

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА


на тему Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій


Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма Комп'ютерні науки
Назва освітньої програми

Виконав: студент 2 курсу,
група КНМ-21-1  Б.В. Семенюк
Ініціали, прізвище

Керівник: к.ф.-м.н., доцент кафедри КН  В.І. Міхалевський
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль: к.т.н., доцент кафедри КН  Р.О. Багрій
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КН, д.т.н, професор  О.В. Бармак
Ініціали, прізвище

7 грудня 2022 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Освітній ступінь магістр
Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

_____ (підпис)

д.т.н., професор О.В. Бармак

« 01 » вересня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: «Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій»
2. Завдання видано студенту Семенюку Богдану Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
3. Керівник роботи доцент кафедри КН Міхалевський Віталій Цезарійович
(прізвище, ім'я, по батькові)
4. Затверджені наказом університету від « 21 » липня 2022 р. № 83
5. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета роботи – розробка методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Метод має забезпечити знаходження маршруту з найбільшою корисністю та динамічно регулювати навантаженість вузлів. Потрібно вирішити проблеми ефективної доставки продовольства, використовуючи цільну мережу дронів. Передбачаються статичні пункти видачі, кінцеві пункти видачі, які динамічно встановлюються в обмежених зонах та безпосередньо саму систему для регулювання, розподілу, відслідковування стану роботи. Також необхідно порівняти ефективність роботи з існуючими рішеннями проблеми пошуку та встановлення транспортних маршрутів.

Реферат

Кваліфікаційна робота магістра вирішує науково-технічну проблему оптимальної доставки замовлень у динамітній мережі на базі хмарних технологій із застосуванням у інформаційній системі логістичних перевезень попередньо встановлених даних про логістичні пункти, а саме їх кількість, місця розташування, множини доступних дронів та динамічного переліку замовлень.

Актуальність теми. Проблематика застосування дронів як транспортних одиниць у логістичній сфері транспортних перевезень з кожним роком набуває більшого попиту. Ріст технологій змушує різного роду підприємства та організації залучатися до використання сучасного інформаційного та технічного забезпечення, щоб задовольняти потреби свого підприємства та складати конкуренцію своїм опонентам. Тому, одним із наступних кроків у транспортній логістиці може стати саме використання дронів та супровідного програмного забезпечення для управління ними. Використання такого роду забезпечення несе за собою проблему ефективного використання ресурсів та продуктивної роботи системи. Тобто, використання коптерів чи дронів при виконанні перевезення (доставки замовлення) має залежати від запроваджених інформаційних рішень (методів).

Слід зазначити, що одними із прикладів, де можливе використання такого технічного та інформаційного забезпечення, можуть слугувати аптеки, супермаркети чи сервіси доставки їжі з існуючими логістичними системами, але там транспортною одиницею виступає автомобіль чи мопед. Для останніх проблема доставки дещо відрізняється, оскільки важливо забезпечити пошук найкориснішого маршруту, який пройде через найбільшу можливу кількість точок видачі замовлень.

Саме тому, ідея впровадження доставки замовлень повітрям лише на етапі становлення та її успішне застосування залежить від переліку факторів, одним із яких (можливо найважливішим) є використання програмного

забезпечення для оптимальної роботи системи. Тому розробка чи вдосконалення існуючих методів з метою оптимізації доставки замовлень, як у нашому випадку, є актуальною.

Мета і задачі роботи. *Мета* кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці методу оптимальної доставки замовлень в динамічній мережі на базі хмарних технологій та відповідних інформаційної технології та інформаційної системи, необхідних для автоматизованої побудови оптимальних маршрутів доставки замовлень за відомостями множини пунктів для відвідування, початкового пункту, множини доступних шляхів, показників динаміки руху на шляхах та наявності апаратно-технічного забезпечення в логістичних пунктах. За результатом виконання роботи були *поставлені та вирішені наступні завдання:*

1. Проведено аналіз предметної області та відомих підходів до автоматизованої доставки замовлень.

2. Вдосконалено інформаційну модель доставки замовлень у динамічній мережі.

3. Розроблено метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

4. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого визначення оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.

5. Розроблено інформаційну систему оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

6. Проведено функціональне та прикладне дослідження ефективності розроблених засобів, у тому числі для тестового аналізу замовлень доставки у динамічній мережі.

Об'єкт дослідження – процес транспортної доставки замовлень у пункти мережі, що динамічно змінюється.

Предмет дослідження – інформаційні технології, моделі, методи та засоби автоматизації процесу пошуку маршрутів оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених завдань: для розв'язання поставлених задач використовуються основні положення

методів аналізу даних і теорії множин, а для реалізації інформаційної системи – методології проектування інформаційних систем і об'єктно-орієнтований підхід.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті роботи були отримані інновації та положення наукової новизни:

1. Вдосконалено інформаційну модель оптимізації доставки замовлень, яка відрізняється тим, що містить формальне подання всіх необхідних сутностей для автоматизації операцій для оптимізації процесів доставки замовлень в динамічній мережі.

2. Вдосконалено новий метод оптимізації доставки замовлень в динамічній мережі, що дозволяє за множиною наявних параметрів замовлень, мережі, апаратно-технічних засобів автоматично визначати множину можливих маршрутів доставки та визначити оптимальний маршрут.

3. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого пошуку маршрутів для доставки замовлень, яка використовує розроблений метод оптимальної доставки за вхідними даними у вигляді відомостей логістики, налаштувань та шаблонів маршрутів і надає можливість автоматизовано одержувати оптимальний маршрут доставки замовлень у динамічній мережі.

Практичне значення одержаних результатів. Для проведення дослідження ефективності методу оптимальної доставки замовлень в динамічній мережі було спроектовано структуру й здійснено прикладну програмну розробку інформаційної системи автоматизованого оптимального маршруту доставки замовлення. Інформаційна система включає в себе базу даних, базу знань і п'ять функціональних модулів, що мають різне призначення: модуль роботи користувача з експертними даними, модуль роботи користувача з каталоговими даними, модуль взаємодії користувача з оперативними даними, модуль формування множини можливих маршрутів та модуль оптимізації за критеріями часу, відстані та ваги замовлення і виведення користувачу результатів роботи.

Напрямок практичного використання розробленого методу та засобів є автоматизація вибору оптимального маршруту доставки замовлення в

динамічній мережі на основі хмарних технологій. При використанні розробленого методу приймається за вихідне положення, що для вибору маршруту враховуються різні параметри замовлення, вузлів та наявного апаратно-технічного забезпечення в кожному центрі. Характерною ознакою розробленого методу автоматизованого вибору оптимального маршруту є те, що при його застосуванні ми опираємося на розроблений алгоритм доставки, що ґрунтується як на відкиданні параметрично неприйнятних маршрутів доставки, так і на запитах користувачу на встановлення параметрів доставки, що дозволяє в процесі роботи методу врахувати динамічну картину мережі. При повторному використанні методу можна прогнозувати оптимальний маршрут доставки на множині напрацьованих шаблонів доставки та критеріїв оптимальності.

Практичне використання розробленої системи автором роботи для вибору оптимальної доставки замовлень виявило, що в результаті використання шаблону із застосуванням методу хвильового поширення загальний час виконання усіх замовлень порівняно із іншими методами доставки на 17% швидший. А при застосуванні методу хвильового поширення із мінімізацією часу простою чи перенаправлення замовлення на інший (найближчий) пункт, в середньому виконання кожного замовлення з використанням методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на 21% швидше.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Основні наукові й практичні результати кваліфікаційної роботи магістра доповідались на XIV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» (18-19 листопада 2022 року) у доповіді на тему «Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій»; за темою роботи автором виконано наукову публікацію: Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К. Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-

практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022».
- Хмельницький, 2022. - С. 261-264.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 17 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 100 сторінки, з них 77 сторінок основного тексту та 23 сторінок додатків. У роботі наведено 41 рисунок та 15 таблиць.

Ключові слова: доставка замовлень, безпілотний літальний апарат, дрон, транспортна логістика, логістичний центр, трафік, інформаційна система, інформаційна модель, інформаційна технологія.

Зміст

Перелік скорочень	4
Вступ.....	5
Розділ 110	
Характеристика предметної області і постановка задачі	10
1.1 Аналіз предметної області	10
1.2 Аналіз інформаційного забезпечення предметної області	21
1.3 Постановка задачі.....	28
Висновки до розділу 1	29
Розділ 230	
Проектування структури інформаційної системи	30
2.1 Концепція методу хвильового поширення.....	30
2.2 Схема методу оптимальної доставки замовлень	32
2.3 Інформаційна модель методу оптимізації доставки.....	35
Висновки до розділу 2	37
Розділ 338	
Інформаційна технологія оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі	38
3.1 Модель інформаційної технології	38
3.2 Розробка структури інформаційної системи	43
3.3 Аргументація вибору засобів розробки інформаційної системи	48
Висновки до розділу 3	51
Розділ 452	
Дослідження методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій	52
4.1 Архітектура інформаційної системи	52
4.2 Розробка прикладних компонентів інформаційної системи	54
4.3 Прикладне тестування інформаційної системи	61
4.4 Функціональне дослідження інформаційної системи.....	67

	3
Висновки до розділу 4	72
Загальні висновки.....	74
Перелік посилань.....	76
Додатки	

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
БД	База даних
БПЛА	Безпілотний літальний апарат
ІС	Інформаційна система
ІТ	Інформаційні технології
КН	Комп'ютерні науки
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ПП	Програмний продукт
СКБД	Система керування базами даних
ТЛ	Транспортна логістика
ХТ	Хмарні технології
GMA	Google Maps API
SQL	Structured Query Language
TS	Type Script

Вступ

Кваліфікаційна робота магістра вирішує науково-технічну проблему оптимальної доставки замовлень у динамітній мережі на базі хмарних технологій із застосуванням у інформаційній системі логістичних перевезень попередньо встановлених даних про логістичні пункти, а саме їх кількість, місця розташування, множини доступних дронів та динамічного переліку замовлень.

Актуальність теми. Проблематика застосування дронів як транспортних одиниць у логістичній сфері транспортних перевезень з кожним роком набуває більшого попиту. Ріст технологій змушує різного роду підприємства та організації залучатися до використання сучасного інформаційного та технічного забезпечення, щоб задовольняти потреби свого підприємства та складати конкуренцію своїм опонентам. Тому, одним із наступних кроків у транспортній логістиці може стати саме використання дронів та супровідного програмного забезпечення для управління ними. Використання такого роду забезпечення несе за собою проблему ефективного використання ресурсів та продуктивної роботи системи. Тобто, використання коптерів чи дронів при виконанні перевезення (доставки замовлення) має залежати від запроваджених інформаційних рішень (методів).

Слід зазначити, що одними із прикладів, де можливе використання такого технічного та інформаційного забезпечення, можуть слугувати аптеки, супермаркети чи сервіси доставки їжі з існуючими логістичними системами, але там транспортною одиницею виступає автомобіль чи мопед. Для останніх проблема доставки дещо відрізняється, оскільки важливо забезпечити пошук найкориснішого маршруту, який пройде через найбільшу можливу кількість точок видачі замовлень.

Саме тому, ідея впровадження доставки замовлень повітрям лише на етапі становлення та її успішне застосування залежить від переліку факторів, одним із яких (можливо найважливішим) є використання програмного забезпечення для оптимальної роботи системи. Тому розробка чи вдосконалення

існуючих методів з метою оптимізації доставки замовлень, як у нашому випадку, є актуальною.

