

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Розробка ІТ-сервісу «Формування оптимальних маршрутів доставки
товарів» інформаційної системи мережі магазинів цифрової техніки

(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,

групи ІТУ-21-2

Денис БОЙКО

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології
управління

(повна назва освітньої програми)

Керівник: асист. каф. ІУС Євген БОГАТОВ

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук


Кафедра Інформаційних управляючих систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології управління
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ: 
Зав. кафедри _____
(підпис)
“ 19 ” травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Бойку Денису Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка IT-сервісу «Формування оптимальних маршрутів доставки товарів» інформаційної системи мережі магазинів цифрової техніки

затверджена наказом по університету від “ 19 ” травня 2025 р. № 370Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 18 ” червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи опис мережі магазинів цифрової техніки як об'єкта, технічне завдання на розробку IT-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі Огляд і аналіз сучасного стану задачі. Опис структурних і функціональних особливостей задачі та основних видів її забезпечення. Постановка задачі. Розробка інформаційного забезпечення задачі.


Обґрунтування вибору математичного забезпечення задачі. Розробка елементів програмного забезпечення задачі. Вибір та обґрунтування технічного забезпечення задачі. Методичні рекомендації щодо використання задачі.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз діяльності об'єкту автоматизації	19.05.25 – 22.05.25	Виконано
2	Огляд і аналіз типових рішень зі створення ІТ-сервісу	23.05.25 – 25.05.25	Виконано
3	Опис постановки задачі аналізу даних	26.05.25 – 28.05.25	Виконано
4	Розробка інформаційного забезпечення ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів	29.05.25 – 31.05.25	Виконано
5	Розробка математичного забезпечення ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів	01.06.25 – 03.06.25	Виконано
6	Розробка елементів програмного забезпечення ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів	04.06.25 – 06.06.25	Виконано
7	Обґрунтування вибору комплексу технічних засобів	07.06.25 – 10.06.25	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	11.06.25 – 12.06.25	Виконано
9	Перевірка на плагіат	10.06.25	Виконано
10	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.06.25	Виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи в екзаменаційній комісії	16.06.25	Виконано

Дата видачі завдання 19.05.2025 р.

Студент 
(підпис)

Керівник роботи  асист. каф. ІУС Євген БОГАТОВ
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: 65 сторінок, 15 таблиць, 30 рисунки, 10 джерел, 2 додатки.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІТ-СЕРВІС, МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ, СУБД, ЦИФРОВА ТЕХНІКА, API, DFD, GPS, LSTM, RNN.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є мережа магазинів цифрової техніки.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів.

Методом дослідження є системний аналіз з використанням об'єктно-орієнтованого підходу.

У роботі проведено аналіз предметної області, функціональних особливостей мережі магазинів цифрової техніки, аналіз організаційної структури, розроблено діаграми потоків даних, наведено опис вимог і виконана постановка задачі, розроблено елементи інформаційного, математичного та програмного забезпечень ІТ-сервісу, обґрунтовано вибір технічного забезпечення сервісу.

Галузь застосування – роздрібна торгівля.

Кваліфікаційну роботу було виконано за методичними вказівками до організації виконання та захисту кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки за освітньою програмою «Комп'ютерні науки» для студентів усіх форм навчання [1]. Також робота була оформлена за стандартами ДСТУ 3008:2015 [2].

ABSTRACT

The explanatory note to the qualification work contains: 65 pages, 15 tables, 30 figures, 10 sources, 2 appendices.

INFORMATION SYSTEM, INFORMATION SUPPORT, IT SERVICE, SHOP NETWORK, subd, DIGITAL TECHNOLOGY, API, DFD, GPS, LSTM, RNN.

The object of the qualification work is a network of digital technology stores.

The purpose of the qualification work is to develop an IT service for the formation of optimal routes for the delivery of goods.

The research method is a system analysis using an object-oriented approach.

The work analyzes the subject area, functional features of the network of digital technology stores, analyzes the organizational structure, develops data flow diagrams, describes the requirements and formulates the problem, develops elements of information, mathematical and software support for the IT service, justifies the choice of technical support for the service.

Application area – retail trade.

The qualification work was carried out according to the methodological instructions for the organization of the performance and defense of the qualification work for the first (bachelor) level of higher education in the specialty 122 Computer Science under the educational program «Computer Science» for students of all forms of education [1]. Also, the work was designed according to the standards of DSTU 3008:2015 [2].

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Огляд і аналіз сучасного стану задачі.....	10
1.1 Принципи оптимізації маршрутів.....	10
1.2 Алгоритми оптимізації маршрутів.....	11
1.3 Сучасні програмні рішення для оптимізації маршрутів.....	13
2 Опис структурних і функціональних особливостей ІТ-сервісу.....	15
2.1 Аналіз та опис об'єкта автоматизації.....	15
2.2 Обґрунтування мети вирішення задачі.....	18
2.3 Функціональна структура ІТ-сервісу	20
2.4 Вимоги до ІТ-сервісу	22
3 Постановка задачі.....	24
3.1 Характеристика поставленої задачі.....	24
3.2 Вихідна інформація задач.....	25
3.3 Вхідна інформація.....	27
4 Розробка та обґрунтування інформаційного забезпечення ІТ-сервісу.....	31
5 Математичне забезпечення ІТ-сервісу.....	37
6 Розробка елементів програмного забезпечення ІТ-сервісу.....	40
7 Вибір та обґрунтування комплексу технічного забезпечення	43
8 Методичні рекомендації щодо використання ІТ-сервісу.....	44
Висновки.....	50
Перелік джерел посилання.....	51
Додаток А Альбом документів.....	53
Додаток Б Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	54

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ІС – інформаційна система

ПК – персональний комп'ютер

СУБД – система управління базами даних

API – Application Programming Interface

DNN – Deep Neural Network

GPS – Global Positioning System

LSTM – Long short-term memory

RNN – Recurrent Neural Networks

SMS – Short Message Service

UML – Unified Modeling Language

ВСТУП

Ефективне транспортування та логістика мають вирішальне значення для сучасного бізнесу. Уявіть собі компанію по доставці, яка прагне вкластися в стислий термін, або постачальника послуг, який щодня поєднує кілька зустрічей. У таких сценаріях різниця між успіхом та хаосом часто залежить від ефективної маршрутизації та планування. Ці два елементи, хоч і тісно пов'язані між собою, призначені для різної мети стосовно керування логістичними операціями. Розуміння їх відмінностей та способів оптимізації обох є ключем до досягнення операційної досконалості [3].

Чому ж маршрутизація та планування настільки важливі для бізнесу? Ефективна маршрутизація та планування мають вирішальне значення для підприємств, особливо тих, які покладаються на логістику та транспортування. Ось чому ці два елементи важливі, і доцільно навести відповідні приклади, що ілюструють цю важливість.

Наприклад, ефективність витрат, завдяки якій оптимізуючи маршрути, компанії можуть скоротити витрати пального, знос транспортних засобів та час роботи водіїв [3].

Компанія доставки, яка планує та оптимізує маршрути, може гарантувати, що її транспортні засоби обиратимуть найкоротший чи найшвидший шлях, заощаджуючи паливо та знижуючи загальні витрати.

Підвищення задоволеності клієнтів, також досягається своєчасними та точними поставками. Ефективне планування гарантує, що постачання здійснюватимуться в обіцяні терміни, а маршрутизація гарантує вибір найшвидших та найефективніших шляхів [3].

Оптимальна маршрутизація та планування гарантують ефективне використання всіх ресурсів, таких як транспортні засоби, водії та час. Це означає, що менше ресурсів витрачається марно, і більше поставок чи

послуг може бути виконано з використанням тих самих активів [3].

Підприємства часто стикаються з несподіваними проблемами, такими як пробки, перекриття доріг або термінові запити клієнтів. Динамічна маршрутизація та планування дозволяють вносити корективи в режимі реального часу, гарантуючи, що такі проблеми будуть вирішені без суттєвих збоїв [3].

Удосконалене програмне забезпечення для маршрутизації та планування надає цінну інформацію та аналіз даних. Компанії можуть відслідковувати показники продуктивності, виявляти вузькі місця та приймати обґрунтовані рішення для постійного покращення своєї діяльності.

Таким чином, використання технологій оптимізації маршрутів дозволяє успішно справлятися зі складнощами сучасних перевезень та виходити у лідери галузі.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАДАЧІ

1.1 Принципи оптимізації маршрутів

Оптимізація маршрутів – це важлива частина логістики та управління ланцюжками постачання, яка допомагає визначати найефективніші маршрути для перевезення. У наш стрімкий час багато компаній хочуть підвищити ефективність своїх операцій, заощадити гроші та задовольнити зростаючі запити клієнтів. Оптимізація маршрутів у цій справі дуже рятує: вона використовує складні алгоритми, аналіз даних та сучасні технології, щоб упорядкувати процес доставки [3].

Незалежно від того, чи ви є логістичним менеджером, власником автопарку або підприємцем, розуміння основ оптимізації маршрутів необхідно, щоб не заплутатися в складностях сучасних транспортних мереж і забезпечити плавну роботу своїх процесів.

Таким чином, оптимізація маршрутів – це вибір найефективніших шляхів для переміщення транспортних засобів, коли потрібно доставити товари або надати послуги. Для оптимізації враховують безліч змінних: пробки на дорогах, відстані, часові вікна доставки та кількість зупинок. Все це потрібно, щоб компанії могли максимально ефективно прокладати маршрути та уникати зайвих витрат [3].

Оптимізація маршрутів ґрунтується на детальному аналізі великих обсягів даних та застосуванні алгоритмів, щоб визначити найбільш короткі та зручні шляхи. Спочатку збирається вся вихідна інформація: початкові та кінцеві пункти, графік доставок, обсяг та місткість машин. У режимі реального часу враховується розташування точок доставки, дедлайн, доступність транспорту і дорожня обстановка.

