

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Здобувача вищої освіти _____ Суздалева Олексія Олексійовича
академічної групи _____ 124-21-1
спеціальності _____ 124 Системний аналіз
за освітньо-професійною програмою _____ Системний аналіз

на тему: «Аналіз та оптимізація маршрутів вантажних перевезень в умовах обмеженої ресурсної бази автопарку»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>д.т.н., доц. Коряшкіна Л.С.</i>			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний	<i>д.т.н., доц. Коряшкіна Л.С.</i>			
Спеціальний розділ	<i>д.т.н., доц. Коряшкіна Л.С.</i>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.</i>			

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Системного аналізу та управління
(повна назва)

_____ к.т.н., доц. Желдак Т.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

здобувачу вищої освіти Суздаєву О.О академічної групи 124- 21-1
спеціальності: 124 Системний аналіз
за освітньо-професійною програмою Системний аналіз
на тему «Аналіз та оптимізація маршрутів вантажних перевезень в умовах обмеженої ресурсної бази автопарку»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.05.2025 р.
№336-с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	Проаналізувати структуру об'єкта дослідження. Визначити предметну область дослідження та проблему, що розв'язується. Обґрунтувати методи виконання поставлених завдань	21.04.2025- 04.05.2025
2. Спеціальний розділ	Розв'язати поставлені задачі: розробити алгоритми та створити систему для автоматизації побудови оптимальних маршрутів замовлень	05.05.2025- 13.06.2025

Завдання видано _____ доц. Коряшкіна Л.С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 27.12.2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: 23.06.2025 р.

Прийнято до виконання _____ Суздаєв О. О.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 с., 10 рис., 18 табл., 4 додатки, 16 джерела.

Об'єктом дослідження в роботі є процес організації вантажних перевезень автотранспортом на підприємстві ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д".

Предметом дослідження є методи автоматизованого формування прибуткових маршрутів в умовах обмеженого автопарку та часових обмежень.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка програмного забезпечення для формування оптимальних маршрутних ланцюгів на основі вхідних логістичних замовлень з урахуванням витрат, добового пробігу та часу виконання.

Методи дослідження: методи системного аналізу, моделювання витрат, жадібний алгоритм оптимізації, обробка табличних даних засобами мови програмування Python.

В *інформаційно-аналітичному розділі* наведено аналіз логістичних процесів, поставлені задачі дослідження, сформовано обмеження та визначено підхід до їх реалізації.

У *спеціальному розділі* описано структуру програми, механізм збору та нормалізації замовлень, розрахунок витрат і прибутку, побудову оптимальних маршрутів і вивід результатів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що запропонована програма дозволяє зменшити кількість порожніх пробігів, автоматизує рутинну аналітичну роботу логіста та дозволяє оперативно обирати вигідні замовлення.

Ключові слова: ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, МАРШРУТ, ЛОГІСТИКА, ЖАДІБНИЙ АЛГОРИТМ, ПРИБУТОК, ПУСТІ КІЛОМЕТРИ, DELLA.UA, PУTHON, ОПТИМІЗАЦІЯ, СКРЕЙПІНГ, ВИТРАТИ, ДОХІД, ЗАМОВЛЕННЯ.

ABSTRACT

Explanatory note: 61 p., 10 figures, 18 tables, 4 appendices, 16 sources.

The *object of research* in this paper is the process of organizing freight transportation by road at the enterprise "LEADER LOGISTICS D" LLC.

The *subject of the study* is the methods of automated formation of profitable routes in conditions of limited fleet and time constraints.

The *purpose* of this qualification work is to develop software for the formation of optimal route chains based on incoming logistics orders, taking into account costs, daily mileage and lead time.

Research methods: methods of system analysis, cost modeling, greedy optimization algorithm, processing of tabular data using the Python programming language.

The *information and analytical section* provides an analysis of logistics processes, sets research objectives, formulates constraints, and defines an approach to their implementation.

A *special section* describes the structure of the program, the mechanism for collecting and normalizing orders, calculating costs and profits, building optimal routes, and displaying results.

The practical value of the obtained results is that the proposed program reduces the number of empty runs, automates the routine analytical work of the logistician, and allows to quickly select profitable orders.

Keywords: FREIGHT TRANSPORTATION, ROUTE, LOGISTICS, GREEDY ALGORITHM, PROFIT, EMPTY KILOMETERS, DELLA.UA, PYTHON, OPTIMIZATION, SCRAPING, COSTS, INCOME, ORDERS.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ	8
1.1 Аналіз предметної області.....	8
1.2 Технологічний процес транспортної логістики	19
1.3 Визначення проблеми та постановка задачі дослідження	22
1.4 Відомі методи розв'язання транспортних задач логістики	23
1.5 Висновки до розділу	25
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНИЙ	26
2.1 Аналіз початкових даних.....	26
2.2 Алгоритм роботи програми.....	30
2.2.1 Загальна структура роботи програми.....	30
2.2.2 Збір та обробка вхідних замовлень	34
2.2.3 Формування допоміжних даних	38
2.2.4 Побудова оптимальних маршрутних ланцюгів	42
2.2.5 Вивід результатів.....	46
2.3 Тестування роботи програми	47
2.4 Висновок до розділу	55
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	60
Додаток Б. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	61
Додаток Г. Амортизація основних засобів за Грудень 2023.....	62
Додаток Д. Код програми.....	64

ВСТУП

Сучасна економіка все більше орієнтується на використання аналітичних інструментів для підтримки управлінських рішень у реальному часі. В умовах нестабільної логістичної інфраструктури, коливань попиту та обмеженості матеріальних ресурсів особливої актуальності набувають підходи, що дозволяють оперативно адаптуватися до змін ринку. Вантажні автомобільні перевезення в цьому контексті залишаються стратегічною ланкою, від якої значною мірою залежить ритмічність і сталість господарської діяльності підприємств.

Учасники цього ринку, зокрема окремі представники малого та середнього бізнесу, змушені здійснювати пошук логістичних рішень у жорстких умовах: обмежена кількість транспортних засобів, дефіцит персоналу, зростаючі витрати на паливо та обслуговування. Одне з таких підприємств, що здійснює свою діяльність на території центральної України, на практиці стикається з усіма типовими викликами організації автотранспортних перевезень. Зокрема, йдеться про необхідність приймати щоденні рішення щодо формування маршруту з десятків або й сотень доступних біржових замовлень.

Водночас, наявні засоби логістичного планування здебільшого або занадто складні для впровадження, або не враховують таких практичних факторів як витрати на порожній пробіг, добовий ліміт кілометражу чи обмеженість часу на обробку інформації логістом. Саме тому постає завдання створення простого, але адаптивного програмного інструменту, який би дозволяв підвищити ефективність управління транспортними ресурсами на основі вже наявної біржової інформації.

Кваліфікаційна робота спрямована на розробку алгоритмічного рішення для автоматизованого формування маршрутів вантажних перевезень. У процесі дослідження було здійснено моделювання витрат на основі характеристик рейсів, реалізовано жадібний підхід до побудови маршрутних ланцюгів та інтегровано допоміжні механізми оцінки пробігу між регіонами. Алгоритм

реалізовано у вигляді програми, що здійснює обробку вхідних замовлень, формує економічно обґрунтовані послідовності перевезень та експортує результати в придатному для аналізу форматі.

Результати роботи підтвердили можливість використання таких рішень у практичній діяльності транспортно-логістичних компаній та відкривають перспективи для подальшої автоматизації планування в галузі автоперевезень.

РОЗДІЛ 1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ

1.1 Аналіз предметної області

Транспорт – одна з найважливіших галузей матеріального виробництва, що забезпечує виконання як виробничих, так і невиробничих потреб усіх ланок господарства.

Він відіграє ключову роль у створенні й підтриманні функціонування економіки: без належно організованої транспортної системи було б неможливо забезпечити своєчасну доставку сировини до промислових підприємств, передачу готової продукції до споживачів, а також обмін товарами між регіонами й країнами. Саме за допомогою транспорту формується єдиний господарський простір, що дозволяє регіональним виробництвам спеціалізуватися, а населенням – отримувати широкий асортимент товарів.

Основними завданнями транспортної галузі є пряму забезпечувальну функцію (доставка сировини, матеріалів, комплектуючих до виробництв), розподільчу функцію (переміщення готової продукції до оптових і роздрібних ринків), соціальну функцію (перевезення людей), а також логістичну та інформаційну підтримку процесів перерозподілу ресурсів.

В Україні транспортна галузь, складаючи одну з опор економіки, забезпечує не лише внутрішню мобільність, а й міжнародну інтеграцію. На сьогодні в країні функціонує мережа всіх базових видів транспорту, суттєве місце в ній займає автомобільний транспорт, зокрема вантажівки.

Значну частину усіх вантажів, доставлених у межах країни, перевозяться автомобільним транспортом. Серед них — паливно-мастильні матеріали, будівельні матеріали, харчова продукція, хімічні товари, електроніка, побутова техніка, медичне обладнання. Завдяки відсутності митного оформлення (для внутрішніх вантажів) й відсутності необхідності довго чекати на місцях перевалки (як це буває на залізниці чи в порту), автомобільний транспорт стає

оптимальним рішенням навіть тоді, коли вантаж можна було б доставити залізницею або водним шляхом.

Незважаючи на безперечні переваги, у галузі автомобільних перевезень особливу увагу приділяють операційному плануванню маршрутів. Це процес, що включає визначення послідовності виконання рейсів, маршрутизацію транспорту, а також врахування часових вікон, обмежень часу роботи водіїв, навантаження і наявності ресурсів. Наявність великої кількості одноразових або короткострокових замовлень, висока мінливість ринку та нестача ресурсів ускладнюють планування, особливо для малих і середніх логістичних операторів.

У більшості малих і середніх перевізників ці процеси здійснюються вручну, що призводить до субоптимальних рішень і високої частки простоїв та непродуктивного пробігу.

Товариство з обмеженою відповідальністю "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" – мале підприємство, що здійснює перевезення вантажів, небезпечних вантажів як по території України, так поза нею, було створене 19.06.2020. Розташовано підприємство в м. Кам'янське, Дніпропетровська обл. Діяльність підприємства полягає в наданні послуг перевезення вантажів автомобільним транспортом.

Основний вид діяльності: 49.41 «Вантажний автомобільний транспорт».

Інші види діяльності:

- 77.12 Надання в оренду вантажних автомобілів
- 77.11 Надання в оренду автомобілів і легкових автотранспортних засобів
- 46.75 Оптова торгівля хімічними продуктами
- 46.73 Оптова торгівля деревиною, будівельними матеріалами та санітарно-технічним обладнанням
- 46.72 Оптова торгівля металами та металевими рудами
- 46.19 Діяльність посередників у торгівлі товарами широкого асортименту

- 25.93 Виробництво виробів із дроту, ланцюгів і пружин
- 20.30 Виробництво фарб, лаків і подібної продукції, друкарської фарби та мастик
- 52.29 Інша допоміжна діяльність у сфері транспорту

Підприємство є економічно активним: чисельність працюючих станом на 01.04.2024р. складає 25 чоловік. Штатний розпис ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Штатний розпис ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д"

№	Найменування посади (професії)	Кількість штатних одиниць	Посадовий оклад, грн	Надбавку за роботу на вантажному автомобільному засобі	Місячний фонд заробітної плати, грн
1	Директор підприємства	1	8200,00		8200,00
2	Головний механік автомобільної колони	1	8150,00		8150,00
3	Головний бухгалтер	1	8150,00		8150,00
4	Економіст з бухгалтерського обліку та аналізу господарської діяльності	1	8100,00		8100,00
5	Провідний бухгалтер	1	8100,00		8100,00
6	Логіст	3	9140,00		27420,00
7	Сестра медична	1	8000,00		8000,00
8	Водій автотранспортних засобів	16	8050,00	20%	154560,00
	Всього:	25			230680,00

Структура керування підприємства наведена на рисунку 1.1.

