

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри**

транспортних технологій та
(назва кафедри)

засобів у АПК

_____ Савченко Л.А.
(підпис) (ПІБ)

« » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення системи диспетчеризації автоперевезень на основі аналізу даних»

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)» (код і назва)

Гарант освітньої програми

К. Т. Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Опалко В.Г
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Д. пед. н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Савченко Л.А
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Грищенко Є.П
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет механіко технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

транспортних технологій та засобів у АПК
Савченко Л.А

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 20 р.

ЗАВДАННЯ на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту (на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту)

Грищенко Євгенію Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проєкту бакалавра) Удосконалення системи диспетчеризації автоперевезень на основі аналізу даних Fozzy Group

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р. № Термін
подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проєкту бакалавра)
Матеріали звітності транспортного підрозділу Fozzy Group за 2025-2026 pp.; телеметричні дані GPS-моніторингу рухомого складу (журнали рейсів, дані тахографів, витрати пального); вивантаження з системи SAP Transportation Management (маршрутні листи, товарно-транспортні накладні, часові вікна доставки); показники KPI транспортної логістики підприємства; дані IoT-датчиків температурного контролю вантажів (fresh/dry); нормативно-правові документи, що регулюють автомобільні перевезення в Україні; наукові публікації та монографії з питань логістики, диспетчеризації та Data-driven управління транспортом.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Розкрити сутність, функції та організаційні моделі диспетчеризації автоперевезень у торговельних мережах.
2. Дослідити еволюцію програмних систем управління транспортом та концепцію Data-driven логістики.
3. Проаналізувати світовий досвід оптимізації маршрутів доставки продуктів харчування (Walmart, Tesco).
4. Надати організаційно-економічну характеристику логістичної вертикалі Fozzy Group та технічної інфраструктури диспетчерської служби.
5. Виконати первинний аналіз масивів даних телеметрії рейсів: структуру маршрутів, дотримання часових вікон, витрати пального.

6. Провести діагностику проблем диспетчеризації на основі статистичних аномалій та оцінити поточні KPI транспортної логістики.
7. Обґрунтувати алгоритми аналізу транспортних логів і телеметричних даних; дослідити завантаженість (LTL) та ефективність кільцевих маршрутів до мереж «Сільпо» та «Фора».
8. Виконати факторний аналіз причин відхилень від графіку доставки та виявити кореляції між типами вантажів і складністю диспетчерського супроводу.
9. Розробити прототип рекомендаційної моделі підтримки прийняття рішень диспетчером.
10. Запропонувати заходи з організаційної трансформації диспетчерської служби в аналітичний центр управління та модернізації алгоритмів маршрутизації.
11. Розробити макет інтерактивного дашборда моніторингу виконання рейсів у реальному часі.
12. Розрахувати прогнозований економічний ефект від впровадження запропонованих змін.
- 13.
14. Перелік графічних документів (за потреби)
15. Схема організаційної структури логістичної вертикалі Fozzy Group.
16. Теплові карти затримок доставки по торговельних точках мереж «Сільпо» та «Фора».
17. Графіки завантаженості (fill rate) транспортних засобів у розрізі маршрутів та типів вантажів (fresh/dry).
- 18.
19. Дата видачі завдання “ ” _____ 2026р.
20. **Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**
21. **(Керівник дипломного проєкту бакалавра)**
22. (підпис)
23. **Завдання прийняв до виконання**
24. (підпис)

Савченко Л.А
(прізвище та ініціали)

Грищенко Є.П
(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ У РИТЕЙЛІ	13
1.1. Сутність та функції диспетчеризації на автотранспортному підрозділі торговельної мережі	13
1.2. Еволюція програмних систем: від GPS-моніторингу до інтелектуальних TMS-систем	15
1.3. Концепція Data-driven логістики як інструмент підвищення ефективності перевезень	19
1.4. Світовий досвід оптимізації маршрутів доставки продуктів харчування (кейс-стаді Walmart, Tesco)	22
1.5. Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ FOZZY GROUP	26
2.1. Організаційно-економічна характеристика логістичної вертикалі групи компаній Fozzy	26
2.2. Технічна інфраструктура диспетчерської служби (SAP TM, системи моніторингу та IoT-датчики)	28
2.3. Первинний аналіз масивів даних: структура маршрутів, дотримання часових вікон та витрати пального	31
2.4. Діагностика проблем диспетчеризації на основі статистичних аномалій	33
2.5. Оцінка ключових показників ефективності (KPI) транспортної логістики підприємства	35
2.6. Охорона праці та безпека життєдіяльності диспетчерів	37
2.7. Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3. ГЛИБОКИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ВИЯВЛЕННЯ РЕЗЕРВІВ ЕФЕКТИВНОСТІ	39
1.1. Обґрунтування алгоритмів аналізу транспортних логів та телеметричних даних	39
1.2. Статистичне дослідження завантаженості (LTL) та ефективності кільцевих маршрутів до мереж «Сільпо» та «Фора»	41
1.3. Факторний аналіз причин відхилень від графіку доставки та наднормових витрат ресурсів	44
1.4. Виявлення кореляцій між типами вантажів (fresh/dry) та складністю диспетчерського супроводу	46
1.5. Розробка прототипу рекомендаційної моделі для підтримки прийняття рішень диспетчером	48
1.6. Висновки до розділу 3	50
РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ	52
4.1. Організаційна трансформація диспетчерської служби в аналітичний центр управління	52
4.2. Модернізація алгоритмів маршрутизації з урахуванням динамічних факторів (заторів, безпекової ситуації)	54
4.3. Автоматизація регламентів взаємодії диспетчерів з водіями та представниками магазинів	56
4.4. Проектування інтерактивних дашбордів моніторингу виконання рейсів у реальному часі	58
4.5. Розрахунок прогнозованого економічного ефекту від впровадження запропонованих змін	60
4.6. Висновки до розділу 4	63
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	74
Додаток А. Структура бази даних логістичної системи (схема таблиць)	74
Додаток Б. Таблиці з вихідними даними телеметрії рейсів за 2025-2026 рр.	78
Додаток В. Візуалізація результатів аналізу: теплові карти затримок та графіки завантаженості	81
Додаток Д. Макет інтерфейсу аналітичного дашборда для диспетчера	83

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи: кваліфікаційна робота містить 4 розділи, 21 таблицю, 5 формул, 4 додатки. Список використаних джерел налічує 21 найменування. Загальний обсяг роботи - 85 сторінок.

Ключові слова: ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ, ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА, DATA-DRIVEN ЛОГІСТИКА, TMS-СИСТЕМА, SAP TRANSPORTATION MANAGEMENT, OTIF, FILL RATE, КІЛЬЦЕВИЙ МАРШРУТ, MACHINE LEARNING, RANDOM FOREST, РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА, FOZZY GROUP.

Актуальність теми. Транспортна логістика є одним із найвитратніших елементів операційної діяльності великих торговельних мереж, частка транспортних витрат у товарообігу ритейлерів становить 3-5%. В умовах воєнного часу, волатильного попиту та зростаючих цін на паливо ефективна система диспетчеризації набуває важливого значення для збереження конкурентоспроможності. Fozzy Group є одним із найбільших ритейлерів України з оборотом 138,3 млрд грн у 2024 р. та мережею 826 торговельних об'єктів, він щодоби виконує 520-640 рейсів, проте поточний рівень OTIF (On Time In Full - своєчасна та повна доставка; 88,7%) відстає від галузевого бенчмарку (93-97%).

Мета роботи: розробка науково обґрунтованих пропозицій з удосконалення системи диспетчеризації автоперевезень Fozzy Group на основі комплексного аналізу транспортних і телеметричних даних та впровадження інструментів Data-driven управління.

Об'єкт дослідження: система диспетчеризації автоперевезень логістичного центру Fozzy Group.

Предмет дослідження: методи та інструменти аналізу транспортних даних як основа удосконалення процесів диспетчерського управління.

Методи дослідження. У роботі застосовано методи описової статистики та аналізу розподілів; метод міжквартильного розмаху (IQR) для виявлення

аномалій; STL-декомпозицію часових рядів для аналізу сезонності; K-means кластерний аналіз для групування маршрутів; критерій Краскела-Воллеса та дисперсійний аналіз (ANOVA) для факторного аналізу відхилень; кореляційний аналіз Спірмена; множинну лінійну регресію; алгоритми машинного навчання (логістична регресія, дерево рішень, Random Forest) для побудови прогнозової DSS-моделі.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані заходи чотирьох напрямів - організаційна трансформація диспетчерської служби в Аналітичний центр управління транспортом (АЦУТ), динамічна маршрутизація з інтеграцією HERE Routing API, система автоматизованих регламентів взаємодії (АРВ) та інтерактивний дашборд на Power BI Embedded, дозволяють підвищити рівень OTIF з 88,7% до 93,5-94,0%, fill rate (Fill Rate - коефіцієнт використання вантажопідйомності) - з 74,3% до 80%, автоматизувати близько 80% рутинних комунікацій диспетчерів. Прогнозований сукупний економічний ефект складає 88,2 млн грн/рік при обсязі інвестицій 1,5 млн грн та терміні окупності 3-4 місяці. Методологія та інструментарій дослідження можуть бути адаптовані для інших великих ритейлерів України - АТБ, METRO Cash & Carry, Novus.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦУТ - Аналітичний центр управління транспортом

АРВ - Автоматизовані регламенти взаємодії

ВРВ - Задача маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problem)

GPS - Глобальна система позиціонування (Global Positioning System)

DSS - Система підтримки прийняття рішень (Decision Support System)

ERP - Система планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning)

ІДН - Індекс диспетчерського навантаження

IoT - Інтернет речей (Internet of Things)

IQR - Міжквартильний розмах (Interquartile Range)

KPI - Ключові показники ефективності (Key Performance Indicators)

LTL - Неповне завантаження транспортного засобу (Less-Than-Truckload)

ML - Машинне навчання (Machine Learning)

OTIF - Своєчасна та повна доставка (On Time In Full)

РЦ - Розподільчий центр

SAP TM - SAP Transportation Management - модуль управління транспортом системи SAP

TMS - Система управління транспортом (Transportation Management System)

ТЗ - Транспортний засіб

ТТН - Товарно-транспортна накладна

VRPTW - Задача маршрутизації з часовими вікнами (Vehicle Routing Problem with Time Windows)

WMS - Система управління складом (Warehouse Management System)

ВСТУП

Актуальність теми. Транспортна логістика є одним із найбільш витратних і водночас найбільш складно керованих елементів операційної діяльності великих торговельних мереж. Частка транспортних витрат у структурі сукупних логістичних витрат ритейлерів становить 40-60%, а їхня абсолютна величина - 3-5% товарообігу.

Fozzy Group - один із найбільших торгово-промислових холдингів України, що об'єднує понад 826 торговельних об'єктів під брендами «Сільпо», «Фора», Thrash!, Le Silpo та Fozzy і формує оборот понад 138,3 млрд грн (2024 р.). Власний транспортний підрозділ холдингу щодоби виконує 520-640 рейсів силами 800+ транспортних засобів, забезпечуючи безперебійне постачання товарів до всіх торговельних точок мережі. Поточний рівень своєчасної доставки (OTIF = 88,7%) відстає від галузевого нормативу (95%) та від показників провідних міжнародних ритейлерів (Walmart - 96,5%, Tesco - 97,2%). Коефіцієнт використання вантажопідйомності (74,3% при нормі 80%), висока частка рейсів із перевитратою пального (23,6%) та порушеннями cold chain (1,8%) свідчать про системні резерви підвищення ефективності, що не реалізуються через відсутність аналітичних інструментів підтримки рішень диспетчера.

Інтенсивний розвиток концепції Data-driven логістики, впровадження технологій машинного навчання у системи управління транспортом та накопичення масивів телеметричних даних відкривають реальну можливість для переходу від реактивної до проактивної моделі диспетчеризації.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до навчального плану підготовки бакалаврів Національного університету біоресурсів і природокористування України та пов'язана з науковою тематикою кафедри у напрямі цифровізації агропромислової логістики та розвитку транспортно-логістичних систем підприємств.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є розробка науково обґрунтованих пропозицій з удосконалення системи диспетчеризації автоперевезень логістичного центру Fozzy Group на основі комплексного аналізу транспортних і телеметричних даних та впровадження інструментів Data-driven управління.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі завдання:

- вивчити теоретичні основи диспетчеризації автоперевезень у ритейлі, еволюцію програмних систем управління транспортом та концепцію Data-driven логістики;
- дослідити світовий досвід оптимізації транспортної логістики торговельних мереж на прикладі Walmart та Tesco;
- описати організаційно-економічну структуру логістичної вертикалі Fozzy Group та технічну інфраструктуру диспетчерської служби;
- виконати первинний аналіз масиву транспортних і телеметричних даних (187 430 рейсів за 2025-2026 рр.) та оцінити поточні KPI транспортної логістики підприємства;
- встановити аналітичні методи, що відповідають задачам дослідження, та обґрунтувати їх застосування;
- виявити резерви підвищення ефективності через статистичний аналіз завантаженості, факторний аналіз причин відхилень від графіку та кореляційний аналіз залежності між типом вантажу і складністю диспетчерського супроводу;
- розробити прототип рекомендаційної DSS-моделі підтримки прийняття рішень диспетчером на основі алгоритмів машинного навчання;
- запропонувати комплекс практичних заходів з удосконалення системи диспетчеризації: організаційну трансформацію в Аналітичний центр управління транспортом, динамічну маршрутизацію, автоматизацію регламентів взаємодії та інтерактивний дашборд моніторингу;
- розрахувати економічний ефект від впровадження запропонованих змін та оцінити їх інвестиційну привабливість.

Об'єкт дослідження - система диспетчеризації автоперевезень логістичного центру Fozzy Group.

Предмет дослідження - методи та інструменти аналізу транспортних і телеметричних даних як основа удосконалення процесів диспетчерського управління в умовах торговельної мережі.

Методи дослідження. У роботі застосовано спеціальні методи дослідження. З загальнонаукових, методи аналізу і синтезу (для вивчення теоретичних основ та узагальнення результатів), порівняльний аналіз (для зіставлення фактичних KPI з нормативами та галузевими бенчмарками), системний підхід (для розгляду диспетчеризації як підсистеми транспортної логістики). Серед спеціальних методів: описова статистика та аналіз розподілів; метод міжквартильного розмаху IQR для виявлення аномальних рейсів; STL-декомпозиція часових рядів для дослідження сезонності порушень; K-means кластерний аналіз для групування маршрутів за профілем ефективності; критерій Краскела-Воллеса та однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA для аналізу відхилень від графіку; кореляційний аналіз Спірмена для встановлення взаємозв'язків між показниками;

Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому. Вперше для умов вітчизняного ритейлу розроблено методику комплексного Data-driven діагностування системи диспетчеризації на основі одночасного аналізу транзакційних даних TMS та телеметричних даних GPS-моніторингу, що дозволяє виявляти системні аномалії та резерви ефективності, недоступні при роздільному аналізі джерел. Дістало подальшого розвитку введення та апробація індексу диспетчерського навантаження (ІДН), кількісного показника складності диспетчерського супроводу рейсів, що інтегрує чотири складові: порушення OTIF, температурні відхилення, комунікаційне навантаження та повторні рейси.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений комплекс заходів - організаційна трансформація диспетчерської служби в Аналітичний центр управління транспортом (АЦУТ), динамічна маршрутизація на основі HERE Routing API, система автоматизованих регламентів взаємодії (АРВ) та

інтерактивний дашборд на платформі Power BI Embedded - може бути впроваджений у логістичних центрах Fozzy Group. Прогнозований сукупний економічний ефект від реалізації запропонованих заходів становить 88,2 млн грн/рік при обсязі інвестицій 1,5 млн грн та терміні окупності 3-4 місяці.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи доповідались і обговорювались на науково-практичних заходах кафедри, а також можуть стати основою для участі у конкурсах студентських наукових робіт у напрямі цифрових технологій в агропромисловому комплексі та логістиці.

Джерела даних. Дані для дослідження отримано на підставі договору про науково-практичну співпрацю між кафедрою та транспортним підрозділом Fozzy Group (лист-підтвердження від підприємства зберігається на кафедрі). Агреговані таблицні дані, що використовуються в роботі, було анонімізовано відповідно до вимог конфіденційності підприємства: з навчальною метою надано доступ до показників KPI та вивантажень з SAP TM без вказівки персональних даних водіїв та назв конкретних торговельних точок.

Положення, що виносяться на захист:

- методика комплексного Data-driven діагностування системи диспетчеризації торговельної мережі на основі поєднання транзакційних і телеметричних даних, що включає 6 аналітичних методів і охоплює масив 187 430 рейсів;
- індекс диспетчерського навантаження (ІДН) як кількісний показник складності диспетчерського супроводу рейсів, що дозволив встановити 66,8-відсоткове перевищення навантаження для рейсів fresh порівняно з dry та нерівномірність розподілу навантаження між змінами;
- прототип DSS-моделі підтримки рішень диспетчера на основі алгоритму Random Forest (AUC-ROC = 0,903, recall = 0,74), що прогнозує ризик порушення OTIF для кожного рейсу та формує структуровані рекомендації щодо превентивних дій;

- концепція Аналітичного центру управління транспортом (АЦУТ) та комплекс організаційно-технічних заходів з модернізації системи диспетчеризації Fozzy Group з прогнозованим ефектом 88,2 млн грн/рік при терміні окупності інвестицій 3-4 місяці.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Основний текст пояснювальної записки викладено на 85 сторінках. Робота містить 21 таблицю, 5 розрахункових формул. Список використаних джерел налічує 21 найменування. У додатках представлено: схему таблиць бази даних логістичної системи (Додаток А), зведені таблиці з вихідними даними телеметрії рейсів за 2025-2026 рр. (Додаток Б), матриці візуалізації результатів аналізу - теплові карти затримок та таблиці завантаженості (Додаток В), специфікацію макету інтерактивного дашборда для диспетчера (Додаток Д).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ У РИТЕЙЛІ

1.1. Сутність та функції диспетчеризації на автотранспортному підрозділі торговельної мережі

Диспетчеризація автоперевезень є однією з ключових функцій управління логістичними процесами в сучасних торговельних мережах. В умовах зростаючої конкуренції на ринку ритейлу, підвищення вимог до швидкості та якості обслуговування покупців, ефективна організація транспортних операцій набуває стратегічного значення для забезпечення конкурентоспроможності підприємства [1].

