

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної,  
інформаційної та транспортної інфраструктури  
Кафедра транспортних систем і логістики

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

бакалавра

на тему **Оптимізація вибору типу транспортного засобу у  
операційній діяльності логістика**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЛОГІС2020-2  
спеціальності 073 «Менеджмент»,  
освітньої програми «Логістика»

Дігтяр Є. М.

Керівник Галкін А. С.

Рецензент Левада В. П.

Харків - 2024 року

Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова

Навчально-науковий інститут енергетичної,  
інформаційної та транспортної інфраструктури  
Кафедра Транспортних систем і логістики  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки 073 «Менеджмент» освітньої програми «Логістика»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

доц. Квш І. \_\_\_\_\_

“ ” 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Дігтяр Євген Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Оптимізація вибору типу транспортного засобу у операційній діяльності логістика

керівник проекту (роботи) Галкін А. С., д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” 04 2024 р. № 345-03

Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2024

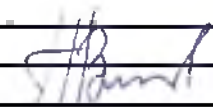
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Параметри учасників логістичної системи. Параметри матеріалопотоку. Параметри району розміщення логістичної системи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Теоретичні аспекти оптимізації вибору типу транспортного засобу. Моделювання логістичної системи просування матеріального потоку. Проектування параметрів логістичного процесу просування матеріального потоку. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Основні положення і результати роботи представлені у електронному вигляді з використанням офісного пакету Power Point

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Доц. Прасоленко О. В.		

7. Дата видачі завдання 29.04.2024

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Дослідження оптимізації вибору типу транспортного засобу	29.04.2024	
2.	Моделювання системи просування матеріального потоку	15.05.2024	
3.	Проектування параметрів логістичного процесу	29.05.2024	
4.	Оформлення пояснювальної записки	12.06.2024	

Студент

  
(підпис)

Дігтяр Є. М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Галкін А. С.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота – 84 стор., 22 рис., 23 табл., 14 джерел.

Об’єкт дослідження – транспортна система вантажних перевезень.

Мета роботи: оптимізація вибору типу транспортного засобу у операційній діяльності логістика.

Метод дослідження: аналітичний, математичний.





Отримані результати: змодельовано три сценарії просування матеріального потоку. Визначено економічні показники. Визначено сценарій який забезпечує мінімальні витрати. Також було прийнято рішення щодо розподілу і закріплення споживачів між інсорсінгом та аутсорсінгом.

Рекомендації з впровадження: розроблені моделі можуть бути впроваджені при проектуванні логістичного процесу просування матеріального потоку.

МАРШРУТИЗАЦІЯ, ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ, ОБСЯГ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ, СОБІВАРТІСТЬ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ТИПУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ.....	7
1.1 Вибір вантажопідйомності транспортного засобу.....	7
1.2 Аналіз методів оптимізація маршрутів доставки вантажів.....	10
1.3 Поняття і принципи моделей дискретного вибору.....	17
1.4 Висновки по розділу.....	22
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОСУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ.....	23
2.1 Характеристика ланцюга постачань.....	23
2.2 Формування вхідних даних.....	25
2.3 Постановка проблеми.....	33
2.4 Висновки по розділу.....	38
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛОГІСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОСУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ.....	39
3.1 Проектування схем розвезення залежно від вантажопідйомності транспортного засобу.....	39
3.2 Визначення економічних показників процесу перевезення.....	52
3.3 Визначення економічних показників процесу зберігання.....	61
3.4 Визначення оптимальної схеми просування матеріального потоку за різних технології товаро просування в логістичному ланцюзі.....	65
3.5 Аналіз отриманих даних.....	68
3.6 Прийняття рішення щодо розподілу і закріплення споживачів між інсорсінгом та аутсорсінгом.....	78
3.7 Висновки по розділу.....	80
ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	83

					<i>ННІЕІТІ ТСЛ ЛОГІС2020-2 ЛОГІС ХХХ...Х ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дігтяр Є. М.</i>			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Галкін А. С.</i>				д   р   д	4	84
<i>Н. контр.</i>		<i>Бурко Д.Л.</i>			<i>ХНУМГ</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Куш Є. І.</i>						

## ВСТУП

У сучасному все більш глобалізованому світі логістика є ключовим компонентом успіху компанії. Підвищення конкуренції, збільшення попиту клієнтів на швидкість і надійність поставок, а також необхідність скорочення витрат обумовлюють важливість оптимізації логістичних процесів, особливо вибору автомобіля. Успішний вибір автомобіля може мати значний вплив на загальну ефективність логістики, зниження витрат, збільшення швидкості доставки та зменшення впливу на навколишнє середовище. Саме тому вивчення методів і критеріїв оптимізації вибору транспортного засобу вкрай важливо.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ТИПУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

### 1.1 Вибір вантажопідйомності транспортного засобу

Одним з критеріїв ефективності процесу перевезення вантажів є повне задоволення потреб клієнтів транспортного обслуговування з високим рівнем якості, який можна визначити на основі показників ефективності. Під ефективністю процесу транспортування товарів розуміється відношення результату діяльності цього процесу до витрат, понесених для його реалізації. При цьому практично неможливо управляти дохідною частиною перевезення, тому підвищення ефективності досягається за рахунок зниження витрат. Для цього використовуються такі підходи, як маршрутизація перевезень, вибір марки автомобіля і інші [1].

Було сказано, що вибір вантажопідйомності транспортного засобу є одним з найважливіших аспектів в організації транспортно-логістичних операцій. Правильний вибір вантажопідйомності забезпечує оптимальне використання ресурсів, зниження витрат і безпечне транспортування. І для того щоб вибрати потрібну вантажопідйомність транспортного засобу потрібно наступні кроки та елементи. Основні кроки при виборі ємності:

#### 1. Аналіз вантажів

- Характеристики вантажу: тип (насипне, розривне навантаження, частина, контейнерна), вага, обсяг, габарити, фізико-хімічні властивості.
- Умови транспортування: вимоги до температури, вологості, ударостійкості і вібростійкості.
- Упаковка і маркування: характеристики упаковки, необхідність спеціального маркування і відповідність вимогам безпеки.

## 2. Вибір типу автомобіля

- Типи транспортних засобів: вантажівки, вагони, судна, літаки.
- Технічні характеристики: вантажопідйомність, обсяг вантажу, конструкція кузова, наявність спеціального обладнання (наприклад, кранових балок, холодильних установок).

## 3. Оцінка логістичних параметрів

- Транспортний маршрут: відстань, дорожні умови, наявність перевантажувальних пунктів.
- Час в дорозі: швидкість доставки, можливість відповідати графіку.
- Додаткові витрати: витрати на паливо, дорожні збори, митні збори та інші податки.

Природно-кліматичні умови, партійність перевезень, характер і структура вантажопотоку, дорожні умови, забезпечення безпеки руху є також критеріями вибору оптимального вантажного автомобіля [2, 4].

Основні фактори, що впливають на вибір транспортної ємності:

### 1. Вага вантажу

- Транспортна ємність транспортного засобу повинна бути рівною або більшою, ніж загальна вага вантажу, щоб уникнути перевантаження і забезпечити безпечний транспорт.

### 2. Обсяг вантажу

- Обсяг вантажного відсіку транспортного засобу повинен бути достатнім для розміщення всього вантажу. Більші, але менш важкі навантаження (меблі, текстиль тощо) вимагають транспортного засобу з більшим об'ємом навантаження.

### 3. Розміри вантажу

- Розміри вантажу повинні відповідати внутрішнім розмірам вантажного відсіку транспортного засобу. Негабаритний вантаж вимагає наявності спеціальних транспортних засобів або додаткових дозволів.

#### 4. Тип вантажу

- Сипучі товари: потрібен самоскид або автоцистерна.
- Наливні вантажі: потрібні автоцистерни.
- Контейнерні вантажі: використовуються контейнеровози або залізничні платформи.

- Товари частинами: підходять різні типи вантажних автомобілів або вагонів.

#### 5. Дорожні умови.

- Дорожні умови та їх адаптація до великовантажних транспортних засобів. Наприклад, використання всюдиходів необхідно в умовах складної місцевості.

#### 6. Економічні аспекти

- Транспортні витрати: вибір корисного навантаження може мінімізувати транспортні витрати при максимізації ефективності автомобіля.
- Витрати на технічне обслуговування та ремонт: важкі транспортні засоби можуть бути дорогими для обслуговування та ремонту.

#### 7. Правові обмеження.

- Дотримання нормативних актів щодо гранично допустимого корисного навантаження транспортних засобів на певних дорогах або в певних районах.
- Вимоги безпеки для транспорту, зокрема для небезпечних вантажів.

#### 8. Екологічні вимоги

- Враховуються вимоги до викидів шкідливих речовин і рівня шуму. Дотримання правових норм і вимог замовника може вимагати використання екологічно сумісних транспортних засобів.

Правильний вибір ємності транспортного засобу базується на комплексному аналізі всіх перерахованих вище факторів, що забезпечує ефективність, безпеку та економічну спроможність транспорту.

Визначення раціональної транспортної системи, яка б дозволила знизити транспортні витрати, може бути досягнуто шляхом використання сучасних методів і підходів до організації цього процесу.

При цьому вченими пропонується визначати витрати на перевезення з врахуванням виду транспортних засобів, що використовуються, відстані перевезення, витрат на виконання вантажно-розвантажувальних робіт, витрат, пов'язаних з пошкодженням, втратою вантажу, з порушенням терміну поставки та ін. [2, 3].

Під раціональною схемою розвезення вантажів розуміється формування маршрутів, вибір транспортного засобу і визначення інтервалів поставок, які давали б найбільшу ефективність перевізного процесу. Зниження витрат на перевезення є основною задачею підвищення ефективності транспортного процесу [5, 6].

## **1.2 Аналіз методів оптимізація маршрутів доставки вантажів**

Оптимізація маршрутів доставки вантажів є важливим аспектом планування логістики, що знижує витрати, підвищує ефективність та покращує обслуговування клієнтів. Ключові методи оптимізації маршруту включають як традиційні алгоритми, так і сучасні підходи з використанням штучного інтелекту та машинного навчання.

Зображено схему класичних методів і сучасні підходи з використанням штучного інтелекту щодо оптимізації маршрутів (рис. 1.1).

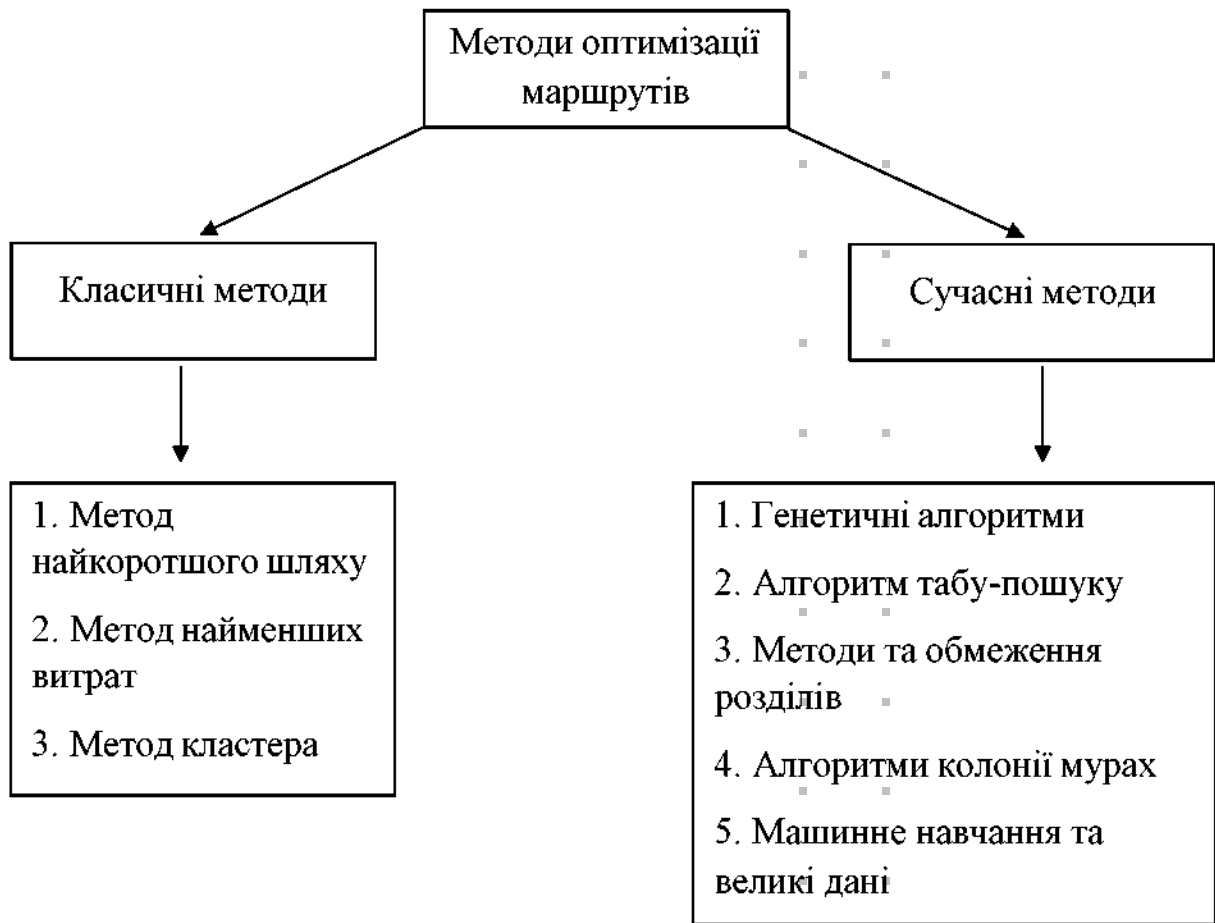


Рисунок 1.1 – Методи оптимізації маршрутів на основі

Класичні методи оптимізації маршрутів:

1. Метод найкоротшого шляху

Існує декілька методів побудови найкоротшого шляху для перевезень, серед яких [7]:

- Алгоритм Дейкстри: визначає найкоротший шлях між точкою в графі і всіма іншими точками. Він використовується в мережах, чиї крайові ваги не негативні. Він працює шляхом поетапного додавання вузлів до множини відвіданих, поступово зменшуючи відстань до всіх інших вузлів.

- Алгоритм Флойда-Уоршелла: визначає найкоротший шлях між усіма парами вершин у графі. Він підходить для графів, чиї крайові ваги додатні і

негативні. Він працює шляхом ітераційного оновлення матриці відстаней між вершинами.

- Алгоритм A\* (A-star): цей алгоритм використовується для побудови найкоротшого шляху між двома точками в графі з вагами на ребрах та оцінками відстаней до кінцевої точки. Він працює шляхом обчислення евристичної оцінки відстані до кінцевої точки та знаходження найкоротшого шляху від початкової точки до точок з найменшою оцінкою.

## 2. Метод найменших витрат

- Враховується відстань, вартість палива, платні дороги і зусилля водія.
- Транспортна проблема: модель, яка оптимізує перевезення вантажів від декількох постачальників до декількох споживачів при мінімальних витратах.

## 3. Метод кластера

- Алгоритм K-means: групує точки доставки в кластери і мінімізує загальну відстань між точками всередині кожного кластера.
- Алгоритм DBSCAN (просторова кластеризація додатків на основі щільності з шумом): групує точки відповідно до їх щільності і дає можливість ідентифікувати кластери різних форм і розмірів.

Методи штучного інтелекту та сучасні підходи:

### 1. Генетичні алгоритми

- Вони імітують природний процес відбору, використовуючи операції кросовера, мутації та відбору для пошуку оптимальних або майже оптимальних рішень складних задач маршрутизації.

- Вони використовуються для мандрівних питань постачальника та інших питань планування маршруту.

Вперше запропонований Джоном Холландом у 1975 році даний метод заснований на ідеях спадковості в біологічних популяціях. У генетичних алгоритмах кожна окрема особина представляє собою потенційне рішення певної проблеми. Вона кодується рядком генів, або ж хромосом. Більшість

особин становлять популяцію. Пошук оптимального рішення задачі відбувається шляхом еволюції популяції – послідовного перетворення одного набору кінцевих рішень в інший набір 28 використовуючи генетичні оператори репродукції й мутації. Більша ефективність роботи за більшої кількості зовнішніх впливів можлива через наявність у генетичних алгоритмів цілої «популяції» рішень [8].

## 2. Алгоритм табу-пошуку

- Використовує структури пам'яті для зберігання заборонених рішень (табу), уникнути мінімуму і шукати загальне оптимальне рішення.

- Він використовується для введення обмежень і поліпшення існуючих маршрутів.

Алгоритм табу-пошуку в основному використовується для вирішення задач комбінаторної оптимізації. Це ітеративний алгоритм пошуку, який характеризується використанням гнучкої пам'яті. Основна ідея методу табу-пошуку полягає в зберіганні та використанні інформації про попередньо оцінені рішення й уникання повторного переходу до цих рішень. Інформація про заборонені рішення зберігається у "табу-списку" і містить заборонені кроки, які не можуть виконуватися протягом певного періоду часу. Процес табу-пошуку включає вибір початкового рішення, створення початкового табу-списку, пошук оптимальніших рішень, оновлення табу-списку та оцінювання кращого зі знайдених рішень. Алгоритм може виконувати кілька ітерацій, змінюючи рішення та оновлюючи табу-список на кожному кроці. Метою є пошук оптимального рішення, яке мінімізує визначену функцію вартості або задовольняє інші критерії оптимальності з урахуванням обмежень [9].