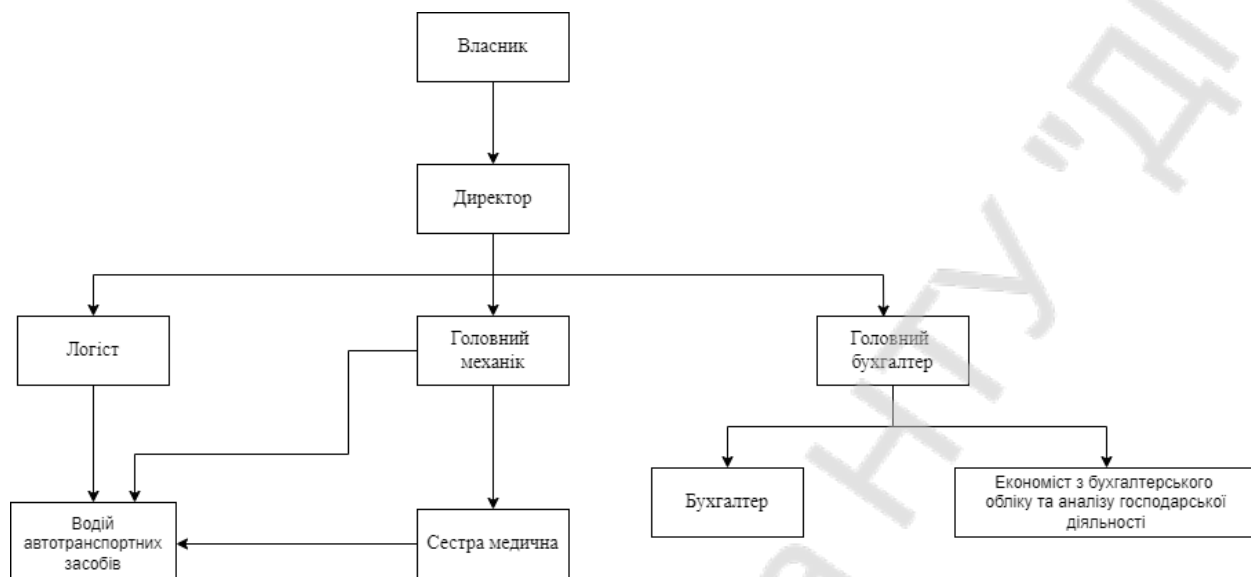


Рисунок 1.1 – Структура ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д"

Управління справами підприємства здійснює директор, який призначається на посаду та звільняється з посади розпорядженням по підприємству, відповідно до укладеного із ними трудового договору.

В роботі підприємство при здійсненні послуг перевезень керується такими нормативними актами:

- «Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом України»;
- Закон України «Про автомобільний транспорт».

Основними документами на перевезення є:

- Договір на перевезення; наразі на підприємстві функціонує 10 діючих договорів на довготривалій основі;
- Товарно-транспортна накладна (ТТН) – показує результат здійснення перевезення;
- Для здійснення міжнародних автомобільних перевезень підприємство повинно надати коносамент CMR – Конвенція про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів (KDPG), в якому містяться всі дані про транспорт: хто перевозить, що перевозиться, яка кількість, куди прямує товар, які документи його супроводжують, коли товар надійшов на митницю тощо.

Отже, незважаючи на військовий стан, руйнування інфраструктури, ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" продовжує працювати на благо України, крім цього підприємство є роботодавцем та платником податків.

Дві машини DAF-FT XF підприємства віддало на потреби ЗСУ на початку війни. Для забезпечення наливних перевезень ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" орендує вантажний автомобіль VOLVO.

Отже, планування діяльності ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" має наступні характеристики:

- Визначення стратегії і тактики планування послуг;
- Розробка стратегії розвитку, зокрема стратегії інноваційного розвитку.

Стратегія і тактика планування послуг ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" залежить від ресурсної бази підприємства, зокрема від кількості авто на балансі підприємства, які відповідають вимогам (умовам) замовника.

Ці умови оцінюють параметри маршруту та обсяги вантажів, що підлягають транспортуванню і можуть бути:

- Випадковими через випадковий характер процесу появи попиту;
- Постійними через те, що підприємства мають постійних клієнтів.

При виборі транспортних засобів та формуванні структури їх парку необхідно зважати на певні групи вантажів, які, з урахування особливостей технології, організації перевезень і вимог до спеціалізації рухомого складу, безпеки транспортування та забезпечення збереження товарів, можуть бути поділені на групи:

- Перша група – навалочні та поштучні вантажі, що допускають використання відкритого рухомого складу;
- Друга група – вантажі, які потребують використання рефрижераторів та експресної доставки;
- Третя група – вантажі, що потребують захисту від атмосферного впливу та використання критого рухомого складу;

- Четверта група – великовагові та негабаритні вантажі;
- П'ята група – наливні вантажі;
- Шоста група – небезпечні вантажі;
- Сьома група – вантажі, що потребують супроводження та охорони.

Виходячи з технічних характеристик автомобільного парку ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д", підприємство може забезпечити перевезення вантажів третьої, п'ятої та шостої групи. Для перевезення небезпечних вантажів підприємство має спеціальну ліцензію.

Розглянемо найбільш поширені види продукції перевезені ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" в четвертому кварталі 2023 року згідно звіту про перевезення автомобільним транспортом вантажів за видами вантажів та пасажирів за видами сполучення. Перевезення вантажів за видами наведені в таблиці 1.2 та рисунку 1.2.

Таблиця 1.2

Перевезення вантажів за видами

Назва виду вантажу за Класифікацією видів вантажів (КВВ)	Код вантажів за КВВ	Обсяг перевезених вантажів, тис.т	У т.ч обсяг перевезених вантажів у міжнародному сполученні (гр.2 ≤ гр.1)
А	Б	1	2
Труби, трубки, профілі порожнисті та фітинги	10.3	0,06	-
Продукція автомобільної промисловості	12.1	0,04	-
Речовини мінеральні хімічні основні	08.1	3,21	1,01
Речовини органічні хімічні основні	08.2	0,21	0,02
Вироби гумові або пластмасові	08.6	0,08	-
Інші готові будівельні матеріали та вироби	09.3	0,09	-
Інші промислові товари	13.2	0,65	-
Сіль	03.4	0,02	-
Піддони (палети) та інші пакування, порожні	16.2	0,04	-
Маса паперова, папір та вироби з паперу	06.2	0,08	-
Продукція борошномельно-круп'яної промисловості, крохмалі, продукти крохмальні та готові корми для тварин	04.6	0,07	-

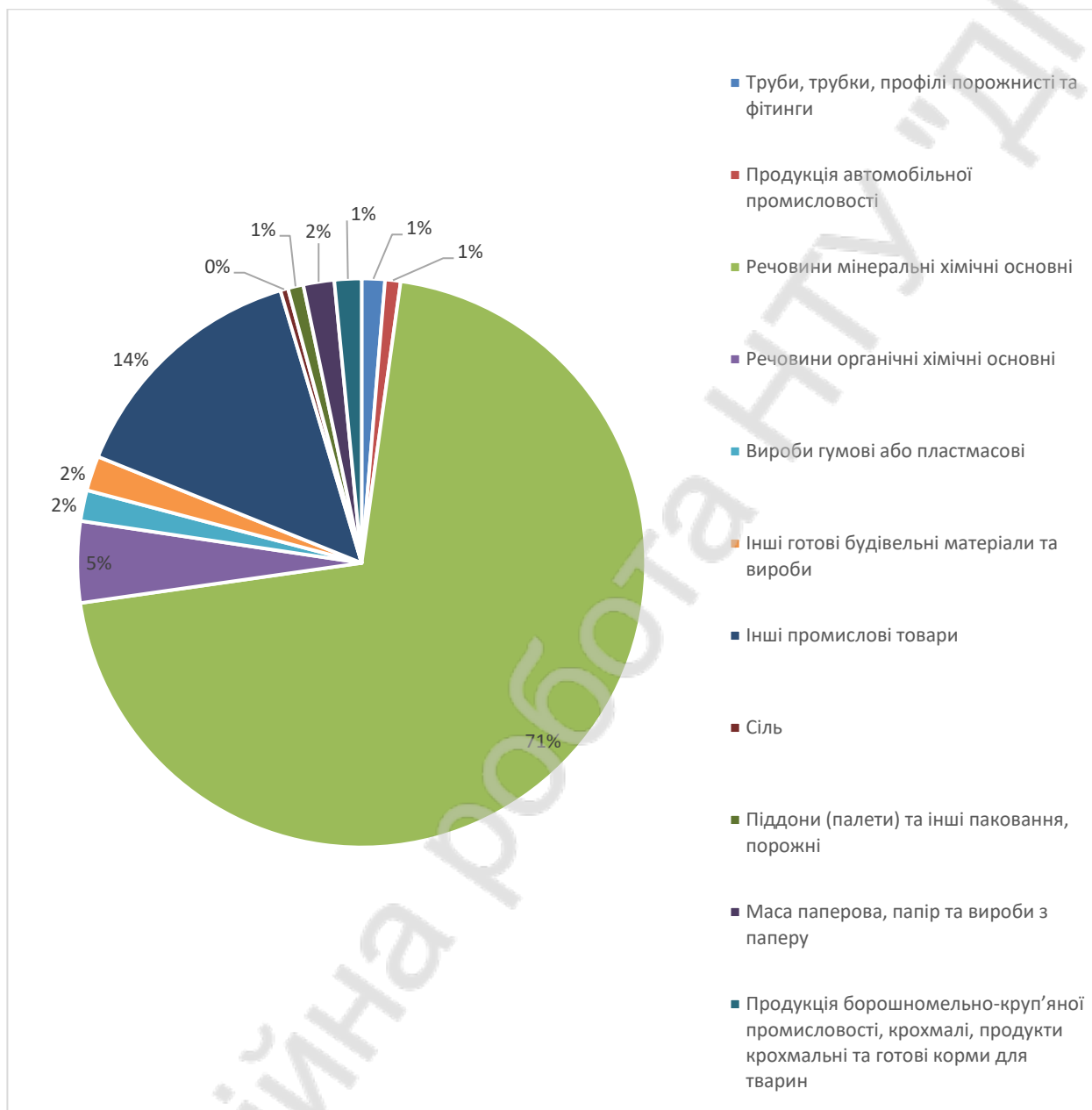


Рисунок 1.2 – Перевезення вантажів за видами

У четвертому кварталі 2023 року найбільше перевезено мінеральних речовин на хімічній основі, що складає 71% всіх вантажів. Це пов'язано з тим, що основним замовником послуг у компанії є підприємство, що займається виробництвом лакофарбової продукції. Це свідчить про високу залежність компанії від одного клієнта, що може бути ризиком у разі зміни попиту на такі продукти або у випадку якщо підприємство відмовиться від послуг компанії.