Термін «диспетчеризація» походить від англійського слова «dispatch» - відправляти, управляти. У широкому розумінні диспетчеризація - це система оперативного централізованого управління виробничими процесами, що забезпечує їх безперебійне й ритмічне здійснення відповідно до заданого плану і оперативних завдань [1]. Стосовно автотранспортних підрозділів торговельних мереж диспетчеризація охоплює сукупність організаційно-управлінських заходів із планування, координації та контролю транспортних операцій із доставки товарів від розподільчих центрів до торговельних точок [2].

Система диспетчеризації на автотранспортному підрозділі торговельної мережі виконує такі основні функції:

- планування маршрутів та визначення оптимального порядку об'їзду торговельних точок з урахуванням вагових обмежень транспортних засобів, часових вікон приймання товарів та дорожньої ситуації;
- оперативне управління транспортними засобами в режимі реального часу - координація дій водіїв, реагування на відхилення від маршруту, дорожні інциденти та затримки;

- моніторинг виконання замовлень і відстеження статусів доставки, своєчасне інформування торговельних точок про очікуваний час прибуття транспортних засобів;
- облік та контроль використання транспортних ресурсів: пробігу, витрат пального, завантаженості рухомого складу та дотримання норм праці водіїв;
- координація взаємодії між підрозділами логістичного ланцюга: складом, транспортним відділом, торговельними точками та постачальниками транспортних послуг;
- формування первинної документації та звітності: товарно-транспортних накладних, подорожніх листів, актів виконаних робіт.

Диспетчерська служба торговельної мережі функціонує в умовах постійного інформаційного навантаження та необхідності ухвалення рішень в реальному часі. Диспетчер одночасно опрацьовує потоки інформації від декількох джерел: систем GPS-моніторингу транспортних засобів, ERP-системи підприємства (ERP, Enterprise Resource Planning - система планування ресурсів підприємства; дані про замовлення), операторів складу (статуси відвантаження), водіїв (польові повідомлення) та торговельних точок (запити на зміну умов доставки). Практика свідчить, що диспетчер великої торговельної мережі ухвалює десятки оперативних рішень за зміну [2].

Особливість диспетчеризації у ритейлі порівняно з іншими галузями полягає у необхідності дотримання суворих часових вікон доставки (time windows delivery). Торговельні мережі встановлюють для кожної точки продажу строго регламентований інтервал прийому товарів - як правило, тривалістю 1-3 години. Порухення часового вікна призводить до відмови від прийому товару, накладення штрафних санкцій з боку управління торговельної точки та дефіциту товарів на полицях. За даними аналітиків галузі, вартість однієї порушеної доставки для торговельної мережі може становити від 5 000 до 20 000 гривень, враховуючи штрафні санкції, повторні рейси та втрачений продаж [3].

В організаційному аспекті диспетчеризація автоперевезень у торговельних мережах може бути організована за такими моделями:

- централізована модель - єдина диспетчерська служба управляє всіма транспортними операціями мережі незалежно від регіону та типу товарів; характерна для середніх та великих мереж зі значним автопарком;
- децентралізована модель - диспетчерські функції делеговані регіональним логістичним центрам; підвищує оперативність реагування, але ускладнює консолідацію даних;
- гібридна модель - поєднання централізованого стратегічного планування маршрутів із децентралізованим оперативним управлінням на рівні регіональних хабів; найбільш поширена у великих ритейлерів.

Предметом диспетчерського управління є транспортний рейс як базова одиниця транспортної операції. Рейс включає відправлення транспортного засобу (ТЗ) з розподільчого центру, виконання встановленого маршруту із завантаженням (або без нього) та поверненням до РЦ. Важливою характеристикою рейсу є коефіцієнт використання вантажопідйомності (КВВ), що відображає відношення фактично перевезеного вантажу до номінальної вантажопідйомності ТЗ. Низький КВВ свідчить про неефективне використання рухомого складу та надмірні витрати на одиницю вантажу.

Диспетчеризація є системоутворювальним елементом транспортної логістики торговельної мережі, що забезпечує синхронізацію матеріальних, інформаційних та фінансових потоків у ланцюзі постачання.

1.2. Еволюція програмних систем: від GPS-моніторингу до інтелектуальних TMS-систем

Розвиток програмного забезпечення для управління транспортом пройшов кілька якісних етапів, кожен з яких ознаменувався принципово новими можливостями для автоматизації диспетчерських функцій. Розуміння цієї

еволюції необхідне для обґрунтування сучасних підходів до удосконалення систем диспетчеризації.

Перший етап (1990-ті - початок 2000-х) - впровадження автоматизованих систем обліку та GPS-моніторингу. На цьому етапі основним завданням була автоматизація документообігу та отримання базових даних про місцезнаходження транспортних засобів. Системи першого покоління забезпечували: ведення електронних подорожніх листів та товарно-транспортних накладних; відстеження координат транспортних засобів за допомогою GPS; формування звітності про пробіг, витрати пального та простої.

Другий етап (середина 2000-х - початок 2010-х) - поява спеціалізованих систем планування маршрутів (Route Planning Software, RPS). Ключовою інновацією стало впровадження алгоритмів вирішення задачі маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problem, VRP) та її модифікацій із часовими вікнами (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW). Класичний алгоритм VRP, сформульований Данцигом і Рамзером ще у 1959 році, набув практичного застосування завдяки зростанню обчислювальних потужностей [4]. Системи цього покоління дозволяли:

- автоматично будувати оптимізовані маршрути з урахуванням вантажопідйомності ТЗ та часових вікон;
- зменшити загальний пробіг на 10-20% порівняно з ручним плануванням;
- скоротити кількість задіяних транспортних засобів за рахунок консолідації замовлень.

Третій етап (2010-ті роки) - становлення систем управління транспортом (Transportation Management System, TMS) корпоративного рівня. TMS-системи вийшли за межі простого планування маршрутів і стали інтегрованими платформами управління транспортним ланцюгом постачання. Сучасні TMS-рішення охоплюють увесь життєвий цикл транспортної операції [5].

Таблиця 1.1

Функціональні модулі сучасної TMS-системи

Модуль TMS	Основні функції	Результат впровадження
Управління замовленнями	Прийом, обробка та консолідація замовлень на перевезення; інтеграція з ERP та WMS	Скорочення часу обробки замовлень на 40-60%
Планування маршрутів	Автоматична оптимізація маршрутів з урахуванням VRP/VRPTW; динамічне перепланування	Зменшення пробігу на 10-25%
Управління тарифами та перевізниками	Ведення бази тарифів; автоматичний вибір оптимального перевізника	Зниження транспортних витрат на 8-15%
Виконання перевезень	GPS-моніторинг; комунікація з водіями; відстеження відхилень від маршруту	Підвищення дотримання часових вікон до 95%+
Аналітика та звітність	KPI-дашборди; факторний аналіз відхилень; прогнозна аналітика	Обґрунтоване прийняття рішень на основі даних
Розрахунки та фінанси	Автоматизація актів виконаних робіт; звірка рахунків перевізників	Скорочення операційних витрат на 20-30%

Джерело: складено автором

Четвертий етап (2015-2020 рр.) - впровадження хмарних технологій і мобільних рішень. Перехід від on-premise до SaaS-моделей (SaaS, Software as a Service - програмне забезпечення як послуга) розгортання TMS-систем суттєво знизив бар'єр входу для середніх і малих підприємств. Хмарні TMS-рішення, такі як Oracle Transportation Management Cloud, SAP Transportation Management, Manhattan Associates TMS, забезпечили:

- масштабованість - можливість оброблювати змінні обсяги замовлень без інвестицій в інфраструктуру;
- мобільний доступ - водії отримали смартфон-застосунки для навігації, підпису документів та звітування;

Безшовне підключення до сторонніх сервісів: картографічних платформ, агрегаторів трафіку, митних систем.

П'ятий, поточний етап (2020-ті рр.) - інтелектуальні TMS-системи на основі штучного інтелекту та машинного навчання. Провідні постачальники TMS-рішень активно інтегрують технології AI/ML для вирішення завдань, що раніше потребували людської експертизи [7]. До ключових інновацій цього етапу належать:

- предиктивна аналітика затримок - моделі ML прогнозують ймовірність порушення часових вікон за 2-4 години до виникнення ситуації, що дозволяє диспетчеру вжити превентивних заходів;
- динамічна маршрутизація в реальному часі - алгоритми безперервно перераховують оптимальні маршрути з урахуванням поточних даних про трафік (інтеграція з Google Maps Platform, HERE Technologies);
- оптимізація завантаження - системи автоматично вирішують задачу пакування (bin packing problem) для максимізації завантаженості кузова з урахуванням температурних зон (fresh/dry/freeze);
- рекомендаційні системи для диспетчерів - AI-асистенти пропонують оптимальні рішення в нештатних ситуаціях на основі аналізу даних.

Еволюція систем управління транспортом відбувалась паралельно з розвитком суміжних технологій. Впровадження IoT-датчиків (телематика, датчики температури, датчики відкриття дверей кузова) забезпечило якісно новий рівень моніторингу стану вантажу та ТЗ. Big Data платформи дозволили накопичувати та аналізувати терабайти телеметричних даних для виявлення системних закономірностей [8].

На вітчизняному ринку серед найбільш поширених TMS-рішень для ритейлу варто виділити: SAP Transportation Management (використовується Fozzy Group, Auchan Україна), 1С:Автотранспорт (широко розповсюджена серед середніх підприємств), власні розробки на базі платформи Oracle (Metro Cash&Carry Україна), а також SaaS-рішення Wialon та GPS-Monitor для малих флотів.

1.3. Концепція Data-driven логістики як інструмент підвищення ефективності перевезень

Концепція Data-driven логістики (логістики, керованої даними) є методологічним фундаментом сучасного підходу до управління транспортними операціями. Суть концепції полягає у прийнятті управлінських рішень на основі систематичного аналізу масивів структурованих та неструктурованих даних, що генеруються в процесі логістичної діяльності, замість традиційного підходу, заснованого переважно на досвіді та інтуїції фахівців [9].

Концептуальна модель Data-driven логістики будується навколо замкнутого циклу управління знаннями: збір даних -> обробка та аналіз -> генерація insights -> прийняття рішень -> виконання операцій -> збір нових даних. Кожна ітерація цього циклу збагачує аналітичну базу підприємства та підвищує точність майбутніх рішень [10].

Джерелами даних у системі Data-driven логістики торговельної мережі є:

- телематичні дані транспортних засобів - GPS-координати (з частотою оновлення 10-30 секунд), швидкість руху, пробіг, обороти двигуна, витрати пального (з бортового комп'ютера та датчиків рівня паливного бака), дані тахографа;
- транзакційні дані TMS/ERP - замовлення на перевезення, часові вікна доставки, маршрутні листи, статуси виконання, товарно-транспортні накладні, акти виконаних робіт;
- дані WMS (системи управління складом) - часові позначки відвантаження, ваго-габаритні характеристики вантажів, температурні умови зберігання та транспортування;
- зовнішні дані - дорожня ситуація в реальному часі (Google Maps API, HERE), метеорологічні умови, дані про дорожні роботи та обмеження;
- комунікаційні дані - журнали переговорів диспетчерів з водіями, записи звернень торговельних точок, причини відхилень (зафіксовані вручну).

Методологічним інструментом Data-driven логістики є система ключових показників ефективності (Key Performance Indicators, KPI), що дозволяє кількісно оцінити стан транспортних операцій та динаміку змін. Для системи диспетчеризації торговельної мережі базовий набір KPI включає показники, представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Система KPI транспортної логістики торговельної мережі

KPI	Формула розрахунку	Цільове значення	Значення для аналізу
Рівень своєчасної доставки (OTIF)	Кількість доставок у часовому вікні / Загальна кількість доставок $\times 100\%$	$\geq 95\%$	Основний індикатор якості сервісу
Коефіцієнт використання вантажопідйомності (Fill Rate)	Фактична маса вантажу / Номінальна вантажопідйомність $\times 100\%$	$\geq 80\%$	Ефективність використання ТЗ
Питомі витрати пального	Обсяг витраченого пального / Пробіг (л/100 км)	Відповідно до норм	Контроль витрат та технічного стану ТЗ
Витрати на доставку одиниці товару	Загальні транспортні витрати / Кількість доставлених одиниць	Мінімізація	Ефективність транспортних операцій
Середній час рейсу	Сума тривалостей рейсів / Кількість рейсів	Відповідно до норм	Продуктивність водіїв та якість маршрутів
Відсоток рейсів без відхилень	Рейси без відхилень / Загальна кількість рейсів $\times 100\%$	$\geq 90\%$	Стабільність операційних процесів

Джерело: складено автором

Моментом Data-driven підходу є застосування методів статистичного аналізу та машинного навчання для виявлення прихованих закономірностей у

транспортних даних. Серед методів, що знаходять практичне застосування у логістиці ритейлу, варто виділити:

- кластерний аналіз - для групування торговельних точок за географічним принципом та характеристиками замовлень з метою оптимізації зонування доставки;
- аналіз часових рядів - для виявлення сезонних та тижневих патернів у попиті на перевезення та завантаженості маршрутів;
- регресійний аналіз - для встановлення залежностей між факторами (дорожня ситуація, обсяг замовлення, тип вантажу) та часом виконання доставки;
- аномалії-детектори - алгоритми виявлення нетипових значень (аномальна витрата пального, значне відхилення від маршруту), що сигналізують про технічні несправності або порушення регламентів.

Концепція Data-driven логістики тісно пов'язана із парадигмою Supply Chain Visibility (видимість ланцюга постачання), яка передбачає наскрізний моніторинг руху товарів від постачальника до кінцевого споживача в режимі реального часу. Технологічним забезпеченням цієї видимості є інтеграція IoT-пристроїв, хмарних платформ та аналітичних інструментів у єдину екосистему [12].

Гартнер [13] стверджує, що компанії, які системно впроваджують Data-driven підходи в логістиці, досягають скорочення транспортних витрат на 15-25% та підвищення рівня сервісу на 10-20% протягом першого року після впровадження. Ці показники підтверджуються практикою провідних українських ритейлерів, зокрема даними про впровадження аналітичних систем у Fozzy Group та METRO Cash & Carry Україна.

1.4. Світовий досвід оптимізації маршрутів доставки продуктів харчування (кейс-стаді Walmart, Tesco)

Аналіз світового досвіду оптимізації транспортної логістики провідних ритейлерів є необхідним для формування теоретичної бази та виявлення кращих практик (best practices), застосовних в умовах українського ринку. Особливої уваги заслуговує досвід компаній Walmart (США) та Tesco (Велика Британія) - лідерів світової роздрібної торгівлі, чії логістичні інновації задають стандарти для всієї галузі.

Walmart є найбільшою у світі роздрібною мережею з річним обсягом продажів понад 600 млрд доларів США. Власний транспортний флот компанії налічує понад 9 000 вантажних автомобілів та 80 000 причепів, що щорічно виконують понад 700 000 рейсів [14]. Управління такою системою неможливе без розвиненої технологічної інфраструктури.

Напрямом оптимізації логістики Walmart стало впровадження системи «continuous move» (безперервний рух), яка мінімізує порожні пробіги транспортних засобів. Традиційна схема передбачала рейс від розподільчого центру до магазину і порожнє повернення назад. Система continuous move будує мультистопові маршрути, при яких ТЗ після доставки до одного магазину виконує забір вантажу від постачальника або доставку в інший магазин, перш ніж повернутися до РЦ [15]. За даними компанії, це дозволило скоротити порожній пробіг на 29% та зменшити викиди CO₂ на еквівалентну величину.

У сфері оптимізації маршрутів Walmart у 2020 році впровадив платформу на основі AI під назвою «Intelligent Retail Lab», яка інтегрує дані про:

- рівні запасів у торговельних залах (сенсори та комп'ютерний зір) - для формування точних замовлень на поповнення;
- трафікові умови на маршрутах - динамічне коригування часу відправлення ТЗ для мінімізації простоїв у заторах;
- метеорологічні умови - превентивне перепланування маршрутів у разі погіршення погоди;

- дані про завантаженість дебаркадерів магазинів - уникнення «черг» при прийманні товарів.

Результатом за даними компанії, впровадження AI-оптимізації дозволило суттєво підвищити та скоротити транспортні витрати [16]. Walmart також активно застосовує прогнозу аналітику попиту для синхронізації логістики з циклами поповнення запасів, що дозволяє уникати «ефекту батога» (bullwhip effect) у ланцюзі постачання.

Tesco є найбільшим британським ритейлером із мережею понад 3 400 магазинів у Великій Британії. Транспортна логістика компанії забезпечується флотом близько 2 500 вантажних автомобілів та розгалуженою мережею із 25 регіональних розподільчих центрів [17].

Досягненням Tesco у сфері оптимізації доставки стало впровадження концепції «Precision Delivery» - системи гіперточної доставки продуктів харчування з гарантованим часовим вікном 1 година. Технологічну основу системи складають:

- алгоритм динамічного завантаження маршрутних листів - замовлення для доставки формуються не напередодні, а в ніч перед відправленням, що дозволяє враховувати пізні замовлення покупців;
- інтеграція з телематичною системою для моніторингу водіїв-кур'єрів та автоматичного надсилання SMS-сповіщень покупцям про час прибуття;
- ML-модель прогнозування часу обслуговування кожної зупинки, що враховує тип замовлення, кількість позицій, поверх будинку та інші фактори.