## 3. Методи та обмеження розділів

- Розділяє проблему на підзадачі, кожна з яких вирішується окремо, а потім об'єднується.

- Цей метод використовується для складних комбінаторних задач, таких як комівояжера з вікнами часу (TSPTW).

#### 4. Алгоритми колонії мурах

- Вони моделюють поведінку мурашок у пошуках їжі та оптимального маршруту.

- Вони використовуються для мандрівних задач продавця та інших задач оптимізації маршруту.

Цей метод є одним з найбільш ефективних поліноміальних алгоритмів для апроксимації циклічних задач постачальника та інших задач оптимізації. Алгоритм розробив бельгійський дослідник Марко Дріго. Цей підхід базується на поведінковій моделі мурашки, яка шукає їжу в колонії.

#### 5. Машинне навчання та великі дані

- Використовуйте історичні дані для прогнозування руху транспорту, затримок та інших факторів, що впливають на маршрут.

- Алгоритми машинного навчання можуть вчитися на даних і постійно покращувати маршрути в режимі реального часу.

Зображено схему практичних аспектів оптимізації маршрутів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Практичні аспекти оптимізації маршрутів

## Практичні аспекти оптимізації маршрутів:

### 1. Розглянемо фактичні умови

- Рух і погодні умови: дані про рух і погоду можуть мати значний вплив на вибір маршруту. Використання реальних даних допоможе уникнути пробок і небезпечних зон.

- Доступність доріг: деякі дороги можуть бути закриті для вантажних автомобілів або в певний час доби.

### 2. Розгляд вимог клієнта

- Терміни доставки: багато клієнтів мають конкретні вимоги часу доставки, які повинні бути враховані при плануванні маршрутів.

- Пріоритет замовлення: деякі замовлення мають більш високий пріоритет і можуть вимагати більш швидкої доставки.

### 3. Економічна ефективність

- Оптимізація витрат: вибір маршрутів, які мінімізують загальні транспортні витрати, включаючи паливо, зарплату водія, плату за проїзд тощо.

- Зменшити порожні поїздки: оптимізувати маршрути, щоб зменшити порожні поїздки і максимізувати використання автомобіля.

### 4. Технологічні рішення

- GPS і системи стеження: використовуйте GPS трекери і системи стеження для моніторингу трафіку і коригування маршрутів в режимі реального часу.

- Система управління транспортом (TMC): інтегрована система, яка автоматизує процес планування, моніторингу та оптимізації маршрутів.

Оптимізація маршрутів доставки вантажів - це складний процес, який враховує безліч факторів і вимагає застосування різних методів і технологій. Використання сучасних інструментів підвищує ефективність перевезень, знижує витрати і покращує обслуговування клієнтів.

Створюючи оптимізовані маршрути, ви можете точно знати, скільки вантажу ви перевозите і скільки транспортних засобів вам потрібно, допомагаючи скоротити час простою автомобіля і транспортні витрати. Таким чином, розробка оптимальних маршрутів транспортування сприяє надійній і своєчасній доставці вантажів в кінцеве місце споживання при одночасному придушенні впливу негативних факторів. Вчені всього світу розробляють нові методи оптимізації, удосконалюють існуючі методи і надають більш ефективні алгоритми пошуку оптимальних транспортних шляхів.

Метод Кларка-Райта належить до числа наближених, ітераційних методів і призначається для комп'ютерного рішення задачі розвезення. Похибка рішення не перевершує в середньому 5-10%. Головною перевагою використання цього методу є простота, надійність і гнучкість, що дозволяє враховувати цілий ряд додаткових факторів, що впливають на кінцеве рішення задачі. Метод Кларка Райта передбачає вирішення задачі маршрутизації перевезень по розвізним або збірним маршрутам. У статті запропоновано застосувати цей метод для вирішення задачі маршрутизації розвізно-збірних маршрутів [8].

Найпростішим методом вирішення задачі найбільш оптимального маршруту доставки вантажу зі складу виробника послідовно до кожного кінцевого споживача транспортним засобом є метод перебору всіх можливих варіантів маршруту і знаходження мінімальну загальну відстань пробігу автотранспорту. Проте кількість можливих варіантів доставки росте з ростом кількості кінцевих споживачів. Залежність числа можливих варіантів маршрутів перевезення товарів від кількості кінцевих споживачів ( $n$ ) має вигляд  $(n-1)$ . Тому такий метод є громіздким, займатиме багато часу і кінцевий результат може бути не точним [10].

Вперше запропонований Джоном Холландом у 1975 році даний метод заснований на ідеях спадковості в біологічних популяціях. У генетичних алгоритмах кожна окрема особина представляє собою потенційне рішення

певної проблеми. Вона кодується рядком генів, або ж хромосом. Більшість особин становлять популяцію. Пошук оптимального рішення задачі відбувається шляхом еволюції популяції – послідовного перетворення одного набору кінцевих рішень в інший набір 28 використовуючи генетичні оператори репродукції й мутації. Більша ефективність роботи за більшої кількості зовнішніх впливів можлива через наявність у генетичних алгоритмів цілої «популяції» рішень [11].

### 1.3 Поняття і принципи моделей дискретного вибору

Моделі дискретного вибору ґрунтуються на мікроекономічній теорії, що визначає таку поведінку індивідуума, при якій він завжди обирає із заданої множини альтернатив ту, яка створює максимальну корисність [12].

Дискретні моделі вибору використовуються для аналізу та прогнозування рішень, прийнятих окремими особами при виборі між обмеженою кількістю альтернатив. Вони використовуються в таких областях, як економіка, транспорт, маркетинг і охорона здоров'я. Основні поняття і принципи цих моделей:

Зображено схему ключових понять дискретної моделі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Ключові поняття дискретного вибору

Ключові поняття:

1. Альтернативи

- Кінцевий набір варіантів, які людина може вибрати. Наприклад, вибір виду транспорту (автобус, поїзд, автомобіль) для поїздки.

2. Утиліта

- Вимірює задоволення або користь, яку людина отримує від вибору конкретного варіанту. Утиліта, як правило, виражається як функція, яка включає в себе різні характеристики вибору і індивідуума.

3. Функція утиліти

- Математична функція, яка визначає корисність кожного варіанту. Це залежить від різних факторів, таких як вартість, час і комфорт.

4. Ймовірність вибору

- Ймовірність того, що людина вибере певний варіант з безлічі доступних альтернатив. Дискретні моделі вибору можуть бути використані для визначення цієї ймовірності.

5. Випадкові компоненти

- Частина моделі, яка розглядає випадкові і неспостережувані фактори, що впливають на вибір. Випадковий компонент зазвичай моделюється додаванням випадкового шуму до функції утиліти.

Ці поняття є основою аналізу дискретного вибору та використовуються в різних галузях, включаючи економіку, маркетинг та планування трафіку.

Ключові поняття, такі як альтернативи, утиліта, функція утиліти, ймовірність вибору та випадкові компоненти, дозволяють точно описувати та прогнозувати поведінку користувачів.

Зображено схему принципи дискретного вибору (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – принципи дискретного вибору

Принципи дискретного вибору моделей:

1. Максимізація утиліти

- Люди вибирають альтернативу, яка максимізує їх корисність. Це основний принцип дискретної моделі вибору.

2. Логіт Модель

- Це одна з найпоширеніших дискретних моделей вибору. Вона заснована на припущенні, що випадкові компоненти корисності розподілені за логістичним законом.

3. Поліноміальна модель логіту (MNL)

- Узагальнення логітної моделі, коли існує більше трьох альтернатив. Це дозволяє одночасно враховувати кілька факторів, які впливають на вибір.

4. Принцип випадковості

- Випадкова складова (помилка) моделюється з урахуванням невідомих або неспостережуваних факторів, які впливають на рішення індивіда. Це робить модель більш гнучкою і реалістичною.

#### 5. Калібрування моделі

- Процес коригування параметрів моделі на основі емпіричних даних. Це дозволяє моделі отримувати більш точні прогнози щодо вибору.

Зображено схему типи моделей дискретного вибору (рис. 1.5).

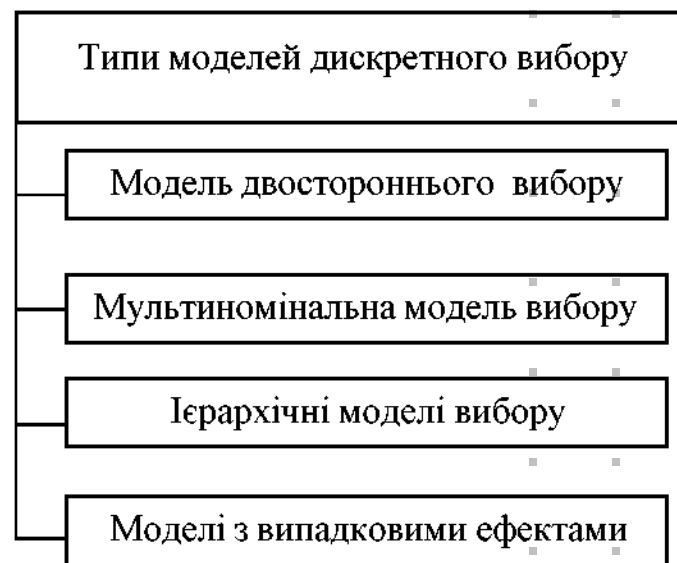


Рисунок 1.5 – Типи моделей дискретного вибору

Типи моделей дискретного вибору:

#### 1. Модель двостороннього вибору

- Використовується, коли людина має вибирати між двома альтернативами. Прикладом може бути вибір між купівлею або відмовою від купівлі товару.

#### 2. Мультиномінальна модель вибору

- Використовується для аналізу вибору між двома або більше альтернативами. Прикладом є вибір виду транспорту.

### 3. Ієрархічні моделі вибору (Nested Logit)

- Модель, яка може враховувати взаємозв'язки між групами альтернатив.

Наприклад, вибір між громадським та приватним транспортом.

### 4. Моделі з випадковими ефектами (Mixed Logit)

- Вдосконалення логіт-моделі. Це дозволяє враховувати різні розподіли випадкових компонентів для різних осіб або альтернатив.

Практичне застосування дискретних моделей вибору:

#### 1. Планування перевезень

- Вибір виду транспорту, маршруту або часу в дорозі. Дискретні моделі вибору можуть допомогти прогнозувати попит на різні види транспорту і планувати розвиток транспортної інфраструктури.

#### 2. Маркетинг і поведінка споживачів

- Вибір товару або бренду. Компанії використовують дискретні моделі вибору для аналізу споживчих переваг і розробки маркетингових стратегій.

#### 3. Охорона здоров'я

- Вибір послуги або постачальника медичних послуг. Це допомагає планувати медичні послуги та оцінювати попит на різні види лікування.

#### 4. Політичні та соціальні дослідження

- Голосувати або вибрати партію. Проаналізовано вплив різних факторів на політичні уподобання виборців.

Дискретні моделі вибору є потужним інструментом для аналізу та прогнозування прийняття рішень у ситуаціях, коли кількість варіантів обмежена. Вони враховують різні фактори, які впливають на вибір, і надають точні прогнози, які можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень у різних галузях промисловості.

## 1.4 Висновки по розділу

Вибір вантажопідйомності транспортного засобу є важливим етапом логістичного процесу і вимагає ретельного аналізу і врахування різних факторів. Детальне вивчення характеристик вантажу, таких як вага, обсяг, тип і габарити, допоможе підібрати найбільш підходящий транспортний засіб. Необхідно враховувати економічні та юридичні аспекти, а також логістичні параметри, такі як вибір маршруту та тривалість подорожі. Забезпечення відповідності обраного транспортного засобу характеристикам вантажу дозволяє уникнути зайвих витрат і забезпечити безпечний і ефективний транспорт.

Оптимізація маршрутів доставки товарів відіграє важливу роль в ефективності та економічних вигодах логістичних компаній. Поглиблений аналіз класичних методів, таких як алгоритми найкоротшого шляху і методи найменших витрат, а також використання сучасних технологій і методів штучного інтелекту, дозволяють створити оптимальний маршрут. Для успішної оптимізації маршрутів доставки важливо враховувати фактичну ситуацію, вимоги замовника, прибутковість і використання технологічних рішень.

Дискретні моделі вибору є потужним інструментом для аналізу та прогнозування рішень у ситуаціях, коли люди обирають між обмеженою кількістю альтернатив. Вони базуються на поняттях корисності, функцій корисності та ймовірності вибору. Використання дискретних моделей вибору в різних областях, таких як планування транспорту, маркетинг, охорона здоров'я та дослідження політики, дозволяє проводити точний та ефективний аналіз та прогнозування рішень. Важливо враховувати принципи максимізації корисності, використання логіт-моделей і їх розширення, а також практичне застосування цих моделей для прийняття обґрунтованих рішень в різних ситуаціях.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОСУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ

#### 2.1 Характеристика ланцюга постачань

Наразі логістичні системи функціонують за допомогою транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання. Постачальник знаходиться в місті Харків. Таким чином в роботі пропонується наступні завдання:

1. Визначити доцільність застосування розподільчого центру
2. Визначити вантажівку до її техніко-економічних характеристик для виконання доставки в місті Харків.

Розподільчі центри - це об'єкти, розташовані поблизу зони доставки, які використовуються як інфраструктура для зберігання та консолідації товарів.

Розподільчі центри використовуються для сортування, змішування та зберігання товарів. Системи розподілу з розподільчими центрами більш успішні в малих і середніх містах, що складаються з одного вузла, невеликих районів, розташованих близько до околиць міста.

Методи вибору розташування розподільчого центру. Розташування розподільчих центрів має вирішальне значення для успіху і прибутковості міських логістичних систем, оскільки вони повинні бути близько до центру міста. Оптимізація розташування розподільчих центрів та ефективне розміщення транспортних засобів у місті може зменшити витрати.

Для аналізу буде використано традиційний метод доставки. З традиційним методом використовується метод загальних суспільних витрат. Загальні суспільні витрати складаються з витрат логістичного ланцюга на виконання доставки та екстернальних витрат внаслідок такої організації дозволяє комплексно оцінити

різні сценарії сталого розвитку. Сценарій з мінімальними загальними суспільними витратами доцільний для впровадження.

Оцінка моделі вантажівок з двигуном внутрішнього згорання відбувається на основі загальних витрат на доставку. Витрати на доставку формуються на основі постійних та змінних витрат, які формуються під впливом вантажопідйомності та витрат палива. Незалежні змінні та постійні змінні, використані для моделі порівняння функції витрат, були отримані шляхом збору даних та огляду літератури.

Було змодельовано три сценарії доставки для порівняння компромісів між вартістю маршруту доставки, здійснюваної вантажівкою. Їх характеристика наведена далі:

Сценарій 1: Використання крану-маніпулятора (MAN TGA 26.412, 2001 р., 15 т) для розвезення вантажів до магазинів.

Сценарій 2: Використання тентованої бортової вантажівки (MAN 23.414, 1999 р., 13 т) для розвезення вантажів до магазинів.

Сценарій 3: Використання бортової вантажівки (Hyundai HD 120, 2011 р., 8 т) для розвезення вантажів до магазинів.

Зміни в сценаріях можуть вплинути на те, який вид транспорту є найбільш економічно ефективним для доставки. На рисунку 2.1 зображена діаграма незалежних змінних, що розглядаються в цьому дослідженні.

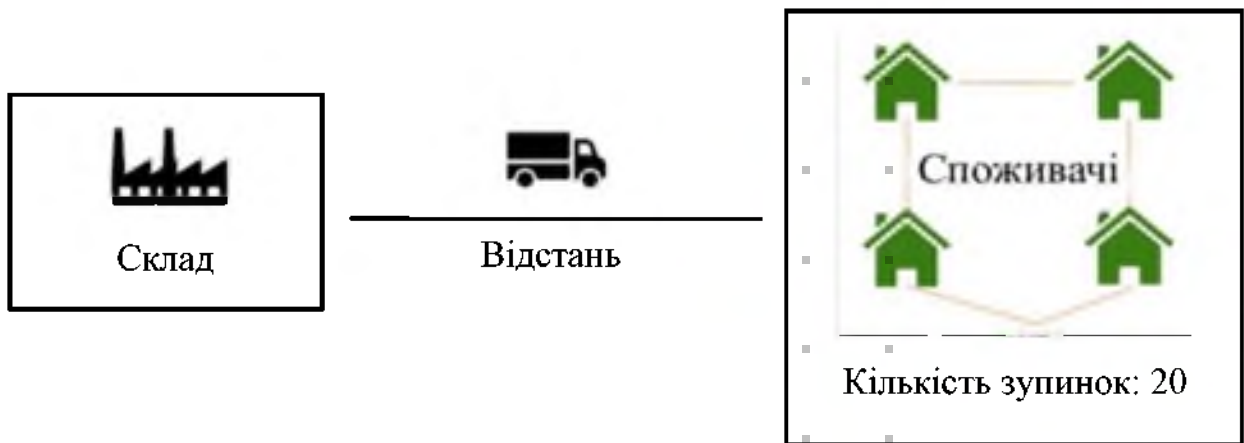


Рисунок 2.1 – Діаграма незалежних змінних

Значення, вказані для безперервних змінних, отримані в процесі збору даних дослідження і позначені для відображення типових міських перевезень. Значення, вказані для кожної безперервної змінної, базуються на інформації, отриманій під час спостережень за кур'єрськими компаніями, і слугують проксі для характеристик доставки, характерних для густонаселених міст.