Мета і задачі роботи. *Мета* кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці методу оптимальної доставки замовлень в динамічній мережі на базі хмарних технологій та відповідних інформаційної технології та інформаційної системи, необхідних для автоматизованої побудови оптимальних маршрутів доставки замовлень за відомостями множини пунктів для відвідування, початкового пункту, множини доступних шляхів, показників динаміки руху на шляхах та наявності апаратно-технічного забезпечення в логістичних пунктах. За результатом виконання роботи були *поставлені та вирішені наступні завдання:*

7. Проведено аналіз предметної області та відомих підходів до автоматизованої доставки замовлень.

8. Вдосконалено інформаційну модель доставки замовлень у динамічній мережі.

9. Розроблено метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

10. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого визначення оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.

11. Розроблено інформаційну систему оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

12. Проведено функціональне та прикладне дослідження ефективності розроблених засобів, у тому числі для тестового аналізу замовлень доставки у динамічній мережі.

Об'єкт дослідження – процес транспортної доставки замовлень у пункти мережі, що динамічно змінюється.

Предмет дослідження – інформаційні технології, моделі, методи та засоби автоматизації процесу пошуку маршрутів оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених завдань: для розв'язання поставлених задач використовуються основні положення

методів аналізу даних і теорії множин, а для реалізації інформаційної системи – методології проектування інформаційних систем і об'єктно-орієнтований підхід.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті роботи були отримані інновації та положення наукової новизни:

4. Вдосконалено інформаційну модель оптимізації доставки замовлень, яка відрізняється тим, що містить формальне подання всіх необхідних сутностей для автоматизації операцій для оптимізації процесів доставки замовлень в динамічній мережі.

5. Вдосконалено новий метод оптимізації доставки замовлень в динамічній мережі, що дозволяє за множиною наявних параметрів замовлень, мережі, апаратно-технічних засобів автоматично визначати множину можливих маршрутів доставки та визначити оптимальний маршрут.

6. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого пошуку маршрутів для доставки замовлень, яка використовує розроблений метод оптимальної доставки за вхідними даними у вигляді відомостей логістики, налаштувань та шаблонів маршрутів і надає можливість автоматизовано одержувати оптимальний маршрут доставки замовлень у динамічній мережі.

Практичне значення одержаних результатів. Для проведення дослідження ефективності методу оптимальної доставки замовлень в динамічній мережі було спроектовано структуру й здійснено прикладну програмну розробку інформаційної системи автоматизованого оптимального маршруту доставки замовлення. Інформаційна система включає в себе базу даних, базу знань і п'ять функціональних модулів, що мають різне призначення: модуль роботи користувача з експертними даними, модуль роботи користувача з каталоговими даними, модуль взаємодії користувача з оперативними даними, модуль формування множини можливих маршрутів та модуль оптимізації за критеріями часу, відстані та ваги замовлення і виведення користувачу результатів роботи.

Напрямок практичного використання розробленого методу та засобів є автоматизація вибору оптимального маршруту доставки замовлення в

динамічній мережі на основі хмарних технологій. При використанні розробленого методу приймається за вихідне положення, що для вибору маршруту враховуються різні параметри замовлення, вузлів та наявного апаратно-технічного забезпечення в кожному центрі. Характерною ознакою розробленого методу автоматизованого вибору оптимального маршруту є те, що при його застосуванні ми опираємося на розроблений алгоритм доставки, що ґрунтується як на відкиданні параметрично неприйнятних маршрутів доставки, так і на запитах користувачу на встановлення параметрів доставки, що дозволяє в процесі роботи методу врахувати динамічну картину мережі. При повторному використанні методу можна прогнозувати оптимальний маршрут доставки на множині напрацьованих шаблонів доставки та критеріїв оптимальності.

Практичне використання розробленої системи автором роботи для вибору оптимальної доставки замовлень виявило, що в результаті використання шаблону із застосуванням методу хвильового поширення загальний час виконання усіх замовлень порівняно із іншими методами доставки на 17% швидший. А при застосуванні методу хвильового поширення із мінімізацією часу простою чи перенаправлення замовлення на інший (найближчий) пункт, в середньому виконання кожного замовлення з використанням методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на 21% швидше.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Основні наукові й практичні результати кваліфікаційної роботи магістра доповідались на XIV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» (18-19 листопада 2022 року) у доповіді на тему «Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій»; за темою роботи автором виконано наукову публікацію: Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К. Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-

практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022».
- Хмельницький, 2022. - С. 261-264.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 17 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 100 сторінки, з них 77 сторінок основного тексту та 23 сторінок додатків. У роботі наведено 41 рисунок та 15 таблиць.

Розділ 1

Характеристика предметної області і постановка задачі

1.1 Аналіз предметної області

Логістика [1] може розглядатися як і наука про оптимальне управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками в економічних адаптивних системах із синергічними зв'язками так і як галузь або функція в корпорації, завданням якої є забезпечення переміщення та зберігання продукції та сировини для забезпечення виробництва та продажу.

Отже, логістикою можна вважати будь-які процеси, пов'язані з транспортуванням, зберіганням та обробкою будь-яких предметів.

Сучасне уявлення про логістику сильно відрізняється від оригінального. Якщо раніше термін описував фізичний рух сировини і товарів, то тепер він включає планування, закупки, транспортування та зберігання. Подальшим розвитком логістики є термін управління ланцюгом поставок, що є свідченням зростаючого розуміння компаніями важливості координації всіх функцій і бізнес-процесів. Основним об'єктом управління логістики, як господарської діяльності, є матеріальний потік, що проходить по логістичному ланцюгу, починаючи від первинного джерела сировини, через усі проміжні процеси аж до постачання готової продукції, до кінцевого споживача. Об'єктами управління є також фінансові й інформаційні потоки.

Інвестиції у новітні технології мають вирішальне значення для підтримки високої ефективності організації. З удосконаленням технологій компаніям з'являються нові методи оптимізації логістики та прискорення виконання процесів. Ось кілька чудових варіантів технологій, у які можна інвестувати:

GPS-відстеження [2]: GPS-відстеження має неоціненне значення в управлінні логістикою, оскільки воно надає менеджерам найновіші дані про їхні автопарки та відправлення. GPS є корисним, оскільки він дає змогу постачальникам відстежувати відправлення та надавати бізнесу точну

інформацію. Надсилання пакунки безпосередньо кінцевому користувачеві, GPS-відстеження дозволяє використовувати стратегії оптимізації маршруту, щоб швидше доставляти товари туди.

Системи управління інформацією [3]: системи управління інформацією підвищують ефективність, надаючи централізоване цифрове сховище даних, тому завжди є змога мати необхідну інформацію під рукою. Якщо потрібно, щоб різні відділи або локації працювали разом, інтегрована система управління інформацією тримає всіх на одній сторінці, надаючи доступ до основних даних інвентаризації та іншої інформації.

Напрямки вдосконалення логістичного бізнесу [4].

Зосередження на часі від замовлення до доставки плануйте відповідно. Задоволення клієнтів є кінцевою метою будь-якого логістичного ланцюга, оскільки воно впливає на сприйняття вашої компанії. Час, який проходить від розміщення замовлення до доставки, є одним із найважливіших аспектів взаємодії з клієнтами та головним вирішальним фактором, який визначає їхню думку про компанію. Немає значення, наскільки добре проходить управління всіма іншими аспектами бізнес-операцій, якщо на думку клієнтів впливають довгі терміни виконання замовлення. Оскільки задіяно кілька відділів і співробітників, для скорочення часу виконання замовлення може знадобитися впоратися з процесом виконання замовлення в цілому.

Вивчення транспортування та модернізацію для економії витрат і часу. Транспортування часто є найбільшою витратою в логістиці, особливо якщо воно не сплановано та реалізовано належним чином. Це також має великий вплив на терміни доставки та повернення інвестицій, особливо якщо товари пошкоджені під час транспортування. Незалежно від галузі, зростання транспортних витрат зазвичай призводить до зростання цін на товари.

Аналіз кожного аспекту транспортного процесу, щоб визначити, де витрати найбільші. Почніть із маршруту доставки та планування вантажу, вибираючи найкоротший і найбезпечніший маршрут і використовуючи автомобільні ваги, щоб транспортні засоби перевозили повний вантаж. Упаковка

продукту також повинна бути розроблена таким чином, щоб мінімізувати розмір і вагу без шкоди для безпеки.

Оптимізація управління складом для максимальної продуктивності. Належне управління складом є важливим аспектом будь-якого логістичного процесу, оскільки воно впливає на все, починаючи від часу виконання замовлення до управління запасами та навіть якості продукції. Ефективність складських операцій значною мірою визначається типом продукту (швидкопсувний або нешвидкопсувний, яке середовище вимагає тощо).

Незалежно від того, які товари зберігаються, певні вдосконалення можуть допомогти зменшити втрати та прискорити операції. Наприклад, можна максимально збільшити простір для зберігання, використовуючи вертикальні колони та застосувавши промислові ваги як частину обладнання для обробки матеріалів, щоб допомогти персоналу складу зважувати товари швидше й точніше.

Використання автоматизації та нових технологій. Останні кілька років були справді захоплюючими з точки зору технологічних інновацій, особливо автоматизації в бізнес-логістиці. Сучасні інструменти та системи розроблені для прискорення ефективності організації та часу виконання за рахунок зменшення ручного втручання та усунення людської помилки. Тож настав час їх установити. Від інтелектуальних ваг, які інтегруються з системами управління складом і відстежують запаси, до бізнес-процесів і комунікаційного програмного забезпечення, яке забезпечує оновлення в режимі реального часу для будь-якого аспекту руху товарів, є індивідуальне рішення практично для будь-якої проблеми логістики, з якою можна зіткнутися сьогодні.

Технологія автоматизації: автоматизація дає змогу розвивати ефективнішу логістику шляхом перепрофілювання людського капіталу. Використання машин для таких основних процесів, як введення даних, дає змогу звільнити людей для роботи над складнішими завданнями. Зосередження одного з ваших найважливіших активів — розумових здібностей співробітників — на

проектах вищого рівня дозволить вашій компанії досягти величезних успіхів у продуктивності та ефективності.

Транспортна логістика [5] – система по організації доставки, а саме переміщення будь-яких матеріальних предметів або речовин з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом. Одна із основоположних напрямків науки про управління інформаційними і матеріальними потоками у процесі руху товарів. Оптимальним вважається той маршрут, по якому можливо доставити логістичний об'єкт в найкоротші терміни (або передбачені терміни) з мінімальними витратами, а також з мінімальною шкодою для об'єкта доставки. Шкодою для об'єкта доставки вважається негативний вплив на логістичний об'єкт як з боку зовнішніх чинників (умови перевезення), так і з боку часового факторів при доставці об'єктів, які підпадають під дану категорію.

Види маршрутів [6]:

Маршрут, при якому шлях прямування транспортного засобу в прямому і зворотному напрямку проходить по одній і тій же трасі, називається маятниковим маршрутом.

Маршрут, при якому шлях прямування транспортного засобу становить замкнутий контур, називається кільцевим маршрутом. Шлях, пройдений транспортним засобом від початкового до кінцевого пункту, називається довжиною маршруту

Основні завдання транспортної логістики можна визначити таким чином:

- вибір виду транспортних засобів;
- вибір типу транспортних засобів;
- спільне планування транспортного процесу зі складським та виробничим;
- спільне планування транспортних процесів на різних видах транспорту (на випадок змішаних перевезень);
- забезпечення технологічної єдності транспортно-складського процесу;
- визначення раціональних маршрутів доставки.

