функції авторизації користувача, приведено на рис. 3.4.

Розшифровку JWT-токена можна зробити, використовуючи сайт <https://www.jwt.io/> (рис. 3.5).

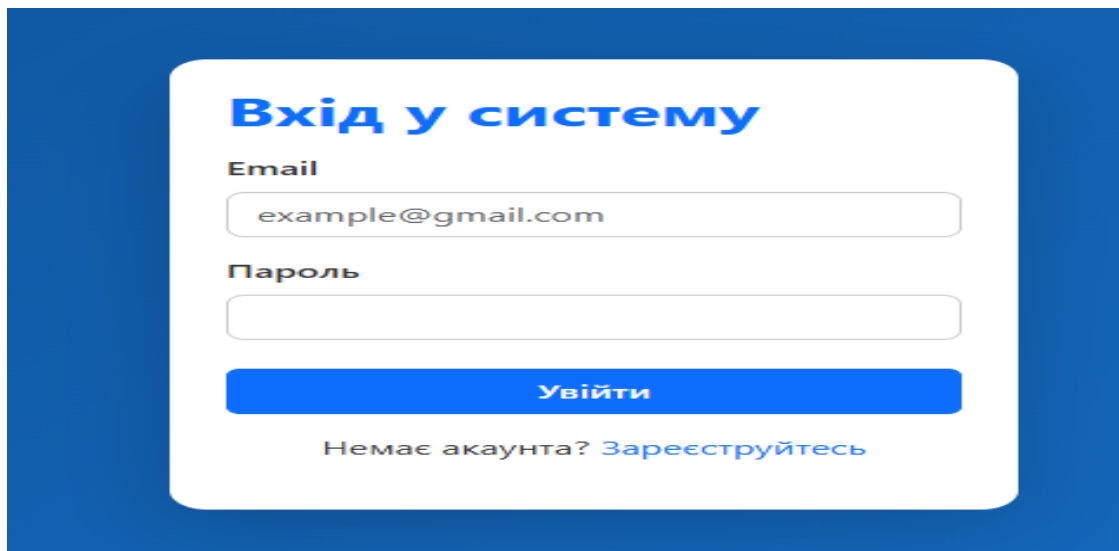


Рисунок 3.3 – Сторінка авторизації в системі «Логістика»



Рисунок 3.4 – Приклад JWT-токена авторизації

У веб-орієнтованій системі «Логістика» реалізовані основні сутності:

- користувачі;
- транспортні засоби (Vehicles);
- водії (Drivers);
- замовлення (Orders).

Для зручності front-end передбачено DTO-моделі.

Також реалізовано пагінацію, фільтрацію та розширені відповіді API (з назвами транспортних засобів, їх номерними знаками та ціною замовлення на перевезення вантажів).