## 2.2 Формування вхідних даних

Модель застосовується до досліджуваної території міста Харкова для перевірки впливу вантажівок на доставку в районах міста Харкова. Територія аналізу визначається як місто Харків. Аналіз зосереджений на одному розподільному центрі, дислокація зображена на (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Дислокація розподільчого центру в логістичній системі

Координати місця знаходження і адреса розподільчого центру логістичної системи наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Координати місця знаходження і адреса розподільчого центру логістичної системи

Розподільчий центр	Адреса	Поштовий індекс	Довгота	Широта
1	вул. Переможців ба	61000	36.1739344	49.9760671

На другому етапі формування вхідних даних визначаємо дислокацію учасників логістичної системи просування матеріального потоку (рис. 2.3).

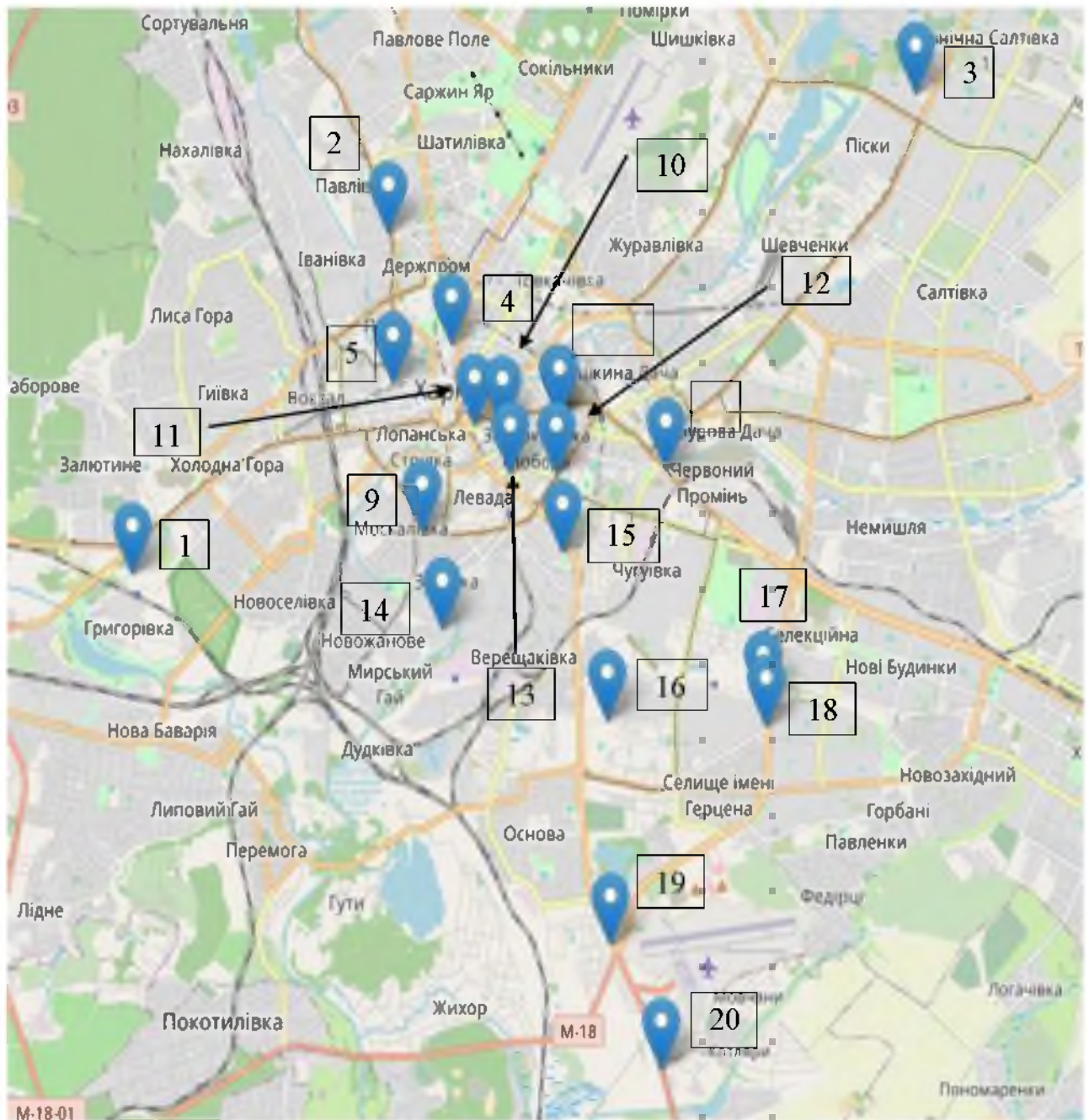


Рисунок 2.3 - Дислокація кожного учасника логістичної системи

Координати місця знаходження і адреса кожного визначеного учасника логістичної системи наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Координати місця знаходження і адреса кожного визначеного учасника логістичної системи

Номер магазину	Адреса	Поштовий індекс	Довгота	Широта
1	2	3	4	5
1	Gagarina 352	61000	36.2778978	49.9100473
2	Heroes of Labour 9-A	61168	36.3345300	50.0276923
3	Gagarina 318-b	61080	36.2666523	49.9251820
4	Klochkovskaya 119-a	61000	36.2172021	50.0107379
5	Chuvash 3	61177	36.1599578	49.9697128
6	Molochnaya 28	61085	36.2545522	49.9819305
7	Heroes of Kharkiv 118	61001	36.2789007	49.9822920
8	Lev Landau 149	61000	36.3003945	49.9542543
9	Kirghizskaya 19	61000	36.3013688	49.9514227
10	Zernova 51a	61000	36.2657451	49.9521426
11	Selianska 124	61000	36.2292463	49.9631957
12	Gagarin 80	61000	36.2558122	49.9723456
13	Gagarin 12	61000	36.2441040	49.9820044
14	Kovalska 1	61050	36.2425584	49.9873670
15	Heroes of Kharkiv 75	61050	36.2549063	49.9888350
16	Military 5	61000	36.2550608	49.9888147
17	Rymarska 19	61000	36.2310604	49.9973683
18	Piskunivska 4	61000	36.2182264	49.9927410
19	Cooperative 18	61000	36.2363048	49.9877593
20	Ukrainian 1	61000	36.2247891	49.9747826

На наступному етапі відповідно до завдання до дипломної роботи визначаємо обсяг добової реалізації матеріального потоку кожного пункту збуту (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Обсяг добового завезення до споживачів

Номер магазину	Обсяг добової реалізації, піддони	Вага, кг
1	5	7000
2	5	7000
3	4	5600
4	4	5600
5	3	4200
6	1	1400
7	2	2800
8	1	1400
9	2	2800
10	1	1400
11	2	2800
12	1	1400
13	2	2800
14	2	2800
15	2	2800
16	1	1400
17	1	1400
18	2	2800
19	1	1400
20	1	1400

Товар, який буде розвозитися матеріальним потоком логістичною системою це цемент. Номенклатура цементу наведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Номенклатура цементу

Марка	Фірма	Вага, кг
ПЦ М400	Heidelberg cement	25

Дизайн і розміри на (рис. 2.4)



Рисунок 2.4 – Дизайн і розміри цементу Heidelberg cement

Для виконання процесу розвезення матеріального потоку логістичної системою виконуємо підбір транспортних засобів різної вантажопідйомності наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики вантажівок

Параметри	Значення		
Модель	MAN TGA 26.412	MAN 23.414	Hyundai HD 120
Тип	Кран- маніпулятор	Тентований- бортовий	Бортовий
Тип палива	дизель	дизель	дизель
Розхід палива, л	15	12	10
Швидкість, км/год	80	80	110
Вантажопідйомність, т	15	13	8

Характеристики вантажівок, дизайн та розміри наведені на рис. 2.5 - 2.7.



Рисунок 2.5 – Вантажівка MAN TGA 26.412, 2001 р.



Рисунок 2.6 – Вантажівка MAN 23.414, 1999 р.



Рисунок 2.7 - Вантажівка Hyundai HD 120, 2011 р.

### 2.3 Постановка проблеми

В умовах сучасного логістичного менеджменту та транспортування, підприємства постійно шукають способи підвищення ефективності своїх операцій. Одним із важливих методів є стратегія аутсорсингу, яка дозволяє компаніям передавати частину своїх логістичних функцій стороннім виконавцям. Використання аутсорсингу дозволяє знизити витрати, підвищити гнучкість та сфокусуватися на основних видах діяльності. Важливим аспектом при цьому є визначення критеріїв, за якими приймається рішення про доцільність аутсорсингу певних логістичних задач.

Транспортне підприємство має обслуговувати  $N$  споживачів, при цьому існує можливість передати деяких з них на аутсорсинг. Умова "віддати" на аутсорсинг полягає у витратах на обслуговування: якщо ці витрати перевищують граничне значення загальних витрат на транспортування всіх споживачів, то такого споживача доцільно обслуговувати за допомогою аутсорсингу; якщо витрати менше граничного значення, споживача варто обслуговувати власними силами.

Загальні витрати з урахуванням аутсорсингу можна представити як:

$$C_{total} = C_{fixed} + C_{variable} + C_{outsourcing} , \quad (2.1)$$

де  $C_{outsourcing}$  - фіксовані витрати на аутсорсинг, визначені на основі ринку;

$C_{total}$  - загальні витрати;

$C_{fixed}$  – постійні витрати;

$C_{variable}$  – змінні витрати.

Постійні витрати включають витрати на утримання власного транспорту, амортизацію, зарплати водіїв тощо. Змінні витрати залежать від пробігу транспортного засобу, витрат на паливо, обслуговування тощо.

Для прийняття рішення про доцільність аутсорсингу або інсорсингу кожного споживача використовується граничне значення загальних витрат на транспортування ( $C_{threshold}$ ). Якщо загальні витрати на обслуговування споживача перевищують граничне значення, то цього споживача доцільно передати на аутсорсинг. Якщо витрати менші за граничне значення, споживача варто обслуговувати власними силами.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що використання граничного значення загальних витрат на транспортування як критерію для визначення доцільності аутсорсингу дозволить оптимізувати загальні витрати на обслуговування споживачів транспортним підприємством.

Метод дослідження включає наступні етапи:

1. Збір даних: Зібрати дані про загальні витрати на транспортування кожного з  $N$  споживачів.
2. Розрахунок граничного значення: Визначити граничне значення загальних витрат на транспортування.
3. Прийняття рішення: Використовувати граничне значення як поріг для прийняття рішення про аутсорсинг чи інсорсинг кожного споживача.
4. Аналіз результатів: Оцінити ефективність прийнятих рішень на основі оптимізації загальних витрат на транспортування.

Нехай  $C_i$  - загальні витрати на обслуговування  $i$ -го споживача. Граничне значення витрат ( $C_{threshold}$ ) визначається на основі середніх витрат або іншого статистичного показника, який найкраще відображає оптимальні витрати.

Для кожного споживача рішення про аутсорсинг визначаємо:

$$D_i = \begin{cases} \text{Аутсорсинг, якщо } C_i > C_{threshold} \\ \text{Інсорсинг, якщо } C_i \leq C_{threshold} \end{cases}, \quad (2.2)$$

Загальні витрати також залежать від вантажопідйомності транспортного засобу ( $Q$ ) та кількості споживачів ( $N$ ). Витрати можна моделювати як функцію цих параметрів:

$$C=f(Q,N) , \quad (2.3)$$

де  $Q$  - вантажопідйомність транспортного засобу,  $N$  - кількість споживачів.

Для ефективного прийняття рішень щодо обслуговування споживачів транспортним підприємством на основі загальних витрат на транспортування доцільно використовувати систему підтримки прийняття рішень (DSS). Така система включає наступні компоненти:

1. Збір та Зберігання Даних: модуль для збору та зберігання даних про витрати на обслуговування кожного споживача, включаючи постійні та змінні витрати.

2. Аналіз Даних: модуль для розрахунку загальних витрат на транспортування для кожного споживача та визначення граничного значення витрат.

3. Прийняття Рішень: модуль для прийняття рішень про доцільність аутсорсингу або інсорсингу на основі граничного значення витрат. Це включає алгоритми, які визначають, які споживачі мають бути передані на аутсорсинг.

4. Оптимізація Маршрутів: модуль для побудови оптимальних маршрутів з урахуванням обслуговування як власним, так і аутсорсинговим транспортом. Алгоритми, такі як алгоритм Кларка-Врайта, можуть бути використані для оптимізації маршрутів.

5. Горизонтальна Колаборація: інтерфейс для координації з іншими перевізниками, що дозволяє визначити, чи можуть інші логістичні компанії обслуговувати певних споживачів більш ефективно.

6. Візуалізація та Звітність: інтерфейс для візуалізації результатів аналізу та рішень, а також для генерації звітів про ефективність прийнятих рішень та загальні витрати.

Модель аутсорсингу може бути реалізована через концепцію Physical Internet та горизонтальну колаборацію. Ця модель передбачає, що інший перевізник може мати споживачів ближче або по дорозі до тих, що віддаються на аутсорсинг. Існує ймовірність, що такий маршрут буде вигіднішим для іншого перевізника, оскільки його витрати на обслуговування будуть менші за зазначене граничне значення. Горизонтальна колаборація дозволяє різним логістичним компаніям співпрацювати, обмінюючись ресурсами та маршрутами для підвищення загальної ефективності. Це означає, що перевізники можуть обслуговувати споживачів інших компаній, якщо це економічно вигідно.

З іншого боку імовірності прийняття замовлення обслуговування такого споживача іншим перевізником. Імовірність того, що інший перевізник прийме замовлення на обслуговування споживача  $i$  ( $P_i$ ), залежить від ряду факторів:

1. Витрати на обслуговування ( $C_{other}$ ): витрати, які понесе інший перевізник.
2. Кількість споживачів у зоні доставки ( $N_{zone}$ ): кількість споживачів, яких інший перевізник вже обслуговує в цій зоні.
3. Відстань до пункту виїзду ( $D_{departure}$ ): відстань від пункту виїзду іншого перевізника до споживача.

Формула може бути такою:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_1 C_{other} + \alpha_2 N_{zone} - \alpha_3 D_{departure})}} \quad (2.4)$$

де  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  - коефіцієнти, що визначають вплив кожного фактора на імовірність. Ця модель може включати більше факторів та відповідно коефіцієнтів, залежно від специфіки ситуації та доступних даних.

Доходи від обслуговування кожного клієнта ( $R_i$ ) є постійною величиною і не змінюються залежно від способу обслуговування (інсорсинг чи аутсорсинг).

Загальні витрати також залежать від вантажопідйомності транспортного засобу ( $Q$ ) та кількості споживачів ( $N$ ):  $C=f(Q,N)$

Для кожного споживача визначаємо:

$$D_i = \begin{cases} \text{Аутсорсинг, якщо } P_i > P_{threshold} \\ \text{Інсорсинг, якщо } P_i \leq P_{threshold} \end{cases} \quad (2.5)$$

де  $P_{threshold}$  - порогове значення імовірності прийняття замовлення іншим перевізником.

В такому разі модель поведінки інших перевізників буде виглядати наступним чином:

1. Ідентифікація споживачів: визначення  $N$  споживачів, яких необхідно обслуговувати.
2. Збір даних: отримання даних про витрати на обслуговування кожного споживача та даних про інших перевізників.
3. Аналіз витрат: розрахунок загальних витрат на обслуговування кожного споживача та визначення граничного значення витрат.
4. Оцінка можливостей інших перевізників: аналіз маршрутів та витрат інших перевізників.
5. Розрахунок Імовірностей: обчислення імовірності прийняття замовлення іншими перевізниками для кожного споживача.
6. Прийняття Рішень: вибір найоптимальнішого варіанту обслуговування кожного споживача на основі імовірності та витрат.
7. Аналіз Результатів: оцінка ефективності прийнятих рішень шляхом аналізу загальних витрат та побудови оптимальних маршрутів.

## 2.4 Висновки по розділу

В другому розділі було визначено дислокацію розподільного центру логістичної системи, 20 споживачів роздрібної мережі, обсяг завезень до кожного пункту збуту, а також підбір транспортних засобів.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЕКТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛОГІСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОСУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ

#### 3.1 Проектування схем розвезення залежно від вантажопідйомності транспортного засобу

Було розглянуто кілька сценаріїв використання різних транспортних засобів, зокрема:

- MAN TGA 26.412, 2001 р., (15 т) з двигуном внутрішнього згорання
- MAN 23.414, 1999 р., (13 т) з двигуном внутрішнього згорання
- Hyundai HD 120, 2011 р., (8 т) з двигуном внутрішнього згорання

Розглянемо формування маршруту доставки за сценарієм 1. На першому етапі проектування параметрів логістичного процесу за допомогою програми формування розвізних маршрутів моделюємо схеми розвезення вантажів для транспортного засобу. За допомогою програмного забезпечення отримуємо схему розвезення вантажів (рис. 3.1).