Тепер проаналізуємо, загальний пробіг автомобілів за 2023 рік згідно таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Звіт про роботу автотранспорту за 2023 рік

Найменування показників	Код рядка	Вантажні автомобілі (сума гр.2,3)	У т.ч. вантажні автомобілі, які використовуються для	
			комерційної роботи	власних потреб
А	Б	1	2	3
Загальний пробіг автомобілів, тис.км (сума ряд.842-848)	840	729,9	729,9	-
з нього пробіг автомобілів із вантажем	841	583,9	583,9	-
Із ряд.840 - пробіг автомобілів, який виконано на бензині	842	-	X	X
пробіг автомобілів, який виконано на дизельному пальному	843	729,9	X	X
пробіг автомобілів, який виконано на зрідженому нафтовому газі	844	-	X	X
пробіг автомобілів, який виконано на стисненому природному газі	845	-	X	X
пробіг газодизельних автомобілів	847	-	X	X
пробіг, який виконано на автомобілях з електричним двигуном	848	X	X	X
Обсяг перевезених вантажів, тис.т (якщо ряд.850 > 0, то ряд.841 > 0)	850	15,9	15,9	-
із них обсяг перевезених вантажів у міжнародному сполученні (ряд.851 < ряд.861)	851	4,4	4,4	-
Вантажообіг, тис.ткм (якщо ряд.860 > 0, то ряд.841 > 0)	860	8 232,8	8 232,8	-
з нього вантажообіг у міжнародному сполученні	861	2 696,8	2 696,8	-

Згідно даного звіту можливо зробити висновок, що машини використовувались не достатньо, великий відсоток близько 20% холостого пробігу (подача) автомобілів, що негативно сказалося на фінансовому результаті роботи підприємства за 2023 рік. Не достатньо високий рівень

міжнародних перевезень, був пов'язаний з блокуванням кордону з сторони Польщі.

Транспортна послуга несе ряд витрат таких як праця, паливо, технічне обслуговування, адміністративні та інші витрати. Специфікою діяльності підприємства, яке не виробляє продукцію, а надає послуги перевезення, тому більшість витрат (понад 70%) пов'язані з закупівлею паливо-мастильних матеріалів для здійснення послуг перевезення вантажів. Розглянути основні статті витрат підприємства можна в таблиці 1.4., а те яку частину вони займають в загальних витратах на рисунку 1.3.

Таблиця 1.4

Основні статті витрат ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д"

Основні статті витрат підприємства	2022 рік (тис.грн)	2023 рік (тис.грн)	%
Знос (амортизація) необоротних активів	747,00	762,30	2,0%
Паливо та мастильні матеріали	18 088,40	18 665,70	3,2%
Запасні частини	2 643,90	3 166,40	19,8%
Інші матеріали	209,20	212,00	1,3%
Малоцінні та швидкозношувані предмети	37,80	2,90	-92,3%
Розрахунки за виплатами працівникам	1 731,90	2 055,70	18,7%
Всього:	23 458,20	24 865,00	6,00%

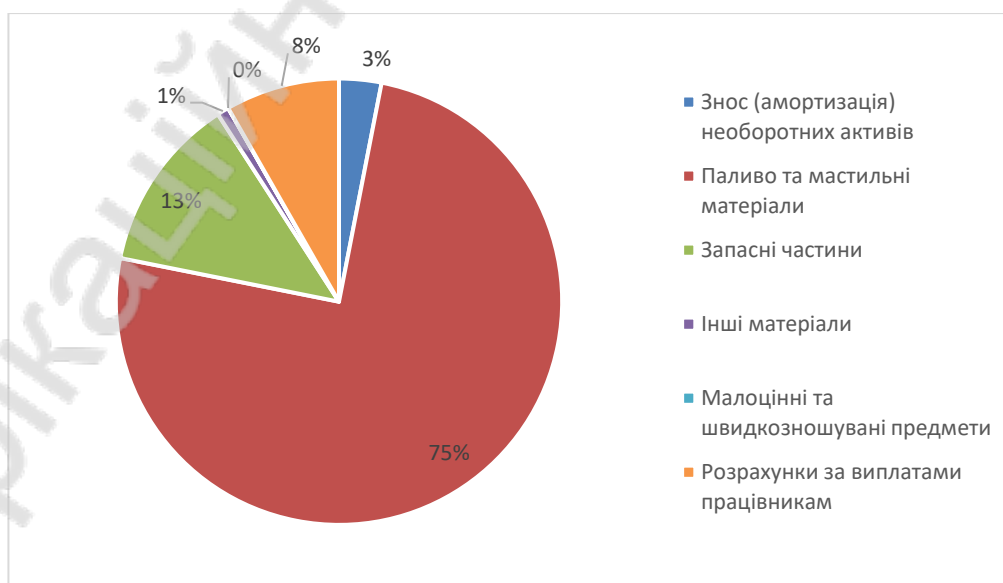


Рисунок 1.3 – Основні статті витрат ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д"

Аналізуючи основні статті витрат підприємства за 2022-2023 роки, можна відзначити, що вони зазнали певних змін. Наприклад, витрати на запасні частини

та виплати працівникам збільшилися майже на 20%. У випадку запасних частин збільшення витрат було пов'язано з ростом кількості обслуговування, а виплати працівникам збільшилися через інфляційний тиск.

Ситуація з іншими статтями є набагато кращою: всі вони залишилися на одному рівні, а витрати на малоцінні та швидкозношувані предмети взагалі впали на 92%.

Загальні витрати підприємства зросли на 6%. Це зростання може бути результатом збільшення обсягу діяльності, зростання цін на ресурси або необхідності покращення матеріально-технічної бази. Така тенденція вимагає подальшого контролю та можливих заходів з оптимізації витрат, щоб запобігти подальшому зниженню прибутковості.

Щоб зрозуміти, наскільки збільшення витрат вплинуло на прибутковість компанії, потрібно подивитися також і на доходи підприємства. Розглянемо ключові показники ефективності ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д", які наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Звіт про фінансові результати за 2023 рік

Стаття	Код рядка	2022	2023	Відхилення	
				+/-	%
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	2000	21 004,1	20 060,2	-943,9	-4
Інші операційні доходи	2120	1231,7	1 548,3	316,6	26
Інші доходи	2240	12,8	122,9	110,1	860
Разом доходи (2000 + 2120 + 2240)	2280	22 248,6	21 731,4	-517,2	-2
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	2050	10 424,0	10 035,6	-388,4	-4

Продовження табл. 1.5

Інші операційні витрати	2180	10 432, 1	10 770,5	338,4	3
Інші витрати	2270	-	146,9	146,9	
Разом витрати (2050 + 2180 + 2270)	2285	20856,1	20 953,0	96,9	0
Фінансовий результат до оподаткування(2280 – 2285)	2290	1 392,5	778,4	-614,1	-44
Податок на прибуток	2300	251,7	217,3	-34,4	-14
Чистий прибуток (збиток) (2290 – 2300)	2350	1 140, 8	561,1	-579,7	-51

За даними таблиці видно, що у 2023 р. ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" отримало чистого прибутку від реалізації продукції на 579,7 тис. грн. (на 51%) менше порівняно з попереднім роком. Це є дуже негативним результатом, тому проаналізуємо статті витрат та доходів більш детально.

Для наочності наведемо основні фінансові результати діяльності ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" за 2022-2023 рр. на рисунку 1.4.

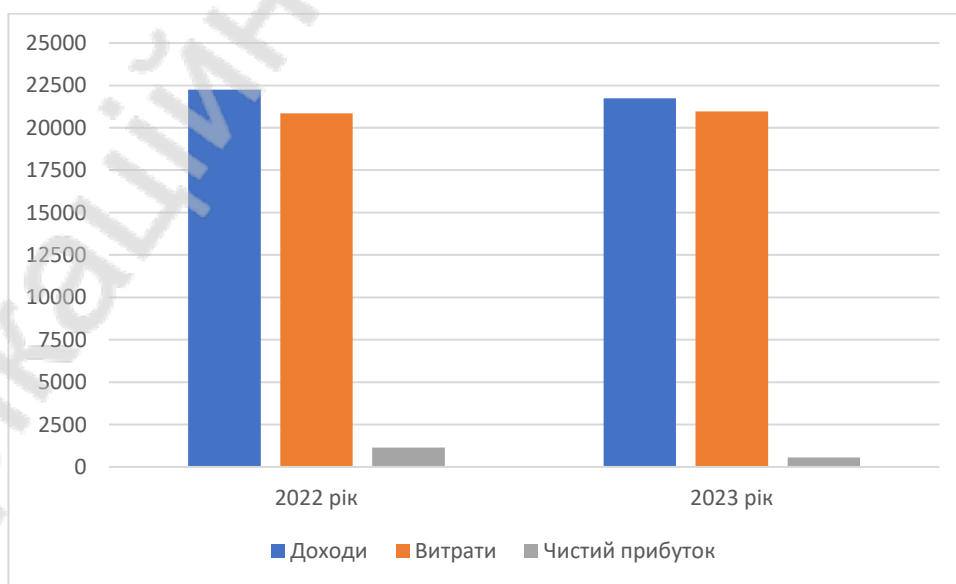


Рисунок 1.4 – Основні фінансові результати діяльності ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" за 2022-2023 рр.

У 2023 році ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" зіттовхнулося з певними викликами, що негативно вплинули на його фінансові результати. Чистий дохід від реалізації продукції знизився на 4%, що може свідчити про зменшення попиту на продукцію, підвищення конкуренції або інші ринкові фактори. Це зниження основного доходу не вдалося повністю компенсувати навіть за рахунок суттєвого зростання інших доходів, які збільшилися на 860% порівняно з 2022 роком. Загальний дохід підприємства скоротився на 3%, що вказує на те, що підприємство втратило частину своїх ринкових позицій або зіттовхнулося з іншими проблемами.

1.2 Технологічний процес транспортної логістики

Транспортна логістика охоплює сукупність операцій, пов'язаних з організацією переміщення вантажів від відправника до одержувача з урахуванням вимог щодо мінімізації витрат часу, пального, матеріальних ресурсів і фінансових витрат. На практиці ці функції реалізуються через поетапне планування перевезень, вибір оптимального маршруту, управління автопарком та взаємодію з клієнтами й контрагентами. На ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д" ключову роль у цьому процесі відіграє логіст, який займається прийняттям рішень щодо обрання замовлень, формуванням маршрутів і контролем виконання перевезень.

Автопарк підприємства налічує 13 вантажних автомобілів марки DAF FT XF у модифікації «тентований сідельний тягач», які обслуговуються напівпричепами різних типів.

Балансова, залишкова вартість основних засобів та амортизаційні нарахування наведені в Додатку Г.

Для прийняття рішення щодо виконання конкретного замовлення логісту потрібно врахувати такі фактори:

- наявність вільного автомобіля відповідного типу;
- місцезнаходження транспортного засобу після попереднього рейсу;

- терміни завантаження/розвантаження (дати, час);
- тип вантажу (небезпечний, температурний, негабаритний тощо);
- вартість перевезення та очікуваний прибуток;
- наявність зворотного або наступного завантаження (для уникнення порожнього пробігу).

У переважній більшості випадків логісти приймають рішення вручну, спираючись на власний досвід, знання ринку, можливості автопарку та оперативну ситуацію. Джерелом заявок є як прямі клієнти, так і спеціалізовані електронні біржі, зокрема платформа della.ua. Один логіст, як правило, обслуговує від 5 до 6 водіїв, забезпечуючи підбір замовлень і супровід їх виконання.

Залежно від практики планування, логіст може дотримуватися одного з двох підходів:

- Реактивний підхід — коли нове замовлення підбирається одразу після завершення поточного рейсу (що часто призводить до простоїв та неефективного використання ресурсу);
- Проактивний підхід — коли формується ланцюг із кількох рейсів наперед, з урахуванням географії, часу і прибутковості.

Підприємство переважно виконує контрактні перевезення, що формуються на тривалий період і мають сталу географію. У випадках, коли частина автопарку простоює, здійснюється пошук разових замовлень на біржах. При цьому логісти орієнтуються на вигідність пропозиції, надійність замовника, простоту маршруту й відповідність специфікаціям транспорту.

Типізація замовлень наведена у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8

Класифікація замовлень у транспортній логістиці

Ознака	Види замовлень
За напрямком руху	Внутрішні (по Україні), міжнародні
За типом вантажу	Стандартні, небезпечні (ADR), температурні, негабаритні, сипучі
За графіком	Разові, регулярні (контрактні), термінові

Продовження табл. 1.8

За типом замовника	Прямі замовники (вантажовласник), брокери або біржі
За формою розрахунку	За фіксовану вартість, за кілометр

У табл. 1.9 наведено основні напрямки перевезень підприємства за внутрішніми та міжнародними маршрутами.