Дрони [7] або мультикоптери у логістиці. Існує багато способів використання БПЛА (безпілотних літальних апаратів) у суспільстві. Використання дронів у логістичному секторі є дуже вигідним, оскільки забезпечує широкий спектр застосувань.

Їх можна використовувати для транспортування або доставки покупок клієнтів, що є чудовим рішенням для міських районів із інтенсивним рухом. А також сканування піддонів у центрах розподілу, що дає змогу операційній групі переглядати запаси, що зберігаються на підприємстві, а також шукати втрачені товари у важкодоступних місцях. Спільне спостереження з охороною великих територій для логістики, таких як склади та фабрики. Крім того, безпілотники дозволяють нам досягати місць, куди не можуть дістатися інші види транспорту. Таким чином, можна розширити радіус дії компаній, які здійснюють перевезення. Ці транспортні засоби також дуже корисні в надзвичайних ситуаціях, коли потрібне швидке транспортування медичних та гуманітарних пакунків у віддалені райони. На сьогоднішній день було проведено багато випробувань доставки, зосереджених на медичних приладах.

На Всесвітній конференції зі штучного інтелекту 2021 року Meituan вперше оприлюднив свою власно розроблену «міську низькогірну логістичну мережу», яка включає дрони, обладнання для наземного обслуговування та систему керування повітрям. Використовується для доставки до 3 кілометрів і протягом 15 хвилин. Drone Delivery Canada (DDC), заснована в 2014 році, є публічною компанією з доставки безпілотників із перевіреною технологією. Згідно з різними вимогами до дистрибуції, компанія розробила та виготовила три типи БПЛА для забезпечення логістичного розподілу на короткі, середні та великі відстані. Тут Tattu Battery розглядає переваги та недоліки доставки дронами.

Переваги доставки дроном [8].

1. Доставка дроном може підвищити ефективність логістики

Пряма відстань між двома точками є найближчою. Безпілотники в повітрі проходять траєкторію майже по прямій лінії, тому відстань транспортування

невелика. Більше того, немає обмежень на маршрути традиційної експрес-логістики, тому швидкість польоту висока. Раніше JD.com створив перший у світі безпілотний сортувальний центр у провінції Цзянсу. Центр може сортувати до 9000 пакунків на годину, що робить його втричі ефективнішим за традиційні методи. Оскільки за традиційного способу розподілу більшість працівників зайняті якоюсь простою повторюваною роботою весь робочий час, що легко може набриднути, а для машини – ні. Поле доставки вантажів БПЛА буде схоже на безпілотний сортувальний центр для підвищення ефективності роботи.

2. Доставка дроном може заощадити витрати на логістику

Хоча на початковому етапі безпілотне транспортне обладнання коштуватиме великих грошей, у довгостроковій перспективі його вартість буде набагато нижчою за вартість традиційної ручної доставки. Для безпілотного розподільчого обладнання майже немає витрат, окрім заряджання та обслуговування, тоді як витрати на оплату праці, з іншого боку, з часом лише зростатимуть.

3. Доставка безпілотниками сприяє розвитку економіки слаборозвинених територій

У багатьох економічно слаборозвинутих регіонах трафік незручний і онлайн-купівля займає багато часу. Дроновий транспорт може вирішити цю проблему, стимулювати місцеве споживання та створити більше робочих місць для розвитку місцевої економіки.

Недоліки доставки дроном [8].

1. Висока вартість початкових інвестицій. Через незріле застосування технології безпілотних літальних апаратів у логістичній галузі витрати на різноманітне обладнання все ще є відносно високими, що призводить до високих витрат на закупівлі.

2. Незріла технологія. Наприклад, необхідно покращити корисне навантаження та час автономної роботи дронів.

3. Ризики безпеки. З огляду на часті випадки вибухів, безпека дронів все ще не може усунути занепокоєння громадськості.

4. Доставка дроном вразлива до погоди. Дрони менші за цивільні літаки та вантажні літаки за розміром і більш чутливі до погоди. Погода непередбачувана, що робить її важливим фактором у використанні дронів.

5. Проте з розвитком науки і технологій безпілотна доставка вантажів безперечно стане новою силою сприяння економічному та соціальному розвитку. Давайте подивимося, як далеко галузь може зайти звідси.

Мультикоптер, дрон [7] — літальний апарат із довільною кількістю тягових гвинтів, розміщених в одній площині, що обертаються діагонально в протилежних напрямках. стосується апаратів із чотирма роторами. Це стосується малогабаритних, непілотованих апаратів. Мультикоптери можуть виконувати вертикальний зліт і посадку, горизонтальний політ, а також стабільно зависати в повітрі.

Підсумовуючи, застосування дронів у логістиці означає зниження витрат на дистрибуцію та пришвидшення доставки. Отже, на доповнення до високої користі для навколишнього середовища завдяки зменшенню міського трафіку та викидів CO₂.

Хмарні обчислення [9] — це доступність ресурсів комп'ютерної системи на вимогу, особливо зберігання даних (хмарне сховище) і обчислювальної потужності, без прямого активного керування користувачем. Великі хмари часто мають функції, розподілені в кількох місцях, кожне з яких є центром обробки даних. Хмарні обчислення покладаються на спільне використання ресурсів для досягнення узгодженості та зазвичай використовують модель «оплата за потреби», яка може допомогти зменшити капітальні витрати, але також може призвести до неочікуваних операційних витрат для користувачів.

Основні переваги хмарних обчислень

1. Економія: одна з головних переваг хмарних обчислень полягає в тому, що вони можуть допомогти зменшити витрати. Наприклад, підприємствам більше не потрібно інвестувати в дороге локальне обладнання та програмне забезпечення. Натомість вони можуть отримати доступ до хмарних додатків і послуг на основі оплати за використання.

2. Масштабованість: хмарні обчислення дуже масштабовані. Це означає, що підприємства можуть легко збільшувати або зменшувати використання хмарних ресурсів у міру зміни потреб.

3. Гнучкість: ще одна перевага хмарних обчислень полягає в тому, що вони пропонують більшу гнучкість, ніж традиційна локальна ІТ-інфраструктура. Наприклад, підприємства можуть швидко надавати нові ресурси, коли вони їм потрібні, а також можуть легко вивільняти їх, коли вони їм більше не потрібні.

4. Економічність: хмарні обчислення можуть допомогти підприємствам досягти більшої гнучкості. Це означає, що вони можуть краще реагувати на зміни ринкових умов і можуть швидко розгорнути нові програми та послуги.

5. Покращена безпека: хмарні обчислення можуть запропонувати кращу безпеку порівняно з традиційною локальною ІТ-інфраструктурою. Це пояснюється тим, що постачальники хмарних послуг мають досвід у сфері безпеки та можуть запропонувати різноманітні функції безпеки, наприклад, шифрування даних і виявлення вторгнень.

6. Покращена співпраця: хмарні обчислення можуть допомогти покращити співпрацю між співробітниками. Наприклад, вони можуть простіше ділитися файлами та документами та отримувати доступ до програм і служб з будь-якого місця.

7. Підвищення продуктивності: хмарні обчислення можуть допомогти співробітникам бути більш продуктивними. Наприклад, вони можуть отримати доступ до хмарних програм і служб з будь-якого місця та використовувати їх на будь-якому пристрої.

8. Аварійне відновлення: хмарні обчислення можуть допомогти підприємствам швидше відновлюватися після аварій. Це тому, що вони можуть використовувати хмарні служби резервного копіювання та аварійного відновлення.

9. Переваги для навколишнього середовища: хмарні обчислення можуть допомогти підприємствам зменшити свій вуглецевий слід. Це тому, що

хмарні провайдери використовують енергоефективні центри обробки даних і відновлювані джерела енергії для забезпечення своїх операцій.

10. Покращена взаємодія з клієнтами: хмарні обчислення можуть допомогти компаніям покращити взаємодію з клієнтами. Це пояснюється тим, що вони можуть використовувати хмарні додатки та служби, щоб надавати клієнтам кращий досвід.

Послуги та рішення хмарних обчислень для логістики [10].

Послуги та рішення хмарних обчислень значною мірою допомогли сектору логістики, зменшивши загальну вартість і час, а також підвищивши прозорість і точність. Хмарні обчислення дозволили сектору логістики ефективно та результативно керувати всім ланцюгом постачання та контролювати його.

Послуги та рішення хмарних обчислень для логістики можна умовно розділити на три основні категорії: управління транспортуванням, управління запасами та управління складом.

Система керування транспортуванням (TMS) – це хмарна програма, яка допомагає керувати транспортуванням вантажів. Він забезпечує перегляд транспортної мережі в реальному часі та допомагає оптимізувати маршрути. Він також містить інформацію про умови руху, погодні умови та іншу відповідну інформацію, яка може допомогти ефективніше спланувати транспортування.

Система управління запасами (IMS) — це хмарна програма, яка допомагає керувати товарними запасами. Вона надає інформацію в реальному часі про рівні запасів, терміни придатності та іншу відповідну інформацію. Вона також сповіщає, коли рівень запасів низький або коли термін придатності наближається.

Система управління складом (WMS) — це хмарна програма, яка допомагає керувати складськими операціями. Вона надає інформацію про рівень запасів, місцезнаходження товарів та іншу відповідну інформацію. Це також допомагає оптимізувати простір на складі та в управлінні робочою силою.

Згадані вище послуги та рішення значною мірою допомогли сектору логістики. Вони зменшили загальну вартість і час, а також підвищили прозорість і точність.

Отже, основними параметрами предметної області, для задачі, що розглядається, є:

Таблиця 1.1 – Параметри предметної області для задач логістики

Параметр	Опис
Мапа	Умовно зменшене зображення місцевості з усіма особливостями розташування інфраструктури. Є головним об'єктом у інформаційній системі, на якому зображено маркери замовлень центрів та дронів.
Маршрут	Вектор на карті з початком та кінцем його проходження.
Пункт призначення	Фінальна точка виконання замовлення. Створюється користувачем та відзначається відповідним маркером.
Логістичний центр	Місце початку прокладання маршруту. Конфігурується до запуску системи, має дані про розташування на мапі там зображується певним маркером.
Дрон	Безпілотний літаючий засіб, підвид кранокоптер. Основна транспортна одиниця логістичної системи. Слугує для доставки замовлення.
Ефективність	Об'єктивна оцінка роботи.
Поточний стан системи	Інформація про різні вузли системи, відображена у графіках чи мітках з

	характерним кольором.
Характеристики транспортного засобу	Перелік особливостей літаючого засобу який характеризує його та виділяє його то певного виду або під виду.
Замовлення	Звернення користувача до системи про необхідність прокладання нового маршруту.
Трафік	Відображення у реальному часі на карті розташування дронів та їх статусів, необхідно для поверхневого аналізу стану системи.
Шаблон	Попередньо сформований набір даних, за яким буде проводитись імітація роботи користувача зі застосунком.
Маркер	Мітка чи іконка зображена на карті відповідає за певну сутність та зберігає дані про місце розташування.
Рендеринг	Візуалізація, відмальовування поточних розташувань об'єктів на мапі.

Отже, застосування дронів у транспортній логістиці має як і свої плюси так і мінуси, тому слід проглянути існуючі апаратні та програмні рішення.

1.2 Аналіз інформаційного забезпечення предметної області

На жаль, зараз немає активно працюючих на ринку логістичних систем у яких транспортною одиницею являється дрон. Лише можна спостерігати деякі тестові запуски таких мереж в локальних регіонах та підприємствах. Слід зазначити, що всі вони мають змогу працювати у динамічних умовах, тобто у реальному світі, коли наступний пункт доставки є абсолютно невідомий, що і ускладнює проблему ефективного розподілу ресурсів. Сьогодні дають про себе знати лише не катерні аналоги.