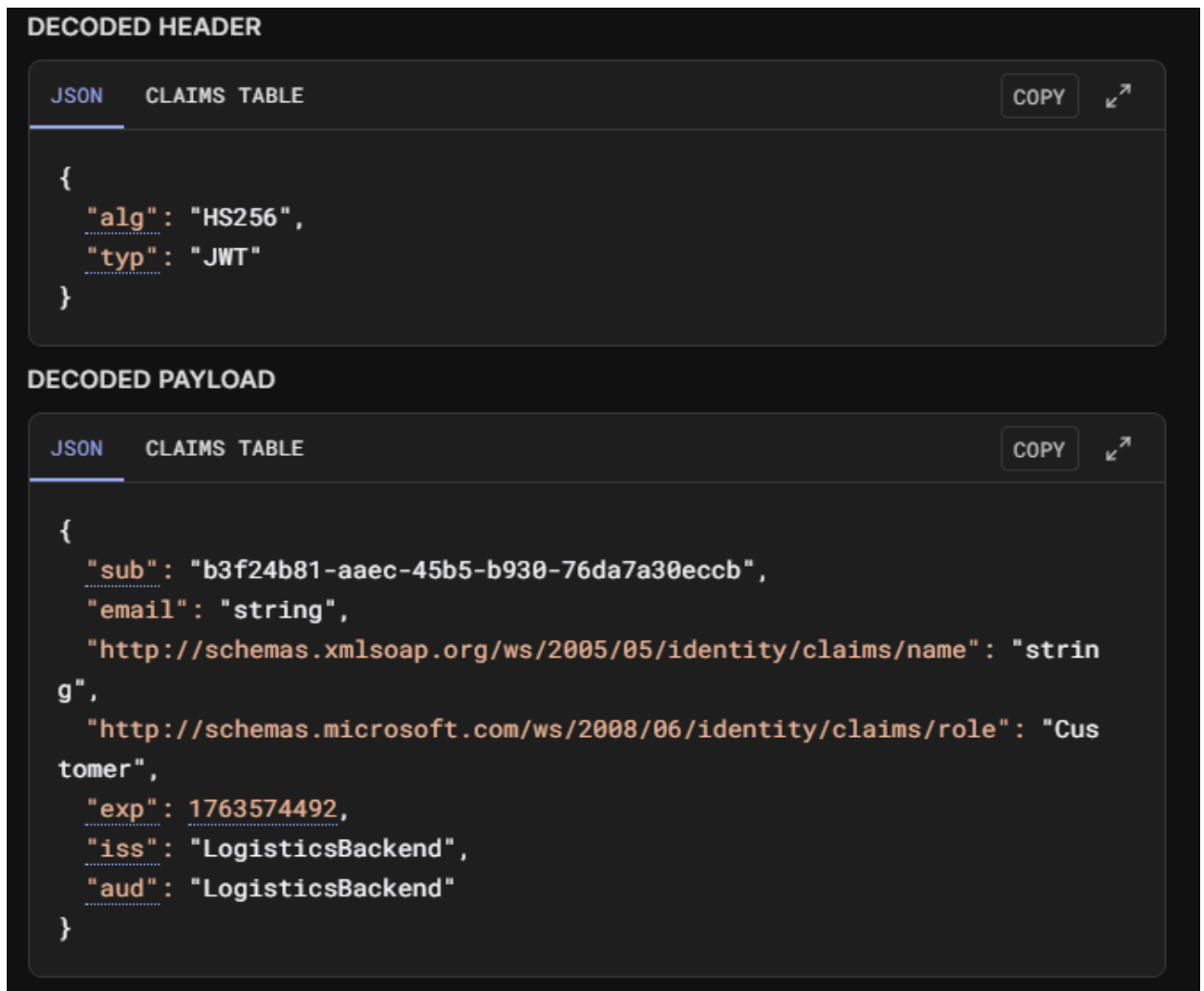


Рисунок 3.5 – Розшифровка JWT-токена

Ціна замовлення на перевезення вантажів передається з front-end компоненти веб-орієнтованої системи «Логістика», що дозволяє гнучко реалізовувати її розрахунок.

Усі end-points задокументовано у Swagger UI (рис. 3.6), що дозволяє легко тестувати API.

Також налаштовано CORS, що забезпечує взаємодію з front-end компонентою веб-орієнтованої системи «Логістика».

Інтерфейс користувача веб-орієнтованої системи «Логістика» розроблено з використанням вебтехнологій HTML, CSS (Bootstrap 5), JavaScript.

Дизайн оптимізовано під рольову модель системи, що забезпечує різні можливості для менеджерів та звичайних користувачів.