Таблиця 1.9

Напрямки перевезень ТОВ "ЛІДЕР ЛОГІСТИК Д"

Назва напрямку	Населенні пункти	Відстань маршруту, км.
Київська область	Київ-Бориспіль-Калинівка-Фастів-Бровари-Обухів	530
Кіровоградська область	Кропивницький-Александрія-Знам'янка-Благодатне	270
Черкаська область	Черкаси-Золотоноша-Умань	460
Полтавська область	Полтава-Кобеляки-Рогозів	230
Закарпатська область	Ужгород-Мукачеве-Виноградів	1250
Сумська область	Суми-Глухове-Шостка-Хотінь	380
Івано-Франківська область	Івано-Франківськ-Коломия-Калуш	1000
Житомирська область	Житомир-Бердичів-Зв'ягель	720
Дніпропетровська область	Дніпро-Кривий Ріг-Павлоград-Новомосковськ-Покровське-Нікополь	220
Болгарія	Софія-Девня	1350
Румунія	Констанца-Онешті - Орадеа-Тімішоара	1620
Молдова	Кишинів-Бельці-Бричани-Отаки - Купчінь	865
Туреччина	Анкара-Стамбул-Маніса-Діловасі-Гебзе	2020
Словаччина	Новаки-Трнава	1680

Маршрути значно варіюються за протяжністю, кількістю точок завантаження і розвантаження, дорожніми умовами та термінами виконання. Зустрічаються складні ланцюгові маршрути протяжністю понад 1500 км з кількома містами доставки, що підвищує складність планування та контроль виконання рейсу.

На практиці логісти уникають прийняття до виконання певних видів замовлень з бірж з таких причин:

- надто низька вартість;
- невідне географічне розташування;
- відсутність чітких умов;
- терміновість, яка не дозволяє укластися у графік;
- небезпечний або специфічний вантаж;
- високий ризик (недобросовісні замовники, незрозумілі умови);
- надмірна кількість точок завантаження або розвантаження;
- необхідність декількох автомобілів;
- відсутність зворотного завантаження.

Окрім того, значний обсяг заявок на біржах створює інформаційне перевантаження для логіста, що ускладнює оперативний аналіз варіантів і прийняття рішень у короткий проміжок часу.

1.3 Визначення проблеми та постановка задачі дослідження

Враховуючи вище сказано, однією із задач, які стоять перед логістами, є пошук вигідних замовлень з бірж, за короткий проміжок часу.

Неформальне формування проблеми звучить наступним чином:

Потрібно зробити завантаження даних про існуючі замовлення вантажів з основної біржі della.ua, на основі яких будуть формуватися по можливості ланцюги із декількох замовлень, які б забезпечували максимізацію цільової функції прибутку на виконання замовлень з біржі, не порушуючи обмежень на терміни завантаження/розвантаження вантажів.

На можливі рішення накладаються ряд природних та системних обмежень:

- водій автотранспортного засобу може працювати в день тільки 8 годин, а середньою швидкістю водія під час виконання замовлень є 70 км/год, то максимальна відстань, яку може проїхати водій в день це 560 км;
- кожне замовлення має конкретну дату завантаження (а іноді — і розвантаження), тому міжрейсові переходи мають вписуватись у допустимі часові вікна;

- наступне замовлення може бути виконане тільки після завершення попереднього (з урахуванням часу в дорозі та пробігу в день);
- за один день водій може взяти тільки одне замовлення;
- всі розрахунки ведуться для одного транспортного засобу, що моделює ситуацію крайньої обмеженості автопарку;
- відсутність інформації про час завантаження/розвантаження в замовленнях.

1.4 Відомі методи розв'язання транспортних задач логістики

Планування ефективних маршрутів для вантажного транспорту є однією з ключових задач логістики, яка належить до класу комбінаторних оптимізаційних задач. У ній необхідно з урахуванням численних обмежень знайти оптимальний набір перевезень, який би мінімізував витрати або максимізував прибуток. В реальних умовах розв'язання такої задачі ускладнюється великою кількістю змінних: час завантаження і розвантаження, допустимий добовий пробіг, витрати на порожній хід, рентабельність перевезення, часові вікна, а також — обмежена кількість доступної техніки. Також важливо враховувати, що інформація часто є неповною або динамічно змінюється.

Серед традиційних підходів до подібних задач вирізняється лінійне програмування, зокрема класична транспортна задача, що полягає в пошуку найменшої собівартості перевезень з заданих пунктів відправлення до пунктів призначення при наявних обсягах попиту і пропозиції. Така модель передбачає, що всі параметри (вартість, обсяг, попит) є відомими і постійними. Однак у нашому випадку логістика вантажних перевезень включає в себе ще й часові обмеження, порожні пробіги, облік прибутку замість тільки витрат, а також роботу не в матричній формі «всі-всім», а з індивідуальними замовленнями. Саме тому класичну транспортну модель можна лише розглядати як теоретичну базу, але вона не відповідає реаліям операційної діяльності логістичних компаній [2].

Іншим важливим підходом є задача комівояжера (TSP), яка полягає у знаходженні найкоротшого маршруту для об'їзду низки точок із поверненням у початкову. У більш адаптованій формі, відомій як TSP з часовими вікнами (TSP-TW), до класичного маршруту додаються обмеження часу, в які має бути здійснено обслуговування. Цей метод більш точно відображає реалії логістики, проте його складність зростає експоненційно зі збільшенням кількості точок, що робить його важким для застосування у великих системах без використання додаткових евристик або суперкомп'ютерів. В умовах оперативної роботи з десятками або сотнями замовлень, які постійно змінюються, цей метод виявився надто ресурсоємним [3].

Найбільш ефективним і придатним до реалізації в умовах задачі з обмеженим ресурсом виявився жадібний алгоритм (greedy algorithm). Суть цього методу полягає в тому, що на кожному етапі обирається той варіант, який дає найкраще поточне рішення — зокрема, замовлення з найвищим прибутком з урахуванням витрат на порожній пробіг. Незважаючи на те, що такий підхід не гарантує глобального оптимуму, він є дуже ефективним на практиці: забезпечує швидкість, простоту реалізації та гнучкість у прийнятті рішень у динамічних умовах. Саме ці властивості роблять жадібні алгоритми доцільними для задач, у яких важлива швидкість обробки і гнучке реагування на зміну даних [4].

Нарешті, розглядалися також метаевристичні підходи, такі як генетичні алгоритми, табу-пошук, алгоритми мурашиних колоній тощо. Ці методи добре показують себе в задачах глобальної оптимізації, проте їх реалізація потребує значного обсягу налаштувань, калібрування параметрів та великого обчислювального часу. Для задачі, орієнтованої на щоденне використання логістами без спеціальної технічної підготовки, такі алгоритми виявилися недоцільними.

У підсумку, для поставленої задачі оптимальним виявився комплекс із жадібного підходу, обмежень на добовий пробіг, часових обмежень і статистичної оцінки відстаней. Такий підхід забезпечує баланс між точністю,

швидкістю розрахунку і практичною користю для логіста, який приймає рішення на основі даних програми.

1.5 Висновки до розділу

У першому розділі було проведено комплексний аналіз предметної області логістики вантажних перевезень в умовах обмеженого ресурсу автопарку. Визначено, що ефективне управління маршрутами є ключовим чинником підвищення прибутковості транспортної діяльності, особливо в умовах обмеженої кількості транспортних засобів і високої конкуренції на ринку перевезень.

У рамках дослідження було охарактеризовано діяльність конкретного підприємства, виявлено типові логістичні труднощі, серед яких — значна кількість порожніх пробігів, нестача автоматизованих інструментів для формування прибуткових маршрутів, а також обмеження, пов'язані з добовим пробігом і розкладом завантажень/розвантажень.

Також у розділі було проведено огляд сучасних методів розв'язання задач логістичної оптимізації, зокрема комбінаторних, жадібних та евристичних алгоритмів. Серед них обґрунтовано вибір жадібного підходу із додатковим урахуванням часових обмежень і витрат на порожній пробіг як найбільш придатного для реалізації в умовах реального логістичного середовища.

Отримані результати та сформульовані обмеження стали підґрунтям для подальшої розробки інструменту оптимізації логістичних маршрутів, що буде представлений у наступному розділі.

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНИЙ

2.1 Аналіз початкових даних

Реалізація програмного забезпечення, спрямованого на оптимізацію маршрутів вантажних перевезень в умовах обмеженої ресурсної бази автопарку, вимагає особливої уваги до підготовки та структурування початкових даних. Саме ці дані є відправною точкою, з якої починається увесь процес обробки інформації, побудови логістичних ланцюгів, розрахунку економічної доцільності маршрутів, а також здійснення подальшого аналізу ефективності роботи автопарку.

Усі вхідні дані, що використовуються в межах розробленої системи, можна умовно класифікувати за п'ятьма основними категоріями:

1. Дані про замовлення
2. Географічні (локаційні) дані
3. Дані про відстані
4. Економічні параметри
5. Конфігураційні налаштування

Кожна з цих категорій є невід'ємною складовою алгоритмічної моделі, яка лежить в основі побудови оптимальних маршрутів. Розглянемо детально кожен з категорій.

1. Дані про замовлення

Ця група вхідних даних є ключовою, оскільки вона містить усю необхідну інформацію про логістичні заявки, які надходять для подальшої обробки. Зазвичай ці дані формуються або в результаті автоматизованого збору (наприклад, шляхом веб-скрейпінгу з біржі вантажоперевезень della.ua), або вводяться вручну у вигляді електронних таблиць формату CSV чи Excel.

Основні поля, що входять до складу інформації про замовлення, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Основні атрибути даних про замовлення

№	Назва поля	Опис
1	ID	Унікальний ідентифікатор замовлення
2	Місто від (ID)	Цифровий ідентифікатор точки завантаження
3	Область від	Назва області завантаження
4	Місто до (ID)	Цифровий ідентифікатор точки розвантаження
5	Область до	Назва області розвантаження
6	Дата завантаження	Планована дата початку перевезення
7	Дата розвантаження	Орієнтовна дата завершення перевезення
8	Відстань (км)	Загальна довжина маршруту (у км)
9	Ціна	Винагорода за перевезення
10	Валюта	Валюта замовлення (UAH, USD, EUR тощо)

Додатково можуть враховуватись такі параметри, як вага вантажу, його об'єм, тип транспортного засобу, тип клієнта (прямий або посередник), теги тощо.

2. Географічні (локаційні) дані

Для коректного обчислення відстаней, а також для агрегації даних у розрізі регіонів, програма використовує додатковий файл, що містить інформацію про населені пункти, райони, області та країни. Ці дані забезпечують правильне географічне зіставлення вхідних координат.

Таблиця 2.2

Структура запису інформації про населені пункти

№	Назва поля	Значення (приклад)
1	ID	208
2	Область	Львівська область
3	Район	Стрийський район
4	Населений пункт	Стрий
5	Країна	Україна (UA)

Ці дані виконують також допоміжну функцію – дають змогу зіставити маршрути між містами до відстаней між областями, що є особливо актуальним у разі відсутності інформації про прямий маршрут.

3. Дані про відстані

У програмі використовується два джерела для обчислення відстаней:

3.1. Файл точних маршрутів routes.csv

Цей файл містить точні відстані між конкретними парами населених пунктів. Його структура показана у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Формат файлу routes.csv

№	Поле	Опис
1	id маршрута	
2	city id from	ID населеного пункту відправлення
3	city id to	ID населеного пункту прибуття
4	distance km	Відстань маршруту у кілометрах

3.2. Матриця середніх відстаней між областями

У разі відсутності точних даних програма автоматично звертається до статистичної матриці, яка будується динамічно на основі згрупованих маршрутів. Для кожної пари областей вираховується медіанна відстань, яка з великою ймовірністю відображає середнє значення по регіонах.