Нова пошта [11]. Логістичний сервіс побудований на моделі складних мереж центрів та підцентрів, де кінцевим користувачем виступає фізична особа.

Принцип роботи полягає у наступному: компанія надає відкритий арі-сервіс для створення запиту про доставку як і звичайним користувачем через додаток, сайт чи фізичне відділення, так і підприємцям та компаніям можливість інтегрувати арі з своїм сервісом. Коли перший варіант здається цілком зрозумілим (пошта із запровадженням ІТ технологій), тоді як другий виглядає складним бізнес-процесом. Хоча обидва вони посилаються на сутність замовлення про доставку, і цілком у цьому є автоматичне визначення найкоротшого і ефективного маршруту та представлення строків виконання замовлення.

Вартість доставки

Орієнтовна вартість перевезення, яку сплачує Відправник.

Маршрут

Місто-відправник

Місто-одержувач

Вид відправлення

Посилки

Рисунок 1.1 – Приклад розрахунку вартості замовлення на сайті сервісу «Нова пошта»

Характеристика місць

Кількість	Оголошена вартість	Вага	Довжина	Ширина	Висота
<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	грн <input type="text"/>	кг <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		см <input type="text"/>			

[Додати місце](#)

Послуга "Пакування" [Тарифи пакування](#)

Послуга "Підйом на поверх" кількість поверхів Ліфт [?](#)

Послуга "Зворотна доставка" [?](#)

[Розрахувати вартість](#) [Очистити](#)

Рисунок 1.2 – Приклад розрахунку вартості замовлення на сайті сервісу «Нова пошта»

Слід розуміти, що ключовим тут є саме ефективність прокладеного маршруту, оскільки транспортний засіб має раціонально використовувати свої ресурси, а не перевозити одну посылку максимально. Це говорить про те що має враховуватись ряд критеріїв при прокладанні шляху наприклад, найкоротший (найпростіший) маршрут, вмістимість та максимальна допустима маса, доступні центри та наявність попутних посилок у них під час виконання запиту, максимальний час очікування для клієнтів тощо.

Отже, усіх подробиць знати неможливо, оскільки це є конфіденціальна інформація даної компанії. Але можна виділити наступні переваги: відносна швидкодія на великих відстанях, мала залежність від погодних умов та мінуси - доставка до фізичних осіб здійснюється лише кур'єром.

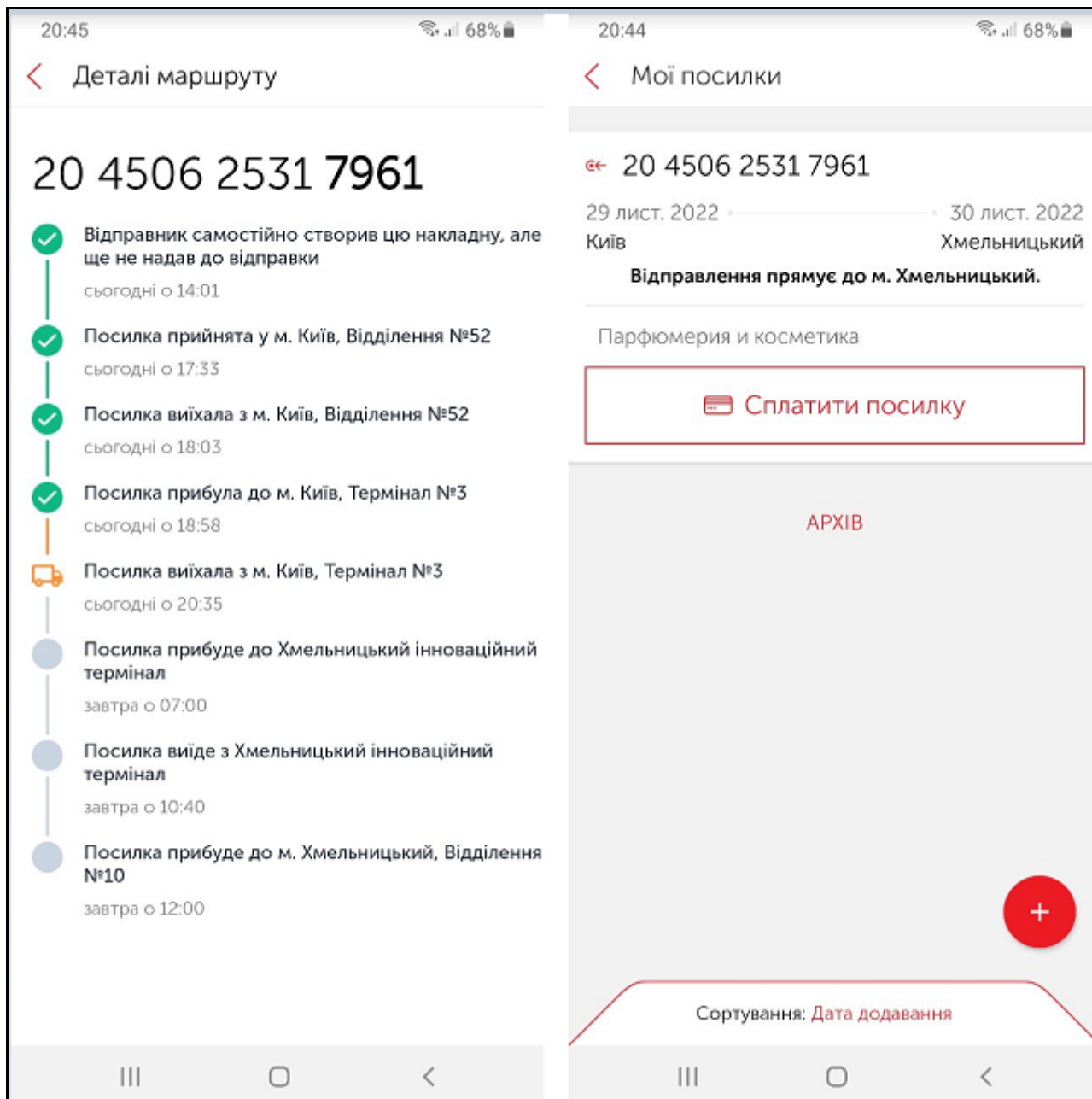


Рисунок 1.3 – Приклад відстеження замовлення у додатку «Нова пошта»

Гугл карти [12]. Застосунок навігатор, який надає можливість користувачам прокладати різного виду маршрути, основною задачею якого є сама можливість підбору маршруту. Також, звісно є можливість вибрати найкоротший. Послуга розраховує маршрут, час добирання та вартість, і може порівняти поїздку з такою ж власним автомобілем. Щоб скористатись сервісом пошуку маршрутів, необхідно встановити додаток «Google maps» або відкрити сторінку у браузері, після чого набрати адресу - точку відправлення, країна, населений пункт, вулиця, будинок і адреса місця призначення.

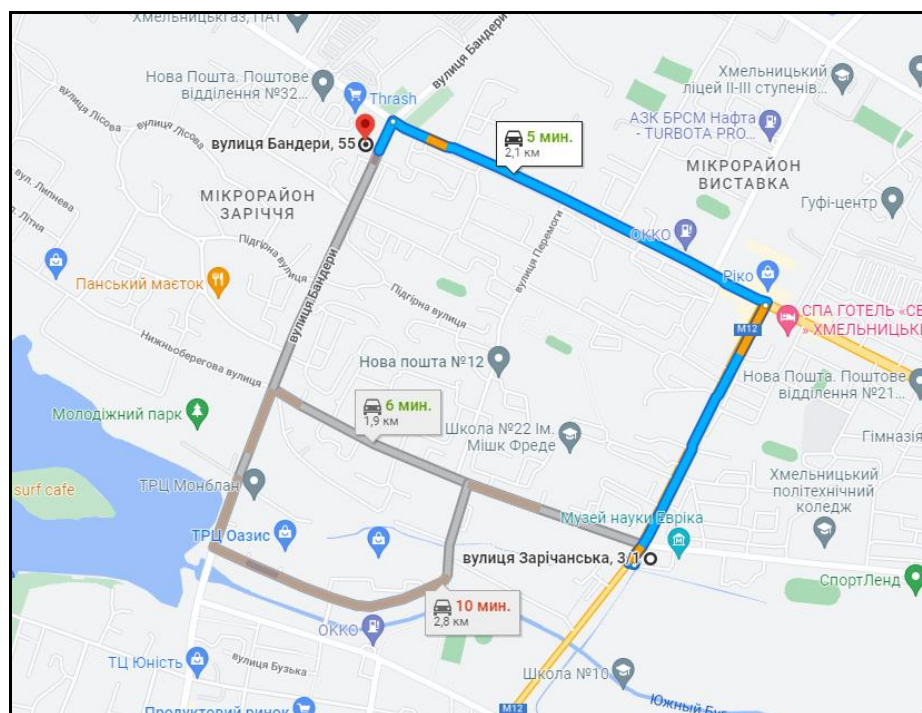


Рисунок 1.4 – Приклад прокладання маршруту у Гугл картах для автомобіля

У сервісі доступно 4 види маршрутів: пішки, громадським транспортом, автомобілем та велосипедом. Спільно з Google Street View, такі деталі, як парковки та односторонній рух дуже легко зіставити з вибраним маршрутом. Інформація про маршрути доступна в усіх браузерях, включно з мобільними, а також на Google Maps для Android та iOS. Компанія Google запустила функцію «Громадський Транспорт» як експеримент у 2005 році, а в жовтні 2007 року функція стала частиною Google Maps. Компанія активно співпрацює із сотнями транспортних відомств по всьому світу, щоб надати своїм користувачам відомості про розклади й маршрути руху громадського транспорту. Google надала оновлення трафіку в реальному часі для вибраних місць у 2011 року, а також створила спеціалізацію загальним транзитним каналам, як простий спосіб обміну інформацією про трафік. Станом на серпень 2013 року на Google Maps представлені розклади руху транспорту для більш ніж мільйона зупинок, розташованих у понад 800 найбільших містах світу, в тому числі ця інформація доступна для 23 міст України (дані надані партнером Google в Україні компанією EasyWay).