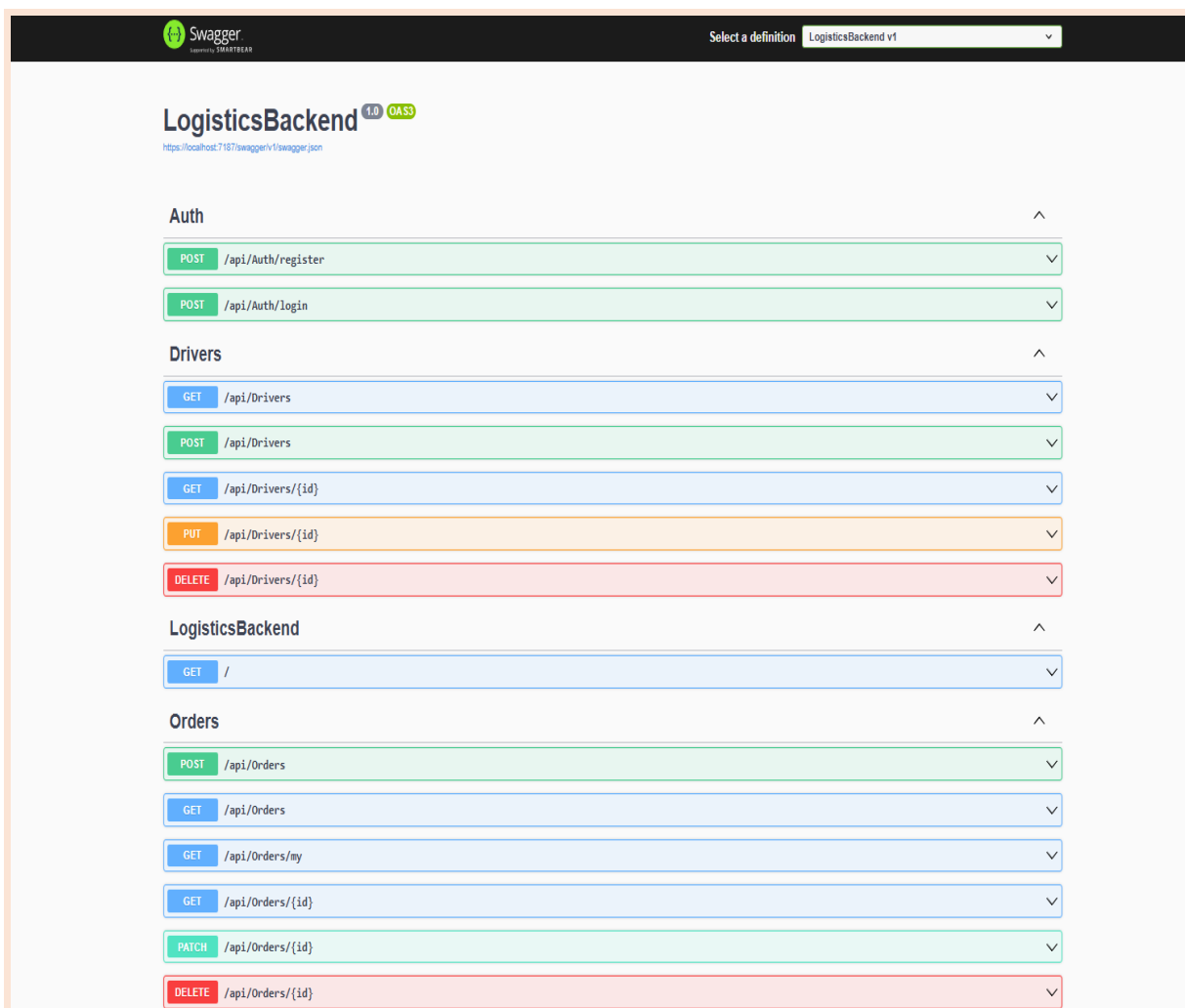


Рисунок 3.6 – Вид сторінки Swagger UI веб-орієнтованої системи «Логістика»

Система містить екран реєстрації (рис. 3.2), що дозволяє зареєструватися користувачу і перейти до авторизації (рис. 3.3).

На сторінці є кнопка «Увійти» на той випадок ,якщо користувачеві не потрібно проходити реєстрацію (він вже є в базі клієнтів логістичної компанії).

Після входу до системи користувач категорії Manager бачить сайт веб-орієнтованої системи «Логістика» в повному обсязі (рис. 3.7).

Менеджер логістичної компанії, натискаючи зверху на кнопку «Транспорт» переходить до вікна «Керування автопарком» (рис. 3.8).