Сучасні алгоритми всередині програм для оптимізації маршрутів дивляться на відстані, швидкість руху, затори та вікна доставки, щоб знайти баланс між часом та витратами. Програма формує кілька можливих

варіантів, після чого відповідальні співробітники обирають оптимальний з урахуванням пріоритетів та терміновості замовлень.

Якщо на дорозі пробка чи негода, сучасний GPS-софт дозволяє відразу підправити маршрут, щоб уникнути втрат часу. Після затвердження планів водії їх виконують, а менеджери стежать за показниками, щоб надалі ще точніше налаштовувати процеси. Завдяки таким стратегіям компанії можуть ефективніше використовувати свій транспорт, знижувати витрати та радувати клієнтів швидкою та пунктуальною доставкою.

Суть оптимізації маршрутів – пошук максимально продуктивних способів дістатися місця призначення. Проаналізувавши трафік, доступний час та місткість транспорту, компанії можуть серйозно спростити свої робочі процеси.

У підсумку менше часу на дорогу, нижчі операційні витрати та ефективніше використання ресурсів. Все це покращує ключові показники продуктивності та дає бізнесу серйозну конкурентну перевагу.

1.2 Алгоритми оптимізації маршрутів

Алгоритми оптимізації маршрутів революціонізують логістику та служби доставки, роблячи операції більш швидкими та ефективними. Ці передові алгоритми розраховують найефективніші маршрути для кількох доставок, скорочуючи час у дорозі та витрати. Розглядаючи такі змінні, як трафік, вікна доставки та вантажопідйомність транспортних засобів, вони забезпечують оптимальне планування маршрутів [4].

Алгоритм оптимізації маршрутів – це набір обчислювальних методів, що визначають найефективніший маршрут доставки у логістичних операціях. Це критично важливий етап ланцюжка поставок, який

забезпечує ефективність доставки та прибутковість бізнесу. Він враховує безліч факторів, таких як трафік, вантажопідйомність транспортних засобів, погода тощо. Він використовує передові та складні алгоритми для розрахунку оптимального маршруту для доставок та транспортних засобів [4].

Алгоритми оптимізації маршрутів можуть змінюватись від простих до дуже складних, кожен з яких пропонує різний час обчислень та якість обслуговування. Подібний алгоритм не лише керує експлуатаційними витратами, а й знижує викиди вуглецю. Він забезпечує адаптивність та масштабованість, які необхідні для зростання бізнесу, гнучкість для оптимізації маршрутів на основі змінних обставин, тощо [4].

Алгоритм оптимізації маршруту допомагає виявити найкоротший шлях доставки. Його робота описується такими кроками.

Перший крок – збір необхідних даних, таких як місце доставки, місткість транспортного засобу, завантаженість доріг та часові вікна. Далі слід визначити проблему, яку необхідно вирішити з огляду на мету та обмеження [4].

Налаштувати початкове рішення можна на основі простої евристики. Потім потрібно оцінити якість рішення, включаючи мету та обмеження. Далі знаходимо алгоритм, що найбільше підходить для даної проблеми. Також, необхідно визначити, коли слід припинити процес оптимізації. Після досягнення певної умови або виконання тимчасових обмежень, процес можна припинити. Нарешті створюється оптимізований маршрут, який мінімізує відстань поїздки, максимізує використання ресурсів та відповідає певним обмеженням [4].

Існують різні типи алгоритмів оптимізації маршруту.

Наприклад, жадібний алгоритм – це підхід до вирішення проблем, заснований на поточній ситуації. Він простий та інтуїтивно зрозумілий і вимагає максимальних та мінімальних оптимальних результатів. Алгоритм Дейкстри – це найкращий варіант для пошуку найкоротшого шляху від

одного вихідного вузла до решти вузлів у графі. Він також дозволяє визначити мінімальну вартість від вихідного вузла до решти вузлів [4].

Алгоритм Флойда-Уоршелла – це динамічний алгоритм, який обчислює матрицю найкоротшого шляху з огляду на всі проміжні вузли. Алгоритм Беллмана-Форда, також є динамічним алгоритмом, який визначає найкоротший шлях за допомогою ітеративного ослаблення ребер. Евристичний алгоритм використовує методи, що ґрунтуються на досвіді [4].

У випадку генетичного алгоритму потенційні маршрути генеруються за допомогою кросінговерів та мутацій. Завдання маршрутизації транспортних засобів вважається найкращим прикладом генетичного алгоритму [4].

Алгоритм мурашиної колонії, оптимізація рою частинок, пошук змінного сусідства, імітація відпалу та інші – ось неповний список алгоритмів, які використовують сучасні програмні розробки для оптимізації маршрутів [4].

1.3 Сучасні програмні рішення для оптимізації маршрутів

Сьогодні існують різні інструменти та технології, які допомагають у оптимізації маршрутів. Спеціалізовані програми для оптимізації маршрутів спрощують планування, автоматично аналізуючи масу факторів та знаходячи оптимальні варіанти. Подібні рішення особливо корисні компаніям, які щодня стикаються з великим обсягом маршрутів та складним графіком постачання.

Крім програмних продуктів, існують і сервісні провайдери, які пропонують готові рішення з огляду на потреби конкретного бізнесу. GPS-технології та карти з актуальними даними про дорожню ситуацію

дозволяють швидко перераховувати маршрут. При великій кількості точок доставки можливість ефективно вибудувати порядок зупинок стає ще важливішою. Оптимізація маршрутів не тільки дозволяє скорочувати витрати на паливо та обслуговування, а й підвищує задоволеність клієнтів за рахунок більш точного дотримання термінів доставки [3].

Інтеграція GPS та телематики є одним з ключових моментів. Ці системи забезпечують відстеження транспорту у реальному часі та дозволяють бачити його поточне місцезнаходження. Аналіз таких даних дає можливість враховувати пробки, стан доріг та інші фактори, що впливають на час у дорозі [4].

На основі цієї інформації компанії можуть оперативно змінювати маршрути, щоб уникнути затримок та економити паливо. Крім того, використання даних та аналітики «тут і зараз» відіграє вирішальну роль. Збір відомостей про графік доставки, переваги клієнтів та сезонні коливання попиту дає можливість формувати більш ефективні плани маршрутів [4].

Аналітичні інструменти моделюють різні варіанти та допомагають вибрати оптимальну стратегію. Таким чином, бізнес стає гнучкішим і краще реагує на будь-які зміни. Додатково варто відзначити, що сьогодні доступні спеціальні рішення, наприклад Shifton, які призначені для оптимізації маршрутів з урахуванням конкретних завдань компанії. Такі платформи дозволяють задавати основні параметри (адреси доставки, часові вікна, місткість транспорту) та формувати максимально ефективні маршрути [4].

Завдяки цим рішенням можна спростити робочі процеси, скоротити витрати та забезпечити вищий рівень сервісу.

Таким чином, оптимізація маршрутів – це потужний спосіб збільшити продуктивність та скоротити витрати у сфері логістики [4].

2 ОПИС СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІТ-СЕРВІСУ

2.1 Аналіз та опис об'єкта автоматизації

У якості об'єкта автоматизації виступає мережа магазинів цифрової техніки.

Магазин – це фізичне або онлайн-місце, де споживачі можуть купувати товари. Магазины часто орієнтуються на конкретну потребу клієнтів та надають продукти для її задоволення. Зазвичай, магазини не виробляють товари, які продають. Натомість вони закуповують продукцію у виробників або оптових магазинів.

Роздрібні магазини – це комерційні підприємства, які продають товари та послуги клієнтам особисто, телефоном, через онлайн-платформи або в соціальних мережах. Роздрібні торговці часто фокусуються на максимізації клієнтського досвіду, що означає, що вони докладають зусиль для побудови відносин з клієнтами, проектування вітрин магазинів або забезпечення зручності.

Мережеві магазини – це магазини з декількома місцями, об'єднаними спільним брендом, загальним управлінням та централізованою діловою політикою. Управління мережею може бути місцевим, національним чи міжнародним. Завдяки більш широкій клієнтській базі мережеві магазини можуть закуповувати товари у більших обсягах, ніж роздрібні торговці, що працюють в одному місці. Це дозволяє їм скорочувати витрати та залучати більше клієнтів.

На рисунку 2.1. наведено схему організаційної структури мережі магазинів цифрової техніки.

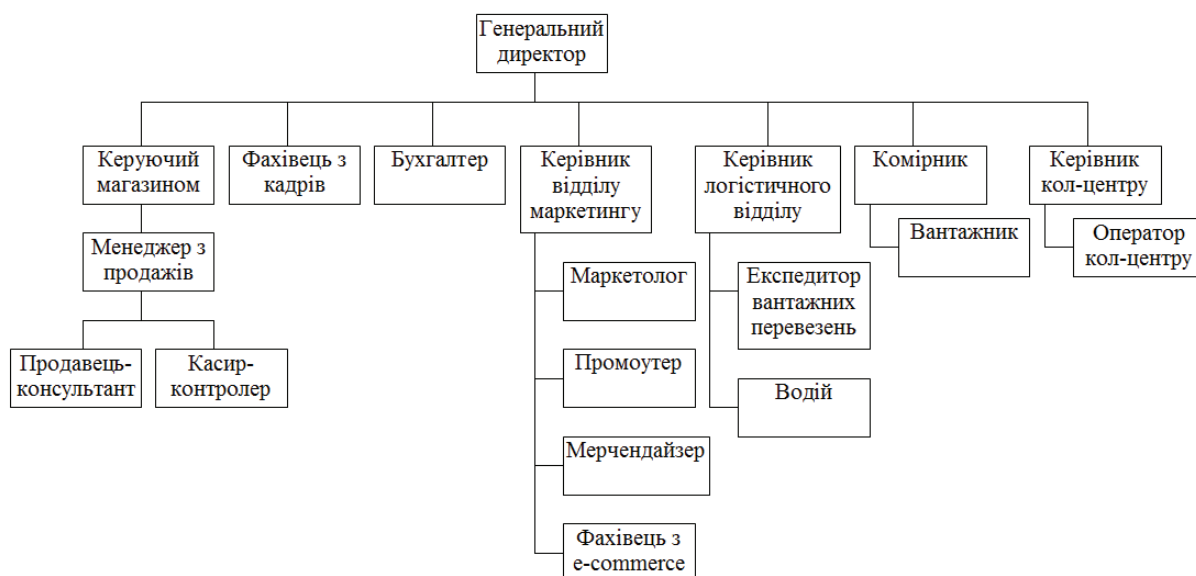


Рисунок 2.1 – Схема організаційної структури мережі магазинів цифрової техніки

До складу організаційної структури мережі магазинів цифрової техніки входять наступні фахівці.