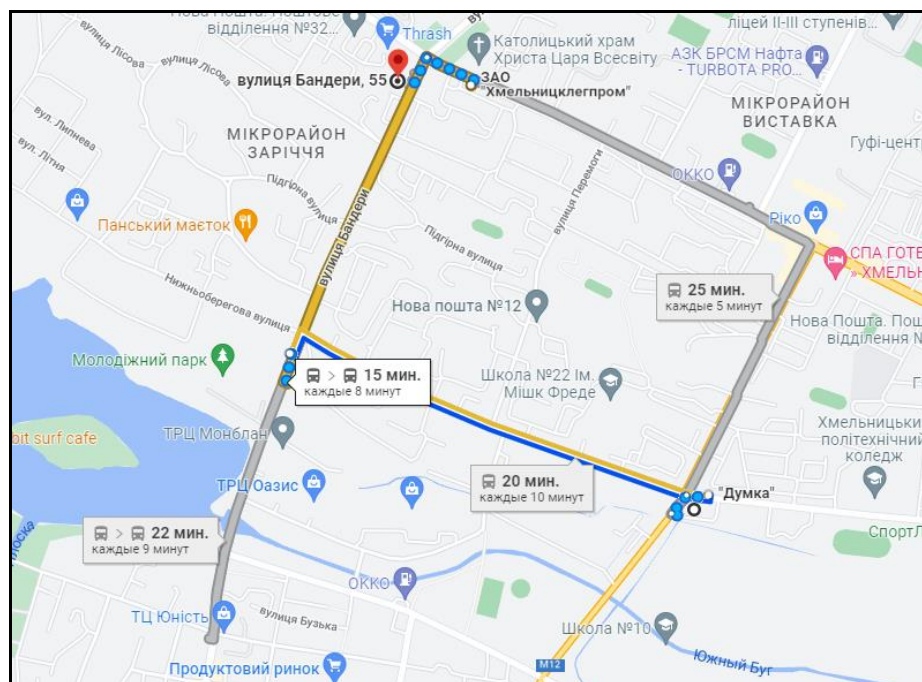


Рисунок 1.5 – Приклад прокладання маршруту у Гугл картах для використання громадського транспорту

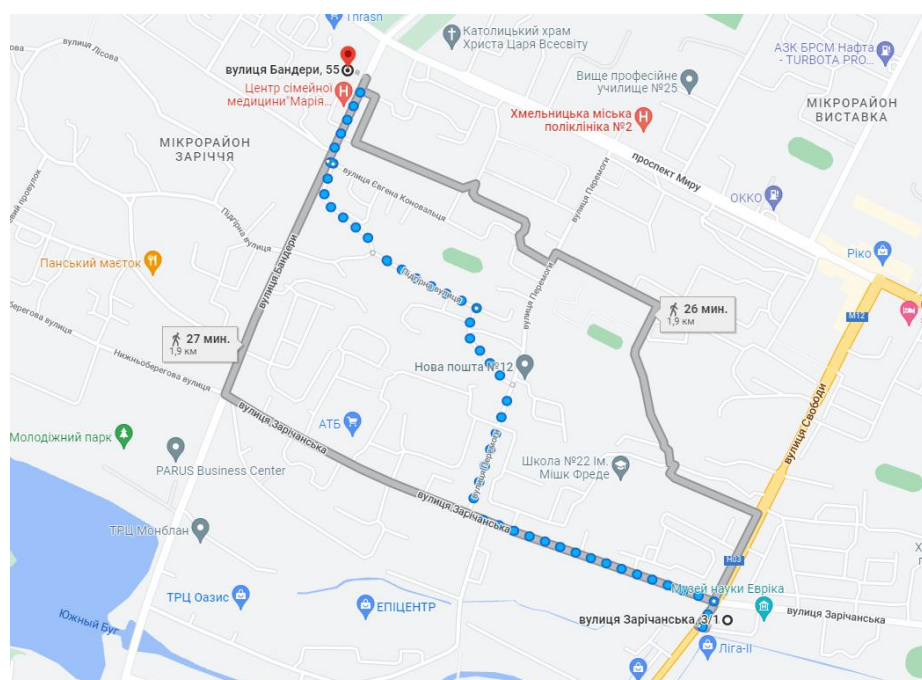


Рисунок 1.6 – Приклад прокладання маршруту у Гугл картах для пішохода

Amazon Prime Air, або просто Prime Air [13] — це служба доставки дронами, яка зараз розробляється Amazon. Сервіс використовує безпілотні

літальні апарати для доставки індивідуальних посилок клієнтам. У 2020 році компанія разом із Zipline, Wingcopter та 7 іншими була обрана FAA для участі в програмі сертифікації типу дронів для доставки. Станом на червень 2022 року очікується, що операції розпочнуться в Локфорді, штат Каліфорнія, пізніше 2022 року. Команда Amazon Prime Air працювала з NASA та Single European Sky ATM над випробуваннями системи керування повітряним рухом Amazon. Для додаткової безпеки дрони будуть літати на низькій висоті (нижче 400 футів). Немає доріг чи фіксованих маршрутів, тому є набагато більше варіантів дістатися з точки А в точку Б, тому навігація безпілотною в повітрі сильно відрізняється від навігації автомобіля по дорозі. Amazon стверджує, що їх система управління трафіком проста у використанні для різних операторів в одному повітряному просторі, оскільки вона підключається через Інтернет.



Рисунок 1.7 – Дрон сервісу Amazon Prime Air

Станом на 2022 рік вартість однієї доставки безпілотною в поточних випробуваннях Amazon у США становила щонайменше 484 долари, а до 2025 року компанія планувала знизити її до 63 доларів, що майже в 20 разів перевищує середню вартість наземної доставки. У той час клієнти, які брали участь у випробуваннях, повинні були встановити фізичний маркер на задньому

дворі, щоб вказати місце висадки, і призначити особу, відповідальну за спостереження за траєкторією польоту дрона.

Amazon запатентувала структуру, схожу на бджолиний вулик, для розміщення дронів-доставників у містах, що дозволяє Amazon перейти з великих одноповерхових складів, які тимчасово зберігають пакунки перед їх відправкою. Наразі потрібні центри виконання робіт, призначені для доставки та роботи безпілотників у певному радіусі. 7 грудня 2016 року Amazon успішно доставив посылку Prime Air до Кембриджа, із центру виконання повідомлень у районі Кембриджа. Пізніше того ж місяця Amazon опублікувала відео доставки на своєму офіційному каналі YouTube. Також у грудні 2016 року Amazon розпочав свою першу загальнодоступну пробну версію Amazon Prime Air для тих, хто знаходиться в радіусі кількох миль від депо Amazon у Кембриджі. 13 червня 2022 року Amazon оголосив, що буде доставляти продукцію за допомогою дронів Prime Air клієнтам, які проживають у невеликому містечку Локфорд, Каліфорнія. В оголошенні не було вказано конкретної дати запуску, окрім «пізніше цього року», оскільки Amazon все ще чекав дозволу від FAA та офіційних осіб Локфорда.

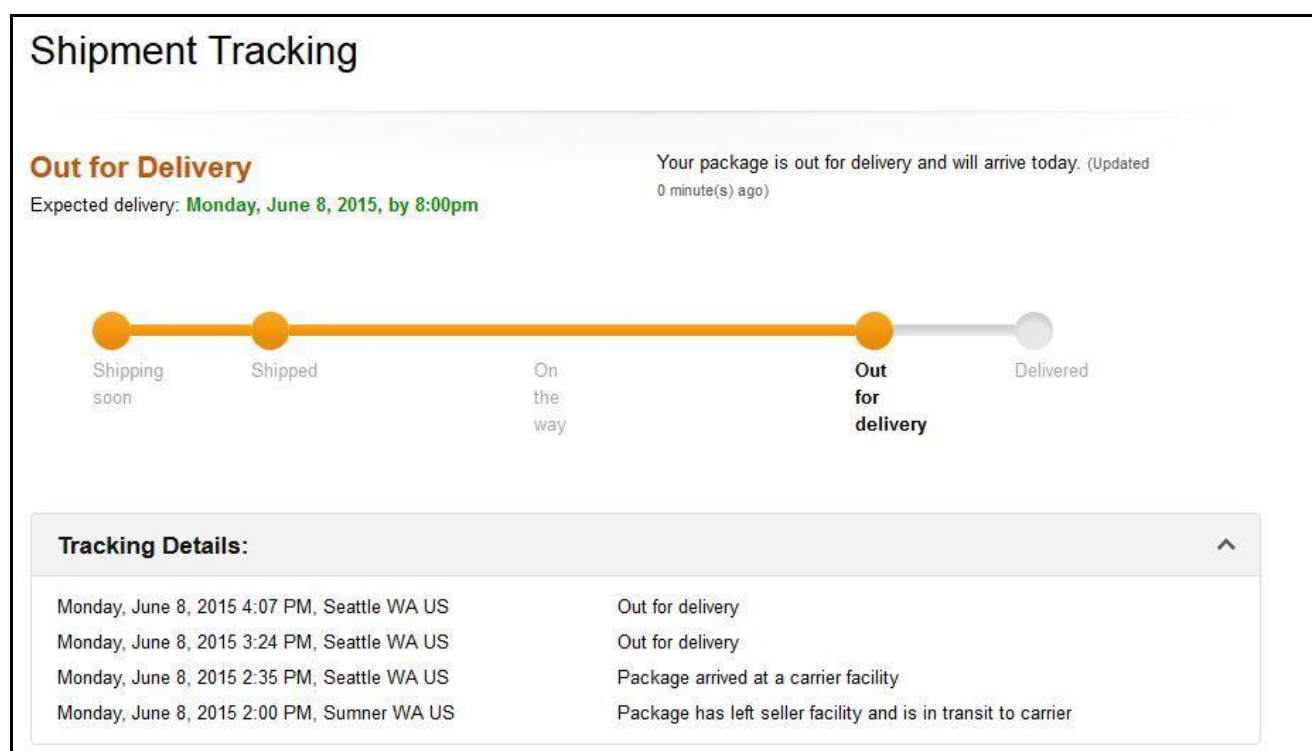


Рисунок 1.8 – Приклад користувацького інтерфейсу сервісу Amazon для відслідковування замовлення

Отже, вище наведені приклади демонструють різні підходи у різних проблемах, та проблема доставки дронами перебуває на етапі розробки та тестування. Оскільки цей підхід має ряд мінусів: великі витрати на тестування та робота якого покриває лише невеликі площу. Слід зазначити, що цей підхід також має ряд переваг, таких як збереження екології, швидкодія та автоматизація кур'єрської доставки. Але саме питання, як ефективно маніпулювати ресурсами системи доставки, залишається відкритим.

1.3 Постановка задачі

Розробка методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Метод має знаходити маршрут з найбільшою корисністю та динамічно регулювати навантаженість вузлів. Його застосування передбачає вирішення проблеми ефективної доставки продовольства завдяки цільній мережі дорнів. Це передбачає статичні пункти видачі, кінцеві пункти видачі, які динамічно встановлюються в обмежених зонах, та безпосередньо саму систему для регулювання, розподілу, відслідковування стану роботи. Також порівняти ефективність роботи з існуючими рішеннями для вирішення проблеми пошуку та встановлення транспортних маршрутів.

Задачу розробки методу можна розділити на наступні під задачі.

1. Дослідити предметну область та вивчити особливості застосування хмарних технологій.
2. Зробити аналіз методів доставки замовлень (огляд сервісів доставки).
3. Описати топологічну модель мережевих пунктів замовлень та платформ доставок.
4. Розробити структуру інформаційної бази даних замовлень і доставок.
5. Розробити метод доставки замовлень.

6. Розробити програмне забезпечення заданого методу, провести експерименти та проаналізувати його ефективність на основі розподіленої інформації.

Вдалим виконанням завдання буде перевага у ефективності використання методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі над існуючими рішеннями у сфері транспортної логістики з використання дронів.

Висновки до розділу 1

У даному розділі проведено аналіз проблеми транспортних перевезень з використанням дронів, а саме: розглянуто основні аспекти при проектуванні таких системи, головні бізнес-проблеми на етапі експлуатації та приклади існуючих рішень.

Здійснено дослідження статей та публікацій, щодо використання дронів у логістиці та описано їх переваги та недоліки.

Виявлено актуальність проблеми методу ефективної доставки замовлень у логістичній мережі. Оскільки впровадження дронів у транспортну логістику знаходиться на початковому етапі, цим самим підкреслюється доцільність розробки програмного забезпечення.

Розділ 2

Проектування структури інформаційної системи

2.1 Концепція методу хвильового поширення

Згідно поставленої задачі, а саме методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій, слід виділити головні сутності, їх взаємозв'язки та функції.