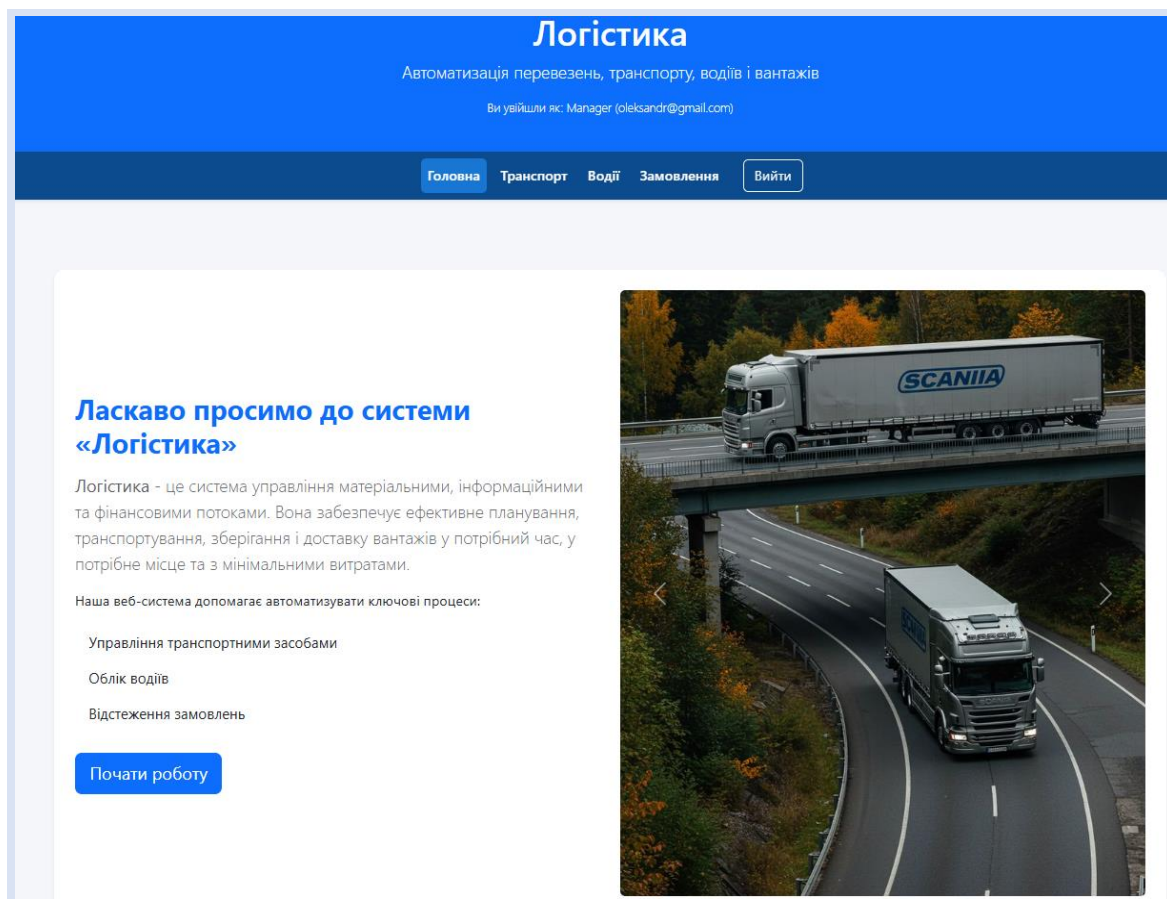


Рисунок 3.7 – Головна сторінка сайту веб-орієнтованої системи «Логістика»

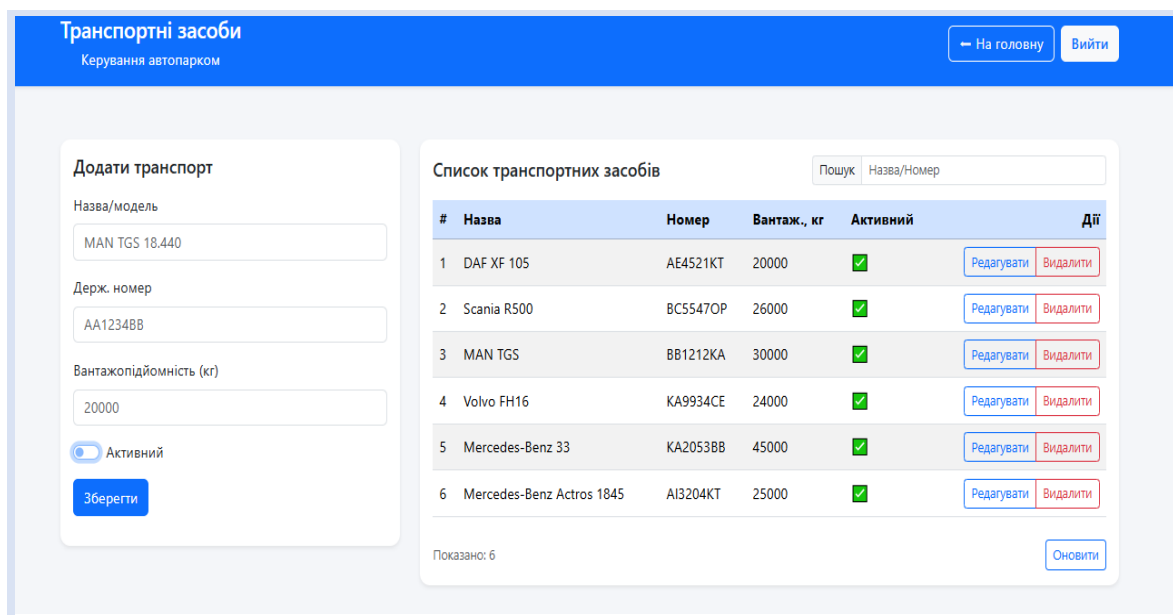
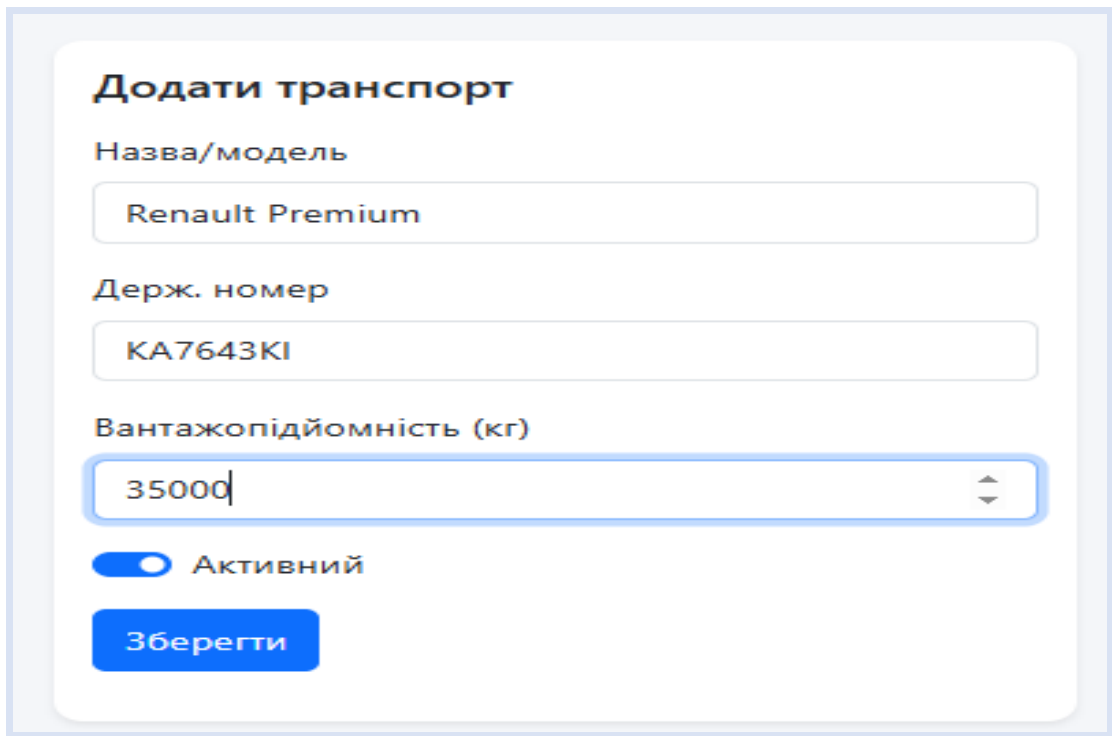