Це дозволяє уникнути ситуацій, коли ланцюг не може бути побудований лише через брак конкретного маршруту.

4. Економічні параметри

Для кожного замовлення програма повинна визначити, наскільки воно вигідне. Для цього проводиться детальний розрахунок витрат на кожне перевезення, а також окремо на кожен порожній пробіг. Основні економічні параметри наведені в таблиці 2.4:

Таблиця 2.4

Основні економічні параметри

№	Параметр	Значення за замовчуванням	Опис
1	FUEL_CONSUMPTION_L_PER_100KM	40.0	Витрата пального, л/100 км
2	FUEL_PRICE_PER_L	47.0	Вартість пального, грн/л
3	ADBLUE_CONSUMPTION_L_PER_100KM	1.5	Витрата AdBlue, л/100 км
4	ADBLUE_PRICE_PER_L	30.0	Вартість AdBlue, грн/л
5	SALARY_PERCENT	0.1	Зарплата як відсоток від винагороди

Продовження табл. 2.4

6	MAINTENANCE_PERCENT	0.03	Витрати на технічне обслуговування
7	SPARE_PARTS_PERCENT	0.13	Витрати на запасні частини
8	OTHER_PERCENT	0.03	Інші змінні витрати

Ці параметри використовуються для формулювання фінансової моделі перевезення, яка враховує як безпосередні витрати, так і непрямі, наприклад, на обслуговування чи амортизацію.

5. Конфігураційні налаштування системи

Для імітації реальних умов експлуатації автотранспорту в алгоритмі враховано низку обмежень, пов'язаних із регламентом роботи водія, технічними характеристиками автомобіля тощо.

Основні системні параметри:

- MAX_KM_PER_DAY = 560 — максимально допустима кількість кілометрів на добу
- START_CITY_ID — ID початкової точки маршруту (базове місто)

Ці значення забезпечують коректну перевірку можливості виконання замовлення у встановлений термін, дотримуючись логістичних і трудових норм.

6. Курси валют

У разі, коли винагорода за перевезення вказується у валюті долар або євро, програмне забезпечення автоматично виконує конвертацію на основі курсу Національного банку України. Для цього здійснюється звернення до офіційного API НБУ.

Приклад курсів (на момент запуску програми):

- USD → 41.00 грн
- EUR → 47.00 грн
- UAH → 1.00 грн

Це дозволяє уніфікувати всі вартісні показники, що, у свою чергу, забезпечує можливість адекватного порівняння замовлень незалежно від вказаної валюти.

У підсумку варто зазначити, що правильне формування, підготовка та аналіз вхідних даних є критично важливою передумовою для ефективної роботи всього програмного комплексу. Початкові дані, розподілені за п'ятьма логічними категоріями, забезпечують:

- високу точність розрахунків витрат та прибутку,
- гнучкість у побудові маршрутів за допомогою альтернативних джерел відстаней,
- адаптивність до змін у ринку перевезень через оновлення параметрів,
- інтегрованість з реальними біржами вантажоперевезень.

Наступним етапом є розгляд логіки та структури алгоритму, що дозволяє здійснити побудову оптимальних ланцюгів маршрутів з урахуванням усіх описаних вище вхідних параметрів.

2.2 Алгоритм роботи програми

2.2.1 Загальна структура роботи програми

У межах цього дослідження розроблено програмне забезпечення, яке виконує автоматизовану обробку логістичних замовлень з метою побудови оптимальних маршрутів вантажних перевезень. Програма реалізована на мові програмування Python із використанням ряду бібліотек для збору, обробки, аналізу та збереження даних (зокрема: playwright, beautifulsoup4, pandas, requests, datetime, multiprocessing тощо). В основі архітектури закладено чітку поетапну логіку, яка відповідає принципам процедурної моделі: дані послідовно проходять через серію обробних етапів, на кожному з яких здійснюється певна операція трансформації або фільтрації. Код програми наведено в Додатку Д.

Для повного розуміння функціонування програмного забезпечення доцільно представити узагальнену структуру роботи програми, яка охоплює всі

основні етапи — від введення користувацьких параметрів до отримання готових маршрутів. Ця структура є основою логіки побудови системи і може бути візуалізована у вигляді блок-схеми загального алгоритму.

Загальна логіка програми охоплює такі ключові кроки:

1. Введення вхідних параметрів користувачем
 - Користувач вставляє одне або кілька посилань на сайт della.ua, попередньо налаштувавши фільтри на самому сайті: тип транспортного засобу, вантажопідйомність, об'єм кузова, регіони доставки, дата виконання тощо.
2. Збір і обробка даних (веб-скрейпінг)
 - За кожним посиланням програма автоматично переходить по сторінках результатів і збирає інформацію про кожне замовлення.
 - Заявки, що не відповідають вимогам (некоректні, з декількома точками або незаповненими даними), відкидаються.
3. Нормалізація отриманих даних
 - Приведення полів до уніфікованого формату (дата, числові значення, валюта).
 - Конвертація цін у гривні (через API НБУ).
 - Виділення ключових полів: ID, відстань, дати, пункти завантаження та розвантаження.
4. Економічний розрахунок для кожного замовлення
 - Обчислення повної вартості виконання замовлення (витрати на паливо, AdBlue, паркування, зарплата, технічне обслуговування тощо).
 - Визначення прибутку та прибутку на кілометр.
 - Присвоєння ознаки вигідності.
5. Оновлення бази маршрутів та локацій
 - Додавання нових населених пунктів у файл locations.csv.

- Оновлення таблиці точних відстаней між містами у routes.csv.
 - Побудова матриці середніх відстаней між регіонами (як резервне джерело).
6. Побудова маршрутних ланцюгів
- Реалізація жадібного алгоритму: вибір послідовностей замовлень з максимальним скоригованим прибутком.
 - Перевірка часових і просторових обмежень.
 - Формування повних маршрутів з підсумковими розрахунками.
7. Експорт результатів
- Вивід у консоль найбільш вигідних ланцюгів.
 - Збереження даних у Excel-файл для подальшого аналізу.
 - Можливість масштабування системи та повторного використання даних.

Схема загального алгоритму програми наведена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Блок-схема основного алгоритму програми

Загальна архітектура роботи програми побудована з дотриманням принципів модульності, послідовності та повторного використання даних. Кожен крок логічно впливає з попереднього, що дозволяє забезпечити гнучкість у налаштуванні параметрів і розширення функціоналу у майбутньому. Така структура забезпечує як технічну надійність, так і прозорість алгоритмічної логіки, що дозволяє легко ідентифікувати помилки, а також адаптувати програму під нові завдання.

2.2.2 Збір та обробка вхідних замовлень

На першому етапі роботи програми реалізується модуль збору вхідної інформації про логістичні замовлення. Саме з цього етапу починається увесь процес побудови оптимізованих маршрутів, тому він відіграє критичну роль у всьому загальному алгоритмі. Від повноти, актуальності та валідності зібраних даних безпосередньо залежить якість і точність результатів на виході.

1. Джерело отримання даних

Вхідні дані завантажуються автоматично зі сторінок логістичної біржі della.ua — одного з провідних онлайн-майданчиків для розміщення вантажоперевезень в Україні. На початку роботи користувач вставляє в консоль програми одне або кілька посилань на пошукові результати, які сформовані на сайті з використанням фільтрів.

Користувач може відфільтрувати:

- тип вантажного автомобіля;
- вантажопідйомність, об'єм кузова;
- напрямки перевезень;
- дати завантаження/розвантаження.

2. Автоматизований веб-скрейпінг

Після отримання URL-адрес програма ініціює веб-скрейпінг — автоматичний перегляд сторінок сайту та збір інформації зі структурованих HTML-елементів. Для цього використовується бібліотека playwright, яка

дозволяє імітувати дію користувача в браузері (наприклад, клік на «100 заявок на сторінці», перегортання сторінок тощо).

Для кожної заявки зчитується:

Таблиця 2.5

Приклад отриманої інформації від замовлення

№	Параметр	Приклад
1	Дата завантаження	2025-06-11
2	Дата розвантаження	2025-06-12 (або None)
3	Відстань маршруту (км)	380 км
4	Місто від (ID)	5382
5	Місто до (ID)	5301
6	Область від / до	Дніпровська / Полтавська
7	Ціна за перевезення	12 000 грн або 300 EUR
8	Валюта	грн, USD, EUR
9	Додаткові характеристики	Вага, об'єм, тип авто, статус та інші

3. Фільтрація некоректних замовлень

Не всі заявки, отримані зі сторінки, можуть бути використані для побудови маршрутів. Тому одразу після збору виконується жорстка фільтрація за певними критеріями. Програма відкидає такі замовлення:

- заявки з відсутньою або некоректною датою;
- замовлення без вказаної відстані або з нульовою відстанню;
- заявки, в яких зазначено кілька точок навантаження або розвантаження;
- закриті або архівовані замовлення.

Це дозволяє уникнути помилок під час подальших обчислень та забезпечити стабільну роботу алгоритму.

4. Нормалізація даних

Після фільтрації програма переходить до етапу нормалізації. Його мета — привести всі зібрані значення до єдиного уніфікованого формату, що дає можливість легко працювати з ними у наступних модулях.

Основні процедури нормалізації:

- Дата: перетворення з формату ДД.ММ у стандарт YYYY-MM-DD; якщо вказано лише одну дату — вважається, що розвантаження в той же день або наступного.
- Валюта: якщо ціна вказана в USD або EUR, виконується автоматична конвертація у гривню через АРІ НБУ (або використання фіксованого курсу в разі недоступності).
- Числові значення: перетворення текстових значень у float або int (наприклад, "380 км" → 380).

5. Розрахунок прибутку

Кожне замовлення, що пройшло нормалізацію, піддається фінансовому аналізу. Обчислюється сукупна вартість витрат на перевезення та очікуваний прибуток.

Таблиця 2.6

Формули обчислення прибутку від замовлень

Категорія	Формула обчислення
Паливо	$(\text{відстань}/100) \times \text{витрата} \times \text{ціна пального}$
AdBlue	$(\text{відстань}/100) \times \text{витрата AdBlue} \times \text{ціна}$
Зарплата	$\text{ціна} \times \text{відсоток}$
Технічне обслуговування	$\text{ціна} \times \text{відсоток}$
Запасні частини	$\text{ціна} \times \text{відсоток}$
Інші змінні витрати	$\text{ціна} \times \text{відсоток}$
Загальні витрати	сума всіх перерахованих
Прибуток	$\text{ціна} - \text{витрати}$

Після розрахунків до кожного замовлення додаються поля: Прибуток (грн), Прибуток (грн/км), Категорія вигідності тощо.

Схема етапу збору та обробки замовлень наведена на рисунку 2.2.