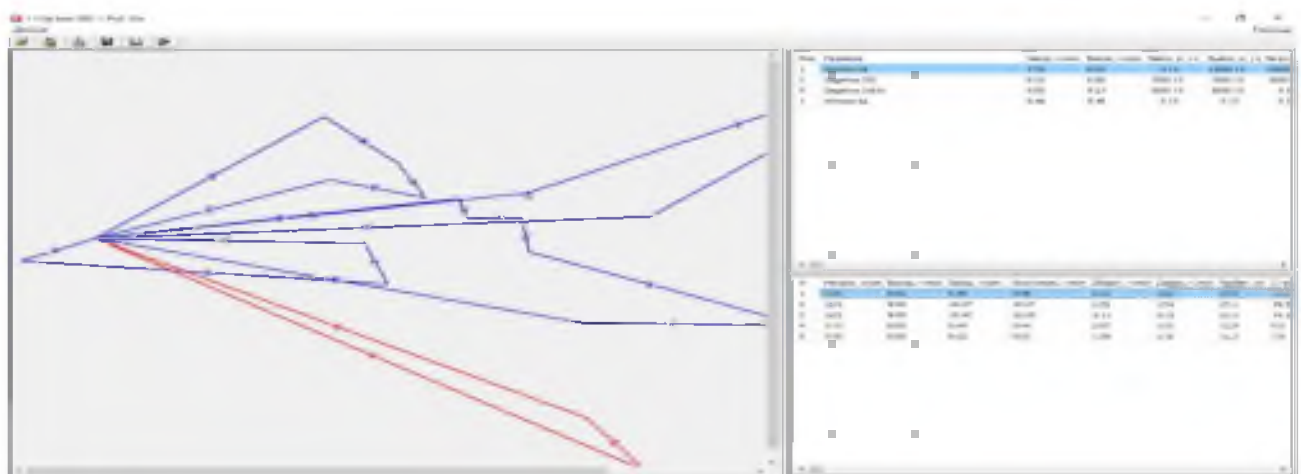


Рисунок 3.1 – Фрагмент програми формування розвізного маршруту для транспортного засобу MAN TGA 26.412, 2001 р., (15 т)

В результаті моделювання процесу розвезення матеріального потоку транспортним засобом MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т було отримано 5 маршрутів, параметри якого наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри змодельованих маршрутів перевезення матеріального потоку транспортним засобом MAN TGA 26.412, 2001 р., (15 т)

Номер маршруту	Номер заїзду	Код пункту	Адреса	Заїзд, год.:хв.	Вийзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від розподільчого центру, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Winners 6a	07:34	08:00	0	12600	0
	1	1	Gagarina 352	08:25	08:56	7000	0	10,46
	2	3	Gagarina 318-b	09:00	09:27	5600	0	12,32
	0	0	Winners 6a	09:48	09:48	0	0	21,04
2	0	0	Winners 6a	07:31	08:00	0	14000	0
	1	15	Heroes of Kharkiv 75	08:14	08:32	2800	0	5,96
	2	16	Military 5	08:32	08:46	1400	0	5,97
	3	2	Heroes of Labour 9-A	09:04	09:35	7000	0	13,11
	4	7	Heroes of Kharkiv 118	09:50	10:08	2800	0	19,54
	0	0	Winners 6a	10:27	10:27	0	0	27,08

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0	0	Winners 6a	07:31	08:00	0	14000	0
	1	14	Kovalska 1	08:12	08:30	2800	0	5,07
	2	13	Gagarin 12	08:32	08:50	2800	0	5,67
	3	6	Molochnaya 28	08:52	09:06	1400	0	6,42
	4	12	Gagarin 80	09:08	09:23	1400	0	7,49
	5	8	Lev Landau 149	09:32	09:46	1400	0	11,26
	6	9	Kirghizskaya 19	09:47	10:05	2800	0	11,58
	7	10	Zernova 51a	10:11	10:25	1400	0	14,14
	0	0	Winners 6a	10:42	10:42	0	0	21,22
4	0	0	Winners 6a	07:37	08:00	0	11200	0
	1	4	Klochkovskaya 119-a	08:11	08:38	5600	0	4,94
	2	17	Rymarska 19	08:42	08:57	1400	0	6,73
	3	19	Cooperative 18	08:59	09:14	1400	0	7,86
	4	18	Piskunivska 4	09:17	09:35	2800	0	9,27
	0	0	Winners 6a	09:44	09:44	0	0	12,94
5	0	0	Winners 6a	07:43	08:00	0	8400	0
	1	5	Chuvash 3	08:02	08:25	4200	0	1,22
	2	11	Selianska 124	08:37	08:55	2800	0	6,23
	3	20	Ukrainian 1	08:59	09:13	1400	0	7,56
	0	0	Winners 6a	09:22	09:22	0	0	11,20

Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом MAN TGA 26.412, 2001 р., (15 т)

Номер маршруту	Кількість пунктів, од.	Час обертгу, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезення, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	2	2,23	1,03	21,04	12,32	12600
2	4	2,92	1,90	27,08	19,54	14000
3	7	3,19	2,22	21,22	14,14	14000
4	4	2,12	1,38	12,94	9,27	11200
5	3	1,65	1,17	11,20	7,56	8400
Всього	20	12,10	7,70	93,49	62,83	60200

Розглянемо формування розвізних маршрутів для сценарію 2. Використання MAN 23.414, 1999 р., (13 т).

За допомогою програмного забезпечення отримуємо схему розвезення вантажів (рис. 3.2).

В результаті моделювання процесу розвезення матеріального потоку транспортним засобом MAN 23.414, 1999 р. вантажопідйомністю 13 т було отримано 5 маршрутів, параметри яких наведені в табл. 3.3.

Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом MAN 23.414, 1999 р. вантажопідйомністю 13 т наведені в табл. 3.4.

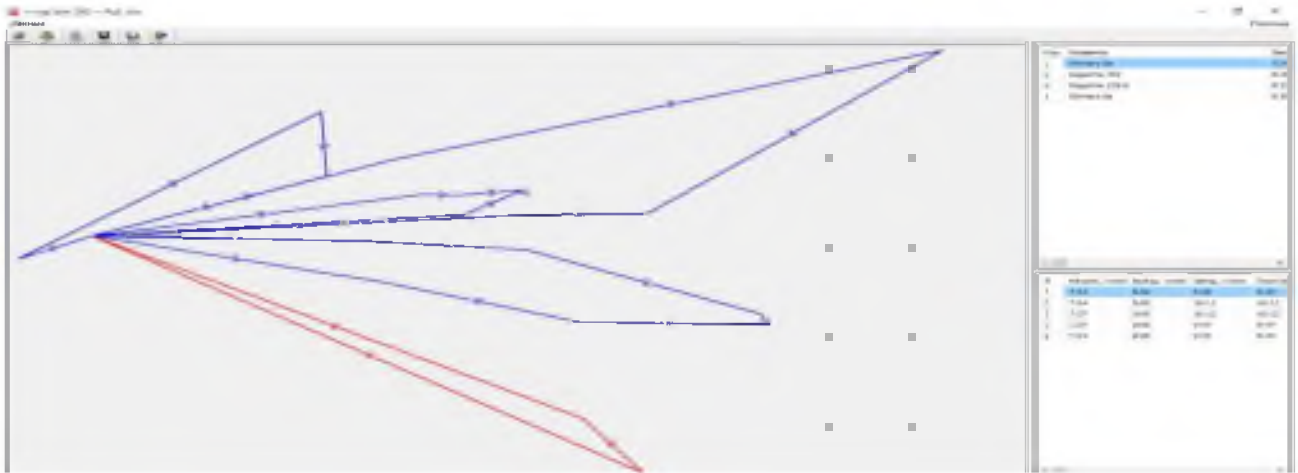


Рисунок 3.2 – Фрагмент програми формування розвізного маршруту для транспортного засобу MAN 23.414, 1999 р., (13 т)

Таблиця 3.3 – Параметри змодельованих маршрутів перевезення матеріального потоку транспортним засобом MAN 23.414, 1999 р., (13 т)

Номер маршруту	Номер заїзду	Код пункту	Адреса	Заїзд, год.:хв.	Вийзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від розподільчого центру, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Winners 6a	07:34	08:00	0	12600	0
	1	1	Gagarina 352	08:20	08:51	7000	0	10,46
	2	3	Gagarina 318-b	08:55	09:22	5600	0	12,32
	0	0	Winners 6a	09:39	09:39	0	0	21,04
2	0	0	Winners 6a	07:34	08:00	0	12600	0
	1	17	Rymarska 19	08:09	08:23	1400	0	4,72

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	2	Heroes of Labour 9-A	08:39	09:10	7000	0	12,85
	3	7	Heroes of Kharkiv 118	09:23	09:42	2800	0	19,28
	4	6	Molochnaya 28	09:45	09:59	1400	0	21,02
	0	0	Winners 6a	10:11	10:11	0	0	26,82
3	0	0	Winners 6a	07:37	08:00	0	11200	0
	1	20	Ukrainian 1	08:07	08:21	1400	0	3,64
	2	12	Gagarin 80	08:25	08:40	1400	0	5,88
	3	8	Lev Landau 149	08:47	09:01	1400	0	9,65
	4	9	Kirghizskaya 19	09:02	09:20	2800	0	9,97
	5	10	Zernova 51a	09:26	09:40	1400	0	12,52
	6	11	Selianska 124	09:46	10:04	2800	0	15,41
	0	0	Winners 6a	10:12	10:12	0	0	19,62
4	0	0	Winners 6a	07:37	08:00	0	11200	0
	1	19	Cooperative 18	08:09	08:23	1400	0	4,65
	2	14	Kovalska 1	08:24	08:42	2800	0	5,10
	3	15	Heroes of Kharkiv 75	08:44	09:03	2800	0	5,99
	4	16	Military 5	09:03	09:17	1400	0	6,01
	5	13	Gagarin 12	09:19	09:37	2800	0	7,10
	0	0	Winners 6a	09:47	09:47	0	0	12,16
5	0	0	Winners 6a	07:34	08:00	0	12600	0
	1	5	Chuvash 3	08:02	08:25	4200	0	1,22

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	2	4	Klochkovskaya 119-a	08:37	09:04	5600	0	7,35
	3	18	Piskunivska 4	09:08	09:26	2800	0	9,36
	0	0	Winners 6a	09:33	09:33	0	0	13,03

Таблиця 3.4 – Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом MAN 23.414, 1999 р., (13 т)

Номер маршруту	Кількість пунктів, од.	Час обертву, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезення, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	2	2,09	1,02	21,04	12,32	12600
2	4	2,61	1,83	26,82	21,02	12600
3	6	2,59	1,95	19,62	15,41	11200
4	5	2,17	1,47	12,16	7,10	11200
5	3	1,99	1,40	13,03	9,36	12600
Всього	20	11,45	7,67	92,67	65,20	60200

Розглянемо формування розвізних маршрутів для сценарію 3. Використання Hyundai HD 120, 2011 р. вантажопідйомністю 8 т. За допомогою програмного забезпечення отримуємо схему розвезення вантажів (рис. 3.3).

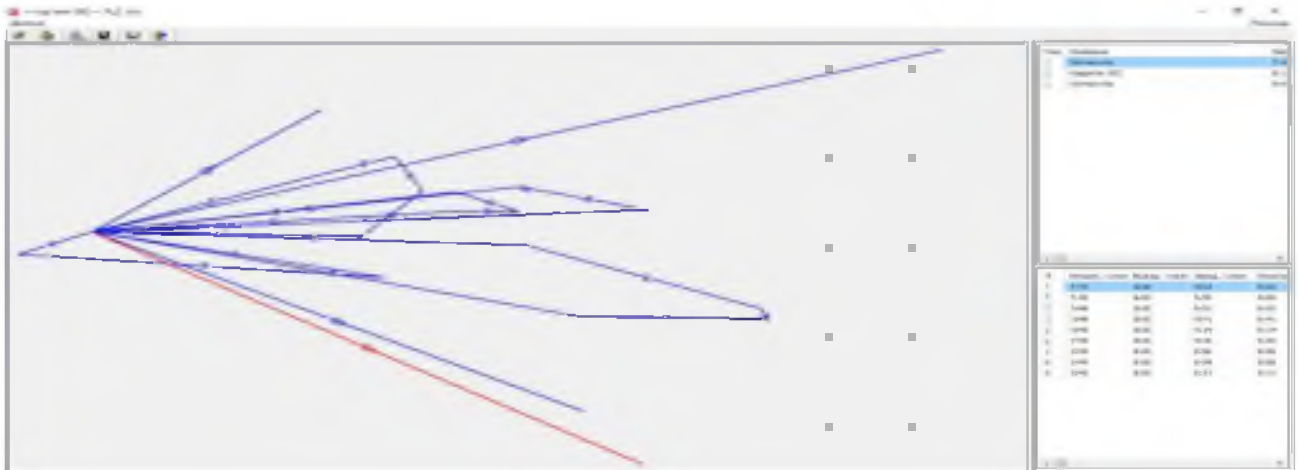


Рисунок 3.3 – Фрагмент програми формування розвізних маршрутів для транспортного засобу Hyundai HD 120, 2011 р., (8 т)

В результаті моделювання процесу розвезення матеріального потоку транспортним засобом Hyundai HD 120, 2011 р. вантажопідйомністю 8 т було отримано 9 маршрутів, параметри яких наведені в табл. 3.5.

Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом Hyundai HD 120, 2011 р. вантажопідйомністю 8 т наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.5 – Параметри змодельованих маршрутів перевезення матеріального потоку транспортним засобом Hyundai HD 120, 2011 р., (8 т)

Номер маршруту	Номер заїзду	Код пункту	Адреса	Заїзд, год.:хв.	Вийзд, год.:хв.	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від розподільчого
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	1	Gagarina 352	08:15	08:46	7000	0	10,46

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Winners 6a	09:02	09:02	0	0	20,91
2	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	2	Heroes of Labour 9-A	08:19	08:50	7000	0	12,84
	0	0	Winners 6a	09:09	09:09	0	0	25,67
3	0	0	Winners 6a	07:48	08:00	0	5600	0,00
	1	3	Gagarina 318-b	08:13	08:39	5600	0	8,72
	0	0	Winners 6a	08:52	08:52	0	0	17,44
4	0	0	Winners 6a	07:48	08:00	0	5600	0
	1	4	Klochkovskaya 119-a	08:07	08:34	5600	0	4,94
	0	0	Winners 6a	08:41	08:41	0	0	9,89
5	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	15	Heroes of Kharkiv 75	08:08	08:27	2800	0	5,96
	2	16	Military 5	08:27	08:41	1400	0	5,97
	3	7	Heroes of Kharkiv 118	08:44	09:02	2800	0	7,83
	0	0	Winners 6a	09:14	09:14	0	0	15,37
6	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	12	Gagarin 80	08:08	08:23	1400	0	5,87
	2	8	Lev Landau 149	08:28	08:42	1400	0	9,64
	3	9	Kirghizskaya 19	08:43	09:01	2800	0	9,97
	4	10	Zernova 51a	09:05	09:19	1400	0	12,52
	0	0	Winners 6a	09:30	09:30	0	0	19,60

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	5	Chuvash 3	08:01	08:24	4200	0	1,22
	2	11	Selianska 124	08:31	08:50	2800	0	6,23
	0	0	Winners 6a	08:56	08:56	0	0	10,44
8	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	14	Kovalska 1	08:07	08:26	2800	0	5,07
	2	6	Molochnaya 28	08:27	08:41	1400	0	6,12
	3	13	Gagarin 12	08:42	09:01	2800	0	6,86
	0	0	Winners 6a	09:08	09:08	0	0	11,92
9	0	0	Winners 6a	07:45	08:00	0	7000	0
	1	18	Piskunivska 4	08:05	08:23	2800	0	3,67
	2	17	Rymarska 19	08:25	08:39	1400	0	4,72
	3	19	Cooperative 18	08:41	08:55	1400	0	5,86
	4	20	Ukrainian 1	08:58	09:12	1400	0	7,52
	0	0	Winners 6a	09:17	09:17	0	0	11,16

Таблиця 3.6 – Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом Hyundai HD 120, 2011 р., (8 т)

Номер маршруту	Кількість пунктів, од.	Час оборту, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезення, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1,28	0,52	20,91	10,46	7000
2	1	1,39	0,52	25,67	12,84	7000

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
3	1	1,07	0,43	17,44	8,72	5600
4	1	0,88	0,43	9,89	4,94	5600
5	3	1,47	0,88	15,37	7,83	7000
6	4	1,74	1,17	19,60	12,52	7000
7	2	1,18	0,80	10,44	6,23	7000
8	3	1,38	0,88	11,92	6,86	7000
9	4	1,53	1,10	11,16	7,52	7000
Всього	20	11,94	6,73	142,41	77,92	60200

Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом при зменшені пунктів завезення наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Параметри схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом при зменшені пунктів завезення