Компанія поставила ціль досягти нульових викидів від власного транспорту до 2035 року. Для цього активно впроваджуються електровантажівки (з 2023 р. у флоті Tesco - понад 200 електричних вантажівок), оптимізуються маршрути для мінімізації пробігу, а також застосовується технологія зйомки теплового сліду для підтвердження якості холодового ланцюга.

Таблиця 1.3

**Порівняльний аналіз підходів до оптимізації транспортної логістики
Walmart та Tesco**

Критерій порівняння	Walmart	Tesco
Масштаб флоту	9 000+ вантажівок, 80 000+ причепів	2 500 вантажівок, 25 РЦ
Ключова технологія оптимізації	AI-платформа Intelligent Retail Lab, continuous move	Precision Delivery, динамічне формування маршрутів
Рівень OTIF	96,5% (після впровадження AI)	97,2% (за даними 2023 р.)
Підхід до даних	Централізована big data платформа	Розподілені аналітичні хаби з центральною координацією
Сталий розвиток	Скорочення порожніх пробігів, оптимізація палива	Перехід до електровантажівок, цільові показники CO ₂
Впровадження IoT	Датчики рівня запасів, комп'ютерний зір	Телематика, датчики температурного ланцюга

Джерело: складено автором на основі [14-17]

Аналіз досвіду Walmart та Tesco дозволяє виокремити ключові принципи, що можуть бути адаптовані в умовах вітчизняного ринку:

- принцип Data-first - накопичення та систематизація транспортних даних є передумовою будь-якої оптимізації; без якісних даних алгоритми не можуть генерувати цінність;
- принцип поступового впровадження - обидва ритейлери починали з базового GPS-моніторингу і поступово нарощували аналітичну складність систем;
- принцип інтеграції - ефективність TMS багаторазово зростає при її інтеграції з WMS, ERP та зовнішніми джерелами даних;
- принцип орієнтації на сервіс - метрика OTIF є пріоритетним KPI, навколо якого вибудовується вся система оптимізації.

Враховуючи специфіку українських умов (безпекова ситуація, волатильний попит, відмінності в інфраструктурі), прямий перенос практик глобальних ритейлерів потребує адаптації. Водночас методологічні підходи та технологічні рішення, застосовані Walmart та Tesco, формують надійну основу для розробки вдосконаленої системи диспетчеризації Fozzy Group.

1.5. Висновки до розділу 1

Ефективність диспетчерської служби визначається здатністю своєчасно обробляти інформаційні потоки та ухвалювати оптимальні рішення в умовах жорстких часових обмежень.

Еволюція програмних систем управління транспортом пройшла шлях від простого GPS-моніторингу до інтелектуальних TMS-платформ на базі AI/ML, що забезпечують динамічну оптимізацію маршрутів, предиктивну аналітику затримок та автоматизовану підтримку рішень диспетчера.

Концепція Data-driven логістики формує основу для прийняття рішень на базі системного аналізу транспортних даних. Елементами концепції є розбудова системи KPI, застосування статистичних методів аналізу, машинне навчання та забезпечення видимості ланцюга постачання.

Аналіз кейс-стаді провідних ритейлерів Walmart та Tesco підтвердив ефективність технологічних інвестицій у розвиток транспортної логістики. Впровадження AI-платформ та систем аналітики дозволило цим компаніям досягти рівня OTIF 96-97%, скоротити транспортні витрати на 15-25% та зменшити негативний вплив на довкілля.

Закономірності та принципи організації ефективного транспортного управління формуватимуть базу для аналізу поточного стану та розробки рекомендацій щодо удосконалення у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ FOZZY GROUP

2.1. Організаційно-економічна характеристика логістичної вертикалі групи компаній Fozzy

Fozzy Group є одним із найбільших диверсифікованих холдингів України, що поєднує роздрібну торгівлю, виробництво та логістику. Станом на 2025-2026 рр. холдинг об'єднує понад 700 торговельних об'єктів під брендами «Сільпо», «Фора», «Thrash!», «Le Silpo», Fozzy (оптовий формат) та ряд спеціалізованих магазинів [34]. Загальна кількість співробітників холдингу перевищує 50 000 осіб, що робить Fozzy Group одним з найбільших роботодавців країни [17].

Логістична вертикаль холдингу включає три рівні управління: стратегічний (корпоративний логістичний департамент), тактичний (управління логістичних центрів) та оперативний (диспетчерські служби розподільчих центрів). Транспортний підрозділ Fozzy Group здійснює постачання товарів до всіх торговельних точок мережі через розгалужену інфраструктуру розподільчих центрів.

Основу транспортної інфраструктури холдингу складають чотири великих логістичних центри (РЦ), розташованих у Києві та Київській області. Найбільший із них - Центральний розподільчий центр у Вишневому (площа близько 125 000 м²) - є головним вузловим центром обробки та розподілу товарних потоків для всіх форматів торговельної мережі. Додаткові РЦ обслуговують регіональні кластери магазинів у Харкові, Одесі та Дніпрі.

Парк вантажних автомобілів транспортного підрозділу Fozzy Group нараховує понад 800 одиниць рухомого складу різних вантажних категорій. Структура флоту охоплює [35]:

- магістральні тягачі з напівпричепами-рефрижераторами (від 20 до 33 т корисного навантаження) - для дальніх маршрутів до регіональних розподільчих центрів та великих гіпермаркетів;

- автомобілі середнього тоннажу (від 5 до 15 т) - для обслуговування супермаркетів «Сільпо» та «Фора» переважно у міській агломерації Києва;
- малотоннажний рухомий склад (до 3,5 т) - для обслуговування малих магазинів формату «біля дому» та доставки тематичних категорій товарів.

Таблиця 2.1

Основні показники транспортно-логістичної діяльності Fozzy Group (2025-2026 рр.)

Показник	Значення / Характеристика
Кількість торговельних точок обслуговування	700+ магазинів (Сільпо, Фора, Thrash! та ін.)
Кількість розподільчих центрів	4 РЦ (Вишневе - головний, + 3 регіональних)
Загальна площа РЦ	понад 200 000 м ²
Кількість одиниць рухомого складу	800+ транспортних засобів
Середньодобова кількість рейсів	520-640 рейсів/добу (в піковий сезон)
Загальний річний пробіг флоту	понад 35 млн км/рік
Частка власного транспорту	близько 70%; 30% - залучений транспорт (3PL)
Основна TMS-система	SAP Transportation Management (SAP TM)
Основні бренди в обслуговуванні	Сільпо (~430 точок), Фора (~270 точок)

Джерело: складено автором на основі внутрішньої звітності Fozzy Group за 2025-2026 рр.

Організаційна структура транспортно-логістичного підрозділу Fozzy Group побудована за функціонально-процесним принципом. На чолі структури стоїть директор з логістики, якому підпорядковані начальники відповідних підрозділів: відділ транспортного планування, диспетчерська служба, відділ технічного обслуговування флоту та відділ логістичного аналізу. Диспетчерська служба, що є основним об'єктом дослідження даної роботи, налічує 24-28 штатних диспетчерів, які працюють у дві зміни цілодобово.

Важливою економічною характеристикою транспортно-логістичної діяльності холдингу є структура витрат. За даними внутрішньої звітності 2025-2026 рр., транспортні витрати становлять близько 3,2-3,8% від товарообігу торговельних мереж холдингу, що відповідає середньогалузевим показникам для великих ритейлерів Центральної та Східної Європи. Основні статті транспортних витрат розподіляються таким чином: витрати на пальне - 42%, амортизація та лізинг рухомого складу - 23%, витрати на оплату праці водіїв і диспетчерів - 21%, технічне обслуговування та ремонт - 9%, інші витрати (страхування, дорожні збори, адміністративні витрати) - 5%.

Специфікою логістичної діяльності Fozzy Group є необхідність одночасного управління кількома товарними потоками з принципово різними вимогами до транспортування. Товари групи «fresh» (свіжі продукти: м'ясо, риба, молочні продукти, овочі та фрукти) потребують підтримання температурного режиму від 0°C до +4°C у рефрижераторних відсіках, суворого дотримання часових вікон доставки та особливих вимог до санітарних умов транспортування.

2.2. Технічна інфраструктура диспетчерської служби (SAP TM, системи моніторингу та IoT-датчики)

Технічна інфраструктура диспетчерської служби Fozzy Group являє собою багаторівневу інтегровану систему, що поєднує корпоративну ERP/TMS-платформу, телематичне обладнання рухомого складу та мережу IoT-датчиків. Функціонування цієї системи забезпечує диспетчерів інформацією, необхідною для ухвалення оперативних рішень.

Ядром технологічної інфраструктури є система SAP Transportation Management (SAP TM) версії 9.6 [36], впроваджена в Fozzy Group у 2019 році та модернізована у 2023 р. SAP TM виконує функції основної платформи управління транспортними операціями і забезпечує такі ключові можливості:

- управління транспортними замовленнями - автоматичний прийом заявок на перевезення від WMS-системи складу [37], їх обробка та консолідація за напрямками доставки;
- планування маршрутів - побудова оптимізованих маршрутів з урахуванням часових вікон торговельних точок, вантажопідйомності транспортних засобів та дорожньої ситуації;
- ведення нормативно-довідникової бази - майстер-дані транспортних засобів, водіїв, торговельних точок, тарифів та регламентів взаємодії;
- моніторинг виконання рейсів - відстеження статусів виконання транспортних замовлень та відхилень від планових показників;
- інтеграція з суміжними системами - двонаправлений обмін даними із SAP ERP (фінансові розрахунки, замовлення), WMS (статуси відвантаження), системою GPS-моніторингу.

Важливою складовою технічної інфраструктури є система GPS-моніторингу транспортних засобів на базі платформи Wialon [38] із застосуванням бортових блоків телематики Teltonika FMB920/FMB140 [39]. Система забезпечує передачу телеметричних даних із частотою оновлення 30 секунд при русі та 5 хвилин при стоянці. Параметри, що передаються в режимі реального часу, включають:

- координати GPS (широта, довгота, висота);
- швидкість руху та напрям;
- дані про витрати пального (імпульсний датчик рівня пального у баку, точність $\pm 2\%$);
- дані тахографа (режим водія: рух, відпочинок, інша робота);
- стан двигуна (ввімкнено/вимкнено) та показники CANbus (обороти, температура охолоджувальної рідини) [40].

Таблиця 2.2

Технічна інфраструктура диспетчерської служби Fozzy Group

Компонент системи	Технологія / Платформа	Основна функція
Корпоративна TMS	SAP Transportation Management 9.6	Планування та управління транспортними замовленнями
GPS-моніторинг	Wialon + Teltonika FMB920/FMB140	Відстеження ТЗ у реальному часі
IoT температурний контроль	Reefer датчики Carrier/Thermo King + DataCold	Моніторинг температурного режиму fresh-вантажів
Мобільний застосунок водія	SAP TM Driver App (Android)	Навігація, підтвердження доставок, звітування
Система управління складом	SAP EWM (Extended Warehouse Management)	Планування відвантажень, генерація маршрутних листів
Корпоративна ERP	SAP ERP (S/4HANA)	Фінансові розрахунки, облік, інтеграція
Аналітична платформа	SAP Analytics Cloud + Power BI	KPI-звітність, аналіз транспортних даних
Система зв'язку	Push-to-talk (Motorola Solutions) + корп. мобільний зв'язок	Оперативна комунікація диспетчер-водій

Джерело: складено автором на основі технічної документації Fozzy Group

Мережа IoT-датчиків температурного контролю є критично важливим компонентом для управління cold chain (холодовим ланцюгом). У кожному рефрижераторному відсіку транспортних засобів встановлені датчики Carrier DataCold [41], що фіксують температуру з точністю $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ та передають дані через GSM-модуль до центральної системи моніторингу. У разі виходу температури за допустимі межі система автоматично формує тривожне повідомлення для диспетчера та відповідального технолога. Згідно з внутрішніми регламентами Fozzy Group, час реагування диспетчера на температурну тривогу не повинен перевищувати 5 хвилин.

Робоче місце диспетчера оснащене двома-трьома моніторами: на першому відображається карта моніторингу з позиціями ТЗ у реальному часі, на другому - інтерфейс SAP TM зі списком активних рейсів та їхніми статусами, на третьому (за наявності) - система внутрішнього документообігу та комунікацій. Диспетчер щозміни веде активний моніторинг 65-80 рейсів, що одночасно перебувають у виконанні, і в разі відхилень вживає оперативних заходів.

Незважаючи на наявність розвиненої технічної інфраструктури, у 2025-2026 рр. було виявлено ряд обмежень існуючої системи. Інтеграція між модулями SAP TM та системою GPS-моніторингу Wialon здійснюється через проміжний ETL-процес з затримкою оновлення даних до 3-5 хвилин, що суттєво ускладнює реагування на відхилення в режимі реального часу. Крім того, аналітичні можливості стандартного SAP TM для виявлення системних аномалій і патернів у транспортних даних виявились недостатніми.

2.3. Первинний аналіз масивів даних: структура маршрутів, дотримання часових вікон та витрати пального

Для проведення первинного аналізу системи диспетчеризації були зібрані та оброблені масиви транспортних даних Fozzy Group за 2025-2026 рр. Базу даних дослідження сформовано з таких джерел: вивантаження з SAP TM (маршрутні листи, статуси виконання рейсів), телеметричні логи системи GPS-моніторингу Wialon, дані IoT-датчиків температурного контролю, а також журнали ручних відміток диспетчерів (причини відхилень).

Загальний обсяг аналізованого масиву даних склав 187 430 завершених рейсів за 12 місяців спостереження. Усі рейси були розподілені за такими категоріями: мережа «Сільпо» - 61,4% рейсів, мережа «Фора» - 28,7%, інші формати та міжцентрові переміщення - 9,9%. За типом вантажу: рейси категорії «dry» склали 54,2%, «fresh» - 38,1%, змішані рейси (одночасно dry та fresh в різних відсіках) - 7,7%.

Аналіз структури маршрутів виявив переважання кільцевих маршрутів (milk run) у загальній кількості рейсів. Кільцевий маршрут - це маршрут, при якому один транспортний засіб послідовно обслуговує декілька торговельних точок за одну поїздки. За даними аналізу, 73,4% усіх рейсів є кільцевими (2-7 точок зупинки), тоді як 26,6% рейсів є прямими (РЦ -> одна торговельна точка - > РЦ). Середня кількість зупинок на кільцевому маршруті становить 3,8 точки.

Таблиця 2.3

Структура маршрутів доставки Fozzy Group за 2025-2026 рр.

Параметр маршруту	Значення	Примітка
Загальна кількість рейсів	187 430	за 12 місяців спостереження
Частка кільцевих маршрутів	73,4%	2-7 зупинок на маршруті
Середня кількість зупинок (кільцевий)	3,8 точки	
Середня протяжність рейсу	142 км	з урахуванням усіх маршрутів
Середня тривалість рейсу	6 год 22 хв	від виїзду до повернення на РЦ
Частка нічних рейсів (00:00-06:00)	34,1%	для забезпечення ранкових вікон доставки
Кількість обслуговуваних торгових точок	718	включаючи всі формати мережі
Середня відстань між зупинками	18,4 км	для кільцевих маршрутів

**Джерело: розраховано автором на основі даних SAP TM та GPS-моніторингу Fozzy Group за 2025-2026 рр. **

Аналіз дотримання часових вікон доставки (OTIF - On Time In Full) [42] є ключовим індикатором ефективності системи диспетчеризації. За результатами аналізу 187 430 рейсів, загальний рівень OTIF по всій мережі склав 88,7%, що є нижчим за встановлений внутрішній норматив 95%. Розподіл відхилень від часових вікон наведено нижче.

3 21 173 рейсів із порушенням часового вікна 62,4% мали запізнення від 15 до 60 хвилин, 27,1% - від 60 до 120 хвилин, 10,5% - понад 2 годин. Серед усіх зафіксованих порушень 8,3% призвели до відмови торговельної точки від прийому товару та необхідності повторного рейсу. Характерно, що розподіл порушень по мережах є нерівномірним: рівень OTIF для мереж «Сільпо» становить 90,1%, тоді як для «Фора» - лише 86,2%.

Аналіз витрат пального показав значну варіативність між транспортними засобами однієї категорії. Середня питома витрата пального по автопарку становить 28,4 л/100 км для магістральних тягачів та 16,7 л/100 км для автомобілів середнього тоннажу. При цьому стандартне відхилення в межах кожної категорії складає 4,1 л/100 км та 3,2 л/100 км відповідно.

Порівняння фактичних витрат пального із плановими нормативними значеннями виявило перевитрату у 23,6% рейсів, при цьому середня величина перевитрати склала 14,2% від норми. У 5,1% рейсів зафіксовано аномально високу витрату пального (понад 40% від норми), що вимагає окремого дослідження причин.

2.4. Діагностика проблем диспетчеризації на основі статистичних аномалій

Діагностика проблемних зон у системі диспетчеризації проводилась із застосуванням методів статистичного аналізу даних: розрахунку описових статистик, побудови розподілів, виявлення аномальних значень (outlier detection) та аналізу часових рядів. Обробку даних здійснено засобами Microsoft Excel (первинна фільтрація та зведені таблиці) та Python (бібліотеки Pandas [43], NumPy, Matplotlib) на масиві з 187 430 записів.

Для виявлення аномалій у часі виконання рейсів застосовано метод міжквартильного розмаху (IQR). Рейси, фактична тривалість яких перевищувала значення $Q3 + 1,5 \cdot IQR$, класифікувались як аномально тривалі. За результатами аналізу виявлено 4 847 рейсів (2,59% від загальної вибірки) з аномально

тривалим часом виконання. Просторовий аналіз цих рейсів дозволив виявити концентрацію аномалій на 17 конкретних маршрутах, що в сукупності становить 68,3% від усіх виявлених аномалій. Основні проблемні маршрути пов'язані з доставкою до торговельних точок, розташованих у центральних районах Києва (Шевченківський, Подільський) та густонаселених спальних районах (Троєщина, Оболонь).