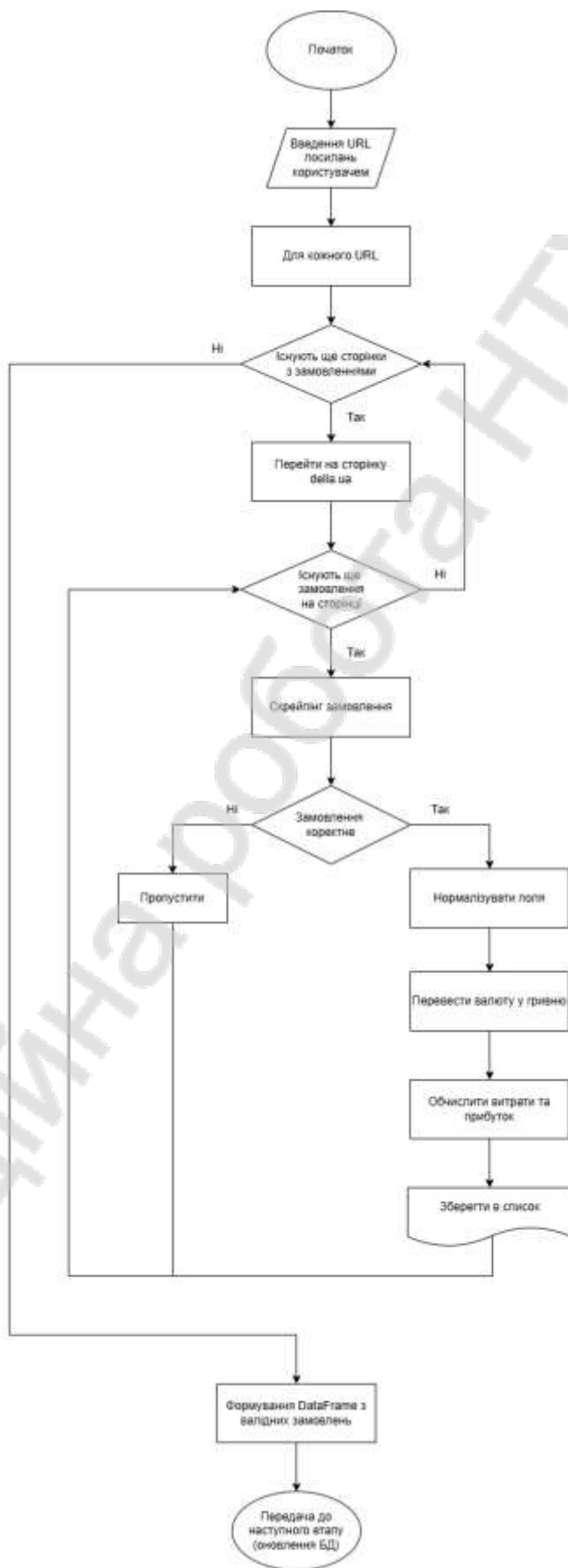


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритму збору та обробки замовлень

Таким чином, етап збору та обробки вхідних замовлень є фундаментальним компонентом роботи всієї системи. На цьому етапі:

- Збирається актуальна інформація зі стороннього джерела.
- Забезпечується фільтрація некоректних даних.
- Всі значення уніфікуються та підготовлюються до обробки.
- Виконується початковий економічний аналіз, що згодом ляже в основу прийняття рішень щодо побудови маршрутів.

Ефективна реалізація цього етапу дозволяє мінімізувати кількість помилок, уникнути непередбачених винятків у роботі програми та гарантує стабільність усіх наступних кроків.

2.2.3 Формування допоміжних даних

Однією з ключових особливостей розробленої програми є те, що вона оперує не лише безпосередньо з вхідними логістичними замовленнями, а й із допоміжними таблицями, які формуються або оновлюються під час її роботи. Ці таблиці виступають у ролі бази знань про географію маршрутів, дозволяють здійснювати обчислення відстаней у випадках нестачі точних даних, а також забезпечують можливість масштабування системи на майбутнє.

Допоміжні дані — це джерело, яке програма використовує для:

- оцінки порожніх пробігів між замовленнями;
- розрахунку приблизних відстаней у випадках, коли прямий маршрут між містами відсутній у базі;
- побудови матриці регіональних відстаней, яка є статистично узагальненим аналогом маршрутизатора.

Розглянемо, з яких компонентів складається ця допоміжна підсистема.

1. Файл `locations.csv` – база географічних локацій

Цей файл містить повну інформацію про населені пункти, які зустрічаються в замовленнях, а також про відповідні їм області, райони й країни. Його основне призначення — зв'язати ідентифікатор міста (`city_id`) з назвою

регіону, що є критично важливим при побудові матриці відстаней між областями.

Таблиця 2.7

Формат запису у locations.csv

№	city id	Область	Район	Населений пункт	Країна
1	147908	Чернівецька обл.	Глибоцький р-н	Станівці	UA
2	5421	Волинська обл.	Ковельський р-н	Ковель	UA

Алгоритм формування:

- Під час обробки кожного замовлення витягуються дані про пункт завантаження й пункт розвантаження.
- Для кожного міста перевіряється, чи вже є запис у файлі.
- Якщо міста ще не було — додається новий рядок.
- Дані автоматично нормалізуються (прибираються порожні поля, очищаються від некоректних назв тощо).

Таким чином, база locations.csv постійно доповнюється, не дублюючи вже відомі пункти, що дозволяє уникнути зайвих обчислень у майбутньому.

2. Файл routes.csv – база точних міжміських відстаней

Цей файл є важливим джерелом детермінованих маршрутів між парами населених пунктів. На відміну від статистичної матриці, routes.csv містить точну відстань, яку логіст (або платформа della.ua) вказує як довжину маршруту між двома конкретними city_id.

Таблиця 2.8

Формат запису у routes.csv

№	id маршрута	city id from	city id to	distance km
1	"5370,5071"	5370	5071	945,0
2	"5224,208"	5224	208	208,0

Алгоритм формування:

- Після обробки кожного замовлення програма визначає ID міста відправлення та прибуття.
- Формується унікальний ідентифікатор маршруту (id_маршрута = city_id_from,city_id_to).

– Якщо маршрут відсутній у базі — додається новий рядок.

routes.csv є першочерговим джерелом для визначення “порожнього пробігу” між замовленнями. Якщо прямий маршрут є — він одразу використовується для розрахунків.

3. Матриця середніх (медіанних) відстаней між областями

У реальній практиці дуже часто трапляється, що прямої інформації про відстань між містами немає — зокрема, коли нові міста, коли недостатньо історичних даних, або маршрут є непрямым. У таких випадках у програмі використовується резервний механізм: побудова матриці середніх (медіанних) міжрегіональних відстаней.

Принцип побудови:

- Програма зчитує файли routes.csv та locations.csv.
- Для кожної пари регіонів (Область від → Область до) підраховується медіана відстаней між усіма маршрутами, які між ними колись зустрічались.
- До обліку беруться лише ті пари, для яких є принаймні 2 замовлення (для зменшення похибки).
- Результат записується у вигляді двовимірної таблиці (матриці), яку використовують для оцінки приблизного порожнього пробігу між регіонами.

Якщо прямого маршруту між city_id немає, програма автоматично звертається до цієї матриці. Якщо й там немає відповідної пари — замовлення вважається непридатним для включення до ланцюга.

4. Визначення порожніх кілометрів (empty_km)

Один з найбільш чутливих параметрів у логістиці — це порожній пробіг, який не приносить доходу, але створює витрати. У рамках цієї програми визначення empty_km базується на наступному алгоритмі:

1. Якщо у routes.csv є прямий маршрут current → next — використовуємо його.
2. Якщо немає — беремо з матриці медіанних регіональних відстаней.

3. Якщо немає ні там, ні там — замовлення виключається з розгляду.
Схема формування допоміжних даних наведена на рисунку 2.3.

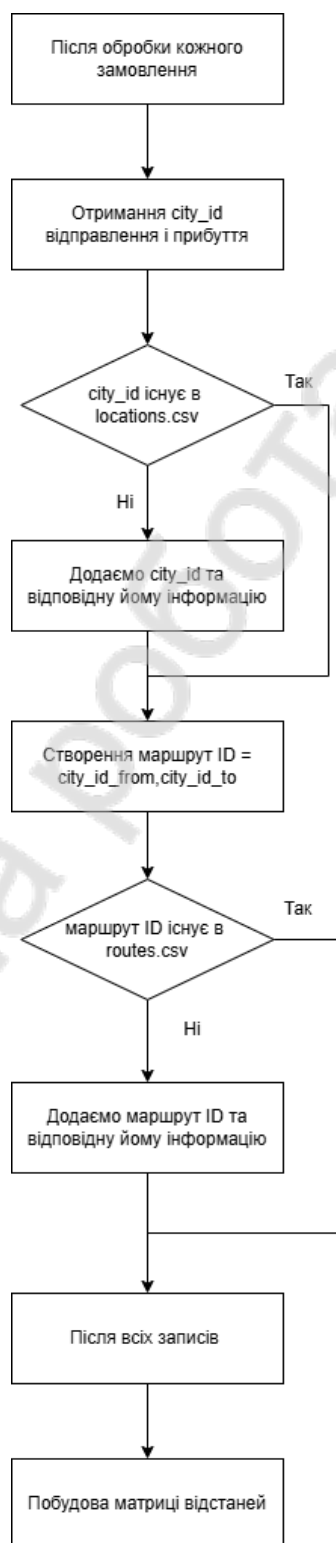


Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритму формування допоміжних даних

Формування допоміжних даних — це критично важливий етап, без якого неможлива подальша побудова маршрутних ланцюгів. Завдяки правильній структурі файлів `locations.csv` та `routes.csv`, а також динамічно побудованій матриці відстаней між регіонами, забезпечується:

- гнучкість алгоритму (навіть за відсутності повних даних);
- стійкість системи до нових міст та напрямків;
- ефективність у зменшенні втрат на порожні пробіги;
- можливість масштабування в межах всієї території України та за її межами.

Цей етап готує програму до реалізації наступного блоку — побудови оптимальних маршрутних ланцюгів, що реалізується за допомогою жадібного алгоритму, описаного у наступному підпункті.

2.2.4 Побудова оптимальних маршрутних ланцюгів

Після того, як виконано збір, фільтрацію, нормалізацію та економічну оцінку логістичних замовлень, програма переходить до наступного етапу — побудови оптимальних маршрутних ланцюгів. Цей процес є центральним усього програмного забезпечення, адже саме він реалізує пошук найбільш вигідної послідовності вантажоперевезень, орієнтованої на максимізацію прибутку за умови обмеженої ресурсної бази.

Сутність жадібного алгоритму

Основна ідея алгоритму полягає у жадібному (greedy) підході, при якому на кожному кроці маршруту з усіх допустимих варіантів вибирається той, що забезпечує найбільший миттєвий (локальний) скоригований прибуток, з урахуванням:

- вартості порожнього пробігу до точки завантаження;
- відстані маршруту та добового ліміту;
- часових обмежень на виконання замовлення;
- унікальності дат та замовлень у межах одного ланцюга.

Такий підхід дозволяє швидко знаходити ефективні рішення без повного перебору всіх можливих комбінацій, що особливо важливо в умовах великих масивів вхідних даних.

Загальна схема побудови маршрутів

Алгоритм реалізовано у функції `build_optimal_chain(...)` і передбачає такі етапи:

1. Ініціалізація
 - Зчитуються попередньо оброблені замовлення з прибутками.
 - Вибираються лише ті заявки, для яких `розрахунок_витрат_доступний = True`.
 - Дані сортуються за датою завантаження.
2. Пошук першого замовлення
 - Для кожного замовлення, яке ще не використано, ініціюється формування ланцюга.
 - Якщо задано стартове місто — обчислюється порожній пробіг до першого завантаження та відповідні витрати.
3. Побудова ланцюга
 - Обирається наступне замовлення з дати, коли водій буде готовий до нової заявки.
 - Перевіряється:
 - чи не використано цю дату;
 - чи не використано замовлення раніше;
 - чи можливо вкластися у терміни доставки (через `can_finish_on_time(...)`);
 - чи прибуток з урахуванням порожніх км > 0 .
4. Додавання замовлення до ланцюга
 - З усіх кандидатів обирається той, що дає максимальний скоригований прибуток.
 - Додається до поточного ланцюга.

- Повторюється крок 3, поки є допустимі варіанти.
5. Завершення побудови
- До останнього елемента ланцюга додається підсумкова інформація:
 - загальний прибуток;
 - сумарний порожній пробіг;
 - сума витрат на порожній пробіг.
6. Сортування результатів
- Побудовані ланцюги сортуються за загальним прибутком у спадаючому порядку.

Схема побудови одного ланцюга наведена на рисунку 2.4.