Генеральний директор мережі магазинів – керує усіма аспектами торгівельної діяльності, забезпечує виконання планів продажу, бере участь у формуванні асортиментної та цінової політики, тощо.

Керуючий магазином – це фахівець, відповідальний за ефективне управління та функціонування магазину, контролює дотримання стандартів обслуговування та касової дисципліни, організує подання товару у торговому залі.

Менеджер з продажу – це фахівець, який займається продажем товарів чи послуг, які реалізує компанія. До його обов'язків входять переговори з клієнтами, пошук нових клієнтів та збільшення бази клієнтів, оформлення угод.

Продавець-консультант – це фахівець, який займається реалізацією товарів чи послуг клієнтам у торгових точках, магазинах, супермаркетах, інтернет-магазинах та інших торгових майданчиках.

Касир-контролер — це фахівець, який працює у сфері торгівлі,

обслуговування або фінансів та виконує функції з контролю за грошовими операціями, обслуговування клієнтів та забезпечення точності та дотримання правил під час проведення фінансових транзакцій.

Фахівець з кадрів спеціалізується на керуванні людськими ресурсами на підприємстві.

Бухгалтер – відповідає за документообіг підприємства, веде та контролює облік господарської діяльності, складає звітність.

Керівник відділу маркетингу здійснює загальне керівництво працівниками відділу.

Маркетолог просуває товари та послуги на ринку.

Промоутер – працює з відвідувачами магазину, пропонуючи товар.

Мерчендайзер – це фахівець у сфері торгівлі та роздрібною торгівлі, який відповідальний за організацію та подання товарів у магазині таким чином, щоб привертати увагу покупців, стимулювати продажі та створювати приємне візуальне сприйняття магазинного простору.

Фахівець з електронної комерції (e-commerce) – це професіонал, який займається розробкою, управлінням та оптимізацією онлайн-продажів та інтернет-магазинів.

Керівник логістичного відділу займається організацією та координацією вантажоперевезень від відправника до отримувача.

Експедитор вантажних перевезень – це фахівець, який забезпечує плавне та ефективне переміщення вантажів від точки відправлення до місця призначення. Він відповідальний за вибір оптимального маршруту та транспортного засобу, оформлення необхідних документів, контроль виконання графіка перевезень, а також вирішення проблем, що виникають, і дотримання всіх правил і нормативів, що стосуються перевезення вантажів.

Водій керує автотранспортом.

Комірник – це фахівець, який займається управлінням та контролем товарів, матеріалів та інвентарю на складі. Його основне завдання полягає

в організації ефективного зберігання, прийому, розміщення, обліку та відвантаження товарів відповідно до вимог підприємства.

Вантажник завантажує/розвантажує товари.

Керівник кол-центру відповідає за нормальну роботу кол-центру.

Оператор кол-центру приймає замовлення від клієнтів.

2.2 Обґрунтування мети вирішення задачі

Формування оптимальних маршрутів доставки товарів – це процес визначення найефективніших шляхів або курсів для транспортних засобів, яким необхідно слідувати при доставці товарів. У ньому основна увага приділяється фізичним маршрутам, якими пройдуть транспортні засоби з точки А у точку Б, з урахуванням таких факторів, як відстань, умови руху, типи доріг і місця доставки.

Ключові моменти оптимізації маршрутів:

- пошук найкоротшого або швидкого маршруту для мінімізації часу та відстані в дорозі;
- скорочення витрати пального та експлуатаційних витрат за рахунок вибору оптимальних маршрутів;
- адаптація маршрутів у режимі реального часу на основі оновлень дорожньої ситуації, закриття доріг чи інших непередбачених подій;
- управління маршрутами за допомогою множинної доставки або обслуговування зупиняється, щоб переконатися, що вони розташовані в найбільш ефективному порядку;
- визначення порядку завдань на основі терміновості, переваг клієнта або інших критеріїв;
- виділення конкретних часових інтервалів для постачання або послуг для забезпечення своєчасного завершення;

- призначення водіїв, транспортних засобів та інших ресурсів завданням залежно від їхньої доступності та потужності;
- забезпечення узгодженості всіх запланованих дій та відсутності конфліктів чи дублювання.

Для розробки оптимального маршруту потрібно враховувати кілька основних аспектів, що повною мірою характеризують транспортний засіб, швидкість пересування, споживання палива та основні технічні показники, дорогу, тип, відстань, стан дорожнього покриття. Якщо дорожні умови погані, витрати на транспортування вантажу суттєво зростуть через збільшення споживання транспортним засобом палива під час пересування поганою дорогою. Клімат, погодні умови, наявність екологічних обмежень щодо транспортування – це теж важливі чинники. Ще один критерій – умови зберігання. Деякі типи продукції вимагають створення спеціальних умов для забезпечення їх цілісності та збереження під час транспортування.

Таким чином, оптимальне складання маршруту відповідає наступним критеріям: організація раціональних перевезень використання пробігу з максимальною ефективністю; транспортування великих партій на маршруті (повне завантаження); оборот одного транспортного складу повинен тривати не довше за зміну водія авто; розробка маршруту з найкоротшою відстанню до пункту призначення; організація диспетчерської підтримки та забезпечення можливості контролю транспортування; виключення ймовірності повторного транспортування; дотримання всіх правил дорожнього руху для забезпечення безпеки водія та вантажу. Для раціональнішого підходу рекомендується також уникати нульових перевезень – подібні пробіги краще звести до мінімуму, або ж займатися попутними перевезеннями.

2.3 Функціональна структура IT-сервісу

Функціональна структура IT-сервісу подана у вигляді Unified Modeling Language (UML) діаграм: Use Case та Activity.

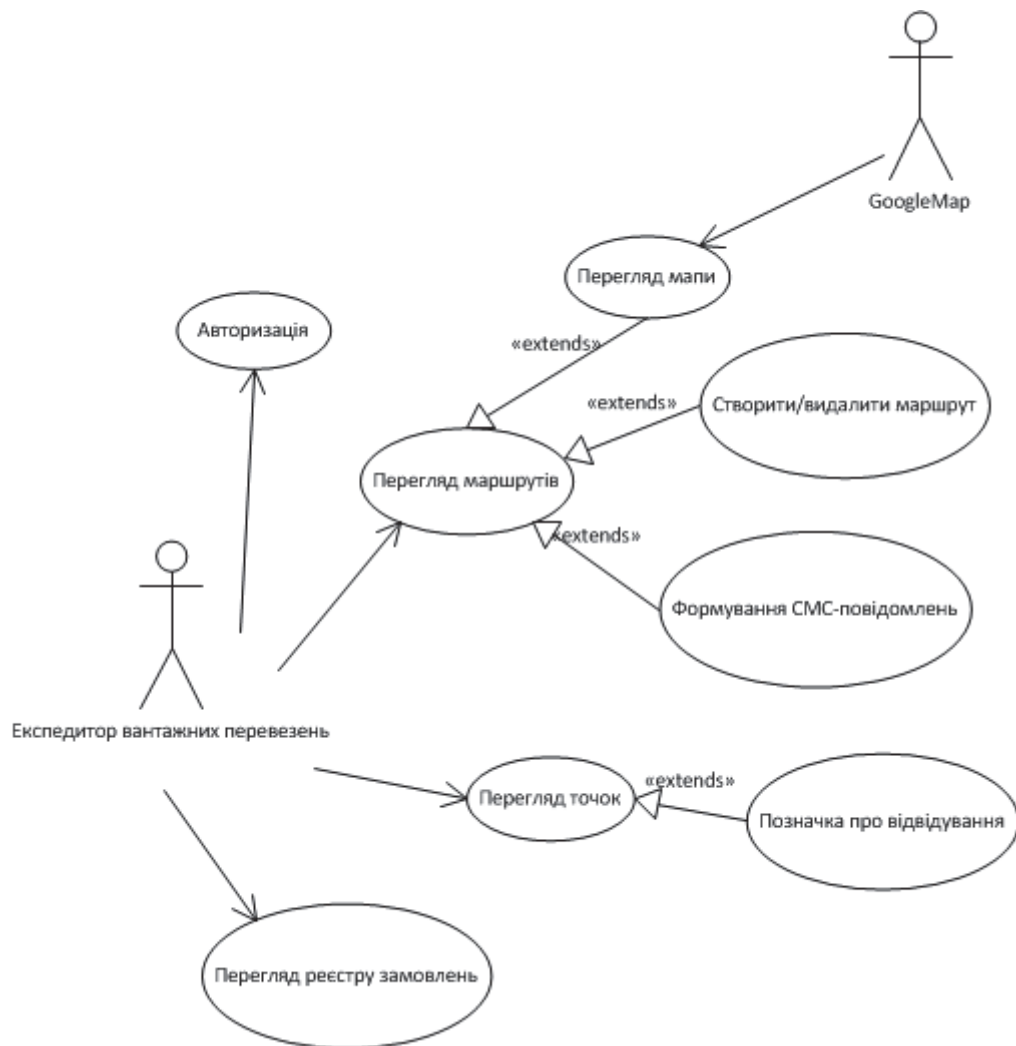


Рисунок 2.2 – Діаграма варіантів використання IT-сервісу

На рисунку 2.2 присутні два типи акторів. Перший тип – це користувачі IT-сервісу: керівник логістичного відділу та експедитор вантажних перевезень. Другий тип – це система Google map, з якої підтягуються карти для формування маршрутів.