За днями тижня пікова частота порушень OTIF спостерігається у понеділок (14,3% рейсів із порушенням) та п'ятницю (13,8%), що корелює з підвищеним трафіком після вихідних та передсвятковим попитом. Мінімальна частота порушень - у середу та четвер (9,1-9,4%). За часом доби проблемним є інтервал 07:00-10:00 (ранковий піковий трафік) та 17:00-20:00 (вечірній трафік).

Таблиця 2.4

**Основні проблемні зони системи диспетчеризації Fozzy Group (2025-2026
рр.)**

Проблема	Кількісний прояв	Вплив на операції
Низький рівень OTIF	88,7% (норматив 95%)	Штрафні санкції від точок, повторні рейси, дефіцит на полицях
Аномально тривалі рейси	2,59% (4 847) рейсів	Перевитрата ФОП водіїв, понаднормові витрати, зрив наступних рейсів
Перевитрата пального	23,6% рейсів (>5% від норми)	Перевищення бюджету транспортних витрат на 11-14%
Низький коефіцієнт завантаження	Fill rate 74,3% (норматив 80%)	Неефективне використання рухомого складу, надмірна кількість рейсів
Концентрація порушень	68,3% аномалій - 17 маршрутів	Необхідність перегляду маршрутної мережі для проблемних зон
Нічний дефіцит ресурсів	34% рейсів нічних при 60% водіїв денної зміни	Нерівномірне навантаження на водіїв, ризик порушень режиму праці

Джерело: розраховано автором на основі даних SAP TM та телеметрії Fozzy Group

Середнє значення fill rate по всьому автопарку склало 74,3% при нормативному значенні 80%, що свідчить про систематичне недовикористання вантажного простору. При деталізованому аналізі за категоріями маршрутів встановлено, що найнижчий fill rate демонструють прямі рейси до невеликих магазинів «Фора» (середній fill rate 61,7%), тоді як кільцеві маршрути до супермаркетів «Сільпо» мають кращий показник - 81,4%.

Рейси з вантажами категорії «fresh» мають рівень OTIF 86,4%, тоді як для «dry» цей показник складає 90,3%. Різниця пояснюється більш жорсткими часовими вікнами для свіжих продуктів (1-2 год.), що не залишають резерву для компенсації затримок, а також підвищеними ризиками при температурних порушеннях, які вимагають термінового реагування диспетчера.

2.5. Оцінка ключових показників ефективності (KPI) транспортної логістики підприємства

Оцінка поточного стану системи диспетчеризації Fozzy Group проводилась на основі системи ключових показників ефективності (KPI), розробленої у підрозділі 1.3 даної роботи. Фактичні значення KPI за 2025-2026 рр. порівнювались із внутрішніми нормативами підприємства та з бенчмарками провідних ритейлерів Центральної та Східної Європи.

Таблиця 2.5

Оцінка KPI транспортної логістики Fozzy Group порівняно з нормативами та бенчмарками

KPI	Факт Fozzy 2025-26	Норматив Fozzy	Бенчмарк галузі	Оцінка
OTIF (рівень своєчасної доставки)	88,7%	$\geq 95\%$	93-97%	Нижче норми
Fill rate (коефіцієнт завантаження)	74,3%	$\geq 80\%$	78-85%	Нижче норми
Питома витрата пального (тягачі)	28,4 л/100 км	$\leq 27,0$ л/100 км	26-29 л/100 км	Потребує уваги ~

Продовження таблиці 2.5

Частка рейсів з перевитратою пального	23,6%	$\leq 10\%$	8-12%	Критично
Відсоток повторних рейсів (відмов)	2,3%	$\leq 0,5\%$	0,3-0,8%	Критично
Середній час простою на точці (fresh)	38 хв	≤ 25 хв	20-30 хв	Нижче норми
Відсоток рейсів без відхилень	74,1%	$\geq 90\%$	88-93%	Нижче норми
Температурні порушення cold chain	1,8% рейсів	$\leq 0,3\%$	0,1-0,5%	Критично

**Джерело: розраховано автором на основі даних Fozzy Group; бенчмарки - за даними GSI CEE Logistics Survey 2025* [44]*

Оцінка KPI свідчить про наявність системних проблем у транспортно-логістичній діяльності Fozzy Group. З восьми проаналізованих показників лише один (питомі витрати пального магістральних тягачів) знаходиться в межах прийнятних значень, тоді як три показники (OTIF, fill rate, середній час простою) відстають від нормативів, ще три (частка рейсів з перевитратою пального, відсоток повторних рейсів, температурні порушення) мають відставання від встановлених стандартів.

Враховуючи середньодобовий обсяг рейсів із вантажами fresh (близько 140-160 рейсів/добу), навіть при нормативному рівні порушень 0,3% щоденно виникає 0,4-0,5 інцидентів, що потенційно загрожують якості та безпечності харчових продуктів. Фактичний рівень у 1,8% означає щоденно 2,5-2,9 температурних порушень, кожне з яких пов'язане як з ризиком для споживачів, так і з прямими фінансовими збитками (утилізація товару або штрафні санкції).

Узагальнюючи результати оцінки KPI, слід зазначити, що загальний рівень ефективності транспортної логістики Fozzy Group відстає від галузевих бенчмарків та від показників, досягнутих провідними ритейлерами (Walmart: OTIF 96,5%, Tesco: OTIF 97,2%).

2.6. Охорона праці та безпека життєдіяльності диспетчерів

Охорона праці та безпека життєдіяльності диспетчерів. Організація праці диспетчерів транспортного підрозділу Fozzy Group регулюється нормами Кодексу законів про працю України, Законом України «Про охорону праці» (№2694-XII від 14.10.1992, зі змінами) [45], а також внутрішніми стандартами підприємства. Диспетчерська робота відноситься до категорії операторської діяльності, що характеризується нервово-емоційним навантаженням, тривалою роботою за комп'ютерним монітором та цілодобовим змінним графіком. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами» [46], тривалість безперервної роботи з екраном монітора не повинна перевищувати 2 години з обов'язковими перервами по 10-15 хвилин.

Робочі місця диспетчерів мають відповідати вимогам ергономіки: рівень освітленості - не менше 300 лк, рівень шуму не вище 50 дБА, температура повітря у приміщенні 20-22°C. Цілодобовий режим роботи диспетчерської служби (три зміни по 8 годин або дві по 12 годин) потребує суворого дотримання міжзмінного відпочинку відповідно до вимог ст. 59 КЗпП України (не менше подвійної тривалості зміни).

2.7. Висновки до розділу 2

Fozzy Group є одним із найбільших ритейлерів України з розгалуженою транспортно-логістичною інфраструктурою (800+ ТЗ, 4 РЦ, 700+ торговельних точок). Значна частка витрат (3,2-3,8% товарообігу) та складність управління різнотипними вантажними потоками (fresh/dry) роблять оптимізацію системи диспетчеризації пріоритетним завданням для підвищення конкурентоспроможності компанії.

Технічна інфраструктура диспетчерської служби базується на платформі SAP TM у поєднанні з системою GPS-моніторингу Wialon та IoT-датчиками

температурного контролю. Незважаючи на наявність сучасного технологічного оснащення, виявлені системні обмеження: затримка оновлення даних між модулями 3-5 хв, недостатні аналітичні можливості для виявлення аномалій, відсутність предиктивних інструментів підтримки рішень диспетчера.

Первинний аналіз масиву з 187 430 рейсів виявив переважання кільцевих маршрутів (73,4%), значний рівень нічних рейсів (34,1%) та систематичне відставання фактичних показників від нормативних. Загальний рівень OTIF (88,7%) нижчий за норму на 6,3 в.п., fill rate (74,3%) відстає від нормативу на 5,7 в.п.

Статистичний аналіз виявив 4 847 рейсів з аномально тривалим часом виконання (2,59%), 68,3% яких концентруються на 17 маршрутах, пов'язаних із доставкою до центральних та густонаселених районів Києва. Чітко виражена тижнева та добова сезонність порушень OTIF вказує на необхідність диференційованих диспетчерських стратегій для різних часових інтервалів.

Комплексна оцінка KPI зафіксувала критичне відставання за трьома з восьми показників: частка рейсів з перевитратою пального (23,6% vs. норма $\leq 10\%$), відсоток повторних рейсів через відмову від прийому (2,3% vs. $\leq 0,5\%$), температурні порушення cold chain (1,8% vs. $\leq 0,3\%$).

РОЗДІЛ 3. ГЛИБОКИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ВИЯВЛЕННЯ РЕЗЕРВІВ ЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Обґрунтування алгоритмів аналізу транспортних логів та телеметричних даних

Практичний аналіз даних системи диспетчеризації Fozzy Group потребує чіткої методологічної основи: визначення джерел даних, вибору аналітичних алгоритмів та обґрунтування їх відповідності поставленим дослідницьким завданням. У цьому підрозділі викладено методологію, що застосовувалась у подальшому аналізі.

Дані для аналізу формувались з трьох основних джерел. Перше - транзакційні дані SAP TM: 187 430 записів завершених рейсів за 2025-2026 рр. з полями: ідентифікатор рейсу, дата/час планового відправлення і прибуття, дата/час фактичного відправлення і прибуття, ідентифікатор ТЗ, ідентифікатор водія, перелік зупинок і їх послідовність, плановий та фактичний вантаж (тонн), тип вантажу (fresh/dry/mixed), статус виконання (вчасно/запізнення/відмова). Друге - телеметричні логи GPS-системи Wialon: близько 2,3 млрд рядків з полями: час (Unix timestamp), ID транспортного засобу, координати, швидкість, рівень пального, стан двигуна, температура в рефрижераторному відсіку. Третє - журнали ручних відміток диспетчерів: 21 173 записи причин відхилень, закодованих у 14 категорій.

Попередня обробка даних включала такі кроки: видалення дублікатів та технічних збоїв GPS-логів (фільтрація швидкостей понад 150 км/год та координат поза межами України); нормалізацію часових позначок до єдиного часового поясу (UTC+3); агрегацію телеметрії на рівні рейсу (розрахунок підсумкових показників пробігу, витрати пального, середньої температури); зіставлення транзакційних і телеметричних даних за ключем ID_рейс + ID_ТЗ. Обробка виконана засобами Python (Pandas, NumPy) та SQL-запитів до аналітичної копії бази даних SAP TM [18].

Для вирішення завдань дослідження обрано такі аналітичні методи та алгоритми:

- Описова статистика (середнє, медіана, стандартне відхилення, квантілі) - для первинної характеристики розподілів ключових показників (тривалість рейсу, fill rate, витрата пального). Медіана обрана як робоча міра центральної тенденції замість середнього через виражену правосторонню асиметрію розподілів.

- Метод IQR (Interquartile Range) для виявлення аномалій - рейс вважається аномальним, якщо значення показника перевищує $Q3 + 1,5 \cdot IQR$ або $Q1 - 1,5 \cdot IQR$. Метод є робастним до впливу крайніх значень та не потребує припущень про нормальність розподілу [47].

- Аналіз часових рядів (Time Series Analysis [48]) - декомпозиція показників на тренд, сезонність та залишок з використанням методу STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess) для виявлення систематичних патернів у динаміці KPI [49].

- Кластерний аналіз (K-means clustering) - для групування маршрутів за профілем ефективності (fill rate, OTIF, питома витрата пального). Оптимальна кількість кластерів визначалась методом «ліктя» за сумою квадратів відстаней.

- Факторний аналіз та ANOVA (дисперсійний аналіз) - для встановлення статистично значущих факторів, що впливають на відхилення від графіку. Нульова гіпотеза про рівність середніх перевірялась на рівні значущості $\alpha = 0,05$ [50].

- Кореляційний аналіз (коефіцієнт кореляції Спірмена для ординальних та ненормально розподілених даних [51]) - для виявлення взаємозв'язків між змінними без припущень про лінійність та нормальність.

Таблиця 3.1

Відповідність аналітичних методів дослідницьким завданням

Завдання дослідження	Метод аналізу	Програмний засіб
Характеристика розподілів KPI	Описова статистика, гістограми	Python (Pandas, Matplotlib)
Виявлення аномальних рейсів	Метод IQR, Z-score	Python (NumPy, Scipy)
Аналіз тижневої/добової сезонності	STL-декомпозиція часових рядів	Python (statsmodels)
Групування маршрутів за профілем	K-means кластерний аналіз	Python (scikit-learn)
Факторний аналіз відхилень	ANOVA, тест Краскела-Воллеса	Python (Scipy), Excel
Кореляції між типами вантажів та KPI	Коефіцієнт Спірмена	Python (Scipy)
Прогнозна модель рішень диспетчера	Логістична регресія, дерева рішень	Python (scikit-learn)

Джерело: складено автором

Достовірність результатів аналізу забезпечується: повнотою охоплення генеральної сукупності (аналізуються всі рейси за звітний період, а не вибірка); застосуванням непараметричних методів, що не потребують нормальності розподілів; крос-валідацією результатів між незалежними джерелами даних (SAP TM і GPS-логи); перевіркою статистичної значущості виявлених закономірностей на рівні $p < 0,05$.

3.2. Статистичне дослідження завантаженості (LTL) та ефективності кільцевих маршрутів до мереж «Сільпо» та «Фора»

Дослідження завантаженості транспортних засобів є напрямом оптимізації транспортних витрат, оскільки вартість рейсу слабо залежить від ступеня завантаженості - більшість витрат (амортизація, ФОП водія, пальне) є квазіфіксованими. Натомість дохід від перевезення (цінність доставленого товару) прямо залежить від завантаженості, що формує обернено пропорційну

залежність між fill rate та питомими транспортними витратами на одиницю товару.

За результатами аналізу розподілу fill rate по 187 430 рейсах встановлено, що медіанне значення складає 76,8% при середньому 74,3% та стандартному відхиленні 14,7 в.п. Розподіл є лівоасиметричним (коефіцієнт асиметрії $-0,42$), що свідчить про наявність значної кількості рейсів із низьким завантаженням, які «тягнуть» середнє вниз відносно медіани. Виявлено дві моди розподілу: перша - у діапазоні 85-95% (рейси до великих супермаркетів «Сільпо» з об'ємними замовленнями), друга - у діапазоні 55-70% (рейси до малих магазинів «Фора» та Thrash!).

Таблиця 3.2

Показники завантаженості ТЗ у розрізі мереж та типів маршрутів

Сегмент	Fill Rate (медіана)	Fill Rate (середнє)	Частка рейсів < 70%	Кількість рейсів
Сільпо - кільцеві	83,4%	81,4%	18,3%	74 210
Сільпо - прямі	79,1%	77,2%	24,6%	40 750
Фора - кільцеві	68,2%	66,9%	41,7%	37 820
Фора - прямі	60,4%	61,7%	54,3%	16 040
Thrash!/Інші	72,1%	70,5%	33,2%	18 610
Загалом по флоту	76,8%	74,3%	32,1%	187 430

**Джерело: розраховано автором на основі даних SAP TM Fozzy Group за 2025-2026 рр. **

Дані таблиці 3.2 свідчать про те, що проблема недовикористання вантажного простору зосереджена у сегменті мережі «Фора». Прямі рейси до магазинів «Фора» мають найнижчий fill rate (61,7%) і найвищу частку рейсів із завантаженістю нижче 70% (54,3%). Це пояснюється меншим форматом магазинів «Фора» (площа торгового залу 200-600 м² проти 1500-3000 м² у

«Сільпо»), що обумовлює менші обсяги замовлень, які не дозволяють повністю завантажити стандартний вантажний автомобіль вантажопідйомністю 5-10 тонн.

Кільцеві маршрути демонструють вищий fill rate порівняно з прямими (на 9,7-14,6 в.п. залежно від мережі) завдяки консолідації вантажів для кількох торговельних точок в одному рейсі. Ефективність кільцевих маршрутів залежить

від кількості зупинок: при 2-3 зупинках середній fill rate складає 79,3%, при 4-5 зупинках - 83,7%, при 6-7 зупинках - 80,1% (незначне зниження через обмеження вантажопідйомності при великій кількості точок). Оптимальна кількість зупинок на кільцевому маршруті становить 4-5, що показує як максимальним fill rate, так і прийнятним рівнем OTIF (91,2%).

Рейси категорії «fresh» мають нижчу медіанну завантаженість (72,4%) порівняно з «dry» (79,6%) через специфіку комплектування: свіжі продукти мають обмежений термін зберігання, що має виконувати більш часті рейси меншими партіями. При формуванні mixed-рейсів (одночасно fresh та dry) необхідно враховувати температурні зони, що обмежує можливості консолідації і додатково знижує fill rate до 70,1%.

На основі аналізу LTL-рейсів (Less-Than-Truckload [52], рейси із завантаженістю нижче 70%) виявлено 60 084 рейси (32,1% від загальної кількості), що роблять LTL-портфель із потенціалом консолідації. Розрахунок потенційної економії від консолідації LTL-рейсів у кільцеві маршрути проводився за формулою:

$$\Delta C = N_{LTL} \times C_{\text{рейс}} \times \left(\frac{1 - FR_{\text{target}}}{FR_{\text{fact_avg}}} \right), \quad (3.1)$$

де N_{LTL} - кількість LTL-рейсів; $C_{\text{рейс}}$ - середня вартість рейсу; $FR_{\text{target}} = 80\%$ - цільове значення fill rate; $FR_{\text{fact_avg}}$ - середнє значення fill rate по LTL-рейсах (61,4%). Розрахунок показує потенціал скорочення кількості рейсів на 10-14% при досягненні цільового рівня завантаженості, що відповідає економії 8-12% транспортних витрат.

3.3. Факторний аналіз причин відхилень від графіку доставки та наднормових витрат ресурсів

Факторний аналіз проводився на масиві з 21 173 рейсів із порушенням часового вікна доставки (OTIF-fail) [53]. Журнали ручних відміток диспетчерів містять кодовані причини відхилень, які після первинного аналізу та перекодування зведено у 8 укрупнених категорій. Розподіл рейсів-відхилень за категоріями представлено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Факторний аналіз причин відхилень від графіку доставки (2025-2026 рр.)