Учасник роздрібної мережі (номер та адреса), що буде обслугований найманним перевізником	Кількість пунктів заїзду, од.	Загальний час оберту, год.	Загальний час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Загальний пробіг з вантажем, км	Загальний обсяг перевезення, кг.	Середній коефіцієнт використання	Середній коефіцієнт використання вантажопідйомності	Транспортна робота, ткм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAN TGA 26.412, 2001 р., (15 т)									
1	19	10,24	7,00	78,95	54,07	53200	0,68	17,73	2876524

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	19	9,99	6,67	71,34	47,14	53200	0,66	17,73	2507848
3	19	10,42	7,20	80,88	55,00	54600	0,68	18,20	3003055
4	19	10,54	7,03	84,43	59,85	54600	0,71	18,20	3267974
5	19	10,90	6,95	91,47	60,80	56000	0,66	18,67	3405024
6	19	10,98	7,15	86,92	58,67	58800	0,68	19,60	3450031
7	19	10,75	7,05	83,63	56,59	57400	0,68	19,13	3248266
8	19	10,94	7,13	85,72	59,95	58800	0,70	19,60	3525295
9	19	10,80	7,13	85,11	59,77	57400	0,70	19,13	3430855
10	19	10,94	7,05	85,64	59,42	58800	0,69	19,60	3494131
11	19	10,83	7,18	85,93	62,77	57400	0,73	19,13	3602998
12	19	10,98	7,15	87,03	58,79	58800	0,68	19,60	3456617
13	19	10,87	7,03	87,26	57,75	57400	0,66	19,13	3314620
14	19	10,88	7,03	87,36	57,84	57400	0,66	19,13	3320246
15	19	10,85	7,12	86,53	58,75	57400	0,68	19,13	3371963
16	19	10,98	7,20	86,92	60,41	58800	0,70	19,60	3552284
17	19	10,99	7,10	87,35	57,83	58800	0,66	19,60	3400345
18	19	10,86	7,02	86,86	58,08	57400	0,67	19,13	3333505
19	19	10,99	7,15	87,34	59,10	58800	0,68	19,60	3475021
20	19	10,99	7,15	87,37	58,59	58800	0,67	19,60	3445268
MAN 23.414, 1999 р., (13-т)									
1	19	10,32	6,73	81,17	56,08	53200	0,69	20,46	2983616
2	19	10,08	6,52	73,90	49,01	53200	0,66	20,46	2607545
3	19	10,52	6,72	83,55	56,00	54600	0,67	21,00	3057382
4	19	10,71	7,10	89,43	61,96	54600	0,69	21,00	3383125
5	19	10,86	7,08	90,26	62,79	56000	0,70	21,54	3516408

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	19	11,16	7,17	92,46	68,60	58800	0,74	22,62	4033739
7	19	10,99	6,93	90,75	62,56	57400	0,69	22,08	3591174
8	19	11,24	7,35	94,68	68,17	58800	0,72	22,62	4008396
9	19	11,01	7,13	91,50	63,31	57400	0,69	22,08	3634109
10	19	11,23	7,38	94,43	69,94	58800	0,74	22,62	4112707
11	19	11,04	7,32	92,21	67,72	57400	0,73	22,08	3887358
12	19	11,22	7,33	94,19	67,68	58800	0,72	22,62	3979819
13	19	11,04	7,32	92,18	68,55	57400	0,74	22,08	3934942
14	19	11,09	7,30	93,86	64,94	57400	0,69	22,08	3727556
15	19	11,09	7,00	93,64	64,72	57400	0,69	22,08	3714871
16	19	11,26	7,30	95,40	63,74	58800	0,67	22,62	3747677
17	19	11,17	7,15	92,66	65,19	58800	0,70	22,62	3833113
18	19	11,03	7,28	91,94	66,92	57400	0,73	22,08	3841208
19	19	11,16	7,40	92,35	67,34	58800	0,73	22,62	3959298
20	19	11,17	7,35	92,66	65,20	58800	0,70	22,62	3833642
Hyundai HD 120, 2011 р., (8 т)									
1	19	10,66	6,22	121,50	67,46	53200	0,56	59,85	3588925
2	19	10,54	6,22	116,74	65,08	53200	0,56	59,85	3462203
3	19	10,86	6,30	124,97	69,19	54600	0,55	61,43	3777992
4	19	11,05	6,30	132,52	72,97	54600	0,55	61,43	3984271
5	19	11,37	6,23	140,39	75,89	56000	0,54	63,00	4249840
6	19	11,47	6,40	134,93	74,02	58800	0,55	66,15	4352317
7	19	11,26	6,32	131,57	72,10	57400	0,55	64,58	4138540
8	19	11,46	6,40	134,61	75,37	58800	0,56	66,15	4431638
9	19	11,37	6,40	135,83	75,06	57400	0,55	64,58	4308674

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	19	11,45	6,33	134,50	72,83	58800	0,54	66,15	4282169
11	19	11,34	6,30	134,42	72,91	57400	0,54	64,58	4184804
12	19	11,48	6,43	135,58	74,68	58800	0,55	66,15	4391008
13	19	11,37	6,32	135,75	74,55	57400	0,55	64,58	4279055
14	19	11,37	6,35	135,72	74,17	57400	0,55	64,58	4257588
15	19	11,33	6,38	134,39	76,08	57400	0,57	64,58	4367164
16	19	11,47	6,45	134,93	75,60	58800	0,56	66,15	4445339
17	19	11,63	6,48	141,63	77,14	58800	0,54	66,15	4535714
18	19	11,38	6,32	136,31	74,23	57400	0,54	64,58	4261032
19	19	11,49	6,42	136,08	74,76	58800	0,55	66,15	4396064
20	19	11,64	6,47	141,76	76,25	58800	0,54	66,15	4483735

### 3.2 Визначення економічних показників процесу перевезення

Собівартість перевезення 1 тони вантажу визначається за такою залежністю [13]:

$$S_T = \frac{l_{\text{із}}}{q_n \cdot \gamma_{\text{ст}} \cdot \beta} \cdot \left( B_{\text{ЗМ}} + \frac{B_{\text{П}}}{V_T} \right) + \frac{B_{\text{П}} \cdot t_{\text{н/р}}}{q_n \cdot \gamma_{\text{ст}}}, \quad (3.1)$$

де  $l_{\text{із}}$  – довжина їздки з вантажем, км;

$q_n$  – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$\gamma_{\text{ст}}$  – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\beta$  – коефіцієнт використання пробігу;

$V_T$  – технічна швидкість транспортного засобу, км/год.;

$t_{\text{н/р}}$  – час на навантаження-розвантаження, год.;

$V_{ЗМ}$  – змінні витрати транспортного процесу, грн./т;

$V_{П}$  – постійні витрати транспортного процесу, грн./год.;

Змінні витрати визначалися за залежністю [14]:

$$V_{ЗМ} = 0,113 \cdot q_{н}^{0,339} + 0,067 \cdot R_{п}^{-0,092}, \quad (3.2)$$

де  $R_{п}$  – питома витрата палива ТЗ, (л/100 км)/т.

Постійні витрати ТП можна визначити так [15]:

$$V_{П} = 0,0015q_{н}^{0,92} + 0,0389A^{-0,095}, \quad (3.3)$$

де  $A$  – кількість ТЗ, од.

Коефіцієнт використання пробігу визначаємо за такою залежністю [13]:

$$\beta = \frac{l_{в}}{L_{м}}, \quad (3.4)$$

де  $L_{м}$  – довжина маршруту, км.

Коефіцієнт використання пробігу для ТЗ ТЗ MAN TGA 26.412 2001 вантажопідйомністю 15 т буде дорівнювати:

$$\beta = \frac{12,32}{21,04} = 0,59$$

Статичний коефіцієнт використання місткості вантажного ТЗ визначаємо так [13]:

$$\gamma_{ст} = \frac{q_{ф}}{q_{н}}, \quad (3.5)$$

де  $q_{ф}$  – фактичне завантаження ТЗ на маршруті, т.

Приклад розрахунку:

$$\gamma_{ст} = \frac{12600}{15000} = 0,84$$

Аналогічним чином розрахувати коефіцієнт використання пробігу перевезення і статичний коефіцієнт використання місткості для інших маршрутів і транспортних засобів. Результати наведені в табл. 3.9 - 3.11.

Величина змінних витрат для ТЗ MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т буде дорівнювати:

$$B_{зм} = 0,113 \cdot 15^{0,339} + 0,067 \cdot (15)^{-0,092} = 6,70 \text{ грн/км.}$$

Величина постійних витрат для ТЗ MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т буде дорівнювати:

$$B_{п} = 0,0015 \cdot 15^{0,92} + 0,0389 \cdot 1^{-0,095} = 1,14 \text{ грн/год.}$$

Аналогічно розраховуємо змінні і постійні витрати для інших транспортних засобів. Результати наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Змінні і постійні витрати для транспортних засобів різної вантажопідйомності

Модель транспортного засобу	Вантажо- підйомність, т	Змінні витрати, грн./км	Постійні витрати, грн./год
MAN TGA 26.412 (15 т)	15	6,70	1,14
MAN 23.414 (13 т)	13	6,46	1,10
Hyundai HD 120 (8 т)	8	5,66	0,98

На наступному етапі з використання параметрів змодельованих маршрутів визначаємо собівартість перевезення 1 т вантажу для ТЗ MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т для першого маршруту:

$$S_T = \left( \frac{12,32}{15 \cdot 0,84 \cdot 0,59} \cdot \left( 6,70 + \frac{1,14}{25} \right) + \frac{1,14 \cdot 0,08}{15 \cdot 0,84} \right) \cdot 40 = 451,13 \text{ грн./т.}$$

Аналогічним чином були розраховано собівартість перевезення для інших маршрутів і транспортних засобів. Результати наведені в табл. 3.9 - 3.11.

Таблиця 3.9 – Значення собівартості перевезення 1 т вантажу для транспортного засобу MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т

Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження-розвантаження, год	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	12,32	12600	0,84	0,59	0,08	451,13
2	19,54	14000	0,93	0,72	0,04	522,37
3	14,14	14000	0,93	0,67	0,03	409,34
4	9,27	11200	0,75	0,72	0,06	312,21
5	7,56	8400	0,56	0,68	0,10	360,55
Всього	62,83	60200	4,01	3,36	0,31	2055,61

Таблиця 3.11 – Значення собівартості перевезення 1 т вантажу для транспортного засобу Нумідаї НД 120, 2011 р. вантажопідйомністю 8 т

1	2	3	4	5	6	7
Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження- розвантаження, год	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	10,46	7000	0,10	0,50	0,28	682,26
2	12,84	7000	0,10	0,50	0,28	837,22
3	8,72	5600	0,08	0,50	0,42	712,61
4	4,94	5600	0,08	0,50	0,42	405,37

Таблиця 3.10 – Значення собівартості перевезення 1 т вантажу для транспортного засобу МАН 23.414, 1999 р. вантажопідйомністю 13 т

Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження-розвантаження, год	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	12,32	12600	0,97	0,59	0,08	434,55
2	21,02	12600	0,97	0,78	0,04	553,73
3	15,41	11200	0,86	0,79	0,05	455,77
4	7,1	11200	0,86	0,58	0,06	282,60
5	9,36	12600	0,97	0,72	0,06	269,15
Всього	65,21	60200	4,63	3,46	0,29	1995,80

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5	6	7
5	7,83	7000	0,10	0,51	0,16	501,27
6	12,52	7000	0,10	0,64	0,12	638,75
7	6,23	7000	0,10	0,60	0,18	340,87
8	6,86	7000	0,10	0,58	0,16	388,96
9	7,52	7000	0,10	0,67	0,13	364,04
Всього	77,92	60200	0,84	4,99	2,14	4871,35

Розраховано також собівартість перевезення, коефіцієнт використання пробігу і статичний коефіцієнт використання місткості для схем перевезення матеріального потоку в логістичній системі транспортним засобом при зменшені пунктів завантаження наведені в табл. 3.12 – 3.14.

Таблиця 3.12 - MAN TGA 26.412, 2001 р. вантажопідйомністю 15 т

Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження-розвантаження, год	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	2	3	4	5	6	7
1	54,07	53200	0,71	0,68	0,05	2003,55
2	47,14	53200	0,71	0,66	0,05	1810,61
3	55,00	54600	0,73	0,68	0,05	1999,84
4	59,85	54600	0,73	0,71	0,05	2087,64
5	60,80	56000	0,75	0,66	0,05	2205,14

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5	6	7
6	58,67	58800	0,78	0,68	0,05	1995,72
7	56,59	57400	0,77	0,68	0,05	1967,05
8	59,95	58800	0,78	0,70	0,05	1968,22
9	59,77	57400	0,77	0,70	0,05	2001,79
10	59,42	58800	0,78	0,69	0,05	1966,45
11	62,77	57400	0,77	0,73	0,05	2021,24
12	58,79	58800	0,78	0,68	0,05	1998,29
13	57,75	57400	0,77	0,66	0,05	2052,52
14	57,84	57400	0,77	0,66	0,05	2054,83
15	58,75	57400	0,77	0,68	0,05	2035,16
16	60,41	58800	0,78	0,70	0,05	1995,77
17	57,83	58800	0,78	0,66	0,05	2005,55
18	58,08	57400	0,77	0,67	0,05	2042,95
19	59,10	58800	0,78	0,68	0,05	2005,48
20	58,59	58800	0,78	0,67	0,05	2006,19
Всього	1161,18	1143800	15,25	13,63	0,94	40223,99

Таблиця 3.13 - MAN 23.414, 1999 р. вантажопідйомністю 13 т

Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Коефіцієнт використання вантажо-підйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження-	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	2	3	4	5	6	7
1	56,08	53200	0,82	0,69	0,05	1984,27

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5	6	7
2	49,01	53200	0,82	0,66	0,05	1806,46
3	56,00	54600	0,84	0,67	0,05	1990,12
4	61,96	54600	0,84	0,69	0,05	2130,02
5	62,79	56000	0,86	0,70	0,05	2096,07
6	68,60	58800	0,90	0,74	0,05	2045,01
7	62,56	57400	0,88	0,69	0,05	2056,00
8	68,17	58800	0,90	0,72	0,04	2093,94
9	63,31	57400	0,88	0,69	0,05	2072,94
10	69,94	58800	0,90	0,74	0,04	2088,48
11	67,72	57400	0,88	0,73	0,05	2089,04
12	67,68	58800	0,90	0,72	0,04	2083,20
13	68,55	57400	0,88	0,74	0,05	2088,47
14	64,94	57400	0,88	0,69	0,05	2126,60
15	64,72	57400	0,88	0,69	0,05	2121,60
16	63,74	58800	0,90	0,67	0,04	2110,00
17	65,19	58800	0,90	0,70	0,05	2049,23
18	66,92	57400	0,88	0,73	0,05	2082,99
19	67,34	58800	0,90	0,73	0,04	2042,57
20	65,20	58800	0,90	0,70	0,04	2049,43
Всього	1280,44	1143800	17,60	14,11	0,94	41206,42
Середнє	64,02	57190	0,88	0,71	0,05	2060,32

Таблиця 3.14 - Норми ІНД 120, 2011 р. вантажопідйомністю 8 т

1	2	3	4	5	6	7
Номер маршруту	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності	Коефіцієнт використання пробігу	Час на навантаження-розвантаження, год	Собівартість перевезення 1 т вантажу, грн./т
1	67,46	53200	0,74	0,56	0,06	4684,43
2	65,08	53200	0,74	0,56	0,06	4500,78
3	69,19	54600	0,76	0,55	0,06	4694,50
4	72,97	54600	0,76	0,55	0,06	4978,32
5	75,89	56000	0,78	0,54	0,05	5141,79
6	74,02	58800	0,82	0,55	0,05	4706,44
7	72,10	57400	0,80	0,55	0,05	4701,23
8	75,37	58800	0,82	0,56	0,05	4695,32
9	75,06	57400	0,80	0,55	0,05	4853,58
10	72,83	58800	0,82	0,54	0,05	4691,55
11	72,91	57400	0,80	0,54	0,05	4803,13
12	74,68	58800	0,82	0,55	0,05	4729,39
13	74,55	57400	0,80	0,55	0,05	4850,76
14	74,17	57400	0,80	0,55	0,05	4849,51
15	76,08	57400	0,80	0,57	0,05	4802,24
16	75,60	58800	0,82	0,56	0,05	4706,62
17	77,14	58800	0,82	0,54	0,05	4940,45
18	74,23	57400	0,80	0,54	0,05	4870,84
20	76,25	58800	0,82	0,54	0,05	4944,70
Всього	1470,35	1143800	15,89	11,00	1,05	95892,46
Середнє	73,52	57190	0,79	0,55	0,05	4794,62

### 3.3 Визначення економічних показників процесу зберігання

Витрати на зберігання вантажу на складі роздрібної мережі визначаємо за такою залежністю:

$$Z_{\text{скл}j} = \sum_{j=1}^n Q_j \cdot (13,165 - 2,131 \ln Q_j) + \sum_{j=1}^n S_j \cdot (1,85 + 93,35S_j^{-0,839}), \quad (3.6)$$

де  $Q_j$  – обсяг вантажу, що зберігається на  $j$ -му складі, т;

де  $S_j$  – площа  $j$ -го складу,  $\text{м}^2$ .

$$\begin{aligned} Z_{\text{скл}j} &= 7 \cdot (13,165 - 2,131 \cdot \ln 7) + 10 \cdot (1,85 + 93,35 \cdot 10^{-0,839}) \cdot 40 \\ &= 5515,23 \text{ грн} \end{aligned}$$

Визначення площі складу розраховуємо так:

$$S_j = \frac{Q_{mj}}{\delta_{\text{ср}j} h_j a_j}, \quad (3.7)$$

де  $Q_{mj}$  – максимально можлива величина запасу на  $j$ -му складі, т;

$\delta_{\text{ср}j}$  – середнє навантаження на  $1 \text{ м}^2$  площі  $j$ -го складу,  $\text{т}/\text{м}^2$ , приймаємо

$$\delta_{\text{ср}j} = 0,5 \text{ т}/\text{м}^2;$$

$h_j$  – висота укладки запасу  $j$ -му складі, м, приймаємо  $h_j = 4$  м;

$a_j$  – коефіцієнт використання площі  $j$ -го складу, приймаємо  $a = 0,35$ .