IT-сервіс налічує чотири варіанти використання з розширеннями

(extends), які розширюють можливості варіантів використання.

Таблиця 2.1 – Опис варіантів використання

Назва	Опис
1	2
Авторизація	Авторизація користувачів системи.
Перегляд маршрутів	Перегляд маршрутів з можливістю створювати, видаляти та редагувати маршрути, переглядати карти та формування СМС-повідомлень.
Перегляд точок	Перегляд точок доставки з можливістю додати позначку про відвідування, зробити фото.
Перегляд реєстру замовлень	Перегляд реєстру замовлень з можливістю редагувати замовлення.

Рисунок 2.3 містить перелік дій, які можна виконати для варіанту використання "Перегляд точки доставки". Ці дії передбачають можливість зробити позначку про виконання на карті маршруту, написати примітки до точки маршруту або обрати будь-який пункт меню для переходу.



Рисунок 2.3 – Діаграма Activity для варіанту використання "Перегляд точок"

2.4 Вимоги до IT-сервісу

Одна з основних вимог до IT-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів – це масштабованість і розширюваність. Оскільки алгоритмів оптимізації маршрутів існує велика кількість і вони змінюються та удосконалюються, час від часу виникає потреба їх оновлювати та додавати нові.

Система повинна бути здатна аналізувати всі дані, починаючи від

географії замовлень та інформації про маршрут, до рейтингу водіїв, показників задоволеності клієнтів та збору відгуків.

Завдяки якісному інтерфейсу, інструментам фільтрів та зрозумілій формі подачі інформації, у оператора повинна бути можливість легко вивчати показники та оперативно реагувати їх. Панель інструментів IT-сервісу аналітики має персоналізацію та може налаштовуватись, як зручно оператору, водію та іншим учасникам логістичних процесів. Подача інформації має бути структурована та чітко розділена на зони впливу.

IT-сервіс має надавати можливість контролю процесів логістики в режимі реального часу для покращення якості обслуговування клієнтів та оптимізації роботи компанії.

Оптимізація маршрутів у режимі реального часу повинна дозволяти можливість: координувати дії водія; прогнозувати максимально точний час доставки з урахуванням дорожніх змін; розраховувати вартість доставки, час навантаження та розвантаження та інші фактори; отримувати дані про автопарк, стан автомобілів, завантаженість водіїв; планувати відправлення та розставляти пріоритет замовлень.

3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

3.1 Характеристика поставленої задачі

Розробка ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів призначена для оптимізації роботи відділу логістики.

Метою ІТ-сервісу є можливість автоматизації рутинних процесів, пов'язаних з побудовою нових маршрутів доставки та оптимізацією режиму роботи водіїв і експедиторів.

Користувачами ІТ-сервісу є керівник логістичного відділу та експедитори вантажних перевезень.

Доставка здійснюється у робочі дні та години відповідно до графіку роботи мережі магазинів цифрової техніки. Одна машина перебуває на маршруті відповідно до сформованого розкладу доставки. Кількість точок доставки залежить від відстані між точками на маршруті та вантажопідйомності авто.

Робота ІТ-сервісу припиняється за наступних умов:

- відсутнє живлення мобільного пристрою, на якому працює сервіс;
- відсутній зв'язок з Інтернет;
- відсутній зв'язок з базою даних (БД).

Задача формування оптимальних маршрутів доставки товарів пов'язана з такими задачами, як облік замовлень, облік товарів на складі, облік витраченого палива для автомобілів та ін. Таким чином формування оптимальних маршрутів охоплює значну кількість задач з різних підсистем.

3.2 Вихідна інформація задачі

Опис вихідних повідомлень наведено у таблицях 3.1 – 3.4.

Таблиця 3.1 – Перелік вихідних повідомлень ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів

Повне найменування	Ідентифікатор	Форма подання	Періодичність і термін видачі	Допустимий час затримки
Маршрут	route	Відеограма	За вимогою	5 секунд
Водій	driver			
Авто	car			

Таблиця 3.2 – Опис структурних одиниць вихідного повідомлення "Маршрут" (route)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Загальна кількість символів	Форма подання
1	2	3	4	5
Номер маршруту	number	Символьний	15	xx.xx.xxxx\ xxxx
Дата	date	Дата	10	xx.xx.xxxx
Кількість точок	quantity	Числовий	2	xx
Адреса точки	address	Символьний	20	Адреса
Розрахований пробіг	run	Символьний	6	xxx,xx

Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Розрахована тривалість	duration	Символьний	5	xx:xx
ПІБ водія	name_dr	Символьний	50	ПІБ
ПІБ експедитора	name	Символьний	50	ПІБ
Номер машини	numb_car	Символьний	7	xxxx xx
Назва машини	name_car	Символьний	15	Назва
Вантажопідйомність	carability	Цифровий	4	xxxx
Номер замовлення	number	Символьний	15	xx.xx.xxxx\ xxxx

Таблиця 3.3 – Опис структурних одиниць вихідного повідомлення "Водій" (driver)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Загальна кількість символів	Форма подання
ПІБ	name	Символьний	50	ПІБ

Таблиця 3.4 – Опис структурних одиниць вихідного повідомлення "Авто" (car)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Загальна кількість символів	Форма подання
1	2	3	4	5
Назва	name	Символьний	15	Назва
Номер	number	Символьний	7	xxxx xx

Кінець таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Вантажопідйомність	carability	Цифровий	4	xxxx

3.3 Вхідна інформація задачі

Опис вхідних повідомлень наведено у таблицях 3.5 – 3.10.

Таблиця 3.5 – Перелік вхідних повідомлень ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів

Повне найменування	Ідентифікатор	Формат подання	Періодичність отримання	Джерело
Адреса точки доставки	point	Відеограм а	За вимогою	ПЗ з обліку замовлень
Часові межі для точки доставки	time			
Наявні авто	car			Керівник логістичного відділу
Наявні водії	driver			
Опис вантажу	cargo			ПЗ з обліку замовлень

Таблиця 3.6 – Опис структурних одиниць вхідного повідомлення
"Адреса точки доставки" (point)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Тимчасові інтервали і частота одержання	Спосіб введення
Номер замовлення	number	Символьний	За вимогою	Вибір з БД
Дата виконання	date	Дата	За вимогою	Вибір з БД
Адреса	address	Символьний	вимогою	БД

Таблиця 3.7 – Опис структурних одиниць вхідного повідомлення
"Часові межі для точки доставки" (time)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Тимчасові інтервали і частота одержання	Спосіб введення
Номер замовлення	number	Символьний	За вимогою	Вибір з БД
Часові межі	interval	Символьний		

Таблиця 3.8 – Опис структурних одиниць вхідного повідомлення
"Наявні авто" (car)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Тимчасові інтервали і частота одержання	Спосіб введення
1	2	3	4	5
Назва	name	Символьний	За вимогою	Вибір з БД

Кінець таблиці 3.8

1	2	3	4	5
Номер	number	Символьний	За вимогою	Вибір з БД
Вантажопідйомність	quantity	Цифровий	За вимогою	Вибір з БД

Таблиця 3.9 – Опис структурних одиниць вхідного повідомлення "Наявні водії" (driver)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Тимчасові інтервали і частота одержання	Спосіб введення
Кількість	quantity	Числовий	За вимогою	Вибір з БД
ПІБ	name	Символьний		

Таблиця 3.10 – Опис структурних одиниць вхідного повідомлення "Опис вантажу" (cargo)

Повне найменування	Ідентифікатор	Тип інформації	Тимчасові інтервали і частота одержання	Спосіб введення
1	2	3	4	5
Назва	name	Символьний	За вимогою	Вибір з БД
Вага	weight	Числовий		
Ширина пакування	width	Числовий		
Висота пакування	height	Числовий		

Кінець таблиці 3.10

1	2	3	4	5
Довжина пакування	length	Числовий	За вимогою	Вибір з БД
Крихкість	fragility	Символьний		
Положення	arrangement	Символьний		

4 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІТ-СЕРВІСУ

ІТ-сервіс формування оптимальних маршрутів доставки товарів працює на основі реляційної бази даних. У БД зберігається допоміжна інформація, така як дані про замовлення, товари, які необхідно доставити, машини та працівників мережі магазинів. Також, у базі даних зберігаються результати обчислень маршрутів, точки та їх характеристики.

Математичне забезпечення ІТ-сервісу використовує БД у якості джерела даних і для зберігання результатів розрахунків.

Модель даних ІТ сервісу складається з 10 сутностей, зв'язаних між собою за принципом "один-до-багатьох".

Сутності, типи зв'язків та атрибути наведено у таблицях 4.1, 4.2 та 4.3 відповідно.