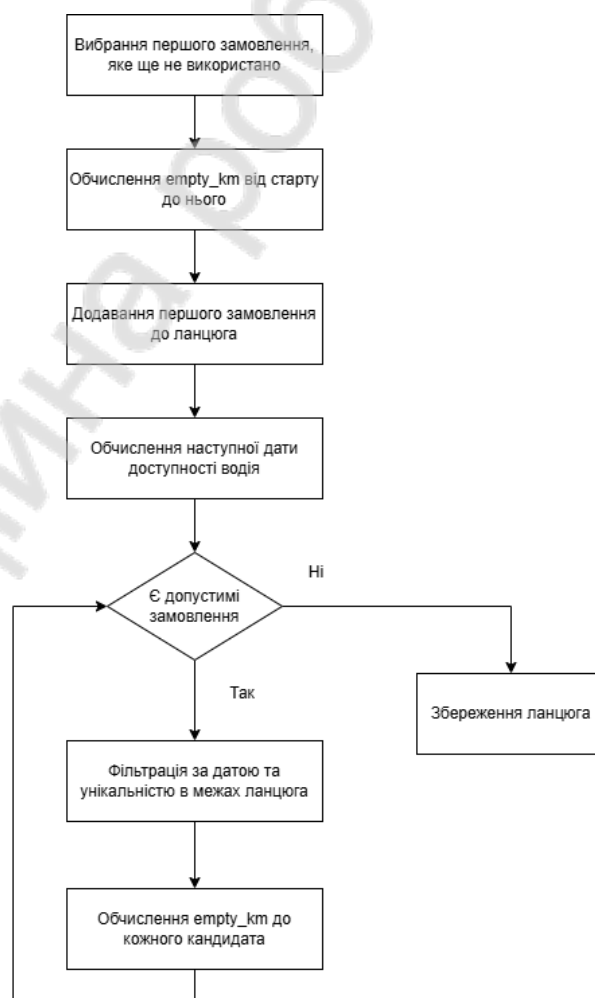


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму побудови одного ланцюга

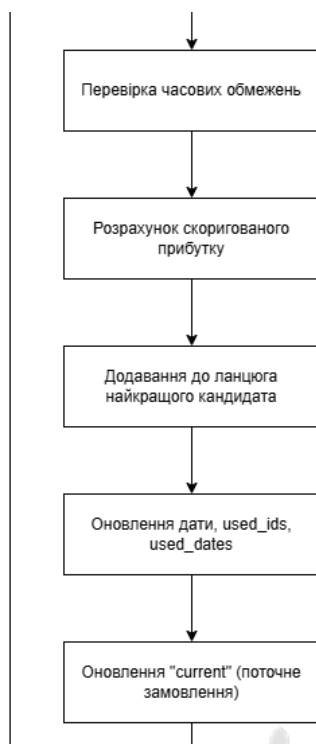


Рисунок 2.4 – Продовження рисунку

Особливості реалізації:

- Добовий ліміт пробігу зашифо як 560 км (8 год × 70 км/год), що враховується при перевірці строків.
- В одному ланцюзі не може бути двох замовлень з однаковою датою завантаження.
- Можна починати ланцюг з будь-якого міста, але також можна задати стартову точку.
- Програма виконує багато ланцюгів одночасно — один на кожне допустиме перше замовлення.
- Порожній пробіг до наступного замовлення впливає не лише на витрати, а й на допустимість включення у маршрут.

Побудова оптимальних маршрутних ланцюгів реалізована на основі жадібного алгоритму, що дозволяє обрати найбільш прибуткові комбінації перевезень при збереженні допустимих часових і технічних обмежень. Такий підхід:

- забезпечує оперативну обробку великої кількості замовлень;
- дає гарні результати в умовах обмежених ресурсів автопарку;

- легко масштабується під додаткові обмеження або параметри;
- дозволяє логісту отримати конкретні вигідні послідовності рейсів, не виконуючи їх вручну.

У результаті роботи цього модуля програма генерує структуровані ланцюги перевезень, які з високою ймовірністю принесуть максимальний прибуток при реальному виконанні.

2.2.5 Вивід результатів

Завершальним етапом роботи програмного комплексу є вивід результатів — представлення обчислених даних у зручній для користувача формі. Цей етап має особливе значення, оскільки саме на його основі логіст може приймати практичні рішення щодо реального виконання маршрутів, оцінювати ефективність роботи автопарку, а також зберігати інформацію для подальшого аналізу.

1. Вивід до Excel-файлу

Після завершення побудови маршрутних ланцюгів програма автоматично експортує базу оброблених замовлень у файл формату .xlsx з назвою, що включає дату та час запуску (наприклад: della_orders_2025-06-12_14-30-05.xlsx). Файл створюється з використанням бібліотеки pandas і містить усі ключові дані для кожного замовлення.

Таблиця 2.9

Основні стовпці в Excel-файлі:

Назва колонки	Зміст
ID	Унікальний ідентифікатор замовлення
Дата завантаження / розвантаження	Хронологія виконання рейсу
Маршрут / Відстань	Назви пунктів і кількість км
Ціна (грн) / Ціна (грн/км)	Вартість перевезення та її ефективність
Витрати: паливо / AdBlue	Окремі статті витрат
Витрати: зарплата / ТО / запчастини / інші	Накладні витрати на замовлення
Витрати: загальні (грн)	Сумарні витрати на виконання рейсу
Прибуток (грн) / Прибуток (грн/км)	Економічна вигода від виконання
Категорія вигідності	Класифікація: «Вигідне» або «Не вигідне»

2. Вивід у консоль оптимальних маршрутів

Окрім збереження повної бази, програма виводить у консоль ТОП-25 побудованих маршрутних ланцюгів, відсортованих за загальним прибутком у спадаючому порядку.

Кожен ланцюг виводиться як окрема послідовність замовлень із зазначенням ключових параметрів:

- ID замовлення;
- дати;
- маршрут (місто від → місто до);
- відстань;
- порожній пробіг до замовлення;
- витрати на порожній пробіг;
- скоригований прибуток.

Після виводу всіх замовлень у ланцюгу зазначається:

- загальний прибуток;
- сумарний порожній пробіг;
- загальні витрати на порожні км.

3. Повторне використання результатів

Програма генерує також і структуровані файли-підсистеми — routes.csv, locations.csv, які зберігають:

- накопичену базу маршрутів (для майбутніх запусків);
- повний список населених пунктів і їх прив'язку до областей;
- історичні дані, що використовуються у побудові матриці регіональних відстаней.

Це дозволяє при кожному новому запуску:

- підвищувати точність оцінок порожніх км;
- розширювати покриття новими містами та маршрутами;
- будувати маршрути навіть за відсутності точних даних, використовуючи накопичену статистику.

2.3 Тестування роботи програми

Після завершення розробки програмного забезпечення для побудови оптимальних маршрутних ланцюгів вантажних перевезень виникає потреба у проведенні тестування, яке має на меті перевірити коректність виконання основних функцій програми, стабільність її роботи при обробці великих обсягів інформації, а також здатність генерувати корисний і практично застосовний результат для логістичної діяльності.

У контексті даного дослідження тестування не має на меті верифікувати програму на відповідність еталонним результатам, оскільки такі результати в умовах реального функціонування логістичного підприємства або відсутні, або не зберігаються у формалізованому вигляді. Наприклад, немає доступу до історичних даних про рішення, прийняті логістами вручну, або інформації про ефективність їхніх рішень у порівнянні з теоретично можливою оптимізацією. Відповідно, класичні підходи до тестування шляхом порівняння з "правильними" відповідями тут непридатні.

У зв'язку з цим тестування виконувалось із застосуванням таких підходів:

- функціональне тестування, тобто перевірка, що кожен етап алгоритму виконується без помилок, а програма коректно реагує на введення;
- масштабне тестування, тобто запуск на великій кількості вхідних замовлень (від 500 до 3000 і більше);
- структурне тестування, яке включає аналіз побудованих маршрутних ланцюгів — їх логічність, дотримання обмежень, обчислення прибутку тощо.

Параметри вибору замовлень для тестового запуску можна побачити на рисунку 2.5.


```

[-] Файл локацій оновлено: locations.csv
[-] Файл маршрутів оновлено: routes.csv
[-] Дані збережено у файл: della_orders_2025-06-13_13-28-00.xlsx

=== Ланцюг #1 ===
6225162114610301877 2025-06-13 Київ + Харків None Відстань: 480.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 9220.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 9220.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #2 ===
25152134616368136 2025-06-13 Київ + Шевченкове 2025-06-19 Відстань: 579.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 6734.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6734.25 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #3 ===
25145134839468268 2025-06-13 Київ + Ізюм 2025-06-20 Відстань: 613.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 8079.75 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 8079.75 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

=== Ланцюг #4 ===
6225162103138102529 2025-06-13 Київ + Вишневе None Відстань: 578.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 7688.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 7688.5 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #5 ===
622516132153666399 2025-06-13 Київ + Вишневе None Відстань: 578.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 7333.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 7333.5 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #6 ===
25163105834379897 2025-06-13 Радичів + Мислятин None Відстань: 313.0 (Пусті: 70.0 км, Вартість: 1347.5 грн) Прибуток: 6827.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6827.25 грн
Порожніх км загалом: 70.0 км
Витрати на порожні км: 1347.5 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

=== Ланцюг #7 ===
25163105828008669 2025-06-13 Радника + Мислятин Нале Відстань: 313.0 (Пусті: 70.0 км, Вартість: 1347.5 грн) Прибуток: 6827.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6827.25 грн
Порожніх км загалом: 70.0 км
Витрати на порожні км: 1347.5 грн

=== Ланцюг #8 ===
25163100717934862 2025-06-13 Київ + Хмельницький Нале Відстань: 324.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 6543.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6543.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #9 ===
25161103328622945 2025-06-13 Холми + Дніпро Нале Відстань: 554.0 (Пусті: 191.0 км, Вартість: 3676.75 грн) Прибуток: 2698.75 грн
25163125955995840 2025-06-16 Дніпро + Езипівщина 2025-06-17 Відстань: 134.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 3810.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6569.25 грн
Порожніх км загалом: 191.0 км
Витрати на порожні км: 3676.75 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

=== Ланцюг #10 ===
6225162163325475181 2025-06-13 Київ + Річне Нале Відстань: 377.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 6485.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6485.25 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #11 ===
25163102834789256 2025-06-13 Київ + Запоріжжя Нале Відстань: 556.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 1651.0 грн
25163105011563350 2025-06-14 Запоріжжя + Цибулів Нале Відстань: 537.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4572.75 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6223.75 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцюг #12 ===
6225162114754318022 2025-06-13 Київ + Харків Нале Відстань: 480.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 5670.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 5670.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

=== Ланцег #13 ===
6225163120533053002 2025-06-13 Київ + Харків None Відстань: 480.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 5070.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 5070.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцег #14 ===
6225161331614031526 2025-06-13 Ужгород + Гнівань None Відстань: 233.0 (Пусті: 332.5 км, Вартість: 6400.62 грн) Прибуток: 4024.13 грн
6225076162030264895 2025-06-16 Гнівань + Христинівка 2025-06-20 Відстань: 109.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 1309.75 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 5333.88 грн
Порожніх км загалом: 332.5 км
Витрати на порожні км: 6400.62 грн

=== Ланцег #15 ===
25161071108832285 2025-06-13 Житомир + Мезова 2025-06-16 Відстань: 760.0 (Пусті: 140.0 км, Вартість: 2695.0 грн) Прибуток: 5182.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 5182.0 грн
Порожніх км загалом: 140.0 км
Витрати на порожні км: 2695.0 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

=== Ланцег #16 ===
25163104414367999 2025-06-13 Бровари + Тернопіль None Відстань: 445.0 (Пусті: 25.0 км, Вартість: 481.25 грн) Прибуток: 892.5 грн
25162163010632359 2025-06-14 Тернопіль + Дніпро 2025-06-17 Відстань: 900.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 1691.0 грн
25162101448445765 2025-06-16 Запоріжжя + Харків 2025-06-18 Відстань: 298.0 (Пусті: 85.0 км, Вартість: 1636.25 грн) Прибуток: 2567.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 5150.75 грн
Порожніх км загалом: 110.0 км
Витрати на порожні км: 2117.5 грн

=== Ланцег #17 ===
6225163000531692197 2025-06-13 Київ + Ізмаїл None Відстань: 710.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4993.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4993.5 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

=== Ланцег #18 ===
25163100821730117 2025-06-13 Київ + Володимир None Відстань: 418.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4733.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4733.5 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

*** Ланцаг #19 ***
6225162202123222403 2025-06-13 Прилуки + Куськ Нале Відстань: 639.0 (Пусті: 149.0 км, Вартість: 2660.25 грн) Прибуток: 451.0 грн
251631146355743504 2025-06-14 Яблунця + Велике Колодно Нале Відстань: 244.0 (Пусті: 180.0 км, Вартість: 3500.5 грн) Прибуток: 2372.5 грн
25162163952106732 2025-06-15 Вільшівці + Бедяка Нале Відстань: 225.0 (Пусті: 83.0 км, Вартість: 1997.75 грн) Прибуток: 1481.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4704.5 грн
Порожніх км загалом: 418.0 км
Витрати на порожні км: 8046.5 грн

*** Ланцаг #20 ***
25163100833071430 2025-06-13 Київ + Тернопіль Нале Відстань: 420.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4695.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4695.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

*** Ланцаг #21 ***
25160140016454362 2025-06-13 Березань + Коломия Нале Відстань: 639.0 (Пусті: 70.0 км, Вартість: 1147.5 грн) Прибуток: -2288.25 грн
25163082519951990 2025-06-14 Бровків-Осада + Гусятин 2025-06-16 Відстань: 189.0 (Пусті: 61.0 км, Вартість: 1174.25 грн) Прибуток: 2997.5 грн
62251622184238487640 2025-06-16 Хоростнік + Івано-Франківськ Нале Відстань: 140.0 (Пусті: 74.0 км, Вартість: 1424.5 грн) Прибуток: 1205.5 грн
25163114953737012 2025-06-17 Івано-Франківськ + Рівне Нале Відстань: 275.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 2729.25 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 6644.0 грн
Порожніх км загалом: 205.0 км
Витрати на порожні км: 3946.25 грн

*** Ланцаг #22 ***
25161132050665826 2025-06-15 Київ + Харків Нале Відстань: 480.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4605.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4605.0 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

*** Ланцаг #23 ***
2516112127857356 2025-06-13 Бровари + Білогір'я Нале Відстань: 354.0 (Пусті: 25.0 км, Вартість: 481.25 грн) Прибуток: 1224.25 грн
25163130819623073 2025-06-14 Венетівка + Київ Нале Відстань: 199.0 (Пусті: 180.0 км, Вартість: 2048.5 грн) Прибуток: 1433.75 грн
62251551651956771988 2025-06-16 Обухів + Вінниця 2025-06-17 Відстань: 241.0 (Пусті: 48.0 км, Вартість: 924.0 грн) Прибуток: 826.75 грн
25162094250602037 2025-06-17 Вінниця + Митища Нале Відстань: 128.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 1086.0 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4576.75 грн
Порожніх км загалом: 179.0 км
Витрати на порожні км: 3445.75 грн

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