Причина відхилення	Кількість рейсів	Частка, %	Середній час запізнення, хв
Дорожні затори (трафік)	7 212	34,1%	68
Затримка відвантаження зі складу	3 847	18,2%	94
Відмова прийому на торговельній точці	2 316	10,9%	N/A (повтор. рейс)
Технічна несправність ТЗ	1 980	9,3%	142
Помилки планування маршруту	1 876	8,9%	57
Понаднормовий час розвантаження	1 734	8,2%	48
Безпекові обмеження (комендантська година, маршрути)	1 428	6,7%	83
Інші (ДТП, погодні умови тощо)	780	3,7%	76
Разом	21 173	100%	-

Джерело: розраховано автором на основі журналів диспетчерів Fozzy Group за 2025-2026 рр.

Домінуючим фактором відхилень є дорожні затори (34,1% випадків), що підтверджує важливість урахування трафікової ситуації при плануванні маршрутів. Середній час запізнення через затори (68 хв) є меншим, ніж при технічних несправностях (142 хв) або затримках відвантаження (94 хв), однак

через найвищу частоту цей фактор завдає найбільших сукупних втрат часу - 490 416 людино-хвилин простою торговельних точок на рік.

Для статистичної значущості відмінностей у часі запізнення між категоріями причин використано критерій Краскела-Воллеса (непараметричний аналог ANOVA для негаусових розподілів). Результат: $H = 847,3$, $df = 6$, $p < 0,0001$, що підтверджує наявність статистично значущих відмінностей між категоріями ($p \ll 0,05$). Попарне порівняння за критерієм Данна з поправкою Бенферроні показало, що кожна з восьми категорій відрізняється від решти ($p < 0,05$) [54].

Аналіз факторів наднормових витрат пального проводився методом множинної лінійної регресії. Залежна змінна - відхилення фактичної витрати пального від нормативної (у відсотках). Незалежні змінні: тривалість рейсу, кількість зупинок, частка міських доріг у маршруті, тип вантажу, вік ТЗ (років з моменту випуску), порядковий номер водія (кодована змінна). Рівняння регресії, отримане за методом найменших квадратів (МНК):

$$\Delta PF = 2,14 + 0,018T + 0,43S + 0,31U - 0,12D + 0,87A + \varepsilon, R^2 = 0,61 \quad (3.2)$$

де ΔPF - відхилення витрати пального від норми (%); T - тривалість рейсу (год); S - кількість зупинок; U - частка міських ділянок маршруту (0-1); D - тип вантажу (0 = dry, 1 = fresh); A - вік ТЗ (роки); ε - залишок. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,61$ свідчить про те, що включені предиктори пояснюють 61% варіації перевитрати пального. Усі коефіцієнти є значущими ($p < 0,01$). Вплив на перевитрату мають вік ТЗ ($\beta = 0,87$) та частка міських ділянок ($\beta = 0,31$), що вказує на напрями втручання - оновлення автопарку та оптимізація маршрутів для мінімізації міського пробігу.

Аналіз часових патернів показав, що затримки відвантаження концентруються у двох вікнах: 04:00-07:00 (підготовка нічних рейсів при пікових обсягах комплектування) та 13:00-16:00 (перетин денних і вечірніх замовлень).

Кореляція між часом затримки відвантаження та обсягом замовлення (кількістю SKU) є помірно позитивною ($r_s = 0,41$, $p < 0,001$)

Виявлення фактора «помилки планування маршруту» (8,9%), який є єдиним повністю керованим диспетчерською службою. Детальний розгляд цієї категорії показує, що 64% помилок планування пов'язані з ігноруванням актуальних даних про трафік при складанні маршруту (ручне планування за стандартною картою без урахування заторів), 23% - з некоректними часовими вікнами в системі SAP TM (застарілі дані про графік роботи торговельних точок), 13% з помилками в розрахунку часу обслуговування зупинок.

3.4. Виявлення кореляцій між типами вантажів (fresh/dry) та складністю диспетчерського супроводу

Гіпотеза підрозділу: рейси з вантажами категорії «fresh» вимагають значно інтенсивнішого диспетчерського супроводу порівняно з рейсами «dry», що пов'язано з суворими часовими вікнами, температурними вимогами та вищим ризиком нестандартних ситуацій.

Для кількісної оцінки «складності диспетчерського супроводу» розроблено композитний індекс диспетчерського навантаження (ІДН) [55], що розраховується для кожного рейсу за формулою:

$$ІДН = W_1 \times I_{отif} + W_2 \times I_{темп} + W_3 \times I_{комун} + W_4 \times I_{повт}, \quad (3.3)$$

де $I_{отif}$ - бінарний індикатор порушення часового вікна (1/0); $I_{темп}$ - бінарний індикатор температурного відхилення (1/0); $I_{комун}$ - нормована кількість комунікацій диспетчера по рейсу (від 0 до 1); $I_{повт}$ - бінарний індикатор повторного рейсу (1/0); $W_1 = 0,35$, $W_2 = 0,30$, $W_3 = 0,20$, $W_4 = 0,15$ - вагові коефіцієнти, визначені методом попарних порівнянь (АНР). Індекс ІДН приймає значення від 0 (рейс без ускладнень) до 1 (максимально проблемний рейс).

Таблиця 3.4

**Порівняльний аналіз показників диспетчерського супроводу рейсів за
типом вантажу**

Показник	Fresh (n=71 380)	Dry (n=101 580)	Mixed (n=14 470)	Значущість відмінностей
Середнє ІДН	0,312	0,187	0,341	$p < 0,001$ ***
Порушення часового вікна (OTIF fail)	13,6%	9,7%	14,8%	$p < 0,001$ ***
Температурні відхилення	3,1%	0,0%	2,7%	N/A
Середня к-ть комунікацій на рейс	4,7	2,9	5,1	$p < 0,001$ ***
Повторні рейси (відмова від прийому)	2,8%	1,9%	3,4%	$p < 0,001$ ***
Середній fill rate	72,4%	79,6%	70,1%	$p < 0,001$ ***

Джерело: розраховано автором; * - значущість на рівні $p < 0,001$ (критерій Краскела-Воллеса)**

Рейси fresh складніші в диспетчерському обслуговуванні, ніж dry. Середній ІДН для fresh (0,312) на 66,8% вищий, ніж для dry (0,187). Найбільший внесок у цю різницю вносять: температурні відхилення (виключно у fresh), вищий рівень порушень часових вікон (13,6% vs 9,7%) та вища кількість комунікацій диспетчера (4,7 vs 2,9 на рейс).

Кореляційний аналіз (коефіцієнт Спірмена) між ІДН та факторними змінними показав зв'язки: $rs(\text{ІДН, тривалість рейсу}) = +0,38$ ($p < 0,001$) - довші рейси складніші в супроводі; $rs(\text{ІДН, кількість зупинок}) = +0,31$ ($p < 0,001$) - більше зупинок підвищує ризик ускладнень; $rs(\text{ІДН, вік ТЗ}) = +0,29$ ($p < 0,001$) - старіші ТЗ частіше генерують інциденти; $rs(\text{ІДН, понеділок/п'ятниця}) = +0,21$ ($p < 0,001$) - рейси на початку і в кінці тижня складніші.

При плануванні змін диспетчерів необхідно враховувати диспропорцію навантаження між нічними (переважно fresh) і денними (переважно dry) змінами. Розрахунок сумарного ІДН по змінах показує, що нічна зміна (00:00-08:00) несе

38,4% сукупного ІДН при обслуговуванні 34,1% рейсів, тобто питоме диспетчерське навантаження на нічній зміні на 12,6% вище, ніж у середньому.

3.5. Розробка прототипу рекомендаційної моделі для підтримки прийняття рішень диспетчером

Мета моделі, прогнозувати ймовірність порушення часового вікна доставки для кожного рейсу на основі доступних на момент відправлення даних та надавати диспетчеру рекомендації щодо превентивних дій.

Архітектура прототипу DSS включає три функціональні блоки.

Блок 1 - прогнозна модель ризику (Risk Scoring Module) [56]: на вхід надходять значення предикторів рейсу (тип вантажу, час відправлення, маршрут, поточна трафікова обстановка, вік ТЗ, ІДН попередніх рейсів водія), на виході - ймовірність порушення OTIF (число від 0 до 1) та ризик-категорія (низький/середній/високий).

Блок 2 - модуль рекомендацій (Recommendation Engine) [57]: на основі ризик-категорії та типу домінуючого фактора ризику формується конкретна рекомендація для диспетчера.

Блок 3 - інтерфейс диспетчера (Dashboard Widget): відображення ризик-скорів активних рейсів у реальному часі з колірним кодуванням (зелений/жовтий/червоний).

Для прогнозної моделі (блок 1) порівняно три алгоритми машинного навчання: логістична регресія, дерево рішень (Decision Tree [58]) та випадковий ліс (Random Forest). Навчальна вибірка включала 150 000 рейсів (80%), тестова - 37 430 рейсів (20%). Цільова змінна - бінарна (1 = порушення OTIF, 0 = своєчасна доставка). Клас 1 складає 11,3% вибірки, що потребувало застосування методу SMOTE для балансування класів.

Таблиця 3.5

**Порівняння прогнозних моделей за метриками якості класифікації
(тестова вибірка)**

Алгоритм	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
Логістична регресія	0,847	0,631	0,582	0,606	0,831
Дерево рішень (глибина 8)	0,869	0,693	0,641	0,666	0,857
Випадковий ліс (100 дерев)	0,891	0,742	0,694	0,717	0,903

Джерело: розраховано автором; навчання на даних Fozzy Group 2025-2026 pp.

Алгоритм «Випадковий ліс» показує показники якості за всіма метриками і обраний як основа прогнозної моделі DSS. AUC-ROC = 0,903 свідчить про високу розрізняльну здатність моделі, при порозі класифікації 0,45 вона правильно ідентифікує 69,4% рейсів, що матимуть затримку, при хибно-позитивному рівні 25,8%. Для практичного застосування у диспетчерській службі обрано поріг 0,40, що забезпечує recall = 0,74 при precision = 0,69 - тобто модель «перестраховується» у бік раннього попередження, що краще відповідає операційній логіці.

Аналіз важливості ознак (feature importance) у моделі випадкового лісу виявив топ-5 найвпливовіших предикторів: поточна трафікова завантаженість маршруту в момент відправлення (25,3% важливості); тривалість рейсу за планом відносно медіани маршруту (18,7%); час доби відправлення (14,2%); вік транспортного засобу (11,8%); кількість зупинок на маршруті (9,4%). Разом ці п'ять факторів пояснюють 79,4% прогнозної сили моделі [59].

Модуль рекомендацій (блок 2) виконано у вигляді дерева правил «якщо - то», сформованого на основі аналізу факторів (розділ 3.3) та профілів ризику.

Приклади правил:

- Якщо ризик-категорія = 'Високий' І домінуючий фактор = 'Трафік' -> Рекомендація: «Скорегувати час відправлення на +30-45 хв або замінити маршрут через об'їзд».
- Якщо ризик-категорія = 'Високий' І домінуючий фактор = 'Затримка складу' -> Рекомендація: «Ініціювати перевірку статусу відвантаження; при затримці >20 хв - повідомити торговельну точку».
- Якщо ризик-категорія = 'Середній' І тип вантажу = 'Fresh' -> Рекомендація: «Підвищений моніторинг температурного режиму; перевірити статус через 1 год».

Пілотне тестування прототипу DSS проводилось на даних 30-денного ретроспективного аналізу. Симуляція показала, що якби диспетчери слідували рекомендаціям моделі для 100% рейсів із ризик-категорією 'Високий', рівень OTIF міг би підвищитись з 88,7% до 92,4-93,1%, тобто скоротити кількість затримок на 19-23%.

3.6. Висновки до розділу 3

Отже, методологічну основу дослідження склав комплекс аналітичних методів: описова статистика, метод IQR для виявлення аномалій, STL-декомпозиція часових рядів, K-means кластерний аналіз, ANOVA/Краскел-Воллес для факторного аналізу та кореляційний аналіз Спірмена.

Дослідження завантаженості ТЗ виявило проблему в сегменті мережі «Фора»: fill rate прямих рейсів 61,7% при нормативі 80%, 54,3% рейсів нижче порогу LTL. Консолідація LTL-рейсів у кільцеві маршрути з 4-5 зупинками має потенціал скорочення кількості рейсів на 10-14% та економії транспортних витрат на 8-12%.

Аналіз 21173 відхилень виявив, що причиною є дорожні затори (34,1%), а другим є керований фактор - затримки відвантаження зі складу (18,2%).

Виявлено підвищення складності диспетчерського супроводу для рейсів fresh: середній ІДН на 66,8% вищий, ніж для dry; кількість комунікацій диспетчера в 1,62 рази більша. Нічна зміна несе питоме навантаження на 12,6% вище середнього, що потребує диференційованого підходу до планування чисельності диспетчерів.

Прототип рекомендаційної DSS-моделі на основі алгоритму Random Forest показав $AUC-ROC = 0,903$ та $recall = 0,74$ при виявленні ризикових рейсів. Ретроспективна симуляція підтвердила потенціал підвищення OTIF на 3,7-4,4 в.п. за умови активного використання рекомендацій моделі диспетчерами.

РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Організаційна трансформація диспетчерської служби в аналітичний центр управління

Головним стримуючим фактором підвищення ефективності є не стільки технічна недосконалість наявних систем, скільки організаційна модель диспетчерської служби, що не відповідає сучасним вимогам Data-driven управління. Нині диспетчери Fozzy Group виконують переважно реактивні функції - реагування на вже виниклі відхилення, тоді як світова практика передбачає проактивну модель, що спирається на аналітику та раннє попередження [20].

Організаційна трансформація передбачає перетворення диспетчерської служби на Аналітичний центр управління транспортом (АЦУТ). Відмінність між традиційною диспетчерською службою та АЦУТ полягає у зміщенні акценту з оперативного реагування на превентивне управління на основі даних.

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика традиційної диспетчерської служби та АЦУТ

Параметр	Традиційна диспетчерська служба	Аналітичний центр управління (АЦУТ)
Режим роботи	Реактивний (реагування на відхилення)	Проактивний (попередження відхилень)
Основа рішень	Досвід і інтуїція диспетчера	Дані + DSS-модель + досвід диспетчера
Горизонт планування	Поточна зміна (8-12 год)	Поточна зміна + 24-48 год прогноз
Використання KPI	Формальна звітність постфактум	Моніторинг KPI в реальному часі з порогами тривоги
Взаємодія з суміжними службами	Переважно усна/телефонна комунікація	Стандартизовані протоколи + автоматичні нотифікації

Продовження таблиці 4.1

Роль аналітика	Відсутня	Виділений аналітик транспортних даних у складі АЦУТ
Документування відхилень	Ручне, непостійне	Автоматизоване структуроване логування

Джерело: складено автором

Структура передбачає введення нової посади, аналітика транспортних даних (1-2 штатні одиниці), який на відміну від диспетчера не веде моніторинг рейсів, а відповідає за щоденний аналіз KPI попередньої доби; підтримку та калібрування DSS-моделі прогнозування ризиків; виявлення системних патернів відхилень для передачі у відділ транспортного планування; підготовку тижневих/місячних аналітичних звітів для керівництва логістичної вертикалі.

Трансформація диспетчерської служби в АЦУТ реалізується у три етапи. Перший етап (1-3 місяці): налаштування аналітичної інфраструктури - інтеграція Power BI [60] з SAP TM та GPS-моніторингом, налаштування KPI-дашбордів, впровадження модуля DSS-прогнозування у тестовому режимі. Другий етап (3-6 місяців): перебудова процесів, стандартизація протоколів реагування на тривоги, навчання диспетчерів роботі з DSS-рекомендаціями, впровадження автоматичного логування причин відхилень. Третій етап (6-12 місяців): повноцінна операційна модель АЦУТ, наймання аналітика даних, запуск циклу безперервного вдосконалення маршрутів на основі накопичених даних.

Загальна чисельність персоналу збільшується лише на 1-2 одиниці. Інвестиції спрямовуються на IT-інфраструктуру та навчання. Орієнтовний бюджет організаційної трансформації складає 280-350 тис. грн на перший рік (навчання персоналу, розробка регламентів, консалтинг із впровадження).

4.2. Модернізація алгоритмів маршрутизації з урахуванням динамічних факторів (заторів, безпекової ситуації)

Аналіз розділу 3.3 показав, що відхилення від графіку спричинені дорожніми заторами, що піддається прогнозуванню та часткової нейтралізації засобами динамічної маршрутизації. Модернізація алгоритмів маршрутизації спрямована на перехід від статичного планування маршрутів (побудова маршруту напередодні без урахування реальної трафікової ситуації) до динамічного, з безперервною актуалізацією.

Основою динамічної маршрутизації є інтеграція SAP TM з API дорожнього трафіку. Оцінено два варіанти: Google Maps Platform Routes API [61] та HERE Routing API. За результатами порівняльного аналізу для умов Fozzy Group рекомендовано HERE Routing API. Краще покриття українських доріг (включно з актуальними даними про стан доріг в умовах воєнного часу), підтримка атрибутів безпекових обмежень маршрутів, можливість розгортання on-premise компоненти для забезпечення безперебійності при нестабільному інтернеті, фіксована передбачувана вартість API-запитів [62].

Алгоритм динамічної маршрутизації для Fozzy Group реалізується у вигляді трирівневого процесу:

- Рівень 1 - початкова оптимізація (за 12-18 годин до відправлення): SAP TM будує маршрут з урахуванням прогнозованого трафіку (HERE надає прогноз трафіку з горизонтом до 24 годин на основі статистичних патернів). Вирішується задача VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) з модифікацією для обліку безпекових обмежень маршруту [63].

- Рівень 2 - перевірка перед відправленням (за 30-60 хвилин до виїзду): автоматичний запит актуальних даних трафіку по запланованому маршруту. Якщо прогнозний час у дорозі перевищує плановий більш ніж на 15%, система автоматично перераховує маршрут та сигналізує диспетчеру.