В результаті отримуємо для першого учасника роздрібної мережі:

$$S_1 = \frac{7}{0,5 \cdot 4 \cdot 0,35} = 10$$

Аналогічно розраховуємо площу для зберігання вантажу для інших учасників роздрібної мережі. На наступному етапі визначаємо витрати на

зберігання вантажу на складі роздрібної мережі. Результати представлені і табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Витрати на зберігання вантажу на складі роздрібної мережі

Номер магазину	Обсяг завезення, кг	Потрібна площа для зберігання, м <sup>2</sup>	Змінні витрати на утримання складу, грн./т	Постійні витрати на утримання складу, грн./м <sup>2</sup>	Витрати на зберігання вантажу, грн	Собівартість зберігання 1 т, грн/т
1	2	3	4	5	6	7
1	7000	10	63,13	153,74	8674,83	1239,26
2	7000	10	63,13	153,74	8674,83	1239,26
3	5600	8	53,17	145,27	7937,42	1417,40
4	5600	8	53,17	145,27	7937,42	1417,40
5	4200	6	42,45	135,67	7124,56	1696,32
6	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
7	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
8	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
9	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
10	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
11	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
12	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
13	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
14	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
15	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
16	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
17	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66

Продовження табл. 3.15

1	2	3	4	5	6	7
18	2800	4	30,72	124,09	6192,47	2211,60
19	1400	2	17,43	108,07	5019,93	3585,66
Всього	60200	86	629,48	2466,91	123855,79	51176,13

Аналогічно пораховано площу для зберігання вантажу та витрати на зберігання вантажу на складі роздрібною мережі при зменшені пунктів завезення. Результати представлені і табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Витрати на зберігання вантажу на складі роздрібною мережі при 19 пунктах завезення

Кількість пунктів	Обсяг завезення, кг	Потрібна площа для зберігання, м <sup>2</sup>	Змінні витрати на утримання складу, грн./т	Постійні витрати на утримання складу, грн./м <sup>2</sup>	Витрати на зберігання вантажу, грн	Собівартість зберігання 1 т, грн/т
1	2	3	4	5	6	7
1	53200	76	566,35	2313,17	115180,96	2165,06
2	53200	76	566,35	2313,17	115180,96	2165,06
3	54600	78	576,32	2321,64	115918,37	2123,05
4	54600	78	576,32	2321,64	115918,37	2123,05
5	56000	80	587,03	2331,25	116731,24	2084,49
6	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
7	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
8	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
9	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
10	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02

Продовження табл. 3.16

1	2	3	4	5	6	7
11	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
12	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
13	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
14	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
15	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
16	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
17	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
18	57400	82	598,76	2342,82	117663,32	2049,88
19	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
20	58800	84	612,05	2358,84	118835,86	2021,02
Всього	1143800	1634	11960,09	46871,33	2353260,02	41178,02

Далі визначаємо собівартість зберігання 1 тони вантажу в роздрібній мережі:

$$S_{\text{скл}} = \frac{\sum_{j=1}^m Z_j}{\sum_{j=1}^m Q_j} \quad (3.8)$$

$$S_{\text{скл}} = \frac{123855,79}{60,2} = 2057,41 \text{ грн/т}$$

Далі визначаємо собівартість зберігання 1 т вантажу на складі розподільчого центру:

$$S_{\text{склрц}} = \frac{\sum_{j=1}^n Q_j \cdot (13,165 - 2,131 \ln Q_j) + \sum_{j=1}^n S_j \cdot (968,2 \cdot l_z^{-0,781})}{35} \quad (3.9)$$

де  $l_z$  – відстань від z-ого складу до центра міста, м<sup>2</sup>.

Приклад розрахунку:

$$S_{\text{скл рц}} = \frac{60,2 \cdot (13,165 - 2,131 \cdot \ln 60,2) + 86 \cdot (968,2 \cdot 6,1^{-0,781})}{35} = 587,12 \text{ грн/т}$$

На наступному етапі визначаємо оптимальну схему просування матеріального потоку в логістичному ланцюзі.

### 3.4 Визначення оптимальної схеми просування матеріального потоку за різних технологій товаро просування в логістичному ланцюзі

В результаті отримуємо собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою в залежності від вантажопідйомності транспортного засобу, що використовується на маршруті (табл. 3.17).

Таблиця 3.17 – Собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою в залежності від вантажопідйомності транспортного засобу

Вантажопідйомність транспортного засобу, кг	Учасник роздрібної мережі обслуговується найменшим транспортом	Відстань від постачальника до центра міста, км	Собівартість транспортування 1 т вантажу, грн./т	Собівартість зберігання 1 т вантажу на складі учасника роздрібної мережі, грн./т	Собівартість зберігання 1 т вантажу на складі розподільчого центру, грн./т	Собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою, грн./т
1	2	3	4	5	6	7
15000	-	6,1	34,15	2057,41	587,12	2678,68
13000	-		33,15			2677,68
8000	-		80,92			2725,45
15000	1	6,1	2165,06	2057,41	587,12	4809,59
	2		2165,06			4809,59

Продовження табл. 3.17

1	2	3	4	5	6	7				
15000	3	6,1	2123,05	2057,41	587,12	4767,58				
	4		2123,05			4767,58				
	5		2084,49			4729,02				
	6		2021,02			4665,55				
	7		2049,88			4694,41				
	8		2021,02			4665,55				
	9		2049,88			4694,41				
	10		2021,02			4665,55				
	11		2049,88			4694,41				
	12		2021,02			4665,55				
	13		2049,88			4694,41				
	14		2049,88			4694,41				
	15		2049,88			4694,41				
	16		2021,02			4665,55				
	17		2021,02			4665,55				
	18		2049,88			4694,41				
	19		2021,02			4665,55				
	20		2021,02			4665,55				
	13000		1			6,1	2165,06	2057,41	587,12	4809,59
			2				2165,06			4809,59
3		2123,05	4767,58							
4		2123,05	4767,58							
5		2084,49	4729,02							
6		2021,02	4665,55							
7		2049,88	4694,41							

Продовження табл. 3.17

1	2	3	4	5	6	7
13000	8	6,1	2021,02	2057,41	587,12	4665,55
	9		2049,88			4694,41
	10		2021,02			4665,55
	11		2049,88			4694,41
	12		2021,02			4665,55
	13		2049,88			4694,41
	14		2049,88			4694,41
	15		2049,88			4694,41
	16		2021,02			4665,55
	17		2021,02			4665,55
	18		2049,88			4694,41
	19		2021,02			4665,55
	20		2021,02			4665,55
8000	1	6,1	2165,06	2057,41	587,12	4809,59
	2		2165,06			4809,59
	3		2123,05			4767,58
	4		2123,05			4767,58
	5		2084,49			4729,02
	6		2021,02			4665,55
	7		2049,88			4694,41
	8		2021,02			4665,55
	9		2049,88			4694,41
	10		2021,02			4665,55
	11		2049,88			4694,41
	12		2021,02			4665,55

Продовження табл. 3.17

1	2	3	4	5	6	7
8000	13	6,1	2049,88	2057,41	587,12	4694,41
	14		2049,88			4694,41
	15		2049,88			4694,41
	16		2021,02			4665,55
	17		2021,02			4665,55
	18		2049,88			4694,41
	19		2021,02			4665,55
	20		2021,02			4665,55

Собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою пропонується визначити за такою залежністю:

$$S_{лс} = S_T + S_{скл} + S_{скл\ рц} \quad (3.10)$$

Оптимальною схемою просування є використання транспортного засобу з великим вантажопідйомністю (15 т), тому, що це знижує собівартість транспортування та загальні витрати на просування вантажу.

### 3.5 Аналіз отриманих даних

Обробка даних виконано за допомогою алгоритмів Data Science. Data Science - це міждисциплінарна область, яка поєднує в собі статистику, обчислення, аналіз даних та методи машинного навчання для отримання корисних знань та інформації з даних. Наука про дані використовує наукові методи, процеси, алгоритми та системи для отримання корисних знань та інформації зі структурованих та неструктурованих даних.

Кореляція - це статистична міра, яка визначає ступінь і напрямок зв'язку між двома змінними. Він вказує, наскільки зміни в одній змінній супроводжуються змінами в іншій змінній.

На основі зібраних даних проведемо аналіз вихідних даних. За методом кореляції виберемо ті пункти, що корелюють більше 50 %. За допомогою кореляції побудували матрицю взаємозв'язків параметрів між собою (рис. 3.4).

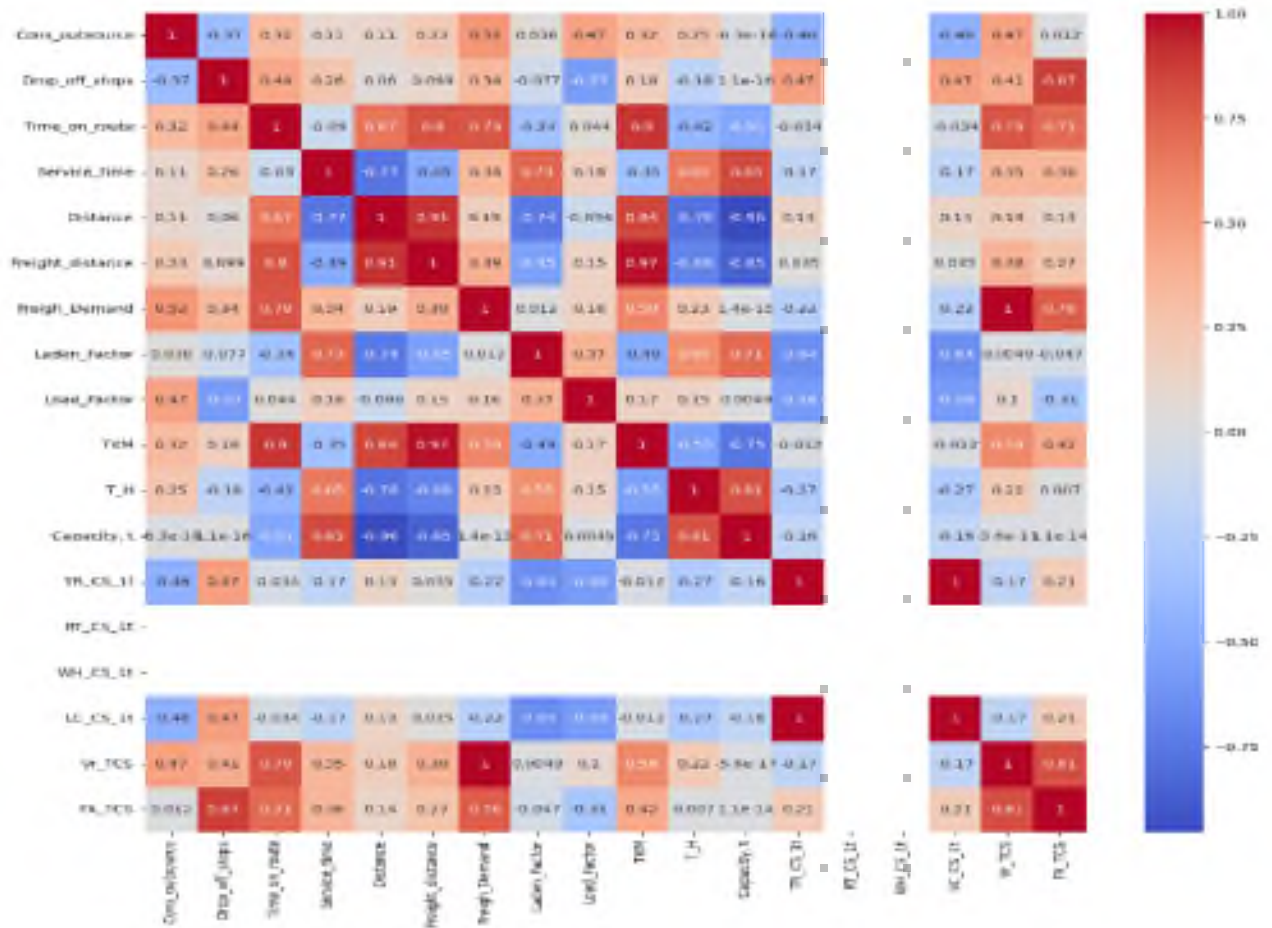


Рис. 3.4 – Матриця кореляції

Для того, щоб провести кореляцію потрібно було закодувати. Які елементи закодовані представлені в табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – Елементи кодування

Елементи кодування	
1	2
Cons_outsource	Учасник роздрібно́ї мережі, що буде обслу́жений найманим перевізником (аутсорсінг)
Drop_off_stops	Кількість пунктів заїзду
Time_on_route	Загальний час оберт, год
Service_time	Загальний час обслуговування, год
Distance	Загальни пробіг, км
Freight_distance	Загальний пробіг з вантажем, км
Freigh_Demand	Загальний обсяг перевезення, кг
Laden_Factor	Середній коефіцієнт використання пробіг
Load_Factor	Середній коефіцієнт використання вантажопідйомності
TKM	Транспортна робот, ткм
T_H	Відстань до центра
Capacity, t	Вантажопідйомність
TR_CS_1t	Собівартість транспортування 1 т вантажу
RT_CS_1t	Собівартість зберігання 1 т вантажу на складі учасника роздрібно́ї мережі
WH_CS_1t	Собівартість зберігання 1 т вантажу на складі розподільчого центру
LC_CS_1t	Собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою
Vr_TCS	Зміні витрати
FX_TCS	Постійні витрати

Ці кореляції можуть бути використані для аналізу ефективності логістичних процесів і визначення потенційних областей для поліпшення. Деякі приклади включають:

### Розподіл параметрів транспортного засобу (рис. 3.5)

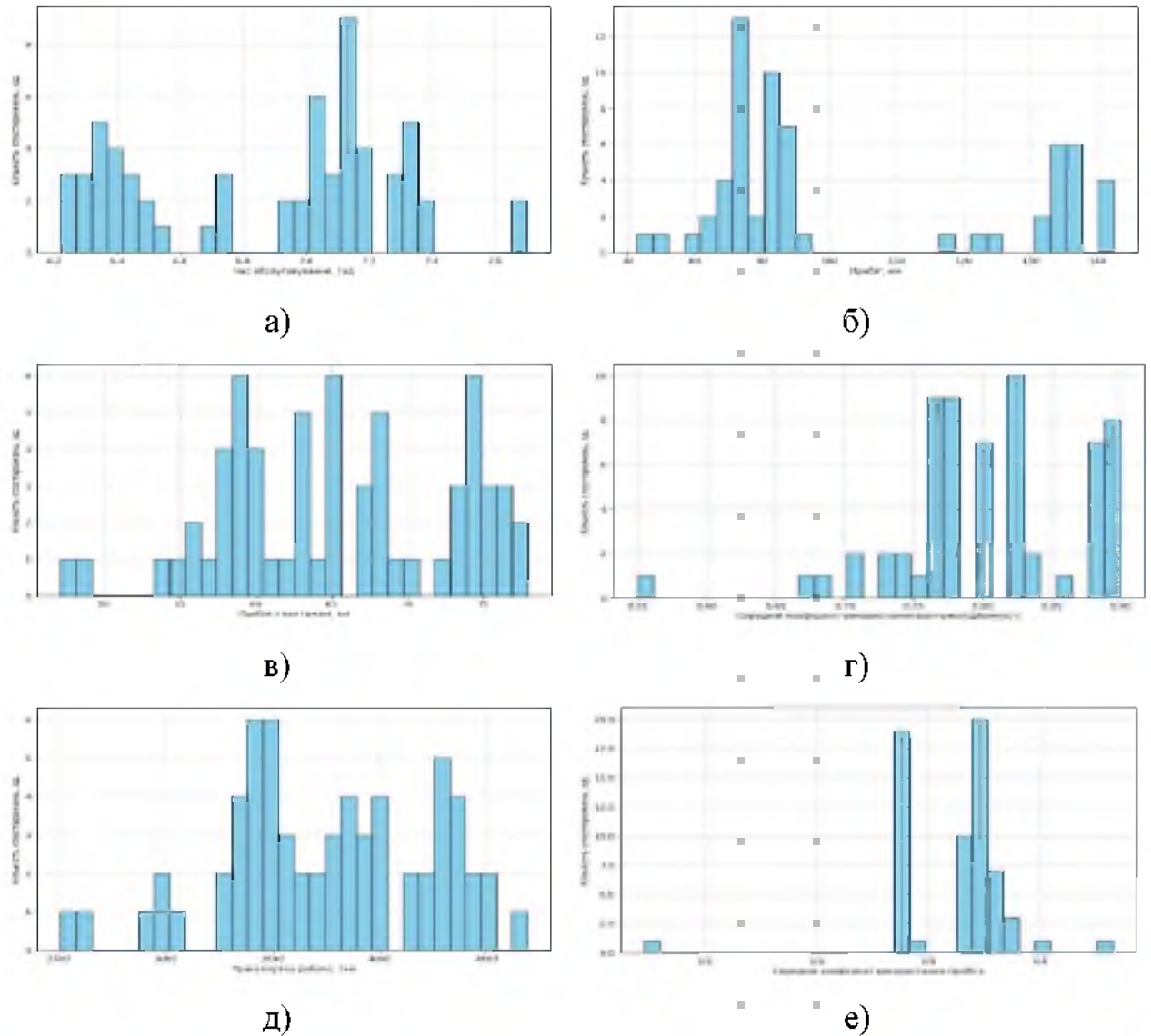


Рисунок 3.5 – Розподіл параметрів транспортного засобу: а) час обслуговування, год; б) пробіг, км; в) пробіг з вантажем, км; г) середній коефіцієнт використання вантажопідйомності; д) транспортна робота, ткм; е) середній коефіцієнт використання пробігу

Рис. 3.5 (а) гістограма показує, що зменшення середнього часу обслуговування допоможе підвищити ефективність транспортної системи в цілому. Більшість робіт з технічного обслуговування займають мало часу, що може свідчити про те, що процес технічного обслуговування є ефективним. Наявність великої кількості тривалих інтервалів технічного обслуговування може свідчити про те, що проблеми потрібно вирішувати.