```

*** Ланцаг #24 ***
6225163094650670757 2025-06-13 Ворніччів + Київ 2025-06-14 Відстань: 39.0 (Пусті: 39.0 км, Вартість: 730.75 грн) Прибуток: 1338.5 грн
25163122840120173 2025-06-16 Київ + Київ Нале Відстань: 91.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 3218.25 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4576.75 грн
Порожніх км загалом: 39.0 км
Витрати на порожні км: 730.75 грн

*** Ланцаг #25 ***
622516140711665761 2025-06-13 Київ + Балнілля Нале Відстань: 542.0 (Пусті: 0.0 км, Вартість: 0.0 грн) Прибуток: 4476.5 грн

--- ПІДСУМОК ---
Загальний прибуток: 4476.5 грн
Порожніх км загалом: 0.0 км
Витрати на порожні км: 0.0 грн

Process finished with exit code 0

```

Рисунок 2.6 – Продовження рисунку

Таким чином, проведене тестування підтвердило функціональну спроможність програми, відсутність критичних помилок та практичну доцільність результатів, що генеруються системою. Попри складність завдання та обмеженість вхідної інформації, програма продемонструвала стабільну роботу, ефективну обробку великих масивів даних і здатність значно спростити роботу логіста при формуванні маршрутів у динамічному середовищі логістичної біржі.

2.4 Висновок до розділу

У даному розділі було детально розглянуто процес реалізації програмного рішення для автоматизованого формування оптимальних маршрутних ланцюгів вантажних перевезень. Розділ охоплює як постановку задачі, так і конкретні механізми її вирішення шляхом програмної реалізації алгоритму, орієнтованого на максимізацію скоригованого прибутку при дотриманні обмежень логістичної діяльності.

Зокрема, було проаналізовано структуру початкових вхідних даних, систематизовано ключові параметри замовлень, відстаней, географічної інформації та економічних характеристик. На основі цих даних було реалізовано алгоритм, що передбачає послідовну обробку замовлень, розрахунок витрат і прибутку, формування допоміжних файлів для розрахунку відстаней та застосування жадібної логіки для вибору найкращих комбінацій маршрутів.

У результаті тестування було підтверджено працездатність системи, її здатність до масштабованої обробки великих обсягів інформації та релевантність отриманих результатів. Програма формує ланцюги замовлень з урахуванням порожніх пробігів і часових вікон, що дозволяє зменшити нераціональні витрати та полегшити аналітичну роботу логіста.

Таким чином, реалізоване програмне забезпечення підтвердило свою ефективність і доцільність для практичного застосування в умовах логістичних операцій, де швидкість прийняття рішень і оптимальне використання ресурсів мають критичне значення.

ВИСНОВОК

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було реалізовано повноцінне дослідження, спрямоване на вирішення актуальної проблеми оптимізації логістичних маршрутів у сфері вантажних перевезень. Основною метою дослідження було створення інструменту, що дозволяє автоматизувати процес формування прибуткових маршрутних ланцюгів в умовах обмеженої кількості доступного транспорту, часових та економічних обмежень.

У першому розділі було проведено аналіз предметної області та технологічного процесу транспортної логістики на прикладі діяльності логістичного підприємства. Було виявлено ключові фактори, що ускладнюють прийняття ефективних рішень у реальному часі: велика кількість доступних замовлень, часові обмеження на виконання рейсів, значна частка порожніх пробігів між завантаженнями, а також ручний характер ухвалення логістичних рішень.

У другому, спеціальному розділі було реалізовано програмне рішення, яке автоматизує процес пошуку вигідних маршрутів. Було описано алгоритм, який на основі вхідних замовлень, отриманих із логістичної біржі, виконує розрахунок витрат, формує допоміжні таблиці локацій і маршрутів, оцінює порожні пробіги та застосовує жадібний підхід до побудови маршрутних ланцюгів. Особливістю алгоритму є врахування економічних факторів, обмежень добового пробігу та часових вікон для виконання замовлень. На основі скоригованого прибутку кожного рейсу програма формує найбільш вигідні послідовності завантажень.

Результати тестування продемонстрували здатність програми до масштабованої обробки великих обсягів вхідних даних, стабільність роботи, логічну коректність побудованих ланцюгів та потенціал до практичного впровадження в діяльність логіста. Програма дозволяє зменшити кількість неефективних рішень, мінімізувати пусті пробіги та покращити загальну продуктивність автопарку.

Таким чином, у межах дипломної роботи було успішно поєднано теоретичний аналіз предметної області з практичною реалізацією алгоритмічного рішення, що підтверджує можливість застосування сучасних підходів системного аналізу та автоматизованого моделювання для вирішення реальних логістичних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра [Електронний ресурс] : методичні рекомендації для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми «Системний аналіз» зі спеціальності 124 Системний аналіз / уклад.: Т.А. Желдак, Т.В. Хом'як, А.В. Малієнко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 32 с. url: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170863>
2. Транспортна задача лінійного програмування [Електронний ресурс]: mathros.net.ua – Режим доступу: <https://www.mathros.net.ua/transportna-zadacha-matematychna-postanovka-zadachi.html>
3. Route Optimization [Електронний ресурс]: basarsoft.com.tr – Режим доступу: <https://www.basarsoft.com.tr/en/route-optimization/>
4. Жадібні алгоритми [Електронний ресурс]: ua5.org – Режим доступу: <https://ua5.org/algorithm/1909-zhadibni-alyorytmy.html>
5. Жадібні алгоритми [Електронний ресурс]: devzone.org.ua – Режим доступу: <https://devzone.org.ua/post/zadibni-alyorytmy>
6. Дослідження операцій [Електронний ресурс]: sci.ldubgd.edu.ua – Режим доступу: https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/10692/1/ДОуТС_правка%20-%20копія.pdf
7. Greedy algorithm [Електронний ресурс]: ir.lib.vntu.edu.ua – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/12185/Greedy%20algorithm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Як написати парсер сайту на Python [Електронний ресурс]: mate.academy – Режим доступу: <https://mate.academy/blog/python/python-web-parser/>
9. API для розробників [Електронний ресурс]: bank.gov.ua – Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/open-data/api-dev>
10. Python Greedy Algorithm [Електронний ресурс]: stackoverflow.com – Режим доступу: <https://stackoverflow.com/questions/19558769/python-greedy-algorithm>
11. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом України [Електронний ресурс]: zakon.rada.gov.ua – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98#n18>

12. Сучасні підходи до оцінки ефективності діяльності підприємства [Електронний ресурс]: core.ac.uk – Режим доступу: <https://core.ac.uk/reader/162887641>

Коряшкіна, Л. С., Станіна, О. Д., & Шевченко, Ю. О. (2024). Практикум з диференційних рівнянь. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167658>

13. Козар, Л. М. Методи транспортної логістики [Текст] : навч. посіб. / Л. М. Козар, Є. В. Романович, Г. М. Афанасов. – Х. : УкрДАЗТ, 2015. – 174 с., рис. 22, табл. 119, бібліогр.: 30 назв.

14. Закон України «Про автомобільний транспорт» [Електронний ресурс]: zakon.rada.gov.ua – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>

15. Транспорт України Transport of Ukraine [Електронний ресурс]: ukrstat.gov.ua – Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/10/zb_Trans_22.pdf

16. Коряшкіна Л.С. Практикум з диференційних рівнянь [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Л.С. Коряшкіна, О.Д. Станіна, Ю.О. Шевченко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» - Дніпро : НТУ «ДП», 2024 – 178 с. Режим доступу: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167658> (дата звернення 08.03.2025)

17. Шевченко, Ю.О., 2022. Обробка і аналіз даних з використанням електронних таблиць. Частина I «Обробка даних». url: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162623> (дата звернення 08.03.2026)

Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення				Найменування	Кількість аркушів	Примітки		
1									
2					Документація				
3									
4	САУ.КР.25.48.ПЗ				Пояснювальна записка	61	Формат А4		
5									
6					Демонстраційний матеріал	13	Презентація на CD-R		
7									
8					Копія роботи	1	Диск CD-R		
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.25.48.ДА.ПЗ.				
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Суздальєв О.О.				Матеріали кваліфікаційної роботи	Літ.		Аркуш	Аркушів
К. розд.	Коряшкіна Л.С.								
Керівн.	Коряшкіна Л.С.								
Н.контр.	Хом'як Т. В.								
Зав. каф.	Желдак Т. А.								
						НТУ «ДП», 12; 124-21-1			