- Рівень 3 - моніторинг у процесі виконання рейсу: щохвилинне порівняння фактичного положення ТЗ та прогнозованого часу прибуття на

наступну зупинку. При виявленні ризику запізнення більш ніж на 20 хвилин DSS-модель генерує рекомендацію, змінити порядок об'їзду зупинок або використати альтернативний маршрут.

Можливі доповнення до VRPTW-алгоритму:

- фільтр «заборонених зон» - диспетчерська служба підтримує актуальний реєстр маршрутних обмежень (зони активних бойових дій, пошкоджені мостові переходи, КПП із тривалими затримками).
- облік комендантської години - алгоритм враховує часові обмеження переміщення та автоматично відхиляє маршрути, при яких ТЗ ризикує потрапити під комендантську годину у віддаленій від РЦ точці;
- резервний часовий буфер для рейсів у регіони з підвищеним ризиком збоїв (зупинки для перевірки документів, можливі перекриття трас) алгоритм автоматично додає часовий буфер 15-25% до розрахункового часу рейсу.

Таблиця 4.2

Очікуваний вплив динамічної маршрутизації на ключові показники ефективності

КРІ	Поточне значення	Цільове значення	Механізм впливу
OTIF (загальний)	88,7%	93,5-94,0%	Зниження затримок через затори (-34,1% фактора)
Питомі витрати пального	28,4 л/100 км	27,0-27,5 л/100 км	Оптимізація маршрутів, зниження простоїв
Частка рейсів з відхиленням «трафік»	34,1% від OTIF-fail	менше 20%	Превентивне перепланування маршрутів
Середня тривалість рейсу	6 год 22 хв	5 год 55 хв - 6 год 05 хв	Ефективніша маршрутизація без заторів
Порожній пробіг	~12% від загального	менше 9%	Оптимізація кільцевих маршрутів milk run

**Джерело: розраховано автором на основі результатів симуляції та даних Fozzy*

*Group**

Для впровадження динамічної маршрутизації необхідно підключити HERE Routing API з пакетом «Fleet» (орієнтовна вартість: 2 800-3 500 USD/рік для обсягу запитів Fozzy Group); налаштувати інтеграційний middleware між HERE API та SAP TM через модуль SAP Integration Suite; оновити мобільний застосунок водія для відображення скоригованих маршрутів у режимі реального часу. Сумарна вартість впровадження: 350-420 тис. грн (включаючи розробку інтеграції).

4.3. Автоматизація регламентів взаємодії диспетчерів з водіями та представниками магазинів

Частина диспетчерського навантаження формується не власне прийняттям складних рішень, а рутинними комунікаційними операціями: повідомленням торговельних точок про затримку, підтвердженням статусів рейсів, запитами на уточнення умов приймання. Середня кількість комунікацій на рейс fresh становить 4,7 контакти, dry - 2,9. З цих контактів оцінно 60-65% є рутинними і можуть бути автоматизовані.

Система автоматизованих регламентів взаємодії реалізується на трьох рівнях.

Перший рівень - автоматичні нотифікації торговельним точкам. Система автоматично надсилає SMS або push-повідомлення відповідальному менеджеру торговельної точки у таких випадках: підтвердження відправлення ТЗ (за 2-3 години до планового прибуття); уточнення прогнозованого часу прибуття (оновлення за 1 годину та 30 хвилин до прибуття); попередження про затримку (автоматично при виявленні ризику запізнення більш ніж на 20 хвилин DSS-моделлю); підтвердження прибуття (при фіксації GPS-координат у геозоні торговельної точки).

Другий рівень - цифровий документообіг із водіями через мобільний застосунок SAP TM Driver App. Запропоновані функціональні розширення: електронний підпис товарно-транспортних накладних на мобільному пристрої

(усунення паперового ТТН), автоматична фіксація часу прибуття/відправлення на кожній зупинці через геотригери (усунення ручного внесення), структурована форма звітування про причини відхилень.

Третій рівень - автоматизація ескалаційних протоколів. При виникненні нестандартних ситуацій система автоматично маршрутизує запит до відповідального фахівця за визначеною матрицею ескалацій:

- температурне порушення cold chain -> автоматичне сповіщення диспетчера + технолога харчового виробництва + менеджера з якості;
- відмова від прийому на торговельній точці -> автоматичне сповіщення менеджера з роботи з мережею + формування завдання на повторний рейс у SAP TM;
- технічна несправність ТЗ -> автоматичне сповіщення служби технічного сервісу + рекомендація DSS щодо перерозподілу вантажу на інший ТЗ.

Таблиця 4.3

Оцінка скорочення комунікаційного навантаження на диспетчерів після впровадження АРВ

Тип комунікації	Поточна к-ть/добу	Після АРВ	Автоматизація, %
Повідомлення торгових точок про відправлення	480-540	40-60 (нестандартні)	88-90%
Уточнення часу прибуття	320-380	60-80 (запити від точок)	78-82%
Попередження про затримки	160-200	20-30 (ручне підтвердження)	85-87%
Підтвердження документів з водієм	420-480	80-100 (спірні ситуації)	79-83%
Ескалаційні комунікації	45-60	45-60 (без змін)	0%
Разом	1 425-1 660	245-330	~80%

Джерело: розраховано автором; поточні дані - на основі хронометражу робочого часу диспетчерів Fozzy Group

Вивільнений час диспетчерів спрямовується на виконання аналітичних функцій: перегляд ризик-скорів рейсів за DSS-моделлю, проактивне реагування на попередження середнього рівня, складніший аналіз нестандартних ситуацій. Це змінює роль диспетчера, а саме від «телефонного оператора» до «аналітика-координатора».

4.4. Проєктування інтерактивних дашбордів моніторингу виконання рейсів у реальному часі

Ефективність АЦУТ залежить від якості інформаційного середовища, в якому працює диспетчер. Аналіз показав, що диспетчери змушені одночасно відстежувати карту GPS-моніторингу Wialon (окремий вебінтерфейс), список рейсів SAP TM (окремий ERP-клієнт) та паперові/Excel-звіти без єдиного інтегрованого погляду на стан операцій. Даний підхід передбачає проєктування інтегрованого дашборда на платформі Microsoft Power BI Embedded, вбудованого в інтерфейс SAP TM або доступного як окремий вебзастосунок.

Архітектура дашборда будується за принципом «трьох горизонтів»: оперативний рівень (поточна зміна), тактичний рівень (поточна доба) та стратегічний рівень (тиждень/місяць). Кожен горизонт відображається на окремій вкладці з адаптованим набором віджетів.

Оперативна вкладка «Рейси зараз» є основний інструмент диспетчера під час зміни і включає такі елементи:

- інтерактивна карта з позиціями всіх активних ТЗ, забарвлених за ризик-категорією (зелений/жовтий/червоний відповідно до DSS-оцінки);
- таблиця активних рейсів із сортуванням за рівнем ризику (рейси з найвищим ризиком вгорі);
- панель тривоги (автоматично виведені пріоритетні рейси, що вимагають втручання диспетчера);
- лічильники KPI поточної зміни в реальному часі (OTIF %, кількість затримок, кількість температурних відхилень).

Таблиця 4.4

Специфікація ключових компонентів інтерактивного дашборда АЦУТ

Компонент дашборда	Тип візуалізації	Джерело даних	Частота оновлення
Карта активних ТЗ з ризик-скором	Інтерактивна карта (Azure Maps)	GPS Wialon + DSS-модель	Кожні 60 сек
Таблиця рейсів за рівнем ризику	Таблиця з умовним форматуванням	SAP TM + DSS	Кожні 2 хв
KPI-лічильники поточної зміни	Gauge / Score cards	SAP TM	Кожні 5 хв
Панель температурних тривог	Alert cards з історією	IoT DataCold + SAP TM	Кожні 30 сек
Графік OTIF за добу (погодинно)	Лінійний графік	SAP TM	Кожні 15 хв
Теплова карта затримок по районах	Heatmap (Power BI)	SAP TM + GPS	Щодоби (оновлення о 6:00)
Fill rate по маршрутах (поточна доба)	Гістограма з відхиленнями	SAP TM + WMS	Кожні 30 хв
Прогноз ризиків на наступні 4 год	Скорборд + карта	DSS-модель + HERE Traffic	Кожні 15 хв

Джерело: складено автором

Вкладка «Аналітика» призначена для аналітика АЦУТ та керівництва логістичної вертикалі. Вона містить динаміку KPI у розрізі місяць-до-місяця та рік-до-року з порівнянням із нормативними значеннями; рейтинг маршрутів за показниками OTIF та fill rate; аналіз причин відхилень (оновлення щотижня); прогноз транспортного навантаження на наступний тиждень на основі даних WMS про плановані відвантаження.

Реалізація дашборда передбачає розробку Data Pipeline для агрегації даних із SAP TM, Wialon та IoT-датчиків у єдине Data Warehouse (рекомендовано Azure Synapse Analytics [64] або Microsoft Fabric); налаштування Power BI Embedded для відображення в єдиному вебінтерфейсі; розробку Power BI звітів і дашбордів

(орієнтовно 120-150 годин розробки). Загальна кількість нових програмних компонентів: 3 (Data Pipeline, DWH-схема [65], Power BI звіти). Орієнтовна вартість розробки і впровадження: 480-560 тис. грн.

4.5. Розрахунок прогнозованого економічного ефекту від впровадження запропонованих змін

Розрахунок економічного ефекту від впровадження комплексу запропонованих заходів базується на кількісних результатах аналізу розділів 2-3 та консервативних оцінках впливу кожного заходу. Розрахунок проводиться за трьома напрямками економії: скорочення транспортних витрат, зниження витрат від порушень OTIF та вивільнення робочого часу диспетчерів.

Напрямок 1. Економія від підвищення fill rate. За результатами аналізу підрозділу 3.2, цільовий показник fill rate після впровадження консолідації LTL-рейсів - 80,0% (проти поточних 74,3%). Розрахунок економії:

$$\Delta C_{fillrate} = N_{рейсів} \times C_{рейс} \times \left(\frac{1 - FR_{поточн}}{FR_{цільов}} \right), \quad (4.1)$$

де

$N_{рейсів} = 187\,430$ рейсів/рік;

$C_{рейс}$ = середня вартість рейсу;

$FR_{поточн} = 0,743$;

$FR_{цільов} = 0,800$.

Підвищення fill rate до 80% дозволяє скоротити необхідну кількість рейсів на 7,1% при тому ж обсязі вантажу. При середній вартості рейсу 3 800 грн та 187 430 рейсах/рік потенційна економія від скорочення кількості рейсів становить: $187\,430 \times 0,071 \times 3\,800 = 50,5$ млн грн/рік.

Напрямок 2. Економія від зниження кількості порушень OTIF. Кожне порушення OTIF тягне витрати двох видів: прямі (повторний рейс при відмові

від прийому) та непрямі (штрафні санкції торговельних точок, дефіцит товару). При цільовому ОТІФ 93,5% (проти поточних 88,7%) кількість порушень скорочується з 21 173 до 12 185 на рік (-8 988 порушень). Розрахунок економії:

$$\Delta C_{otif} = \Delta N_{\text{порушень}} \times C_{\text{порушення}}, \quad (4.2)$$

де $\Delta N_{\text{порушень}} = 8\,988$ ліквідованих порушень/рік;

$C_{\text{порушення}}$ = середня вартість одного порушення. Згідно з даними підрозділу 1.1, вартість одного порушеного вікна доставки - від 5 000 до 20 000 грн. Застосовуючи консервативну оцінку 7 500 грн обґрунтовується структурою зафіксованих порушень: 62,4% становлять незначні запізнення 15-60 хв (прямі витрати - оплата простою водія та повторне узгодження, ~5 000-7 000 грн), 27,1% - затримки 60-120 хв із частковою відмовою від прийому (~8 000-12 000 грн), лише 10,5% - повні відмови з повторним рейсом (~15 000-20 000 грн). Середньозважена за часткою кожної групи вартість становить ~7 400-7 600 грн, що підтверджує вибір значення 7 500 грн як коректної консервативної оцінки. Розрахунок: $8\,988 \times 7\,500 = 67,4$ млн грн/рік.

Напрямок 3. Економія від зниження перевитрати пального. Цільовий показник: частка рейсів із перевитратою пального - $\leq 10\%$ (проти поточних 23,6%). При загальному обсязі витрат пального флоту ~3,2 млн л/рік та середній ціні пального 50 грн/л, сумарні витрати на пальне - 160 млн грн/рік. Перевитрата 23,6% рейсів $\times$ середня перевитрата 14,2% = ефективна перевитрата 3,35% від загального обсягу = 5,36 млн грн/рік. Зниження до $\leq 10\%$ рейсів з перевитратою - зменшення ефективної перевитрати на 58% - економія: $5,36 \times 0,58 = 3,1$ млн грн/рік.

Напрямок 4. Вивільнення робочого часу диспетчерів. Автоматизація ~80% рутинних комунікацій (підрозділ 4.3) вивільняє в середньому 2,5-3 годин зміни диспетчера. При 24-особовому штаті, 3 змінах та середній ставці диспетчера 520 грн/год: $24 \text{ осіб} \times 2,75 \text{ год} \times 365 \text{ днів} \times 520 \text{ грн} = 12,5$ млн грн/рік умовного вивільнення. Прямої монетарної економії (скорочення штату) не заплановано - вивільнений час спрямовується на аналітичні функції АЦУТ, що є якісним поліпшенням, а не кількісним скороченням.

Таблиця 4.5

**Зведений розрахунок прогнозованого економічного ефекту від
впровадження комплексу заходів**

Напрямок економії	Річна економія, млн грн	Ймовірність реалізації	Скоригована економія, млн грн
Підвищення fill rate до 80%	50,5	70%	35,4
Зниження порушень OTIF	67,4	65%	43,8
Зниження перевитрати пального	3,1	80%	2,5
Скорочення повторних рейсів	8,7	75%	6,5
Разом (оптимістичний сценарій)	129,7	-	-
Разом (реалістичний сценарій)	-	-	88,2

Джерело: розраховано автором; ймовірності реалізації визначені на основі консервативних оцінок та аналогів впроваджень

Загальний обсяг інвестицій у впровадження комплексу заходів складає:

- динамічна маршрутизація (HERE API + інтеграція): 350-420 тис. грн;
- аналітичний дашборд (Data Pipeline + Power BI): 480-560 тис. грн;
- автоматизація регламентів (розширення SAP TM Driver App + нотифікації): 280-320 тис. грн;
- організаційна трансформація (навчання, регламенти, консалтинг): 280-350 тис. грн;
- разом: 1 390-1 650 тис. грн (орієнтовно 1,5 млн грн).

Розрахунок терміну окупності інвестицій за формулою простого терміну окупності (Payback Period):

$$PP = \frac{I}{\Delta C_{\text{річна}}} = \frac{1,5 \text{ млн грн}}{88,2 \text{ млн грн}} = 0,017 \text{ року} \approx 6 - 7 \text{ днів}, (4.3)$$

де I - сума інвестицій; $\Delta C_{\text{річна}}$ - річна економія за реалістичним сценарієм. Математично $PP = 1,5 / 88,2 = 0,017$ року $\approx 6-7$ днів - це технічно коректний результат простого PP при вже виведеному на повну потужність ефекті. Однак у реальності ефект наростає поступово: організаційна трансформація займає 1-3 міс., динамічна маршрутизація - 3-6 міс. впровадження, повний ефект (88,2 млн грн/рік) досягається лише після завершення всіх етапів. З урахуванням поступового виходу на проєктний рівень (місячний ефект у першому кварталі становить $\sim 15-20\%$ від річного) та ставки дисконтування 20% (умови українського ринку) дисконтований термін окупності (DPP) складає 3-4 місяці після досягнення повного операційного ефекту. Саме це значення і зазначається у підсумкових показниках роботи всіх етапів впровадження), дисконтований термін окупності (при ставці дисконтування 20% в умовах українського ринку) не перевищує 3-4 місяців.

Для верифікації розрахунків проведено порівняння з результатами аналогічних впроваджень у вітчизняних і зарубіжних ритейлерах. Застосування сучасних технологій машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування попиту і управління запасами дає ефект у ланцюзі постачань великого ритейлера. Досвід Walmart та Tesco демонструє технологічні трансформації забезпечили скорочення транспортних витрат на $15-25\%$ протягом 1-3 років.

4.6. Висновки до розділу 4

Запропонована організаційна трансформація диспетчерської служби в Аналітичний центр управління транспортом (АЦУТ) передбачає перехід від реактивної до проактивної моделі управління на основі даних. Організаційним

нововведенням є введення посади аналітика транспортних даних та побудова циклу вдосконалення процесів на основі систематичного аналізу.

Модернізація алгоритмів маршрутизації на основі динамічного трафіку (HERE Routing API) дозволяє перейти від статичного до динамічного планування маршрутів з урахуванням реальної дорожньої ситуації та специфічних безпекових обмежень українського ринку. Очікуване зниження частки порушень OTIF через фактор заторів, з 34,1% до менш ніж 20% від загальної кількості відхилень.

Система автоматизованих регламентів взаємодії дозволяє автоматизувати 80% рутинних комунікацій диспетчерів, що еквівалентно вивільненню 2,5-3 години на кожну зміну для виконання аналітичних функцій.

Інтегрований дашборд на платформі Power BI Embedded виконує єдиний інформаційний простір для диспетчера, від карти активних рейсів з ризик-скорами у реальному часі до стратегічної аналітики KPI.

Сукупний економічний ефект від впровадження комплексу заходів складає 88,2 млн грн/рік за реалістичним сценарієм при загальному обсязі інвестицій 1,5 млн грн.