Система логістики передбачає собою наявність центрів, де у кожному є наявність певної кількості транспортних засобів (дронів), їх поточну одиницю готових до роботи, максимальну та залучену до роботи кількості. Також, кожний такий центр має зв'язок з усіма іншими, в цьому і полягає основна суть алгоритму – коли одним з центрів отримує замовлення, він поміщає одним дрон у чергу польотів і далі повідомляє усі інші логістичні центри про його поточну кількість вільних коптерів. У відповідь центри реагують на цей меседж – вираховується відношення поточної кількості вільних на конкретному пункті та відстані до повідомника. Якщо на певному центрі немає активних замовлень, то він переходить до статусу донора, і резервує певну кількість, яку може віддати центру, у якого не вистачає транспорту. У статус донора можуть перейти кілька центрів, тоді вони всі посилають свою відповідь до логістичного пункту, який запросив допомогу, той у свою чергу дивиться на свій поточний статус - яка саме кількість йому потрібна у який проміжок часу, за допомогою цих параметрів вираховується коефіцієнт потужності. Якщо отримане число входить у межі певного діапазону, то центр відправляє запит про готовність отримати допомогу. Також деякі дрони можуть перебувати у стані повернення до центру, вони також можуть приймати участь у донорстві.

Таким чином, весь вище описаний процес нагадує собою фізику хвиль на воді, коли логістичний центр - це хаотично розташовані стовпчики у воді, а хвилі - це взаємодія між ними. Біля одного штучно створюється хвиля, а інші її віддзеркалюють з певною силою, величина хвилі залежить від товщини стовпчика

(кількості дронів, густоти замовлень, відстані від відправника, запиту про допомогу).

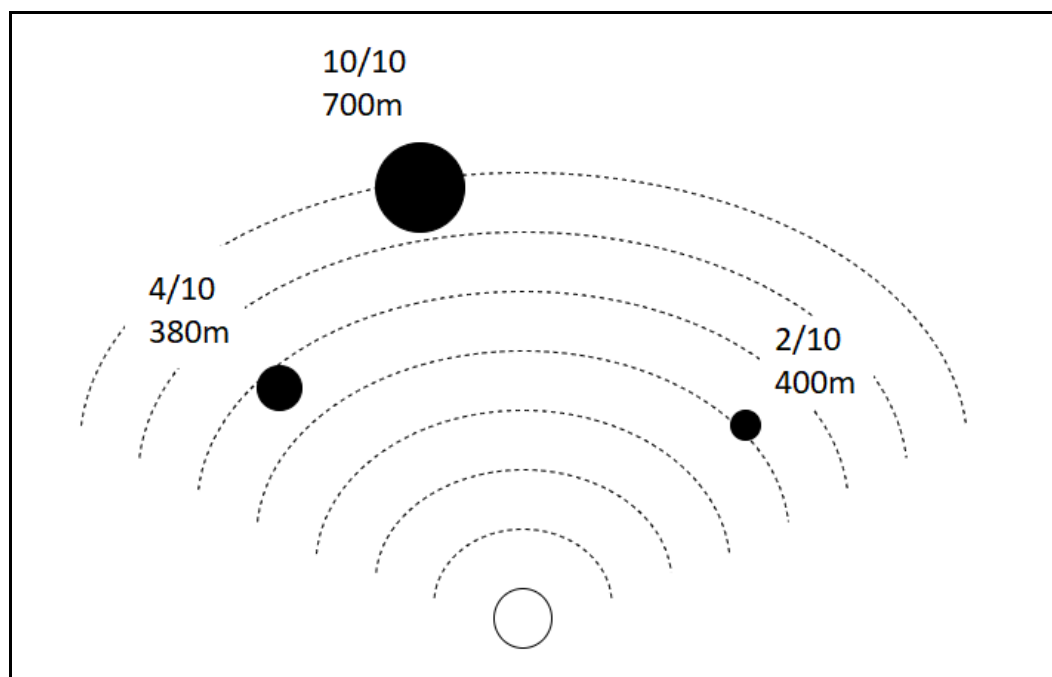


Рисунок 2.1 – Приклад відсилання повідомлення про зміну статусу певного логістичного центру

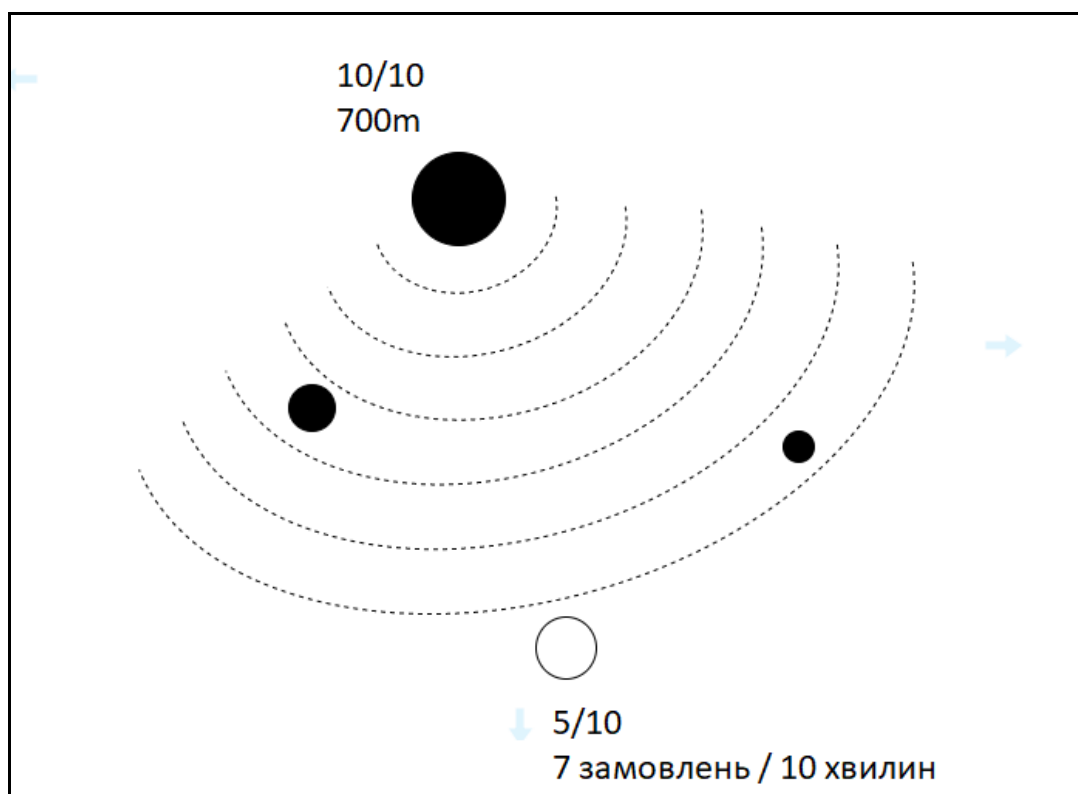


Рисунок 2.2 – Приклад відповіді на повідомлення про зміну статусу

Сутність дрон, транспортний засіб. Вид транспорту, за допомогою якого здійснюється перевезення вантажу. Зберігає в собі інформацію про поточний статус чи про процес доставки чи повернення. Кожен засіб є незалежним один від одного, залежність лише від пунктів відправлення. Також слід зазначити, що дрон не обов'язково повинен повернутись до початкового пункту відправлення, якщо той став донором - коптер попрямує до іншого, щоб врегулювати трафік.

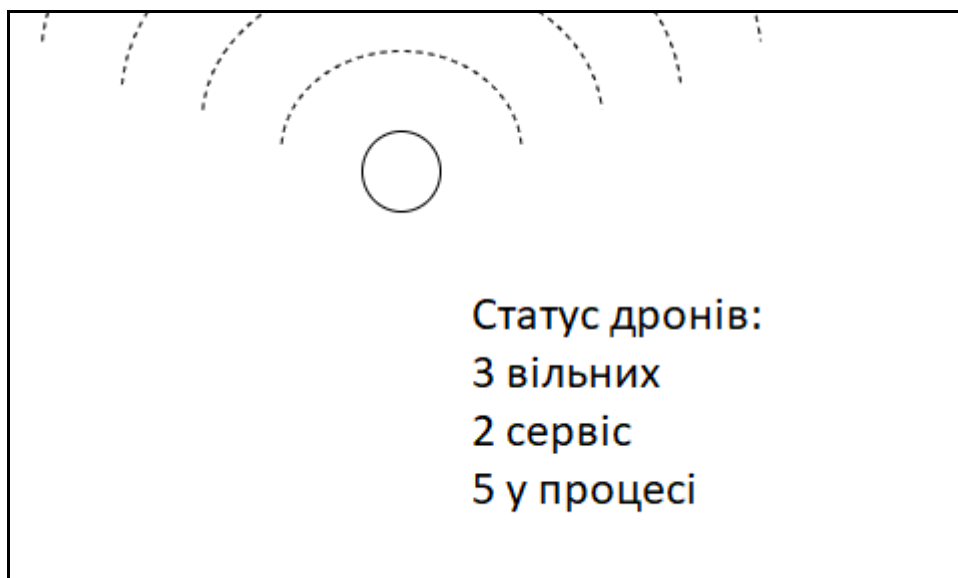


Рисунок 2.3 – Приклад відношення дронів до центру з відповідним статусом

2.2 Схеми методу оптимальної доставки замовлень

Інакше кажучи, використання методу хвильового поширення - це не тільки сам метод, а й динамічна логістична мережа, яка у свою чергу має виконувати бізнес-процеси та функції. Використання даного методу повинно пришвидшити та урегулювати потік. Сама модель є дещо спрощеною та пропускає ряд чинників, які б були важливими у реальній імплементації, такі як: погодні умови, перешкоди, заряд коптерів, фактична вага замовлення, особливості рельєфу тощо. Це дасть змогу краще дослідити роботу методу та в подальшому їх можна додати як критерії системи чи доставки.

Для розуміння архітектурного завдання наведено приклад однієї ітерації виконання замовлення на рисунку 2.4.