Рисунок 3.8 – Вікно «Керування автопарком» системи «Логістика»

На цій сторінці Manager (Менеджер) може:

- додати транспортний засіб (рис. 3.9);



Додати транспорт

Назва/модель

Renault Premium

Держ. номер

KA7643KI

Вантажопідйомність (кг)

35000

☒ Активний

Зберегти

Рисунок 3.9 – Додавання транспортного засобу до бази даних веб-орієнтованої системи «Логістика»

Наприклад, доданий новий транспортний засіб відобразиться у таблиці бази даних веб-орієнтованої системи «Логістика» у другому рядку (рис. 3.10).

- редагувати або видалити транспортний засіб, що є наявним в базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика» (рис. 3.10);
- може зробити пошук транспортного засобу в базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика» по назві або номеру транспортного засобу (рис. 3.11).

Далі Менеджер, натиснувши кнопку «Водії», переходить на сторінку «Керування водіями» веб-орієнтованої системи «Логістика» (рис. 3.12).

Інтерфейс цієї сторінки схожий на інтерфейс попередньої сторінки «Керування транспортом» (рис. 3.8), така ж схема додавання водіїв, що і для транспорту.

Список транспортних засобів					Пошук Назва/Номер	
#	Назва	Номер	Вантаж., кг	Активний	Дії	
1	DAF XF 105	AE4521KT	20000	✓	Редагувати	Видалити
2	Renault Premium	KA7643KI	35000	✓	Редагувати	Видалити
3	Scania R500	BC5547OP	26000	✓	Редагувати	Видалити
4	MAN TGS	BB1212KA	30000	✓	Редагувати	Видалити
5	Volvo FH16	KA9934CE	24000	✓	Редагувати	Видалити
6	Mercedes-Benz 33	KA2053BB	45000	✓	Редагувати	Видалити
7	Mercedes-Benz Actros 1845	AI3204KT	25000	✓	Редагувати	Видалити
Показано: 7					Оновити	

Рисунок 3.10 – Доданий транспортний засіб у таблиці (рядок номер 2) та можливості щодо редагування/видалення наявних транспортних засобів в базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика»

Список транспортних засобів					Пошук Rena	
#	Назва	Номер	Вантаж., кг	Активний	Дії	
1	Renault Premium	KA7643KI	30000	✓	Редагувати	Видалити
Показано: 1					Оновити	

Рисунок 3.11 – Пошук транспортного засобу по назві відредагованої інформації щодо відповідного автомобіля в базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика»

На рис. 3.13 продемонстровано додавання інформації про нового водія логістичної компанії до відповідної таблиці бази даних веб-орієнтованої системи «Логістика».

Водії
Керування водіями

← На головну Вийти

Додати водія

ПІБ
Іваненко Іван Іванович

Телефон
+380XXXXXXX

Номер посвідчення
AB123456

☒ Активний

Зберегти

Список водіїв Пошук Ім'я/Телефон/Ліцензія

#	ПІБ	Телефон	Ліцензія	Активний	Дії
1	Іван Сміжко Петровиченко	+38006689234122	AB167723	✓	Редагувати Видалити
2	Іван Іванов Петрович	+3800665234477	AB123678	✓	Редагувати Видалити
3	Іван Іванович Бойченко	+3800662346799	AB132457	✓	Редагувати Видалити
4	максим хемільтон йосопович	+3800667217788	AB123456	✓	Редагувати Видалити

Показано: 4 Оновити

Рисунок 3.12 – Сторінка «Керування водіями»

Додати водія

ПІБ
Михайло Олександрович Бідоненко

Телефон
+380668235632

Номер посвідчення
AB682312

☒ Активний

Зберегти

Рисунок 3.13 – Додавання інформації про нового водія логістичної компанії до бази даних веб-орієнтованої системи «Логістика»

На рис. 3.14 продемонстровано результат пошуку: водія логістичної компанії у базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика» по ПІБ (прізвищу, імені та по-батькові), наприклад, для:

- виконання конкретного замовлення на перевезення вантажів;

– редагування чи видалення інформації про цього конкретного водія з бази даних системи.