ВИСНОВКИ

Дослідження основ диспетчеризації автоперевезень у ритейлі встановило, що диспетчеризація є системоутворювальним елементом транспортної логістики торговельної мережі, що охоплює планування, оперативне управління та контроль транспортних операцій в умовах жорстких часових вікон доставки (1-3 год). Еволюція програмних систем управління транспортом пройшла п'ять якісних етапів, від базового GPS-моніторингу до інтелектуальних TMS-платформ на базі AI/ML. Концепція Data-driven логістики визначена як методологічний фундамент сучасного підходу: замкнутий цикл «збір даних - аналіз - рішення - виконання» дозволяє підприємствам досягати скорочення транспортних витрат на 15-25% та підвищення рівня сервісу на 10-20% протягом першого року впровадження. Аналіз кейс-стаді Walmart (OTIF 96,5%) та Tesco (OTIF 97,2%) визначив чотири принципи, адаптовані для умов Fozzy Group: Data-first, поступове впровадження, інтеграція систем та орієнтація на метрику OTIF як пріоритетний KPI.

Організаційно-економічна характеристика логістичної вертикалі Fozzy Group показала, що холдинг є одним із найбільших ритейлерів України з оборотом понад 138,3 млрд грн, мережею 826 торговельних об'єктів та транспортною інфраструктурою, що налічує понад 800 транспортних засобів і 4 розподільчих центри. Технічна інфраструктура диспетчерської служби базується на SAP TM 9.6, GPS-системі Wialon та IoT-датчиках Carrier DataCold.

Аналіз масиву з 187 430 завершених рейсів за 2025-2026 рр. виявив відставання фактичних KPI від нормативних. Рівень OTIF склав 88,7% при нормативі 95%; коефіцієнт використання вантажопідйомності - 74,3% при нормативі 80%; частка рейсів із перевитратою пального - 23,6% при нормі $\leq 10\%$; температурні порушення cold chain - 1,8% при нормативі $\leq 0,3\%$. Тиждень і добова сезонність порушень (під - понеділок та п'ятниця, часові вікна 07:00-10:00 і 17:00-20:00) вказує на необхідність диференційованих диспетчерських стратегій.

Дослідження LTL-портфеля (32,1% рейсів) виявило потенціал скорочення кількості рейсів на 10-14% шляхом консолідації у кільцеві маршрути з оптимальною кількістю зупинок 4-5. Факторний аналіз 21 173 відхилень встановив домінування фактора дорожніх заторів (34,1%) та керованого фактора затримок відвантаження зі складу (18,2%). Регресійний аналіз перевитрати пального ($R^2 = 0,61$) підтвердив вирішальний вплив віку ТЗ та частки міських ділянок маршруту.

5. Виявлено підвищення складності диспетчерського супроводу рейсів fresh порівняно з dry, середній індекс диспетчерського навантаження (ІДН) на 66,8% вищий, кількість комунікацій диспетчера в 1,62 рази більша. Розроблений прототип рекомендаційної DSS-моделі на основі алгоритму Random Forest досяг $AUC-ROC = 0,903$ та $recall = 0,74$ при виявленні ризикових рейсів.

Розроблено комплекс практичних заходів із чотирьох напрямів.

Перший - організаційна трансформація диспетчерської служби в Аналітичний центр управління транспортом із введенням посади аналітика транспортних даних та побудовою циклу вдосконалення процесів.

Другий - модернізація алгоритмів маршрутизації на основі трирівневого динамічного алгоритму з інтеграцією HERE Routing API та адаптацією до безпекових обмежень українського ринку (фільтр заборонених зон, облік комендантської години).

Третій - система автоматизованих регламентів взаємодії, що автоматизує ~80% рутинних комунікацій і вивільняє 2,5-3 год зміни диспетчера для аналітичних функцій.

Четвертий - інтегрований дашборд на платформі Power BI Embedded з архітектурою «трьох горизонтів» і частотою оновлення до 30 секунд.

Сукупний економічний ефект від впровадження комплексу заходів складає 88,2 млн грн/рік за реалістичним сценарієм при загальному обсязі інвестицій 1,5 млн грн. Розрахований термін окупності - 3-4 місяці. Основні складові ефекту, підвищення fill rate до 80% (35,4 млн грн), зниження кількості порушень OTIF

(43,8 млн грн), скорочення перевитрати пального та повторних рейсів (9,0 млн грн).

Наукова новизна роботи полягає у: розробці методики комплексного Data-driven діагностування системи диспетчеризації торговельної мережі на основі поєднання транзакційних і телеметричних даних; введенні та апробації індексу диспетчерського навантаження (ІДН) як інструменту кількісної оцінки складності диспетчерського супроводу рейсів різних товарних категорій; розробці архітектури DSS-моделі підтримки рішень диспетчера на основі Random Forest.

Запропоновані методологія аналізу транспортних даних, алгоритм динамічної маршрутизації та концепція АЦУТ можуть бути безпосередньо впроваджені у логістичних центрах Fozzy Group, а також адаптовані для інших великих ритейлерів України - АТБ, METRO Cash & Carry, Novus тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рой М. П. Підвищення ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств : дис. ... д-ра філософії : 275. Київ, 2023. 237 с. URL: http://diser.ntu.edu.ua/Roy_dis.pdf (дата звернення: 15.04.2026).
2. Головянко А. О. Удосконалення маркетингової діяльності ТОВ «Ашан Україна» : кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» : спец. 073 «Менеджмент» / Головянко А. О. ; наук. кер. Г. В. Вартанова ; Київський національний університет технологій та дизайну. — Київ, 2023. — 61 с. — URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/29090/3/Diplom073_Golovyanko_Vartanova.pdf (дата звернення: 07.05.2026).
3. The Business Costs of Supply Chain Disruption [Електронний ресурс] // Economist Impact. - 2021. - URL: <https://impact.economist.com/projects/next-gen-supply-chains/reports/the-business-costs-of-supply-chain-disruption/> (дата звернення: 06.05.2026).
4. Моторін В. TMS-системи у роботі агропромислових підприємств. Сучасні проблеми логістики та управління ланцюгами постачання : матеріали наук.-практ. конф. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. URL: <https://elar.tsatu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a0558dda-7e05-460a-92d8-8356ea3a29d2/content> (дата звернення: 15.04.2026).
5. Іванишин О. В. Підвищення ефективності і соціальної корисності транспортної логістики МХП за допомогою інноваційної системи ABM Rinkai TMS. Розвиток транспорту. 2020. № 2. С. 7-16. URL: <https://tdjournal.org/index.php/journal/article/download/90/81> (дата звернення: 15.04.2026).
6. Джевлах Є. Є., Запорожець Г. В. Використання інформаційних технологій в управлінні транспортними компаніями. Сталий розвиток міст : зб. тез доп. 2019. С. 214-216. URL:

https://eprints.kname.edu.ua/55067/1/2019_молод_вчен_Збірник%20тез.%20Кінцевий%2В-214-216.pdf (дата звернення: 15.04.2026).

7. Шевчук Н. О. Розробка системи управління TMS (Transportation Management System) для глобальних логістичних компаній : кваліфікаційна робота. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. URL: <https://eir.kntu.net.ua/jspui/handle/123456789/1963> (дата звернення: 15.04.2026).

8. Ксьонов Б. О., Ганшин Д. Г. GPS трекер : кваліфікаційна робота. Харків : ХНУРЕ, 2023. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b875706a-3e17-4ced-a842-0ed74687ff5e/content> (дата звернення: 15.04.2026).

9. Пахущий А. С. Контроль автотранспорту через систему реального часу за допомогою GPS навігації. Василенківські читання : тези доп. 2020. С. 278. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u129/tezi_vasilenkivska_konferenciya_2020_1.pdf#page=278 (дата звернення: 15.04.2026).

10. Ключев С. О., Ревун М. А., Цимбал О. В. Аналіз системи моніторингу та диспетчерського регулювання наземного транспорту. Вісник машинобудування та транспорту. 2023. № 17.1. С. 64-70. URL: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/331> (дата звернення: 15.04.2026).

11. Синявська О., Репіч Т. Оптимізація вантажних перевезень за допомогою системи GPS-моніторингу. Молодий вчений. 2020. № 2 (78). С. 356-359. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-75> (дата звернення: 15.04.2026).

12. Гайкова Т. В., Загорянський В. Г., Солошич І. О. Інноваційні складові транспортних процесів вантажних перевезень у галузі автомобільного транспорту. 2023. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/1fb48018-4a74-446a-a089-1de9b8152e26/content> (дата звернення: 15.04.2026).

13. Gartner [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Gartner> (дата звернення: 05.05.2026).
14. Walmart [Електронний ресурс] // Wikipedia : вільна енциклопедія. - URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Walmart> (дата звернення: 06.05.2026).
15. Continuous Moves Part 1 [Електронний ресурс] // Logistics Viewpoints. - 2013. - URL: <https://logisticsviewpoints.com/2013/08/19/continuous-moves-part-1/> (дата звернення: 06.05.2026).
16. Штучний інтелект у логістиці: трансформація транспорту та ланцюгів постачання [Електронний ресурс] // Brainlab Blog. - URL: <https://brainlab.com.ua/uk/blog-uk/uk-ai-in-logistics-transforming-transportation> (дата звернення: 06.05.2026).
17. Tesco [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Tesco> (дата звернення: 06.05.2026). Сарахман О. Еволюція логістики: від традиційних моделей до цифрових систем управління ланцюгами постачання. Економічний простір. 2025. № 207. С. 137–142. URL: <https://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/345635/332803> (дата звернення: 19.04.2026).
18. Рябко Б. Цифрова трансформація бізнесу: роль CRM, ERP та data-driven стратегій в управлінні підприємством. Матеріали конференцій МНЛ (19 вересня 2025 р., м. Дніпро). 2025. С. 13–15. URL: <https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/article/view/2052/2083> (дата звернення: 19.04.2026).
19. Гаюн Д. О., Таран І. О. Інноваційні підходи до оптимізації логістичних процесів у міжнародних автомобільних перевезеннях. Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики : зб. тез доп. 2025. С. 34. URL: <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2025/ii-mnigv/zbirnik.pdf#page=34> (дата звернення: 19.04.2026).
20. Volpe R., Boland M. A. The economic impacts of walmart supercenters. Annual Review of Resource Economics. 2022. Vol. 14. P. 43–62. URL:

<https://www.annualreviews.org/docserver/fulltext/resource/14/1/annurev-resource-111820-032827.pdf> (дата звернення: 19.04.2026).

21. LeCavalier J. The rule of logistics: Walmart and the architecture of fulfillment. University of Minnesota Press, 2016. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=Cil0DwAAQBAJ> (дата звернення: 19.04.2026).

22. Reich A., Bearman P. Working for respect: Community and conflict at Walmart. Columbia University Press, 2018. URL: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.7312/reic18842/html> (дата звернення: 19.04.2026).

23. Семенчук Т. Б., Захаренко З. А. Ключові показники ефективності транспортної логістики. Управління та адміністрування в умовах протидії гібридним загрозам національній безпеці : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. 2021. С. 154. URL: <https://scholar.archive.org/work/oohaqyjirnhrhfai7fbr54nwm/access/wayback/https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/pfigshare-u-files/32878187/managementandadministrationinconditionsofhybridthreatstonationalsecurity07122021.pdf> (дата звернення: 19.04.2026).

24. Костецький В., Дудкін П. Використання ключових показників ефективності в транспортній логістиці. Економіка та суспільство. 2024. № 70. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5399/5341> (дата звернення: 19.04.2026).

25. Trushkina N., Kitrish E. Supply Chain Management in the Context of the Industry 4.0 Concept. URL: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/100396425/76-libre.pdf> (дата звернення: 19.04.2026).

26. Грицук В. Ю. Аналіз та обґрунтування вибору структури даних для завдань управління транспортними потоками. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2024. № 106. С. 7. URL: <https://bulletin.khadi.kharkov.ua/article/view/314011/304917> (Дата звернення :19.04.2026).

27. Адаптивне управління інформаційною безпекою в хмарно-орієнтованих інтелектуальних транспортних системах / С. Л. Рзаєва та ін. Безпека інформації. 2025. Т. 31, № 1. С. 23–36. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/55589/1/Rzaeva_S_Skladanniyi_P_Kostiuk_Y_Abramov_V_Kravchenko_V_BI_1_31_2025.pdf (дата звернення: 19.04.2026).

28. Карасевич О. Ю. Автоматизована система моніторингу та контролю переміщення транспортного засобу : пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 75 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/69529/1/СІНЖ_2021_1_ПЗ_Карасевич_О_Ю.pdf (дата звернення: 19.04.2026).

29. Мороз Є. Б. Напрями інноваційного розвитку роздрібних торговельних мереж за сучасних умов : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Полтава, 2021. 268 с. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/10067> (дата звернення: 19.04.2026).

30. Логвиненко І. О. Маркетингові дослідження як основа розробки програми якості обслуговування клієнтів (на прикладі української торговельної мережі «Сільпо») : кваліфікаційна робота ... магістра. Кривий Ріг : КДПУ, 2025. URL: https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/11703/1/кваліфікаційна%20робота_Логвиненко%20Ілля.pdf (дата звернення: 19.04.2026).

31. Використання деяких параметричних та непараметричних критеріїв для групування лісотаксаційних даних / О. П. Бала та ін. Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science. 2019. Vol. 10, № 3. URL: https://www.researchgate.net/profile/Oleksandr-Bala/publication/336581292_Application_of_some_parametric_and_non-parametric_criteria_for_grouping_forests_biometric_data/links/5db6e23092851c577ecfa923/Application-of-some-parametric-and-non-parametric-criteria-for-grouping-forests-biometric-data.pdf (дата звернення: 19.04.2026).

32. Прищенко О., Черемська Н., Черногор Т. Побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу. Вісник

Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2021. № 2. С. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.05> (дата звернення: 19.04.2026).

33. Павлов О., Головченко М., Ревич М. Метод оцінки коефіцієнтів при лінійних членах багатовимірної поліноміальної регресії, заданої надлишковим описом. Адаптивні системи автоматичного управління. 2022. Т. 1, № 40. С. 110–117. URL: <https://asac.kpi.ua/article/view/261665/258087> (дата звернення: 19.04.2026).

34. Мільярдні податки та нові супермаркети: підсумки роботи Fozzy Group у 2025 році. The Page. 2026. URL: <https://thepage.ua/ua/news/milyardni-podatki-ta-novi-supermarketi-pidsumki-roboti-fozzy-group-u-2025-roci> (дата звернення: 07.05.2026).

35. Chrematistic: аналітичний звіт. AFO.com.ua. 2020. URL: <https://www.afo.com.ua/doc/WDM-Chrematistic-2020-02-23.pdf> (дата звернення: 07.05.2026).

36. SAP Transportation Management: official product page. SAP. URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/scm/transportation-logistics.html> (дата звернення: 07.05.2026).

37. Система управління складом WMS. UIS Lab. URL: <https://uislab.com/uk/products/wms/> (дата звернення: 07.05.2026).

38. Wialon: Ultimate platform for GPS tracking and IoT. Wialon. URL: <https://wialon.com/> (дата звернення: 07.05.2026).

39. Професійні GPS-системи: каталог обладнання. ProfGPS. URL: <https://sales.profgps.ua/> (дата звернення: 07.05.2026).

40. Відстежування параметрів через CAN-шину. УкрЕвроМаз. URL: <https://ukrevro.com/statti/vidstezhuvannya-parametriv-cherez-can-shynu/> (дата звернення: 07.05.2026).

41. Обладнання Data Cold для рефрижераторів. CTU. URL: <https://www.ctu.com.ua/obladnannya-data-cold/> (дата звернення: 07.05.2026).

42. Maximizing On-Time In-Full (OTIF) in the Supply Chain. FourKites. URL: <https://www.fourkites.com/blogs/maximizing-on-time-in-full-otif-in-the-supply-chain/> (дата звернення: 07.05.2026).
43. Pandas: powerful Python data analysis toolkit. Pandas PyData. URL: <https://pandas.pydata.org/> (дата звернення: 07.05.2026).
44. GS1 Standards Enabling DPP V2.2. GS1. 2025. URL: <https://gs1.eu/wp-content/uploads/2025/04/GS1-Standards-Enabling-DPP-V2.2.pdf> (дата звернення: 07.05.2026).
45. Про охорону праці : Закон України від 14 жовт. 1992 р. № 2694-XII. Відомості Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 07.05.2026).
46. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Онлайн-сервіс «Будстандарт». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6007 (дата звернення: 07.05.2026).
47. Interquartile range. Baidu Baike. URL: <https://baike.baidu.com/en/item/Interquartile%20range/1477475> (дата звернення: 07.05.2026).
48. What is Time Series Analysis? Tableau. URL: <https://www.tableau.com/analytics/what-is-time-series-analysis> (дата звернення: 07.05.2026).
49. Seasonal-Trend decomposition using LOESS (STL). ArcGIS Insights. URL: <https://doc.arcgis.com/en/insights/latest/analyze/stl.htm> (дата звернення: 07.05.2026).
50. Analysis of Variance (ANOVA): основні поняття. Mind the Graph. URL: <https://mindthegraph.com/blog/uk/analysis-of-variance/> (дата звернення: 07.05.2026).
51. Коефіцієнт кореляції рангу Спірмена. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_кореляції_рангу_Спірмена (дата звернення: 07.05.2026).

52. What is LTL freight shipping? FedEx. URL: <https://www.fedex.com/en-us/customer-support/faqs/business/freight-shipping/what-is-ltl-freight-shipping.html> (дата звернення: 07.05.2026).

53. On-Time In-Full (OTIF): What is OTIF and how to improve metrics with technology. Tive. URL: <https://www.tive.com/blog/on-time-in-full-otif-what-is-otif-and-how-to-improve-metrics-with-technology> (дата звернення: 07.05.2026).

54. Поправка Бонферроні. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Поправка_Бонферроні (дата звернення: 07.05.2026).

55. Біржові котирування: Індeksi ринку електричної енергії. Українська енергетична біржа. URL: <https://www.ueex.com.ua/exchange-quotations/electric-power/indexes/> (дата звернення: 07.05.2026).

56. Risk Scoring: Concept and Implementation. Splunk. URL: https://www.splunk.com/en_us/blog/learn/risk-scoring.html (дата звернення: 07.05.2026).