Таблиця 4.1 – Відомості про сутності

Ім'я сутності	Визначення
Route	Інформація про маршрути
Point	Інформація про точки маршрутів
Cargo	Інформація про вантаж
CargoList	Інформація про вантаж у замовленнях
Order	Інформація про замовлення
Status	Інформація про статус замовлення
Car	Інформація про машини
Employee	Інформація про працівників
Capacity	Інформація про посади
RouteEmp	Інформація про працівників на маршрутах

Таблиця 4.2 – Відомості про типи зв'язків

Ім'я сутності	Тип зв'язку	Тип сутності	Кардинальність
Employee	містить	Capacity	М : 1
Order	містить	Status	М : 1
Point	містить	Route	М : 1
Car	входить до	RouteEmp	1 : М
Employee	входить до	RouteEmp	1 : М
Order	входить до	RouteEmp	1 : М
Route	входить до	RouteEmp	1 : М
Order	входить до	CargoList	1 : М
Cargo	входить до	CargoList	1 : М

Таблиця 4.3 – Відомості про атрибути

Ім'я сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	Допустимість Null
1	2	3	4	5	6
Capacity	Id_Cap	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Ні
	NameCap	Назва посади	VARCHAR(20)		Ні
Employee	Id_Emp	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Ні
	Id_Cap	Ідентифікатор посади	INTEGER	FK	Ні

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
	Name	Ім'я працівника	VARCHAR(50)		Hi
	Surname	Прізвище	VARCHAR(50)		Hi
	Patronymi с	По батькові	VARCHAR(50)		Hi
Car	Id_Car	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	NameCar	Назва машини	VARCHAR(25)		Hi
	CarNum	Номер машини	VARCHAR(25)		Hi
	Tonnage	Вантажопідйомність машин	INTEGER		Hi
RouteEmp	Id_Emp	Ідентифікатор працівника	INTEGER	FK	Hi
	Id_Car	Ідентифікатор машини	INTEGER	FK	Hi
	Id_Route	Ідентифікатор маршруту	INTEGER	FK	Hi
	Id_Order	Ідентифікатор замовлення	INTEGER	FK	Hi
	Date	Дата маршруту	DATETIME		Hi
Route	Id_Route	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
	RouteNum	Номер маршруту	VARCHAR(15)		Hi
	Run	Розрахований пробіг	INTEGER		Hi
	Duration	Розрахована тривалість	INTEGER		Hi
Point	Id_Point	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	Id_Route	Ідентифікатор маршруту	INTEGER	FK	Hi
	PointNum	Номер точки	INTEGER		Hi
Status	Id_Status	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	NameSt	Назва статусу	VARCHAR(12)		Hi
Order	Id_Order	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	Id_Status	Ідентифікатор статусу	INTEGER	FK	Hi
	OrderNum	Номер замовлення	VARCHAR(15)		Hi
	Date	Дата замовлення	DATETIME		Hi
	NameCust	Ім'я замовника	VARCHAR(20)		Hi
	Address	Адреса	VARCHAR(50)		Hi

Кінець таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
	Interval	Часові межі	VARCHAR(20)		
	Tel	Телефон	VARCHAR(15)		Hi
Cargo	Id_Cargo	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	CargoName	Назва вантажу	VARCHAR(50)		Hi
	Weight	Вага	INTEGER		Hi
	Width	Ширина пакування	INTEGER		Hi
	Height	Висота пакування	INTEGER		Hi
	Length	Довжина пакування	INTEGER		Hi
	Fragility	Крихкість	VARCHAR(50)		Hi
	Arrangement	Положення	VARCHAR(50)		Hi
CargoList	Id_CL	Унікальний ідентифікатор сутності	INTEGER	PK	Hi
	Id_Cargo	Ідентифікатор вантажу	INTEGER	FK	Hi
	Id_Order	Ідентифікатор замовлення	INTEGER	FK	Hi
	Quantity	Кількість	INTEGER		Hi

Схеми логічної та фізичної моделі даних наведені на рис. 4.1 та 4.2.

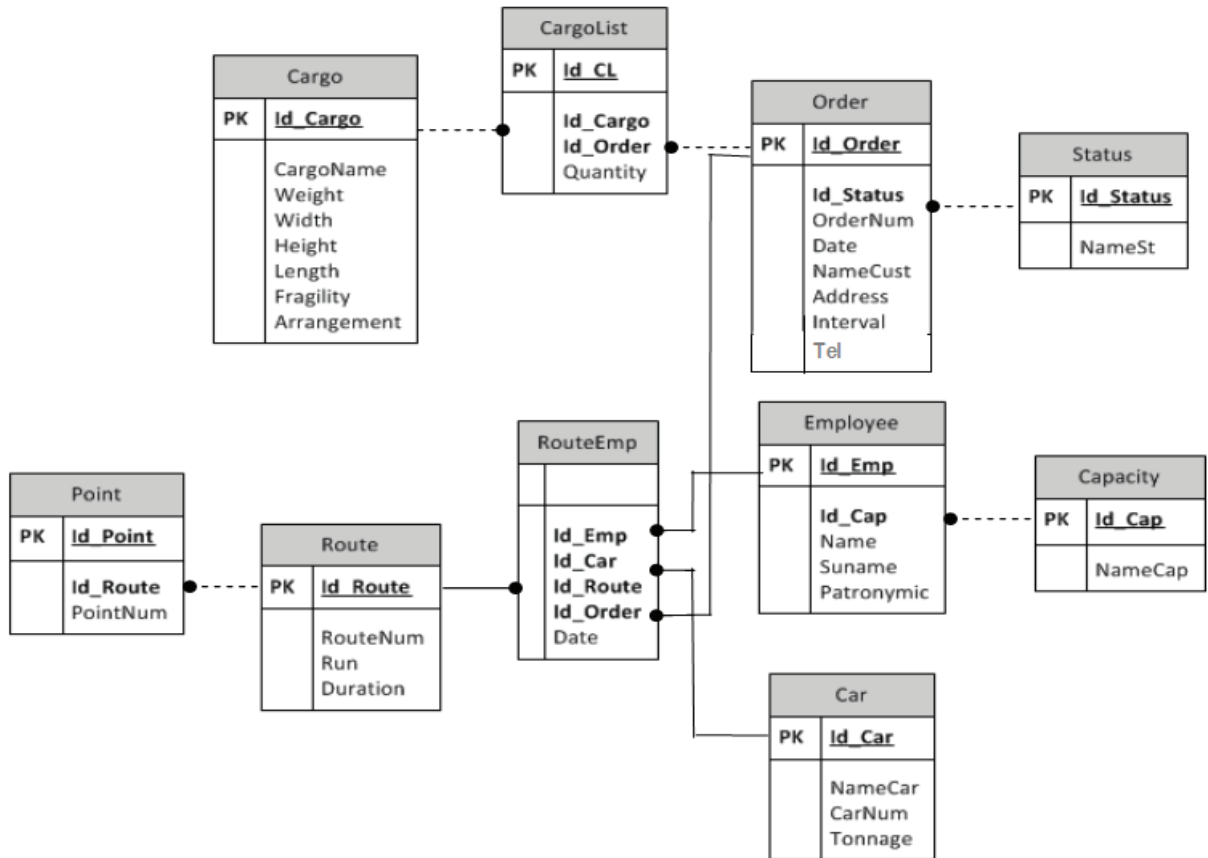


Рисунок 4.1 – Схема логічної моделі даних

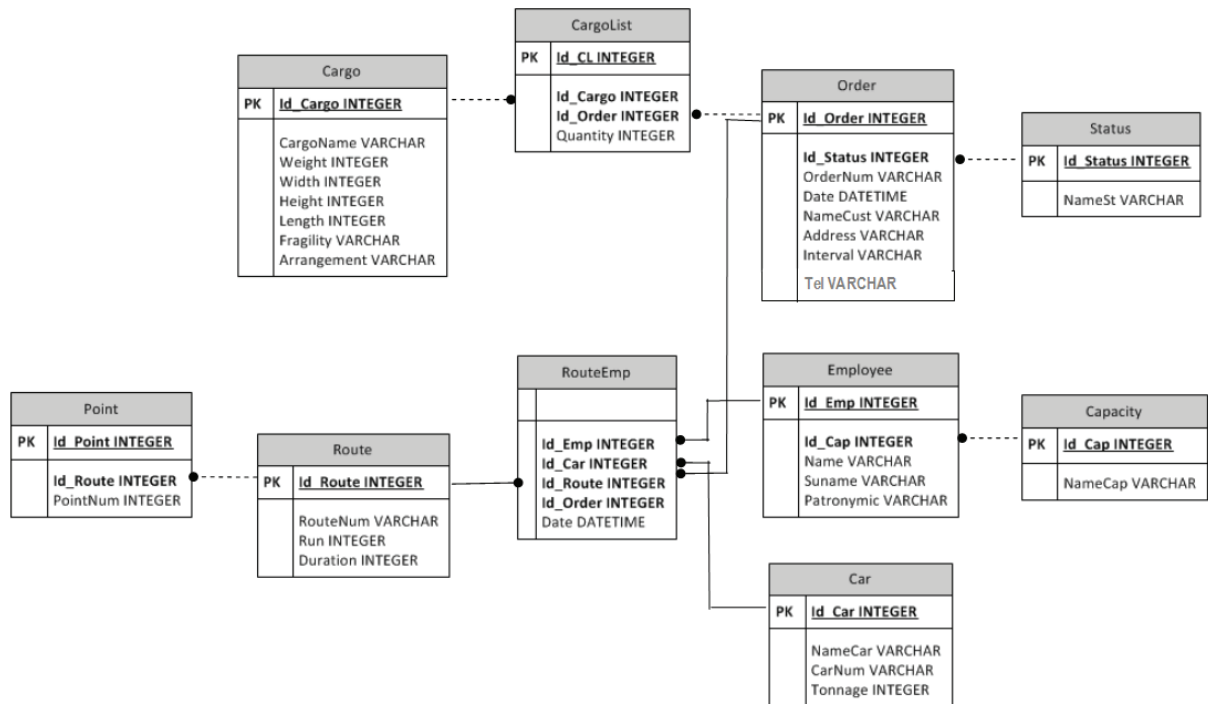


Рисунок 4.2 – Схема фізичної моделі даних

5 МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІТ-СЕРВІСУ

Для формування оптимальних маршрутів доставки товарів були обрані рекурентні нейронні мережі – потужний тип нейронних мереж, призначений для обробки залежності послідовностей.

Рекурентну мережу можна розглядати, як декілька копій однієї і тієї ж мережі, кожна з яких передає інформацію наступної копії. Те, що Recurrent Neural Networks (RNN) нагадує ланцюжок, говорить про те, що вони тісно пов'язані з послідовностями зі списками. RNN – сама природна архітектура нейронних мереж для роботи з даними подібного типу [5].

Мережа з довгостроковою короткотривалою пам'яттю або мережа Long Short-term Memory (LSTM) – це тип рекурентної нейронної мережі, яка може бути використана у глибокому навчанні, оскільки дуже великі архітектури можуть бути успішно навчені [5].