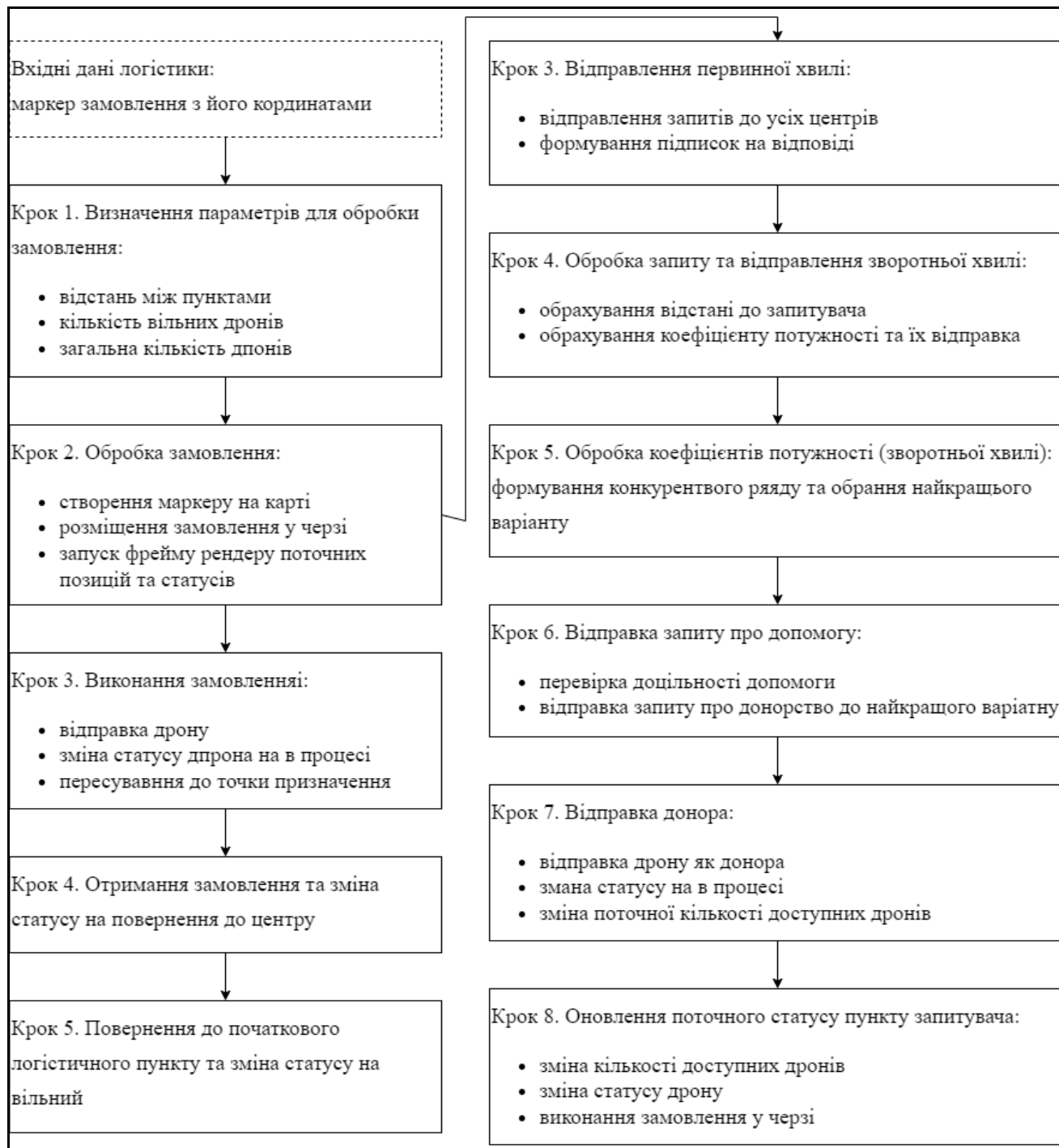


Рисунок 2.4 – Схема послідовності виконання процесів однієї ітерації

Дана схема описує роботу сервісу у розрізі від початку виконання замовлення до його завершення, тобто, з вильоту дрону та його повернення до певного пункту. На певному етапі робота розходиться у два напрямки: один - обробка самого замовлення, другий - виконання методу для оптимізації навантаження. Ці дві задачі повинні виконуватися паралельно, оскільки не перетинаються та ідея методу отримати ресурси у певні моменти, щоб не було

штучно створеного простору та всі замовлення виконувалися з мінімальною затримкою. В реаліях затримкою можна вважати час на підзарядку чи підготовку певного роду товарів до відправки, в даному випадку цей фактор упущено. Вихідними даними слугують лише координати новоствореного маркера доставки на карті, всі інші параметри вираховуються поступово. Виконанням роботи вважається успішна доставка замовлення та дислокація донорського дрону, якщо то було необхідно.

У розрізі роботи методу оптимізації доставки лише між логістичними центрами можна спостерігати наступну діаграму.

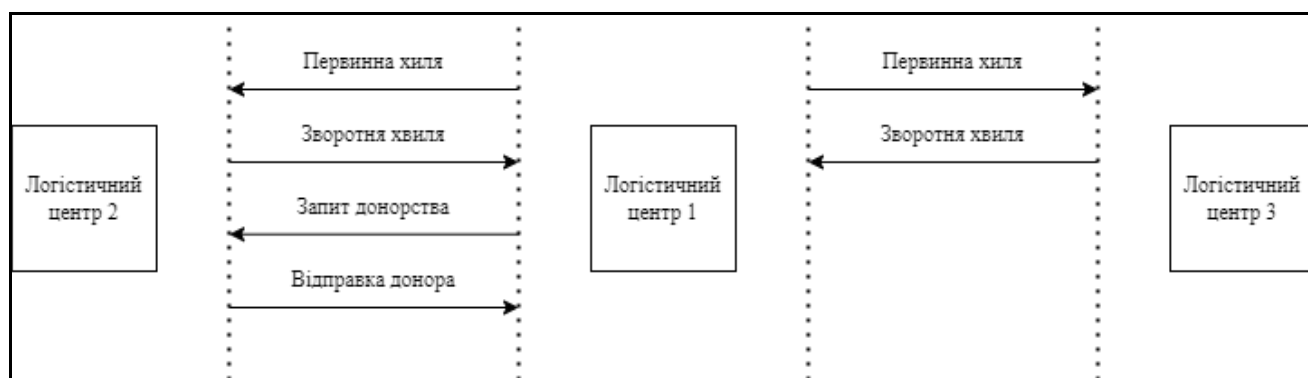


Рисунок 2.5 – Діаграма роботи методу хвильового поширення

Також можна спостерігати життєвий цикл самого дрону від початку виконання замовлення до його завершення:

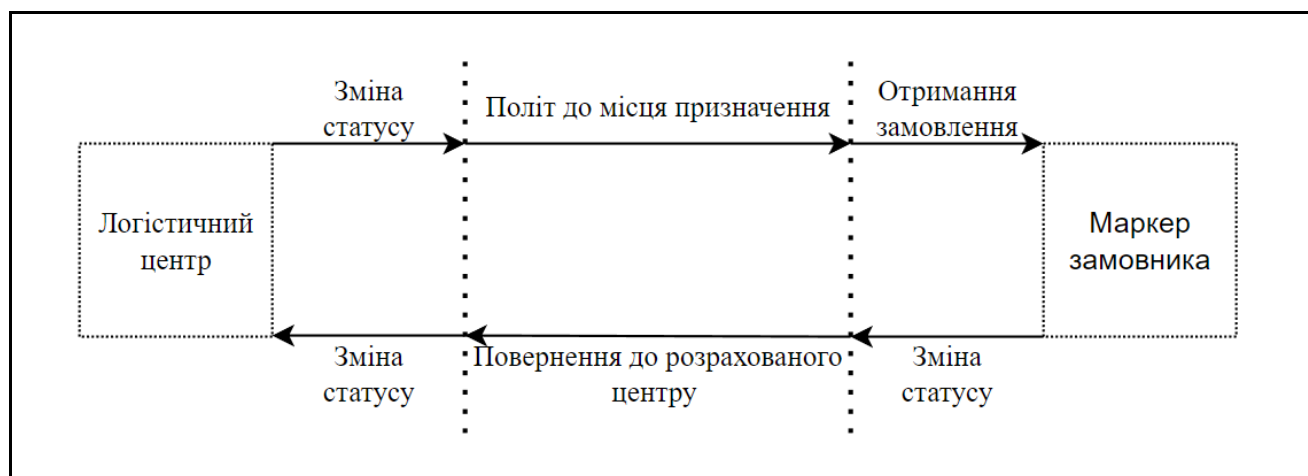


Рисунок 2.6 – Діаграма роботи дрону

2.3 Інформаційна модель методу оптимізації доставки

Для розробки інформаційної моделі, яка є важливою частиною проектування архітектури та логічних потоків системи, слід описати процеси між сутностями.

Сама ідея хвильового поширення передбачає імітацію поширення та обміну інформації у вигляді хвиль, як і первинний імпульс так і зворотній.

Первинний імпульс – псевдохвиля, яка відсилається від поточного пункту доставки після події початку виконання замовлення одним із доступних дронів. Дана хвиля напрямлена на всі інші пункти та очікує зворотної (відводі). Приклад відправлення первинного імпульсу можна спостерігати на рисунку 2.7.

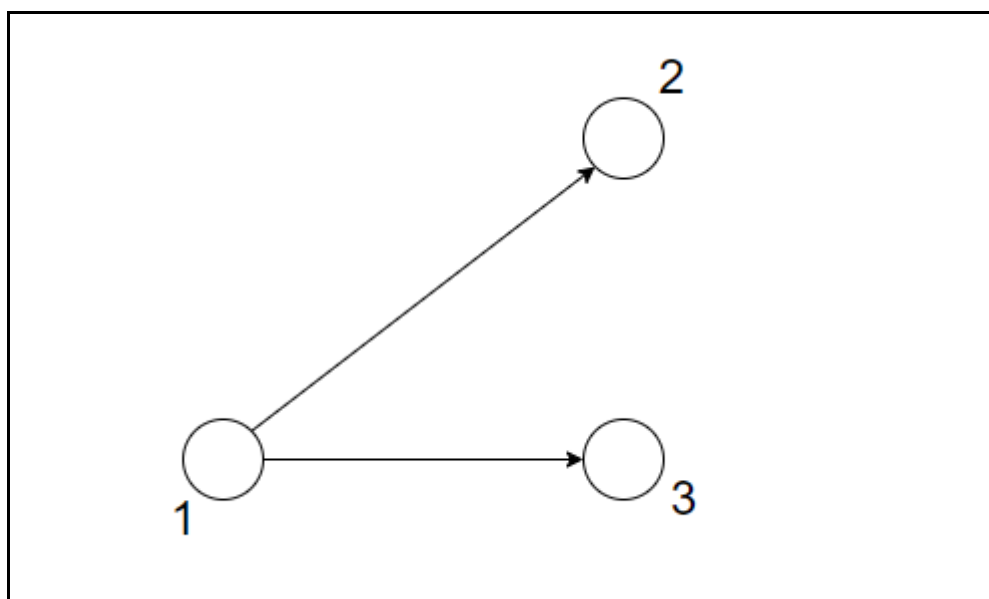


Рисунок 2.7 – Приклад первинного імпульсу

Зворотна хвиля – симуляція відбивання хвилі, яка відповідає на запит про допомогу та у відповідь відправляє значення (оцінка ресурсу) про змогу надати допомогу. Відповідний приклад відправки зворотної хвилі зображено на рисунку 2.8.

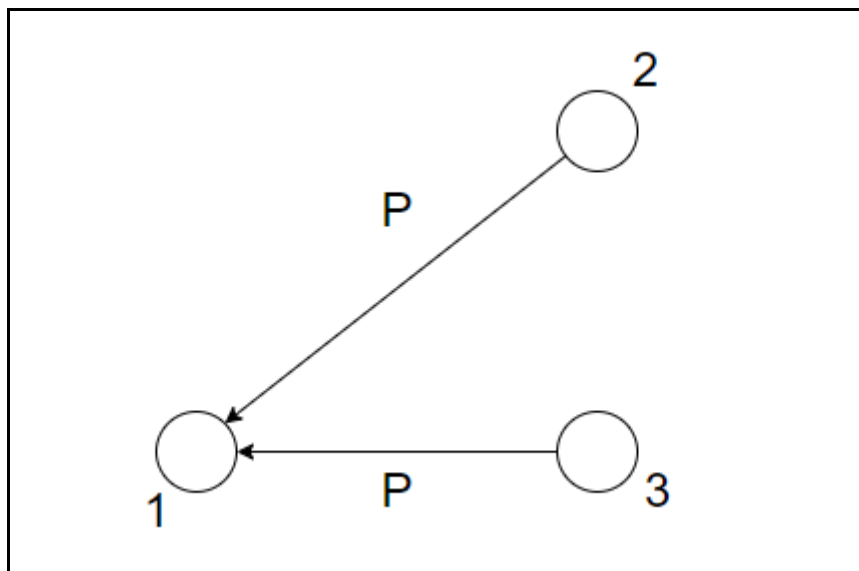


Рисунок 2.8 – Приклад відправки зворотної хвилі

Обробка зворотних відповідей – первинний пункт отримує відповіді від інших центрів та, якщо необхідно, приймає допомогу у вигляді одного дрону (всиновлює коптер).