57. What is a Recommendation Engine? IBM. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/recommendation-engine> (дата звернення: 07.05.2026).

58. Decision Trees. Scikit-learn documentation. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html> (дата звернення: 07.05.2026).

59. Методи та засоби моделювання логістичних процесів : матеріали звіту. Open Archive NURE. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/48b45e98-9bf2-4e51-8f4d-ad0ed809546e/content> (дата звернення: 07.05.2026).

60. Power BI. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Power_BI (дата звернення: 07.05.2026).

61. Routes API Overview. Google Maps Platform. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/routes> (дата звернення: 07.05.2026).

62. HERE Routing: Introduction. HERE Developer. URL: <https://docs.here.com/routing/docs/routing-intro> (дата звернення: 07.05.2026).

63. Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). Google OR-Tools. URL: <https://developers.google.com/optimization/routing/vrptw> (дата звернення: 07.05.2026).

64. Azure Synapse Analytics pricing. Microsoft Azure. URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/synapse-analytics/> (дата звернення: 07.05.2026).

65. Сховище даних. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сховище_даних (дата звернення: 07.05.2026).

ДОДАТКИ

Додаток А. Структура бази даних логістичної системи (схема таблиць)

База даних логістичної системи Fozzy Group, що використовувалась у дослідженні, складається з шести основних таблиць. Нижче наведено схему таблиць із описом полів, типів даних та ключових зв'язків між ними.

Таблиця А.1

TRIPS (Рейси)

Поле	Тип даних	Опис	Ключ
trip_id	BIGINT	Унікальний ідентифікатор рейсу	PK
vehicle_id	INT	Ідентифікатор транспортного засобу	FK - VEHICLES
driver_id	INT	Ідентифікатор водія	FK - DRIVERS
route_id	INT	Ідентифікатор маршруту	FK - ROUTES
planned_depart	DATETIME	Планова дата і час відправлення	-
actual_depart	DATETIME	Фактична дата і час відправлення	-
planned_return	DATETIME	Плановий час повернення на РЦ	-
actual_return	DATETIME	Фактичний час повернення на РЦ	-
cargo_type	VARCHAR(10)	Тип вантажу: fresh / dry / mixed	-
planned_weight_kg	FLOAT	Планова вага вантажу, кг	-
actual_weight_kg	FLOAT	Фактична вага вантажу, кг	-
vehicle_capacity_kg	FLOAT	Вантажопідйомність ТЗ, кг	-
fill_rate	FLOAT	Коефіцієнт завантаження (розраховується)	-
otif_status	BOOLEAN	Ознака своєчасної доставки (1=вчасно)	-

deviation_code	VARCHAR(5)	Код причини відхилення (NULL якщо вчасно)	FK - DEV_CODES
fuel_planned_l	FLOAT	Планова витрата пального, л	-
fuel_actual_l	FLOAT	Фактична витрата пального, л	-
total_distance_km	FLOAT	Загальний пробіг, км	-
stop_count	INT	Кількість зупинок на маршруті	-
repeat_trip	BOOLEAN	Ознака повторного рейсу (відмова від прийому)	-

Таблиця А.2

TRIP_STOPS (Зупинки рейсу)

Поле	Тип даних	Опис	Ключ
stop_id	BIGINT	Унікальний ідентифікатор зупинки	PK
trip_id	BIGINT	Ідентифікатор рейсу	FK - TRIPS
store_id	INT	Ідентифікатор торговельної точки	FK - STORES
stop_sequence	INT	Порядковий номер зупинки в маршруті	-
tw_start	TIME	Початок часового вікна прийому	-
tw_end	TIME	Кінець часового вікна прийому	-
planned_arrival	DATETIME	Планований час прибуття	-
actual_arrival	DATETIME	Фактичний час прибуття	-
service_time_min	INT	Фактичний час обслуговування, хв	-
delivery_accepted	BOOLEAN	Ознака прийому товару (0=відмова)	-
delay_min	INT	Запізнення відносно TW, хв (0 якщо вчасно)	-

Таблиця А.3

TELEMETRY (Телеметрія GPS)

Поле	Тип даних	Опис	Ключ
telem_id	BIGINT	Унікальний ідентифікатор запису	РК
vehicle_id	INT	Ідентифікатор ТЗ	FK - VEHICLES
trip_id	BIGINT	Ідентифікатор рейсу (NULL поза рейсом)	FK - TRIPS
ts	BIGINT	Мітка часу Unix (UTC)	-
lat	DOUBLE	Широта (градуси десяткові)	-
lon	DOUBLE	Довгота (градуси десяткові)	-
speed_kmh	FLOAT	Швидкість, км/год	-
engine_on	BOOLEAN	Стан двигуна (1=ввімкнено)	-
fuel_level_l	FLOAT	Рівень пального в баку, л	-
temp_zone1_c	FLOAT	Температура рефрижераторної зони 1, °C	-
temp_zone2_c	FLOAT	Температура рефрижераторної зони 2, °C	-
tachograph_mode	VARCHAR(10)	Режим тахографа: drive/rest/work/standby	-

Таблиця А.4

VEHICLES (Транспортні засоби)

Поле	Тип даних	Опис	Ключ
vehicle_id	INT	Унікальний ідентифікатор ТЗ	РК
reg_number	VARCHAR(10)	Державний реєстраційний номер	-
category	VARCHAR(20)	Категорія: magistral / medium / light	-
capacity_kg	FLOAT	Номінальна вантажопідйомність, кг	-
volume_m3	FLOAT	Об'єм кузова, м³	-

has_reefer	BOOLEAN	Наявність рефрижераторного відсіку	-
year_manufacture	INT	Рік випуску	-
fuel_norm_l100	FLOAT	Нормативна витрата пального, л/100 км	-
ownership	VARCHAR(10)	Форма власності: own / leased / 3pl	-

Таблиці A.5

STORES та A.6 - DEV_CODES (довідники)

Таблиця	Ключові поля	Призначення
STORES	store_id (PK), store_name, network (Сільпо/Фора/...), address, district, lat, lon, tw_start, tw_end, avg_service_min	Довідник торговельних точок із координатами та параметрами часових вікон
DRIVERS	driver_id (PK), full_name, shift_type (day/night), experience_years, hire_date	Довідник водіїв для аналізу впливу людського фактора
DEV_CODES	code (PK), category, description_ua	Кодифікований довідник причин відхилень (8 категорій, 14 підкатегорій)
ROUTES	route_id (PK), route_name, base_distance_km, base_duration_min, stop_ids (JSON), district_mix	Довідник еталонних маршрутів для порівняння план/факт

Додаток Б. Таблиці з вихідними даними телеметрії рейсів за 2025-2026 рр.

У додатку наведено агреговані зведені таблиці на основі масиву з 187 430 рейсів за 12 місяців спостереження (квітень 2025 - березень 2026 рр.). Первинні телеметричні дані (близько 2,3 млрд записів GPS-логів) зберігаються у внутрішній базі даних Fozzy Group та є комерційно чутливою інформацією.

Таблиця Б.1

Динаміка ключових показників транспортної логістики Fozzy Group за місяцями 2025-2026 рр.

Місяць	К-ть рейсів	OTIF, %	Fill rate, %	Пит. витрата пального, л/100 км	Частка LTL-рейсів, %
Квітень 2025	14 820	89,4%	75,1%	28,1	31,2%
Травень 2025	15 110	90,2%	76,3%	27,9	30,7%
Червень 2025	14 640	91,0%	77,1%	27,6	29,8%
Липень 2025	14 390	90,7%	76,8%	28,3	30,4%
Серпень 2025	15 020	89,9%	75,4%	28,5	31,6%
Вересень 2025	15 480	88,3%	74,0%	28,7	32,8%
Жовтень 2025	16 210	87,4%	73,2%	29,1	33,9%
Листопад 2025	16 840	86,8%	72,7%	29,4	34,7%
Грудень 2025	17 320	85,9%	71,8%	29,8	35,6%
Січень 2026	14 980	87,2%	73,5%	28,9	33,2%
Лютий 2026	15 410	88,5%	74,2%	28,6	32,4%
Березень 2026	17 210	89,1%	75,0%	28,2	31,8%
Разом / середнє	187 430	88,7%	74,3%	28,4	32,1%

Джерело: розраховано автором на основі даних SAP TM та GPS-моніторингу Fozzy Group

Таблиця Б.2

Розподіл рейсів за часом відправлення та рівнем OTIF

Часовий інтервал відправлення	К-ть рейсів	Частка від загалу	OTIF, %	Середня затримка (при порушенні), хв
00:00 - 02:59	18 420	9,8%	91,2%	52
03:00 - 05:59	27 640	14,7%	90,4%	58
06:00 - 08:59	31 810	17,0%	85,1%	87
09:00 - 11:59	24 390	13,0%	89,6%	64
12:00 - 14:59	19 870	10,6%	89,0%	67
15:00 - 17:59	22 140	11,8%	86,4%	79
18:00 - 20:59	28 760	15,3%	85,8%	83
21:00 - 23:59	14 400	7,7%	92,1%	49
Разом	187 430	100%	88,7%	72

Джерело: розраховано автором

Таблиця Б.3

Показники перевитрати пального за категоріями транспортних засобів

Категорія ТЗ	К-ть ТЗ	Норм. витрата, л/100 км	Факт. сер. витрата, л/100 км	Частка рейсів з перевитратою >5%	Частка рейсів з перевитратою >40%
Магістральні тягачі (>20 т)	186	27,0	28,4	24,1%	4,8%
Середній тоннаж (5-15 т)	312	15,5	16,7	22,8%	5,3%
Малий тоннаж (до 3,5 т)	124	10,0	10,9	21,4%	5,6%
Рефрижератори (спец.)	198	29,5	31,2	26,3%	5,1%
Разом по флоту	820	-	-	23,6%	5,1%

Джерело: розраховано автором на основі телеметричних даних Wialon та норм витрат пального Fozzy Group

Таблиця Б.4

Зведена характеристика аномальних рейсів за кластерами маршрутів

Кластер маршрутів (K-means)	К-ть маршрутів	Середній OTIF	Середній fill rate	Середній ІДН	Характеристика
Кластер 1 (ефективні)	187	93,8%	82,4%	0,164	Передмістя, великі ТТ, нічні рейси
Кластер 2 (стабільні)	214	90,1%	77,6%	0,211	Спальні райони, mid-size ТТ
Кластер 3 (проблемні)	97	82,4%	68,3%	0,318	Центр міста, ранкові рейси, fresh
Кластер 4 (критичні)	41	76,1%	61,9%	0,394	Малі ТТ Форс, LTL, прямі рейси
Разом	539 маршрутів	88,7%	74,3%	0,249	-

Джерело: розраховано автором методом K-means кластеризації (k=4, ознаки: OTIF, fill rate, ІДН, тривалість рейсу)

Додаток В. Візуалізація результатів аналізу: теплові карти затримок та графіки завантаженості

У зв'язку з форматом текстового документа теплові карти та графіки представлені у вигляді описових матриць і числових таблиць.

Таблиця В.1

Матриця рівня OTIF за днями тижня та часовими інтервалами (теплова карта затримок)

Час / День	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
00:00-05:59	91,4	93,2	94,1	93,8	92,6	94,7	95,1
06:00-08:59	80,2	85,6	87,3	86,9	81,4	89,2	91,0
09:00-11:59	84,7	89,4	91,2	90,7	85,3	91,8	93,4
12:00-14:59	86,1	90,2	91,8	91,3	87,0	92,4	93,9
15:00-17:59	82,3	87,8	89,6	89,1	83,1	90,7	92,2
18:00-20:59	81,8	87,1	89,0	88,5	82,7	90,1	91,6
21:00-23:59	90,6	92,8	93,9	93,5	91,4	94,2	94,8

Жирним виділено клітинки з OTIF < 85% (зони критичного ризику): пн 06-09, пт 06-09, пн 15-21, пт 15-21. Джерело: розраховано автором

Таблиця В.2

Fill rate у розрізі мереж та типів маршрутів (графік завантаженості)

Кількість зупинок	Сільпо - fresh	Сільпо - dry	Фора - fresh	Фора - dry	Середнє
1 (прямий рейс)	75,2%	79,1%	58,3%	62,4%	68,8%
2 зупинки	78,4%	82,6%	63,7%	67,8%	73,1%
3 зупинки	81,3%	84,9%	68,4%	71,9%	76,6%
4 зупинки	84,7%	87,2%	72,1%	75,4%	79,9%
5 зупинок	85,9%	88,1%	74,3%	77,6%	81,5%
6 зупинок	83,2%	85,7%	71,8%	75,1%	78,9%
7+ зупинок	80,1%	82,4%	69,2%	72,8%	76,1%
Середнє	81,3%	84,3%	68,3%	71,9%	76,4%

Оптимальна кількість зупинок для максимізації fill rate: 4-5 (виділено). Джерело: розраховано автором

Таблиця В.3

Розподіл відхилень ОТІФ за районами Києва (матриця теплової карти)

Район Києва	К-ть ТТ	ОТІФ, %	Середнє запізнення, хв	Частка від усіх порушень, %
Голосіївський	48	90,4%	61	4,2%
Дарницький	41	89,7%	65	3,9%
Деснянський	37	87,3%	74	5,1%
Дніпровський	44	88,1%	71	4,8%
Оболонський	52	86,2%	82	7,3%
Печерський	29	81,4%	97	5,6%
Подільський	34	80,7%	103	6,4%
Святошинський	49	88,9%	68	4,6%
Солом'янський	38	87,6%	73	5,2%
Шевченківський	43	79,8%	108	8,1%
Троєщина (Деснянський)	31	83,6%	89	6,8%
Приміські райони	272	92,1%	48	38,0%
Разом по Києву	718	88,7%	72	100%

Найвища концентрація порушень: Шевченківський (8,1%) та Подільський (6,4%) райони. Джерело: розраховано автором

Додаток Д. Макет інтерфейсу аналітичного дашборда для диспетчера

Вкладка 1: «РЕЙСИ ЗАРАЗ» (оперативний рівень)

Призначення: основний інструмент диспетчера під час зміни. Відображає стан усіх активних рейсів у режимі реального часу.

Зона екрана	Компонент	Зміст	Оновлення
Верхня панель (100% ширини)	КРІ-лічильники (4 блоки)	OTIF% зміни Активних рейсів Тривог HIGH Темп.порушень	30 сек
Ліва половина (60% ширини)	Інтерактивна карта Azure Maps	Позиції ТЗ: ● зелений = ризик LOW, ● жовтий = MEDIUM, ● червоний = HIGH. При кліку - картка рейсу з деталями	60 сек
Права половина верх (40%×60%)	Таблиця активних рейсів	Колонки: ID рейсу ТЗ Водій Наступна зупинка ETA Затримка Ризик-скор DSS. Сортування: ризик ↓	2 хв
Права половина низ (40%×40%)	Панель тривог ALERT	Автоматично сформовані картки для рейсів з ризиком HIGH або температурним відхиленням. Кожна картка: причина + рекомендація DSS + кнопка «Взято в роботу»	30 сек
Нижня смуга (100% ширини)	Погодинний графік OTIF	Лінійний графік OTIF% поточної доби по годинах. Пунктирна лінія - норматив 95%	15 хв

Вкладка 2: «АНАЛІТИКА ДОБИ» (тактичний рівень)

Компонент	Тип	Зміст
Гістограма fill rate по маршрутах	Bar chart з референсною лінією 80%	Fill rate кожного маршруту поточної доби; червоне підсвічення - нижче 70%
Графік перевитрати пального	Scatter plot	Кожна точка - один рейс (вісь X: плановий пробіг, вісь Y: % відхилення витрати). Аномалії виділені червоним
Зведена таблиця затримок	Таблиця з умовним форматуванням	Затримки по зупинках у розрізі мереж Сільпо/Фора, тип вантажу, причина (з журналу диспетчера)
Прогноз ризиків наступні 4 год	Карта + скорбордин	Маршрути, заплановані на наступні 4 год, з DSS-оцінкою ризику та рекомендаціями щодо часу відправлення

Вкладка 3: «СТРАТЕГІЧНА АНАЛІТИКА» (для керівництва та аналітика АЦУТ)

Компонент	Тип	Зміст / Фільтри
КРІ-дашборд місяць-до-місяця	Grouped bar chart	OTIF, fill rate, питома витрата пального. Порівняння поточного місяця з попереднім та з нормативом
Рейтинг маршрутів	Таблиця з рейтингом ефективності	ТОП-20 найкращих та ТОП-20 найгірших маршрутів за композитним індексом ($OTIF \times fill\ rate$). Фільтри: мережа, тип вантажу, кластер
Факторний аналіз відхилень	Waterfall chart + кругова діаграма	Розбивка причин відхилень OTIF за 8 категоріями. Drill-down до маршруту/водія/зупинки
Прогноз навантаження на тиждень	Area chart з довірчим інтервалом	Прогнозована кількість рейсів та fill rate на 7 днів вперед на основі даних WMS про плановані відвантаження
Теплова карта затримок по районах	Choropleth map Києва	Колір полігону - середнє запізнення по торговельних точках у районі. Оновлення щодоби

Технічні характеристики дашборда

Параметр	Значення
Платформа	Microsoft Power BI Embedded (A1 SKU або вище)
Джерела даних	SAP TM (OData API), Wialon (REST API), IoT DataCold (MQTT → Azure IoT Hub), DSS-модель (REST API, Python FastAPI)
Сховище даних	Azure Synapse Analytics (аналітична копія) або Microsoft Fabric
Мінімальна частота оновлення	30 секунд (панель тривоги та карта), 2 хвилини (таблиця рейсів)
Роздільна здатність	Оптимізовано для двох-трьох моніторів 1920×1080 та планшетів 1280×800
Авторизація	Azure AD SSO, рольова модель: диспетчер / аналітик / керівник логістики
Мова інтерфейсу	Українська
Орієнтовна вартість розробки	480-560 тис. грн (включаючи Data Pipeline та налаштування DWH)

Джерело: складено автором відповідно до архітектури, описаної у підрозділі 4.4 роботи