LSTM вирішує окремі задачі набагато ефективніше за стандартні методи.

Будь-яка рекурентна нейронна мережа має форму ланцюжка з повторюваних модулів нейронної мережі. У звичайної RNN структура одного такого модуля дуже проста, наприклад, він може бути одним шаром з функцією активації \tanh (гіперболічний тангенс) [5].

Структура LSTM також нагадує ланцюжок, але модулі виглядають інакше. Замість одного шару нейронної мережі вони містять чотири. Ці шари взаємодіють особливим чином [6].

Ключовий елемент LSTM – це стан ятки, який нагадує конвеєрну стрічку. Ця стрічка проходить через весь ланцюжок і бере участь тільки у кількох лінійних перетвореннях. Інформація може легко пересуватися ланцюжком не підпадаючи під зміни [6].

Проте, LSTM може видаляти інформацію зі стану ятки, цей процес регулюють структури, які називають фільтрами.

Фільтри дозволяють пропускати інформацію на підставі певних умов. Вони складаються з шару сигмоїдальної нейронної мережі та операції покрапкового добутку [6].

Сигмоїдальний шар повертає числа від нуля до одиниці, які позначають, яку частину кожного блоку інформації потрібно пропустити далі мережею. Нуль означає "не пропускати нічого", одиниця – "пропускати все" [6].

У LSTM три таких фільтри дозволяють захищати та контролювати стан ятки.

Перший крок у LSTM – визначити, яку інформацію можна викинути зі стану ятки. Це рішення приймає сигмоїдальний шар.

Наступний крок – вирішити, яка нова інформація буде зберігатися у стані ятки. Цей етап складається з двох частин. Спочатку сигмоїдальний шар визначає, які значення потрібно оновити. Потім \tanh -шар будує вектор нових значень-кандидатів, які можна додати до стану ятки. Після цього потрібно замінити старий стан ятки на новий [6].

Нарешті, потрібно обрати, яку інформацію потрібно отримати на виході. Вихідні дані будуть засновані на стані ятки, до них потрібно застосувати окремі фільтри.

Спочатку потрібно застосувати сигмоїдальний шар, який вирішує, яку інформацію зі стану ятки треба вивести. Потім значення стану ятки проходять через \tanh -шар, щоб отримати на виході значення з діапазону від -1 до 1, і перемножуються з вихідними значеннями сигмоїдального шару, що дозволяє виводити тільки потрібну інформацію [6].

На рисунку 5.1 наведено архітектуру нейромережі, яка використовується в ІТ-сервісі формування оптимальних маршрутів доставки товарів.

Архітектура нейронної мережі складається з двох модулів:

- пошук найбільш ймовірних маршрутів доставки;
- передбачення часу, витраченого на маршрут.

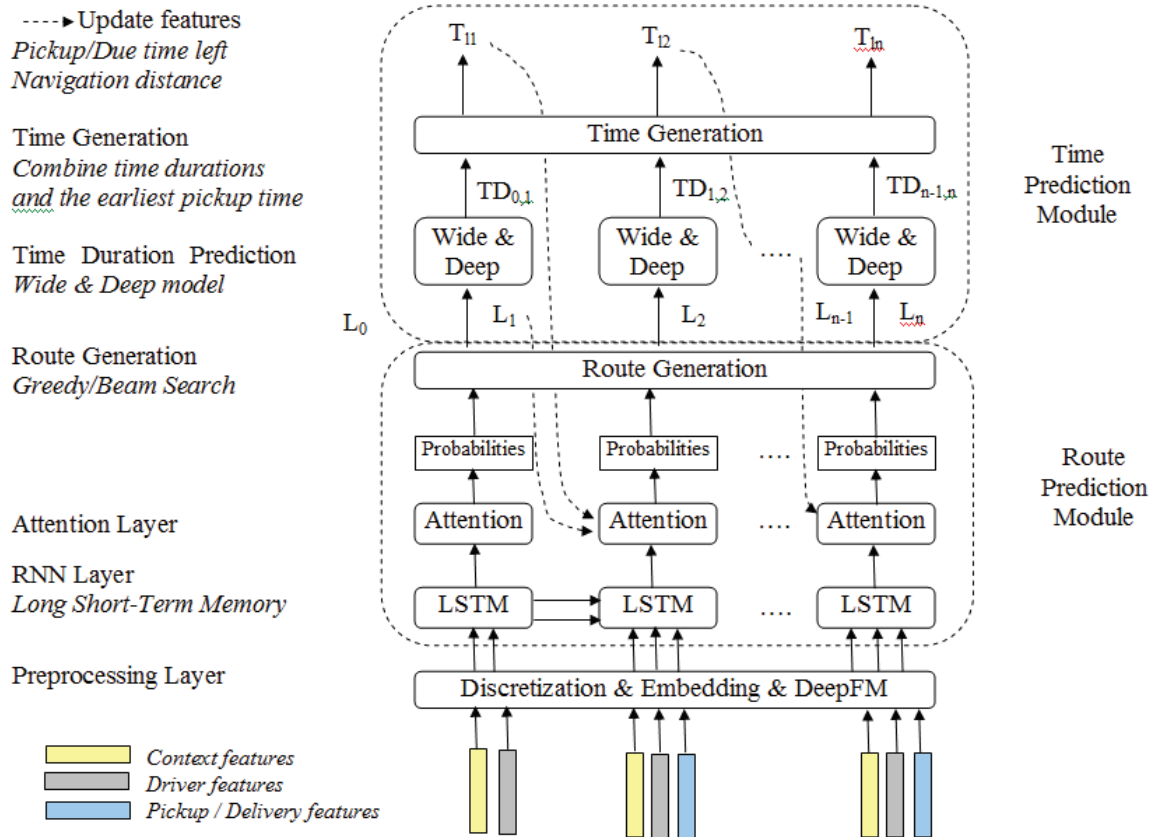


Рисунок 5.1 – Архітектура нейромережі

Модуль нейромережі для передбачення маршруту побудований на основі шару рекурентної нейромережі з LSTM-вузлів та шару з механізмом уваги.

Останній дозволяє врахувати поведінкові особливості вибору експедиторами того чи іншого маршруту.

Модуль прогнозування оцінки реалізований на основі архітектури Wide & Deep (рекомендаційні системи, ранжування).

Метрика hit rate (частка точок знайденого маршруту, що відповідають кращому вибору), виявилася вищою на 2–5%, а метрика якості ранжирування наступного вузла шляху MRR (метрики якості ранжування) – на 1–3%. Насправді застосування алгоритму скоротило середній час доставки на коротких маршрутах на 20 хвилин, а середню довжину шляху — на 6 кілометрів.

6 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІТ-СЕРВІСУ

ІТ-сервіс формування оптимальних маршрутів доставки товарів у своєму складі використовує рекурентні нейронні мережі, а саме мережі з довгою короткочасною пам'яттю LSTM – це тип рекурентної нейронної мережі RNN, призначеної для вирішення проблеми зниклого градієнта в традиційних RNN [7].

Також у роботі була використана мова програмування Python з використанням бібліотеки глибокого навчання Keras для розв'язання демонстраційної задачі прогнозування часових рядів. Ці бібліотеки дозволяють

- розробляти мережі LSTM для регресійного, віконного та часового фреймінгу завдань прогнозування часових рядів;
- розробляти та створювати прогнози з використанням мереж LSTM, які зберігають стан (пам'ять) у дуже довгих послідовностях [7].

Також була використана TensorFlow – це платформа з відкритим кодом для машинного навчання, що широко використовується фахівцями з обробки даних, розробниками програмного забезпечення та викладачами [8].

Гнучка архітектура дозволяє описувати алгоритми машинного навчання як граф пов'язаних операцій. Їх можна навчати та виконувати на графічних процесорах, центрах та процесорах на різних платформах без переписування коду, від портативних пристроїв до настільних комп'ютерів та високопродуктивних серверів. Це означає, що програмісти з різним досвідом можуть використовувати одні і ті самі набори інструментів для співпраці, що значно підвищує їхню ефективність [8].

Спочатку розроблена командою Google Brain Team для проведення досліджень машинного навчання та глибоких нейронних мереж (Deep

Neural Network, DNN), система є достатньо загальною, щоб бути застосованою також у широкому спектрі інших областей [8].

Робочий процес TensorFlow складається з трьох окремих частин, а саме:

- попередня обробка даних;
- побудова моделі;
- навчання моделі прогнозуванню.

Фреймворк вводить дані у вигляді багатовимірного масиву, який називається тензорами, та виконує їх двома різними способами.

Основний метод полягає у побудові обчислювального графа, який визначає потік даних для навчання моделі. Другий, і часто більш інтуїтивний метод, полягає у використанні швидкого виконання, яке дотримується принципів імперативного програмування та негайно оцінює операції [9].

Використовуючи архітектуру TensorFlow, навчання зазвичай проводиться на робочому столі або в центрі обробки даних. В обох випадках процес прискорюється шляхом розміщення тензорів на графічному процесорі. Навчені моделі потім можуть працювати на різних платформах, від робочого столу до мобільних пристроїв і аж до хмари [9].

TensorFlow також містить багато допоміжних функцій. Наприклад, TensorBoard, який дозволяє користувачам візуально контролювати процес навчання, базові обчислювальні графіки та метрики з метою налагодження прогонів та оцінки продуктивності моделі [9].

Keras – це високорівневий Application Programming Interface (API), який працює поверх TensorFlow. Keras розвиває абстракції TensorFlow, надаючи спрощений API, призначений для побудови моделей для поширених випадків використання. Русійська ідея API полягає в можливості перетворення ідеї на результат за якомога менший час [9].

Переваги TensorFlow. TensorFlow можна використовувати для розробки моделей для різних завдань, включаючи обробку природної

мови, розпізнавання зображень, розпізнавання рукописного тексту та різні обчислювальні симуляції, такі як диференціальні рівняння з частинними похідними [9].