Далі менеджер натискає на кнопку «Замовлення» і переходить на сторінку із замовленнями.

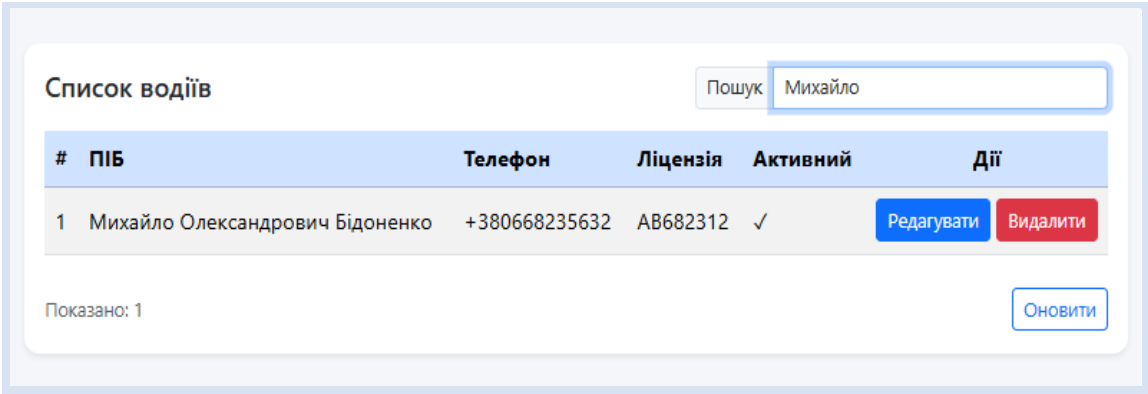


Рисунок 3.14 – Результат пошуку нового водія по ПІБ у базі даних веб-орієнтованої системи «Логістика»

На сторінці «Замовлення» Користувач та Менеджер можуть створити нове замовлення і переглянути його у таблиці – «Мої замовлення» (рис. 3.16). Але у Менеджера ще є й панель «Керування Замовленнями».

На рис. 3.15 продемонстровано процес створення замовлення на перевезення вантажів.

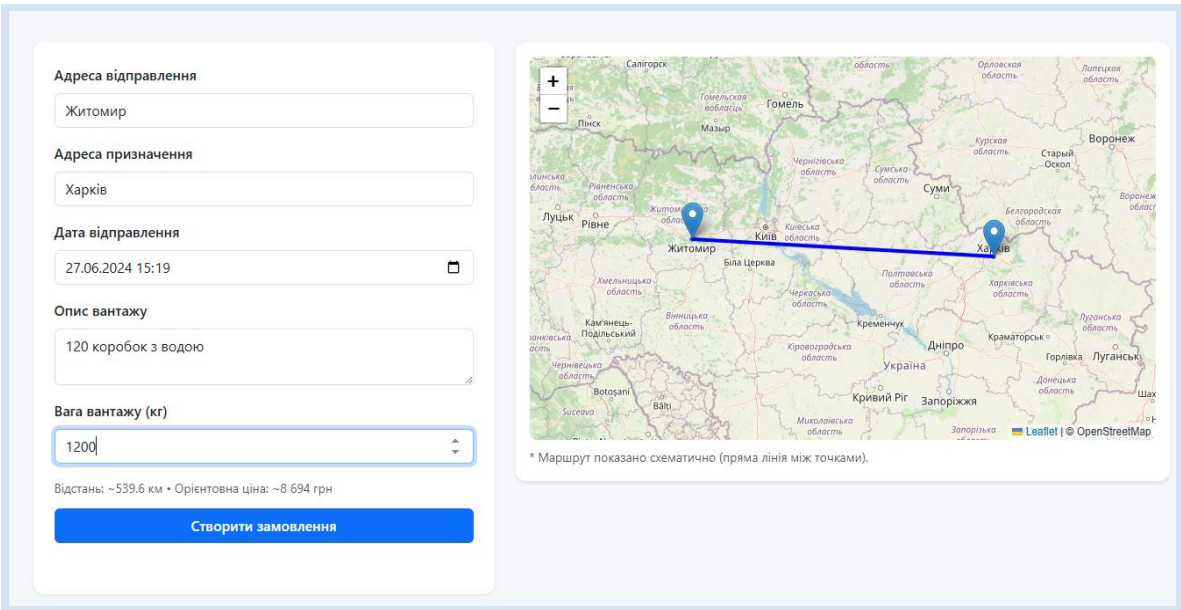


Рисунок 3.15 – Створення замовлення на перевезення вантажу

При замовленні вказуються місця завантаження та отримання вантажу, дата відправки вантажу та його вага, а також вартість перевезення.