Рис. 3.5 (б) на цій гістограмі високий пробіг для більшості транспортних засобів може свідчити про їхню інтенсивну експлуатацію, тоді як низький пробіг може свідчити про неефективне використання або простої.

Рис. 3.5 (в) на цій гістограмі високий пробіг навантаження вказує на ефективне використання транспортних засобів, тоді як низький пробіг вказує на потенційні проблеми завантаження.

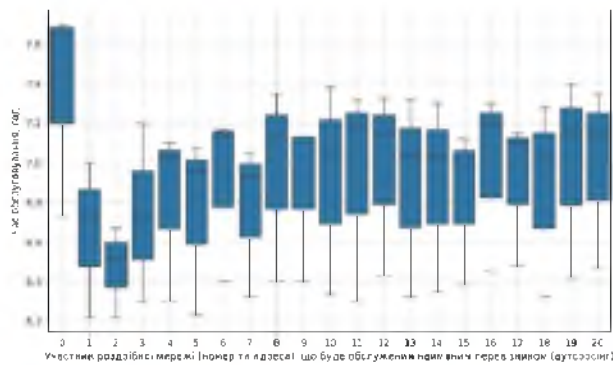
Рис. 3.5 (г) гістограма показує високий середній коефіцієнт використання, це означає, що транспортні засоби часто використовуються на повну потужність. Низький коефіцієнт може свідчити про недозавантаження або погане планування маршруту.

Рис. 3.5 (д) гістограма показує, що високі значення вказують на великі обсяги робіт, що може бути ознакою ефективної роботи компанії.

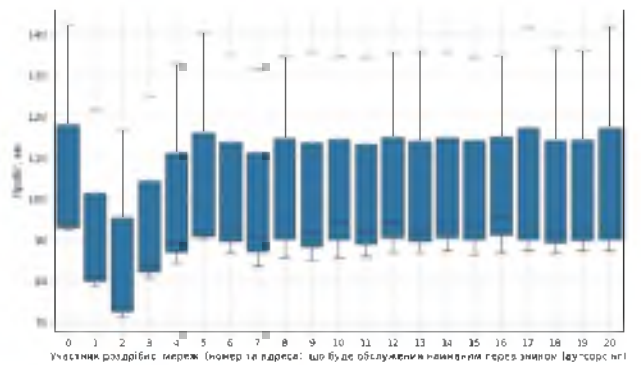
Рис. 3.5 (е) гістограма показує, що середній коефіцієнт використання пробігу знаходиться в межах певного діапазону, що свідчить про типові умови експлуатації або характеристики транспортних маршрутів.

Важливо звернути увагу на час обслуговування та пробіг автомобіля, щоб підвищити ефективність та зменшити витрати.

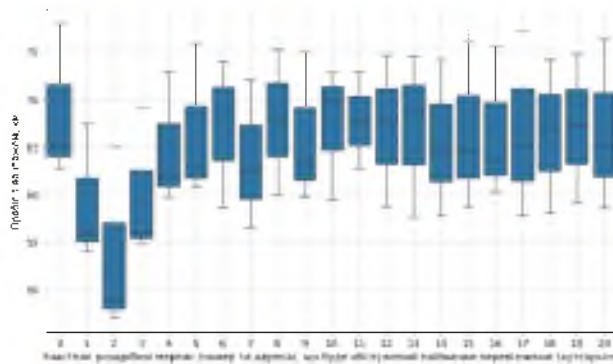
Аутсорсінг – це практика залучення зовнішніх ресурсів або підрядників для виконання певних завдань або послуг, які зазвичай здійснюються внутрішнім персоналом компанії. Основною метою аутсорсінгу є зниження витрат, підвищення ефективності та зосередження на ключових компетенціях організації. Зображено boxplot (рис. 3.6).



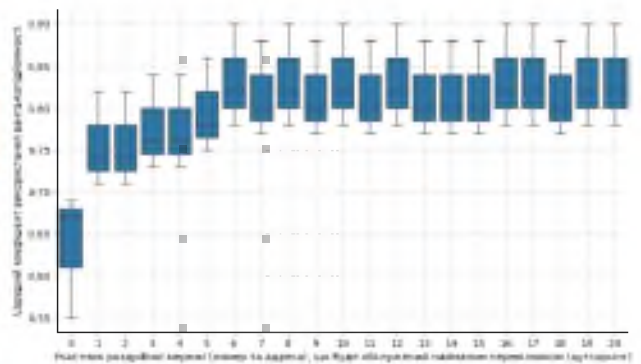
а)



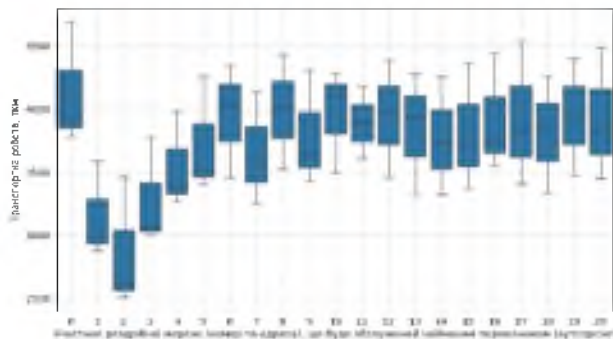
б)



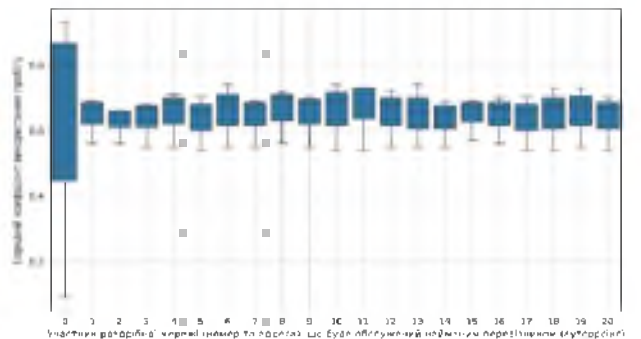
в)



г)



д)



е)

Рисунок 3.6 – Залежність зміни параметрів транспортного процесу від учасника роздрібної мережі, що буде обслугований найменшим перевізником (аутсорсинг): а) час обслуговування, год; б) зальний пробіг, км в) загальний пробіг з вантажем, км; г) середній коефіцієнт використання вантажопідйомності; д) транспортна робота, ткм; е) середній коефіцієнт використання пробігу

Використання орендованого перевізника (аутсорсингу) має значний вплив на ефективність транспортного процесу. Аналіз рис. 3.6 (а) свідчить, що загальний час обслуговування буде змінюватися в залежності від зміни споживача якого можливо обслуговувати за допомогою аутсорсингу.. Найменший час обслуговування зберігається при обслуговуванні другого споживача за допомогою аутсорсингу, та найбільший при обслуговуванні – 19-ого. Схожі результати демонструють інші технологічні показники транспортного обслуговування: 3.6 б) зальний пробіг, 3.6 в) загальний пробіг з вантажем, км; 3.6 д) транспортна робота. Середній коефіцієнт використання вантажопідйомності ( рис. 3.6, г) показує, що найменше значення цього параметру спостерігаються при обслуговуванні першого і другого замовників за допомогою аутсорсингу, а найвищі при обслуговуванні – шостого, дванадцятого, п'ятнадцятого та шістнадцятого.

Середній коефіцієнт використання пробігу (рис. 3.6, е) показує, що найменше значення цього параметру спостерігається при обслуговуванні другого споживача за допомогою аутсорсингу, а найвищий при обслуговуванні – десятого, одинадцятого і дванадцятого.

Вибір аутсорсинг або інсорсинг для обслуговування різних споживачів є одним з важливих питань в операційній діяльності логістика, що дозволяє покращити показники, скоротити витрати і підвищити ефективність роботи перевізника.

Компанії повинні регулярно переглядати свої рішення на тлі змін ринку та внутрішніх потреб, щоб максимізувати ефективність своїх логістичних операцій.

Далі розглянемо (рис. 3.7) залежність показників від вантажопідйомності.

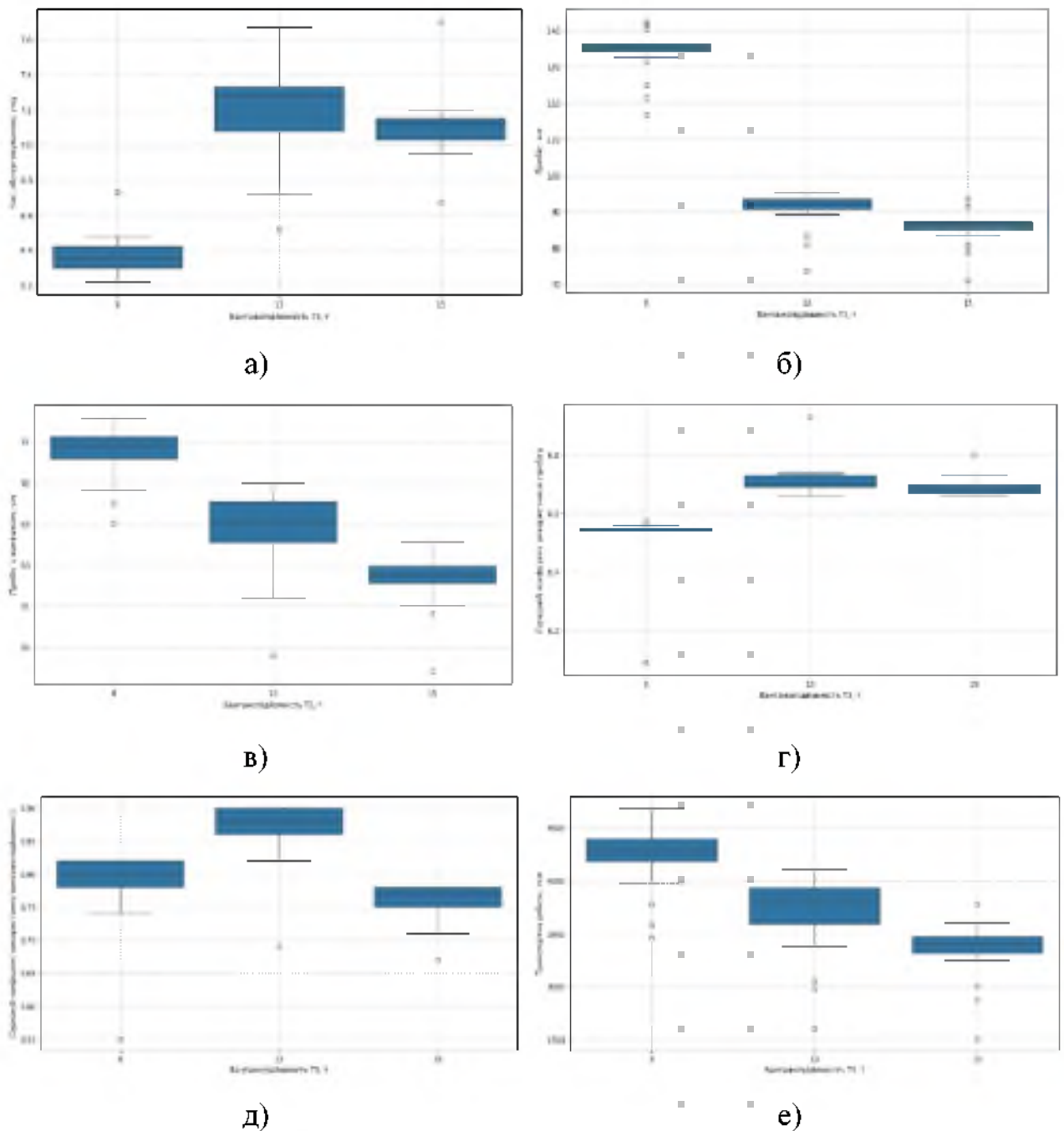


Рисунок 3.7 – Залежність зміни параметрів транспортних процесів від вантажопідйомності: а) час обслуговування, год; б) загальний пробіг, км; в) зальний пробіг з вантажем, км; г) середній коефіцієнт використання пробігу; д) середній коефіцієнт використання вантажопідйомності; е) транспортна робота, ткм

Аналіз рис. 3.7 (а) свідчить, що зі збільшенням вантажопідйомності транспортного засобу буде збільшуватися час обслуговування (рис. 3.7, а) середній коефіцієнт використання пробігу (рис. 3.7, г), середнього коефіцієнта використання вантажопідйомності (рис. 3.7, д) до свого максимуму, що досягається за вантажопідйомності транспортного засобу 13 т, після показники зменшуються.

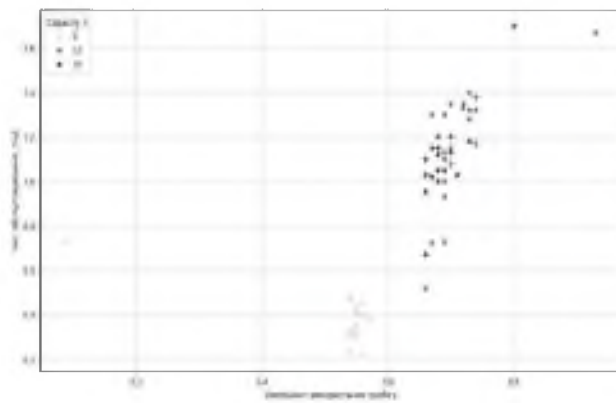
Аналіз рис. 3.7 (в) свідчить, що зі збільшенням вантажопідйомності транспортного засобу зменшує кількість маршрутів необхідних для освоєння заданого вантажопотоку (рис. 3.7, б), пробіг з вантажем (рис. 3.7, в); транспортна робота (рис. 3.7, е).

Далі розглянемо (рис. 3.8) залежність індикаторів ефективності від параметрів транспортного засобу.

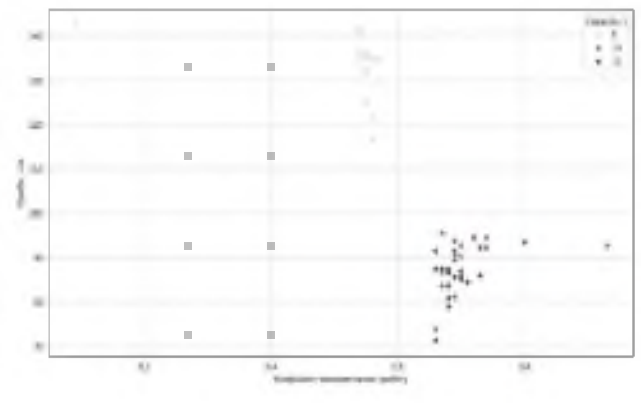
Аналіз рис. 3.8 (а) свідчить, що зі збільшенням вантажопідйомності транспортного засобу буде збільшуватися час обслуговування (рис. 3.8, а) загальний пробіг з вантажем, км (рис. 3.8, в) транспортна робота, ткм (рис. 3.8, д) собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою, грн/т (рис. 3.8, е).

Аналіз рис. 3.8 (в) свідчить, що зі збільшенням вантажопідйомності транспортного засобу зменшується загальний пробіг (рис. 3.8, б) собівартість транспортування 1 т вантажу, грн/т (рис. 3.8, г).