Ключові переваги TensorFlow полягають у його здатності виконувати низькорівневі операції на багатьох платформах прискорення, автоматичному обчисленні градієнтів, масштабованості на рівні виробництва та сумісному експорту графів [9].

Надаючи Keras як високорівневий API та швидке виконання як альтернативу парадигмі потоку даних на TensorFlow, завжди легко та комфортно писати код. Як оригінальний розробник TensorFlow, Google все ще рішуче підтримує бібліотеку та каталізував швидкі темпи її розвитку [9].

Багато різних доступних шляхів розробки моделей за допомогою TensorFlow означає, що завжди доступний правильний інструмент для роботи, який дозволяє якомога швидше виражати інноваційні ідеї та нові алгоритми. Як одна з найпоширеніших бібліотек для розробки моделей машинного навчання, TensorFlow зазвичай легко знайти код попередніх дослідників, намагаючись відтворити їхню роботу, що запобігає втраті часу на шаблонний та надлишковий код. Розробники програмного забезпечення TensorFlow може працювати на широкому спектрі поширених апаратних платформ та операційних середовищ [9].

7 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Веб-сервер і сервер БД ІТ-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів розташовані у хмарі, таким чином для користування мобільним додатком потрібен тільки Інтернет.

Мобільний додаток є частиною системи та показує маршрут прямування, попередньо розрахований експедитором або керівником логістичного відділу, перелік точок і порядок пересування між адресами, вміст замовлення та контактні дані замовника.

Додаток працює як навігатор і записує поточне місце розташування відповідно до Global Positioning System (GPS) у фоновому режимі.

З огляду на те, що для роботи достатньо мобільного пристрою, немає потреби купувати додаткове обладнання. Мобільний пристрій може бути типовим, середньої конфігурації.

На рисунку 7.1 зображено схему підключення технічних засобів



Рисунок 7.1 – Схема підключення технічних засобів

8 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ІТ-СЕРВІСУ

Робота мобільного додатку для формування оптимальних маршрутів доставки товарів відбувається наступним чином.

Експедитор проходить процедуру авторизації вводячи логін або номер телефону та пароль, натискає кнопку "Вхід".

На рисунку 8.1 зображено сторінку авторизації.



The image shows a login form with three input fields and a button. The first field is labeled 'Номер телефону/Логін' and contains the text '0970000000'. The second field is labeled 'Пароль' and contains four dots, with an eye icon to its right. The third field is labeled 'Мова' and contains the text 'Українська' with a downward arrow icon to its right. Below the fields is a black button with the white text 'Вхід'.

Рисунок 8.1 – Екранна форма аутентифікації

Після успішного входу до додатку буде відкрита екранна форма "Маршрути" (рисунок 8.2). Це вікно дозволяє переглянути вже сформовані маршрути, замовлення, які ще були виконані та підтягуються з загальної системи для формування нових маршрутів. Також тут можна обрати замовлення (торкнутися потрібних, після чого вони будуть підсвічені іншим кольором) натиснувши кнопку "Обрати замовлення" та сформувати новий маршрут натиснувши "Сформувати маршрут".

Маршрут, який був щойно створений, можна переглянути та видалити у випадку невідповідності вимогам.

Також з форми можна перейти до перегляду точок, з яких складається маршрут, і до мапи маршруту.

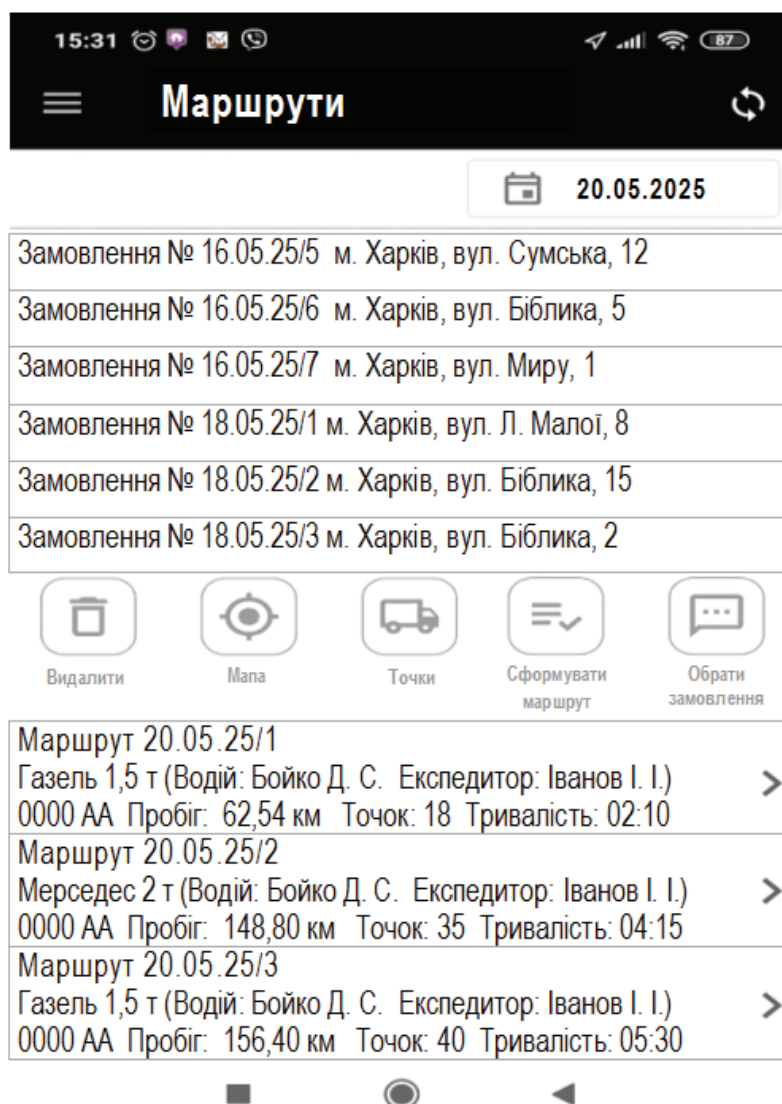


Рисунок 8.2 – Екранна форма "Маршрути"

На рисунку 8.3 наведено екранну форму "Маршрут", де можна переглянути дані про обраний маршрут і здійснити переходи до інших екранних форм. Також можна написати Short Message Service (SMS) повідомлення тим, хто очікує на доставку замовлення.

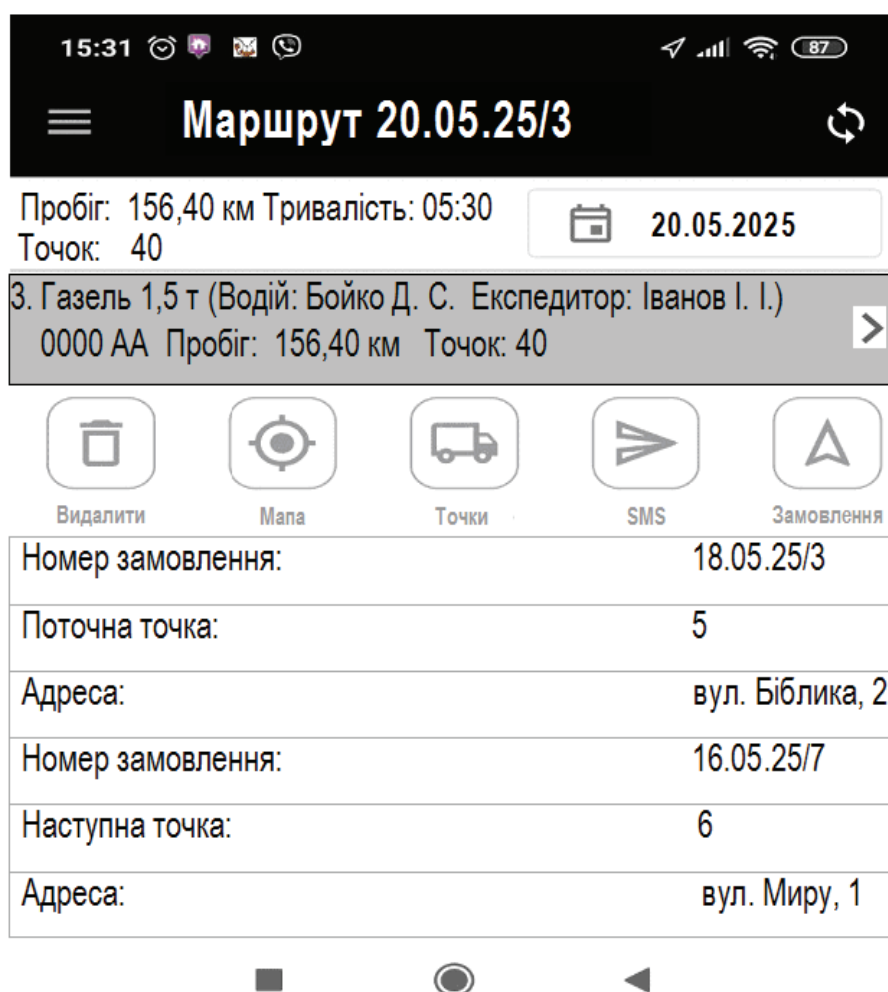


Рисунок 8.3 – Екранна форма "Маршрут"

Екранна форма "Точки маршруту" на рисунку 8.4 дозволяє переглянути точки пересування по маршруту, поставити позначки про відвідування, переглянути фото (якщо воно є) точки маршруту, перейти до перегляду замовлення (рисунок 8.6) або мапи маршруту (рисунок 8.5).

На мапі позначені точки маршруту. Позначки також змінюють колір після відмітки про відвідування, а замовлення змінює свій статус.

На рисунках 8.7 і 8.8 наведені вихідні повідомлення з даними про маршрути, водіїв і авто.