Мої замовлення

« Сторінка 1 (усього: 2) »

#	Звідки	Куди	Вага (кг)	Опис	Ціна (грн)	Статус
1	Житомир	Харків	1200	120 коробок з водою	8 694	Очікує
2	Варшава	м.Кривий Ріг	350	двигатель для машини	15 150	У дорозі

Рисунок 3.16 – Перегляд замовлення в списку замовлень

Менеджер може при формуванні маршруту змінити позиції «Звідки» та «Куди,» опис вантажу, вагу вантажу, ціну, водія, машину та статус вантажу під час виконання замовлення (рис. 3.17).

На сторінці (рис. 3.17) є статуси, які може змінювати тільки менеджер:

- Pending – Очікує.
- Assigned – Призначено.
- InTransit – У дорозі.
- Delivered – Доставлено.
- Cancelled – Скасовано.

Панель керування менеджера

Пошук за адресою чи ст: Усі статуси Оновити

#	Звідки	Куди	Опис	Вага	Ціна	Водій	Машина	Статус	Дії
1	Житомир	Харків	120 коробок з в	1200	8694	Михайло Олександрс	DAF XF 105 (AE4521KT)	Призна	

Рис. 3.17 – Панель керування менеджера

Також тут можна побачити карту Leaflet. Leaflet – це бібліотека JavaScript з відкритим кодом для створення інтерактивних карт, адаптованих для мобільних пристроїв. Вона має всі функції картографування, які можуть знадобитися більшості розробників.

Leaflet розроблено з урахуванням вимог щодо простоти, продуктивності та зручності використання. Вона ефективно працює на всіх основних платформах для ПК і мобільних пристроїв, може бути розширена за допомогою багатьох плагінів, має гарний, простий у використанні та добре документований API, а також простий, читабельний вихідний код.

Менеджер може також змінювати транспортний засіб, який було призначено для виконання замовлення на перевезення вантажів (рис. 3.18).

#	Звідки	Куди	Опис	Вага	Ціна	Водій	Машина	Статус	Дії
1	Житомир	Харків	120 коробок з в	1200	8694	Михайло Олександр ▾	Volvo FH16 (KA9934CE) ▾	Достав ▾	

Рисунок 3.18 – Змінена машина в замовленні

Після входу до системи користувач категорії Customer бачить сайт веб-орієнтованої системи «Логістика» в повному обсязі (рис. 3.19).