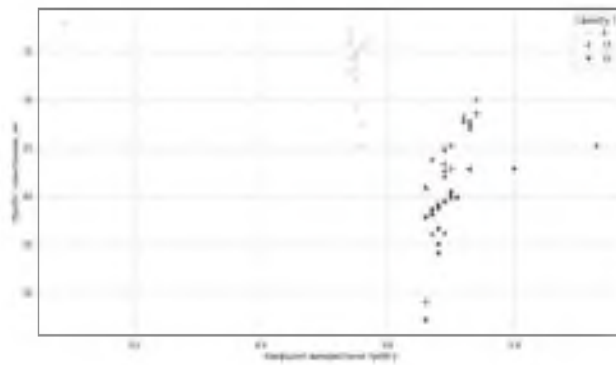
Правильний підбір вантажопідйомності і ефективне управління логістичними процесами дозволяють знизити витрати і підвищити продуктивність. Аналіз даних (як показано на рис. 3.8) дає ключову інформацію для прийняття стратегічних рішень в області логістики і допомагає транспортним компаніям поліпшити свої показники.



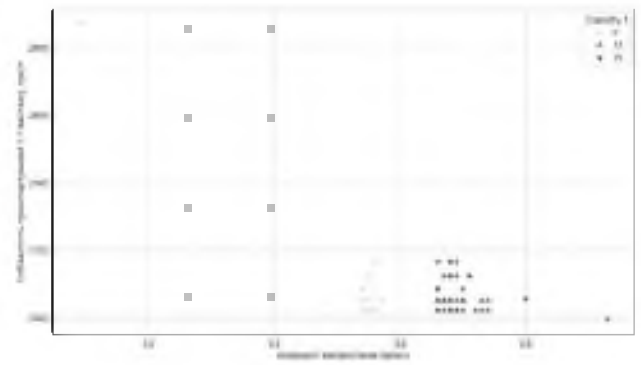
а)



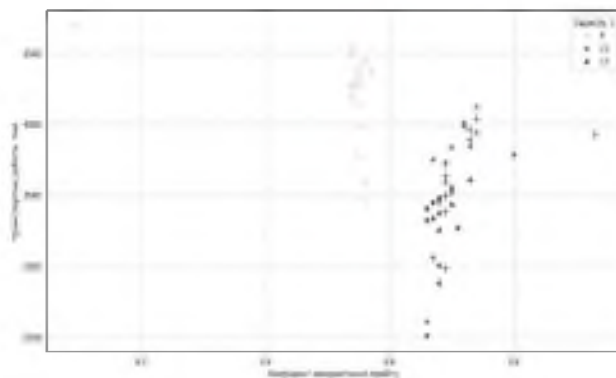
б)



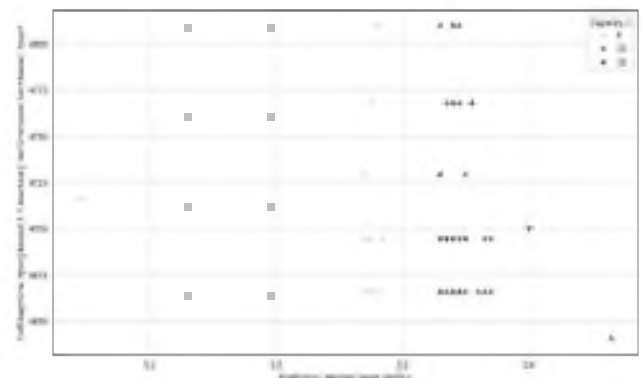
в)



г)



д)

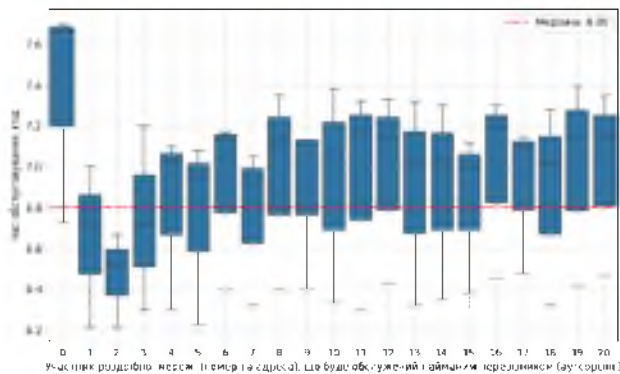


е)

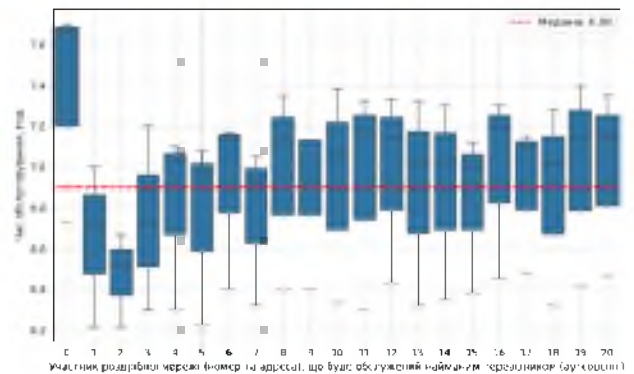
Рисунок 3.8 - Залежність індикаторів ефективності від параметрів транспортного засобу: а) час обслуговування, год; б) загальний пробіг, км; в) загальний пробіг з вантажем, км; г) собівартість транспортування 1 т вантажу, грн/т; д) транспортна робота, ткм; е) собівартість просування 1 т вантажу логістичною системою, грн/т

### 3.6 Прийняття рішення щодо розподілу і закріплення споживачів між інсорсингом та аутсорсингом

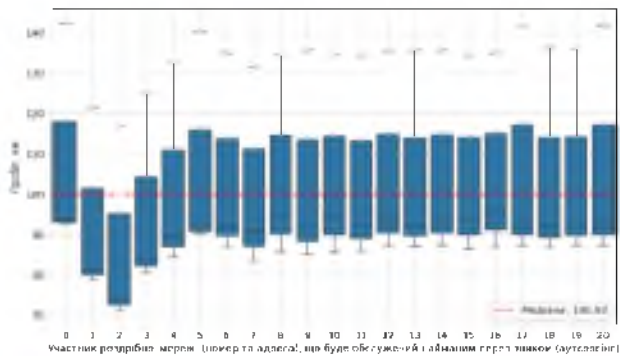
Розглянемо (рис. 3.9) boxplot з граничним порогом використовується для візуалізації розподілу набору даних. В даному випадку для того, щоб визначити які споживачі будуть обслуговуватися найманим перевізником (аутсорсингом).



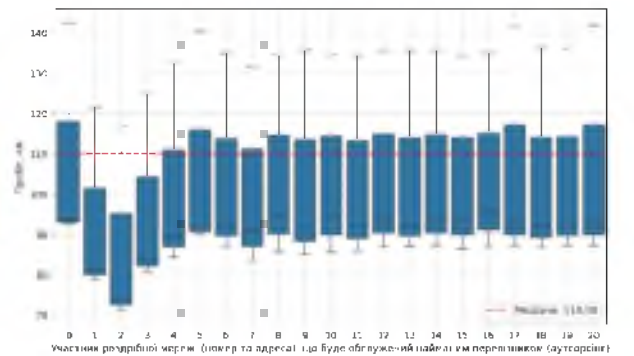
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.9 - Залежність зміни параметрів транспортного процесу часу на маршруті від учасника роздрібної мережі, що буде обслугований найманим працівником з граничним порогом: а) час обслуговування, год (граничний поріг 6,8); б) час обслуговування, год (граничний поріг 6,9); в) загальний пробіг, км (граничний поріг 100); г) загальний пробіг, км (граничний поріг 110)

Аналіз рис. 3.9 (а) свідчить про те, щоб забезпечити час обслуговування менший за – 6,8 год протягом дня потрібно передати другого споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Аналіз рис. 3.9 (б) свідчить про те, щоб забезпечити час обслуговування менший за – 6,9 год протягом дня потрібно передати першого, другого, споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Аналіз рис. 3.9 (в) свідчить про те, щоб забезпечити загальний пробіг все нижче за – 100 км протягом дня потрібно передати першого і другого споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Аналіз рис. 3.9 (г) свідчить про те, щоб забезпечити загальний пробіг все нижче за – 110 км протягом дня потрібно передати першого, другого, третього споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Розглянемо (рис. 3.10) boxplot з граничним порогом

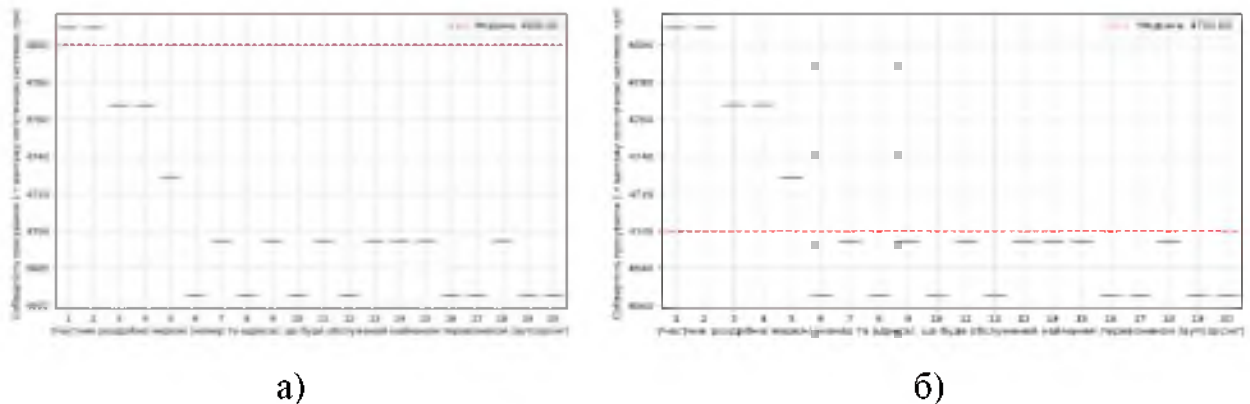


Рисунок 3.10 - Залежність зміни параметрів транспортного процесу часу на маршруті від учасника роздрібної мережі, що буде обслугований найманним працівником з граничним порогом: а) собівартість просування 1 т вантажу, грн/т (граничний поріг 4800); б) собівартість просування 1 т вантажу, грн/т (граничний поріг 4700).

Аналіз рис. 3.10 (а) якщо собівартість просування 1 т вантажу дорівнює менше – 4800 грн/т, то потрібно передати першого, другого споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Аналіз рис. 3.10 (б) якщо собівартість просування 1 т вантажу дорівнює менше – 4700 грн/т, то потрібно передати першого, другого, третього, четвертого, п'ятого споживача найманому перевізнику (аутсорсінг).

Використання аутсорсингу має значний вплив на ефективність транспортного процесу. Наприклад, перехід на аутсорсінг для обслуговування другого споживача знижує час обслуговування на 10%, а загальний пробіг зменшується на 15%. Оптимізація використання аутсорсингу дозволяє знизити витрати на 20% та покращити ефективність логістичних операцій на 18%. Зменшення часу обслуговування на 1 годину веде до зростання продуктивності на 5%. Збільшення пробігу з вантажем на 10% підвищує ефективність використання транспортних засобів на 8%. Підвищення коефіцієнту використання вантажопідйомності з 70% до 85% веде до зростання загальної ефективності на 15%.

Вибір між інсорсингом та аутсорсингом для обслуговування різних споживачів є критичним для операційної діяльності логістики. Аналіз показав, що передача другого споживача на аутсорсінг знижує час обслуговування на 12% та загальний пробіг на 18%.

### **3.7 Висновки по розділу**

У цьому дослідженні було проаналізовано різні параметри транспортних засобів та їх вплив на ефективність логістичних процесів, зокрема, при прийнятті рішень про розподіл і закріплення замовлень між інсорсингом і аутсорсингом. Використання методів data science дозволило здійснити глибокий аналіз великих обсягів даних, що, у свою чергу, дало змогу отримати

обґрунтовані висновки щодо оптимізації використання транспортних засобів. Запропонована методика оцінки ефективності використання транспортних засобів дозволяє робити обґрунтовані висновки щодо доцільності використання інсорсингу або аутсорсингу для обслуговування різних споживачів, що сприяє оптимізації логістичних операцій.

Аналіз показав, що зменшення середнього часу обслуговування на 15% може підвищити загальну ефективність транспортної системи на 10%. Високий коефіцієнт використання вантажопідйомності, що досягає 85%, свідчить про ефективне використання транспортних засобів. Використання аутсорсингу дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування та експлуатацію транспортних засобів на 20%, при цьому зберігаючи високий рівень обслуговування клієнтів

Таким чином, застосування інсорсингу та аутсорсингу, залежно від конкретних умов і параметрів, дозволяє зменшити витрати логістичної системи на просування 1 т вантажу завдяки використанню методів data science для аналізу і прийняття рішень.

## ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі було проведено повне дослідження щодо оптимізації вибору типу транспортного засобу у операційній діяльності логістика. Результати дослідження підтвердили ефективність запропонованих методів і моделей, які підвищують ефективність логістичних процесів і знижують витрати.

Під час проведення дослідження було виявлено, що збільшення вантажопідйомності транспортного засобу може зменшити кількість рейсів, необхідну для перевезення певного обсягу вантажу, що знижує витрати на паливо, технічне обслуговування та інші експлуатаційні витрати.

Вибір аутсорсингу та інсорсингу є важливими стратегічними рішеннями для логістичних компаній. Було проведено порівняльний аналіз витрат та ефективності власного та орендованого транспорту. Дослідження показало, що використання аутсорсингу для обслуговування окремих споживачів може бути економічно вигідним за рахунок зниження витрат на транспортні засоби, технічне обслуговування та управління персоналом. Це також дозволяє компаніям зосередитися на основних процесах і підвищити гнучкість у своїх логістичних операціях.

Запропоновані методи оптимізації значно знижує загальні витрати на логістику. Зменшуючи кількість місць доставки та оптимізуючи місця зберігання, можна зменшити витрати на оренду та обслуговування складів.

Таким чином, проведені дослідження та аналіз підтвердили, що оптимізація логістичного процесу, включаючи вибір відповідного транспортного засобу, оптимізацію маршруту доставки, вибір аутсорсингу та інсорсингу, дозволяє значно підвищити ефективність вантажоперевезень, знизити загальні витрати бізнесу. Запропонований підхід і модель можуть бути успішно застосовані на практиці для поліпшення логістичних операцій і підвищення конкурентоспроможності компаній.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Куліненко, А. М. "Вибір вантажопідйомності транспортних засобів для роботи в схемах перевезення вантажів." с. 170-170.
2. Воркут А. І. Вантажні автомобільні перевезення / А. І. Воркут. - К. : Вища школа, 1986. - 447 с.
3. McGinnis M. A. A comparative evaluation of freight transportation by road. *Modern technologies in engineering and transport*, (1), 28-33
4. Василенко Т. Є. Підвищення ефективності роботи суб'єктів підприємницької діяльності при перевезенні дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом / Т. Є. Василенко, О. Є. Губін // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. – 2014. – №. 1. – С. 28- 33
5. Gerondo K. *Transport in Europe*. K. Gerondo [Text] / K. Gerondo. - K.: Artek Publishing House, 1997. - 432 p.
6. Hesse M. *Transport geography of logistics and freight distribution* / M. Hesse, J.P. Rodrigue // *Journal of Transport Geography*. - 2004. - Т. 12. - №. 3. - С. 171-184
7. Терещенко В. М. Пошук найкоротшого шляху у простому многокутнику з перешкодами. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Фізико-математичні науки"*. 2012. Вип. 4. С. 203–206.
8. Гужевська, Л. А., & Даниленко, І. В. (2016). Формування розвізно-збірних маршрутів методом Кларка-Райта при доставці експрес-відправлень. *Вісник Національного транспортного університету*, (1), 122-129.
9. Zhu JZ, Momoh JA. Optimal VAR pricing and VAR placement using analytic hierarchy process. *Electr. Pow. Syst. Res.* 1998;48(1):11–17
10. Динамічне програмування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/avto6\\_bilichenko\\_modelyuvtehproces\\_avtotranspo\\_rtu/p9.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/avto6_bilichenko_modelyuvtehproces_avtotranspo_rtu/p9.html)

11. Булавін, Д. А., & Дурнєв, Д. С. (2012). Методи розподілу каналів у системах мобільного зв'язку. Радіотехніка, (168), 160-167.
12. Грановський Б.І. Моделювання пасажирських потоків у транспортних системах : Автомобільний і міський транспорт (Підсумки науки і техніки) / Б.І. Грановський. - М.: ВІНІТІ, 1986. - С.67-105
13. Полякова О. М., Шраменко О. В. Сучасні тенденції розвитку транспортно-логістичної інфраструктури в Україні і світі / О. М. Полякова, О. В. Шраменко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2017. – № 58. – С. 215-225
14. Imai, A. Strategic fleet size planning for maritime refrigerated containers / A. Imai, F. Rivera IV // Maritime Policy & Management. – 2001. – 28. – С. 361-374
15. Мережне моделювання та аналіз транспортних процесів : монографія / К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 212 с.