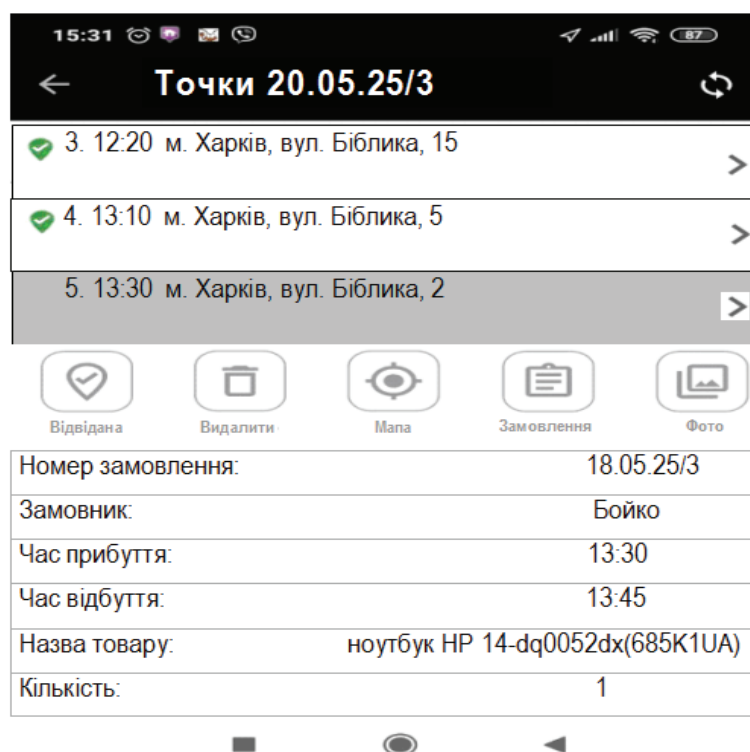


Рисунок 8.4 – Екранна форма "Точки маршруту"

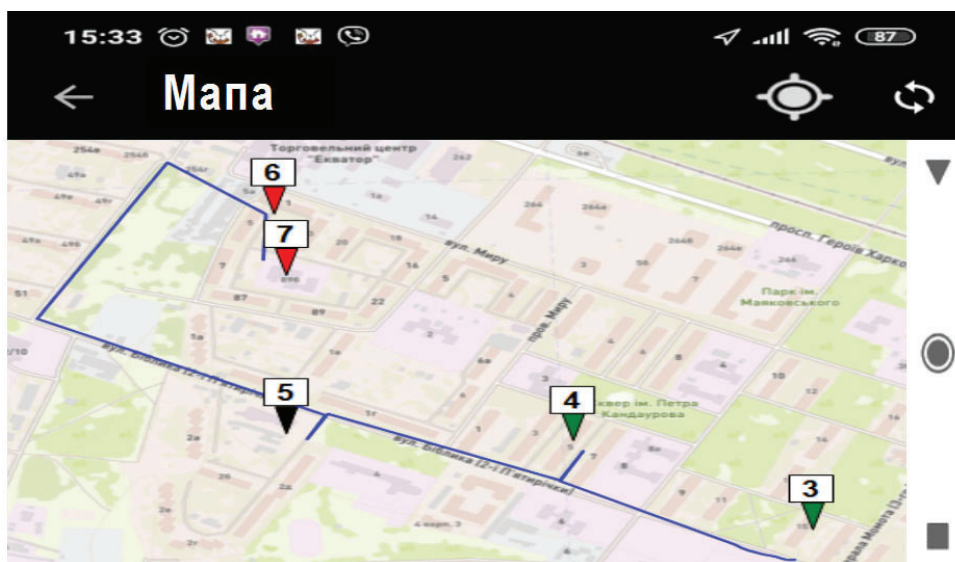


Рисунок 8.5 – Екранна форма "Мапа маршруту"

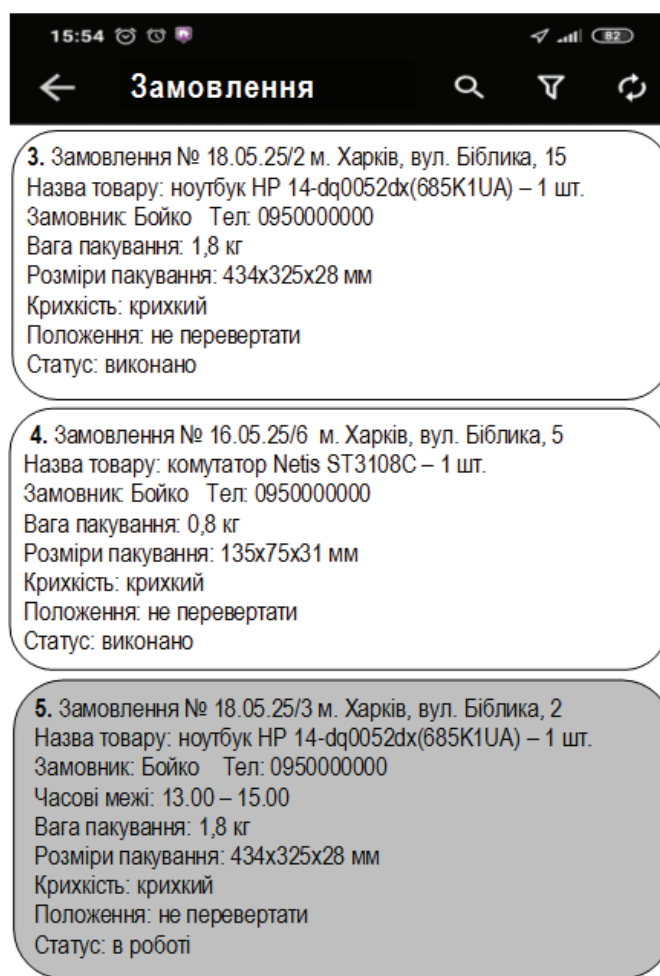


Рисунок 8.6 – Екранна форма "Замовлення"

Маршрут 20.05.25/1 Газель 1,5 т (Водій: Бойко Д. С. Експедитор: Іванов І. І.) 0000 АА Пробіг: 62,54 км Точок: 18 Тривалість: 02:10	>
Маршрут 20.05.25/2 Мерседес 2 т (Водій: Бойко Д. С. Експедитор: Іванов І. І.) 0000 АА Пробіг: 148,80 км Точок: 35 Тривалість: 04:15	>
Маршрут 20.05.25/3 Газель 1,5 т (Водій: Бойко Д. С. Експедитор: Іванов І. І.) 0000 АА Пробіг: 156,40 км Точок: 40 Тривалість: 05:30	>


Рисунок 8.7 – Екранна форма вихідного документу "Маршрути"

☰
Маршрут 20.05.25/3
↻


Пробіг: 156,40 км Тривалість: 05:30
Точок: 40

📅 20.05.2025


3. Газель 1,5 т (Водій: Бойко Д. С. Експедитор: Іванов І. І.)
0000 AA Пробіг: 156,40 км Точок: 40
➤




Видалити




Мапа



Точки



SMS



Замовлення

Номер замовлення:	18.05.25/3
Поточна точка:	5
Адреса:	вул. Біблика, 2
Номер замовлення:	16.05.25/7
Наступна точка:	6
Адреса:	вул. Миру, 1

Рисунок 8.8 – Екранна форма вихідного документу "Маршрут"

ВИСНОВКИ

Розробка IT-сервісу формування оптимальних маршрутів доставки товарів відбувалася на основі результатів досліджень з розробкою елементів різних видів забезпечення (інформаційного, програмного, технічного та математичного).

Головне завдання IT-сервісу полягає у автоматизації формування маршруту та у його оптимізації, також у точній оцінці часу шляху.

Кваліфікаційна робота присвячена проблемам максимізації прибутку мережі магазинів цифрової техніки за рахунок формування якнайшвидших маршрутів доставки, що дозволить виконати більше замовлень за один маршрут.

Для формування маршрутів сервіс використовує рекурентні нейронні мережі, а саме тип мереж, які можуть бути використані для глибокого навчання.

Розроблений мобільний додаток може бути використаний для організації роботи транспортних служб торговельних підприємств або у будь-якій сфері, де потрібно формувати оптимальні маршрути.

Також формування оптимальних маршрутів доставки товарів дозволить подолати велике навантаження на логістів у пікові сезони та періоди з підвищеним попитом доставки товарів різних категорій, та у такий спосіб уникати затримок в логістичних ланцюжках, які порушують ряд бізнес-процесів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до організації виконання та захисту кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки за освітньою програмою «Інформаційні технології управління» для студентів усіх форм навчання / Упоряд.: К.Е. Петров, А.В. Міхнова, М.С. Кудрявцева, М.В. Євланов, Т.І. Борисенко. Електронне видання. Харків: ХНУРЕ, 2024. 68 с. pdf
2. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. Чинний від 22.06.2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.
3. What is route optimization a comprehensive. Guide URL: <https://shifton.com/ru/blog/what-is-route-optimization-a-comprehensive-guide/> (дата звернення: 28.04.2025).
4. What is route optimization algorithm? URL: https://nextbillion-ai.translate.google/blog/what-is-route-optimization-algorithm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=rq (дата звернення: 28.04.2025)
5. Stock Market Predictions with LSTM in Python URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/lstm-python-stock-market/> (дата звернення: 28.04.2025)
6. Time Series Prediction with LSTM Recurrent Neural Networks in Python with Keras URL: https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/LSTM/ (дата звернення: 28.04.2025)
7. Recurrent Neural Networks (RNNs) and Long Short-Term Memory (LSTM) — Creating an LSTM Model in Python Using TensorFlow and Keras URL: <https://machinelearningmastery.com/time-series-prediction-lstm-recurrent-neural-networks-python-keras/> (дата звернення: 28.04.2025)

8. `tf.keras.layers.LSTM` URL: <https://www.nvidia.com/en-in/glossary/tensorflow/> (дата звернення: 28.04.2025)
9. TensorFlow URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow/> (дата звернення: 28.04.2025)
10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 04.03.2016. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.