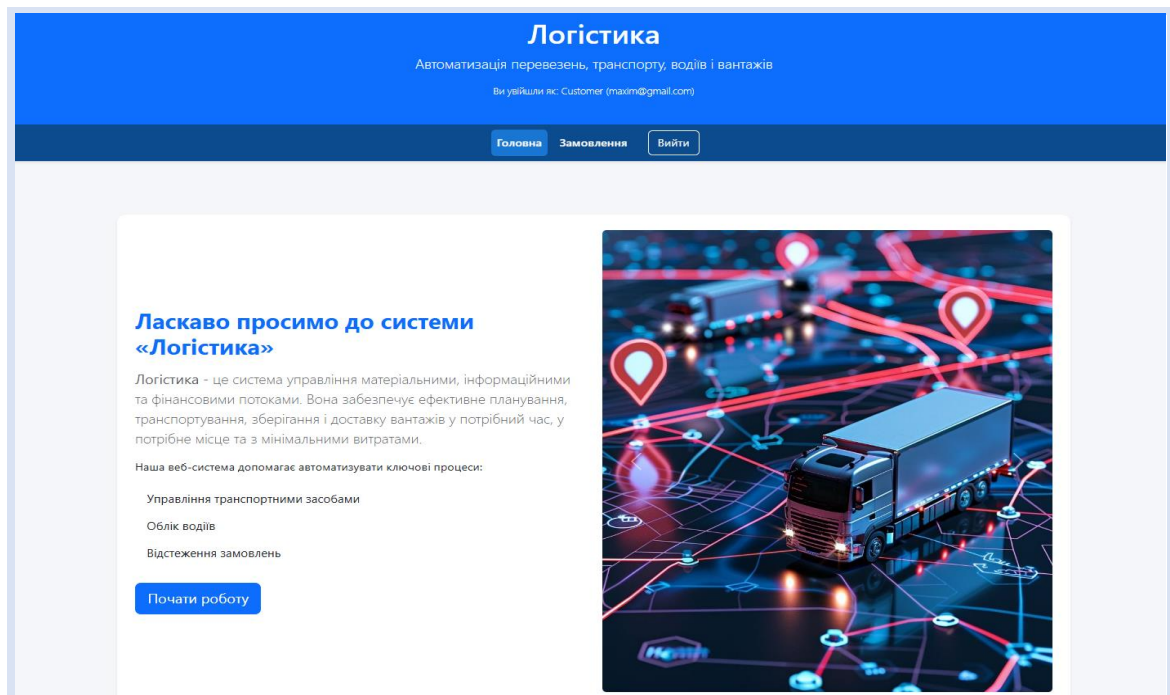


Рисунок 3.19 – Вид сайту веб-орієнтованої системи «Логістика» для користувача категорії Customer

На рис. 3.20 показано процес замовлення перевезення зі сторони користувача категорії Customer.

Створення замовлення

Заповніть форму - праворуч з'явиться схема маршруту

На головну

Вийти

Адреса відправлення

м. Київ, вул. Хрещатик, 1

Адреса призначення

м. Львів, вул. Городецька, 12

Дата відправлення

ДД.ММ.ГГГГ -->--

Опис вантажу

Наприклад: 10 коробок з електронікою

Вага вантажу (кг)

Наприклад: 150

Відстань: - • Орієнтовна ціна: -

Створити замовлення

Маршрут показано схематично (пряма лінія між точками).

Мої замовлення

Сторінка 1 (усього: 2)

#	Звідки	Куди	Вага (кг)	Опис	Ціна (грн)	Статус
1	Берлін	Київ	2000	100 коробок з кіндерами	19 077	У дорозі
2	м.Київ	м.Львів	100	побутова техніка	7 067	Доставлено

Рисунок 3.20 – Вид сторінки веб-орієнтованої системи «Логістика» для користувача категорії Customer при замовленні перевезення вантажу

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі була розглянута та проаналізована проблема логістичних операцій, пов'язаних з перевезенням вантажів (як прямих, так і допоміжних, наприклад, таких як сплата за здійснення операційних операцій завантаження/розвантаження, безпосередньо перевезення/доставка вантажів.

Були розглянуто сутність інформаційної логістики та сучасні логістичні системи та платформи, визначено їх основні функції, переваги та недоліки.

Формування маршрутів перевезення вантажів належить до основних проблем логістики та оптимізації логістичного процесу і його складових логістичних операцій.

Було проведено дослідження щодо методів формування маршрутів перевезення вантажів при наявності різних умов.

Серед цих методів були розглянуті й генетичні алгоритми, зокрема, такі як мурашиний, бджолиний, мутацій. Були визначені умови, відповідно до яких можна отримати найбільш оптимальний маршрут перевезення вантажів.

Були визначені подальші перспективи їхнього розвитку та впровадження в логістичну діяльність логістичних (транспортних) компаній.

Суть проблеми, що вирішується в магістерській роботі, полягає в:

- дослідженні складових організації логістичного процесу перевезення вантажів;
- узагальненні наявного досвіду використання сучасних логістичних систем і платформ;
- дослідження різноманітних аспектів інтелектуалізації логістичного процесу та його складових, наприклад, таких, як:
 - використання генетичних алгоритмів при формуванні маршрутів перевезення вантажів;
 - використання методів Data Mining та обробки Big Data;

– розробці веб-орієнтованої логістичної системи, яка б забезпечувала можливість організації логістичного процесу перевезення вантажів, а також зберігала інформацію про:

- всі маршрути (які є актуальними, оптимальними і небезпечними, що особливо актуально в наш час для перевезень по території України);
- стан транспортних засобів автопарку логістичної компанії;
- водіїв, які задовольняють відповідним критеріям для перевезення тієї чи іншої групи/категорії вантажів;
- стан вантажів, які перевозяться (доставляються);
- вартість перевезення (з урахуванням багатьох параметрів, наприклад, вага вантажу, відстань, категорія вантажу тощо).

В роботі було розглянуто стек технологій по розробці веб-орієнтованих систем (в тому числі й логістичного спрямування).

В роботі також було розглянуто створення веб-орієнтованої системи «Логістика», яка передбачає використання front-end та back-end частин. Описано складові (модулі), які підтримують функціонування front-end та back-end частин.

Розроблена система може бути впроваджена в логістичну діяльність компанії, що займається перевезеннями як по території України, так і поза її межами.

Розроблена веб-орієнтована система «Логістика» має потенціал для подальшого розширення та вдосконалення, включаючи можливості використання штучного інтелекту для формування обґрунтованого варіанту оптимального рішення щодо транспортного засобу, водія та маршруту перевезення вантажу.