Тому, все опирається на те, наскільки буде задовільна оцінка ресурсу, яка обраховується за наступною формулою на рисунку 2.9.

$$P = W * SC / AC$$

Рисунок 2.9 – Формула обрахунку коефіцієнту потужності

Де W – де відстань між пунктами первинним і вторинним, SC (start count) – початкова кількість дронів вторинного пункту та AC (available count) – поточна кількість доступних (вільних) дронів вторинного пункту.

Також слід зазначити, що обробка отриманого коефіцієнту означає вибір найменшого значення (у деяких випадках буде обраться вторинний пункт для донорства з більшою відстанню до первинного, але з більшою кількістю вільного транспорту). Таким чином відбувається регулювання навантаження.

Якщо кількість задіяних дронів поточного центру перевищує 50 відсотків, тоді відправляється фінальна хвиля до власника з найефективнішою оцінкою ресурсів, за якою слідує процес донорства.

Основні критерії оптимізації:

- найшвидший шлях;
- найефективніший виконувач замовлення;
- мінімальний час затримки.

За даними критеріями вираховується коефіцієнти потужності зв'язку між логістичними центрами, за якими формується конкурентний ряд варіантів маршрутів, та обирається варіант з найменшим значенням.

Отже, параметрами інформаційної моделі є – двосторонній маршрут доставлення замовлення та повернення, початкова кількість транспорту, поточна кількість доступних перевізників, номінальна відстань до замовника, відстань між пунктами, можливість відключення застосування методу хвильового поширення та відтворення шаблону поширення замовлень.

Висновки до розділу 2

У розділі розглянуто концепцію методу хвильового поширення, описано принцип роботи та створено інформаційну модель.

Сформовано ряд визначень: таких як первинний імпульс, зворотна хвиля обробка зворотних відповідей та відправка донора, які характеризують роботу методу оптимальної доставки замовлень на усіх його етапах.

Описано формулу для обрахунку коефіцієнту потужності, за значенням якого буде проходити перенаправлення ресурсів системи, регулювання навантаження.

Розділ 3

Інформаційна технологія оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі

3.1 Модель інформаційної технології

Наведена інформаційна модель роботи методу для оптимальної доставки замовлень описує процеси, обрахунки, взаємозв'язки та функції у ній. Та для реалізації технології необхідно побудувати ряд моделей та діаграм на інтерфейсному, програмному, даталогічному рівнях. Окремою є задача побудови об'єктно-орієнтовної моделі та за нею структури бази даних.

Користувацька модель – повинна виконувати ряд функцій для користувача та задовільнити спектр його потребностей:

- відображення статусів;
- рендеринг поточних позицій;
- запуск шаблону з використання методу хвильового поширення та без;
- відображення порівняльної статистики для визначення ефективності застосування.

Об'єктно-орієнтована модель передбачає виділення у рішенні основних сутностей, так званих об'єктів та з'ясування їх функцій і властивостей. Імплементация методу для оптимізації доставки замовлень потребує самої логістичної системи, тому для роботи розглядаються наступні об'єкти:

- мапа – власне мапа, яку спостерігає користувач, відповідає за відображення, конфігурування, зміну положень маркерів та надає доступ до управління її ресурсами для повної реалізації псевдологістичного сервісу;
- логістичний центр – бере на себе обов'язки певного пункту видачі замовлень, тобто, на мапі їх може бути декілька та кожен з них містить колекцію дронів та проводить основну порцію розрахунків. Також має

управляти транспортними одиницями, застосовувати метод для регулювання навантаження та ефективного побудування маршрутів.

- дрон – транспортна одиниця, яка належить певному пункту. Цим самим і реалізує коефіцієнт потужності, оскільки із зміною приналежності дрону змінюється коефіцієнти потужності. Властивості: статус, описує поточне залучення коптера та унікальний ідентифікатор;
- рендер – об’єкт для підмальовування руху дронів на мапі, реалізує псевдофрейм, запускає весь процес та проводить маніпуляції з пунктами. Виконує імітацію проходження маршруту коптером за раніше визначеним оптимальним маршрутом, при цьому враховує фактичну швидкість кожного дрону та відмальовує його пересування з фреймом в одну секунду. Свою роботу виконує паралельно для усіх замовлень на мапі, тим самим відпрацювання усіх процесів здійснюється незалежно;
- помічник – слугує для забезпечення вже відкритого доступу для математичних функцій, констант, залежностей та формул. Таким чином, надає функціонал для варіації та проектування маршрутів, вирахування кроків для пересування, підбору конгруентного ряду, розрахунку фактичної довжини між певними пунктами і кінцевою точкою виконання замовлення.

Оскільки для імплементації інформаційної технології використовується об’єктно-орієнтовна архітектура, доцільним буде побудування ER-діаграми. Вона у свою чергу повинна задовольняти вище описані властивості кожного із об’єктів. Мапа виступає головним об’єктом та містить в собі всі інші сутності. Логістичний надає доступ до його колекції дронів, котру використовує рендер. Рендер змінює координати та статуси відповідних транспортних одиниць, свого роду керуючий процесом, але не розрахунками. Усі складні розрахунки винесено у помічник, на який посилається пункт.

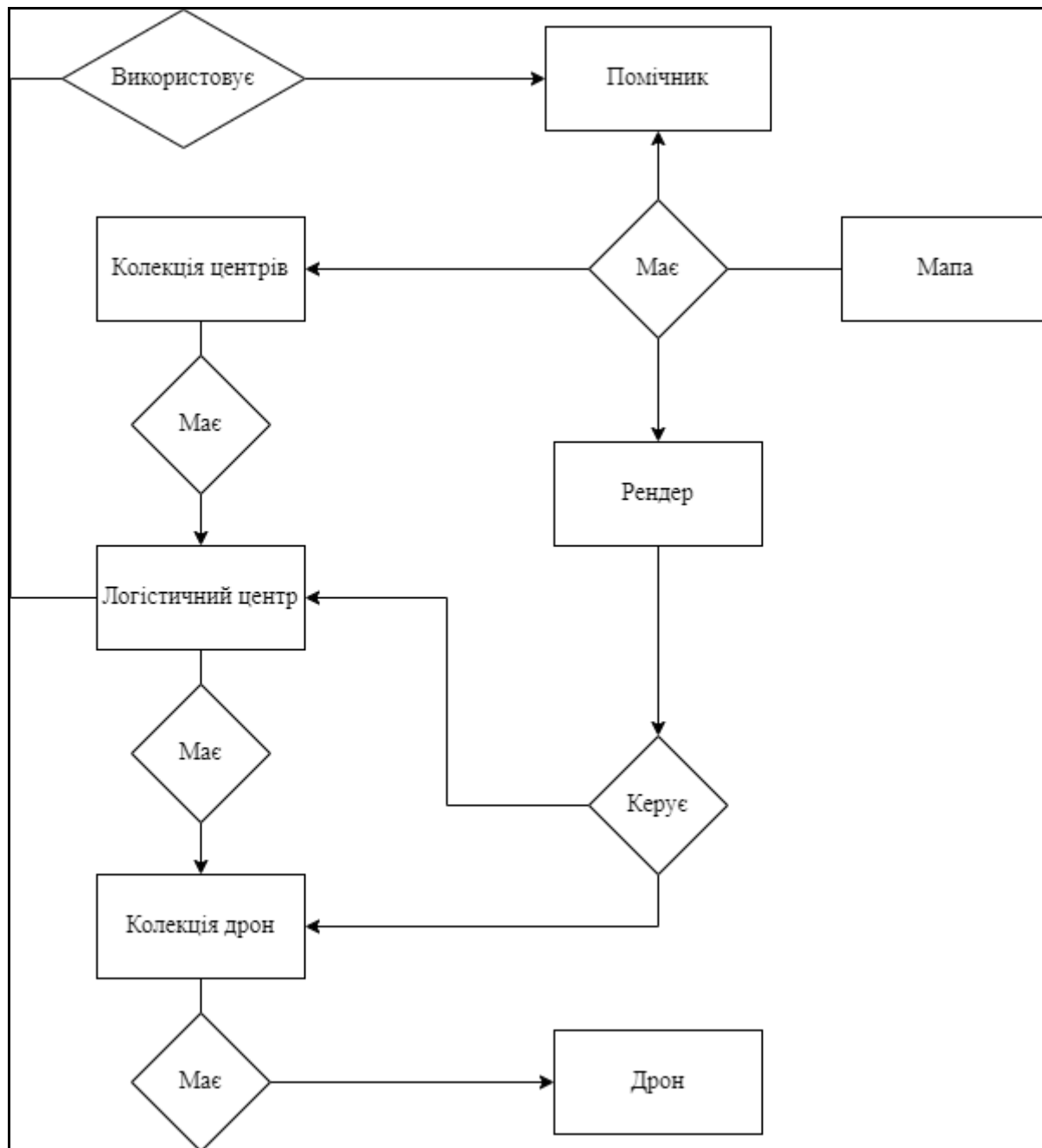


Рисунок 3.1 – ER-діаграма логістичної мережі

Простим використанням методу для оптимізації доставки замовлень можна спостерігати неоцінену, дещо хаотичну роботу системи. Отже, варто звернути увагу для застосування свого роду статистики, аналізу чи порівняльної характеристики. Тому буде використано свого роду імітацію виконання роботи користувача з системою, а саме: з певним інтервалом та у конкретних місцях на мапі будуть з'являтися маркери (замовлення з його координатами). Місця їх появи мають бути не хаотичними, а продуманими з ціллю імітування роботи

логістичної системи у реальному світі. Скупчення логістичних центрів відносяться до певних районів псевдоміста. Зважаючи на це, у певний період дня навантаження на конкретні вузли буде різним. Через це, шаблон, який буде виконуватися при проведенні порівняльну характеристики роботи методу, повинен створити штучний затор на одному із вузлів. Оскільки до обов'язків вище поставленого методу входить регулювання навантаження та запобігання простою у виконанні замовлень. Саме порівняння буде з простим підходом, ближній виконує замовлення – використання лише найближчого центру та його ресурсів не несе за собою регулювання навантаження. Очікуваним результатом вважатиметься явне перебирання та швидкодія методу хвильового поширення, і тому, коли кількість замовлень перевищить ресурс одного з логістичних пунктів, прямолінійний підхід направить виконання замовлення до іншого найближчого пункту, коли ж методом буде прийнято рішення (якщо кількість вільних дронів сягнула менше 50%) збільшити ресурс поточного центру шляхом запиту про донорство (допомогу). Фактичним результатом можна вважати відношення затраченого часу до кількості завершених замовлень.

Безумовно так зване регулювання є важливим аспектом у роботі методу, цим покриваються певні кейси, які будуть покриватись далі. Додатково розглянуто на рисунках 3.2-3.3. Зображено два логістичних центри, котрі віддалені один від одного на певну відстань, та розташовані з певною умовою до п'яти маркерів замовлення, тобто перший розміщений на ближчій відстані до усіх маркерів, ніж другий. У прикладі використано три дрони на кожний центр та строщено п'ять замовлень з невеликим інтервалом. Отже, робота прямолінійним підходом буде виглядати наступним чином – кожне замовлення буде виконуватись найближчим центром за умови, що у нього є доступні коптери. Перші три замовлення виконає перший центр та використає усі свої ресурси, після чого наступне замовлення виконуються другим центром.

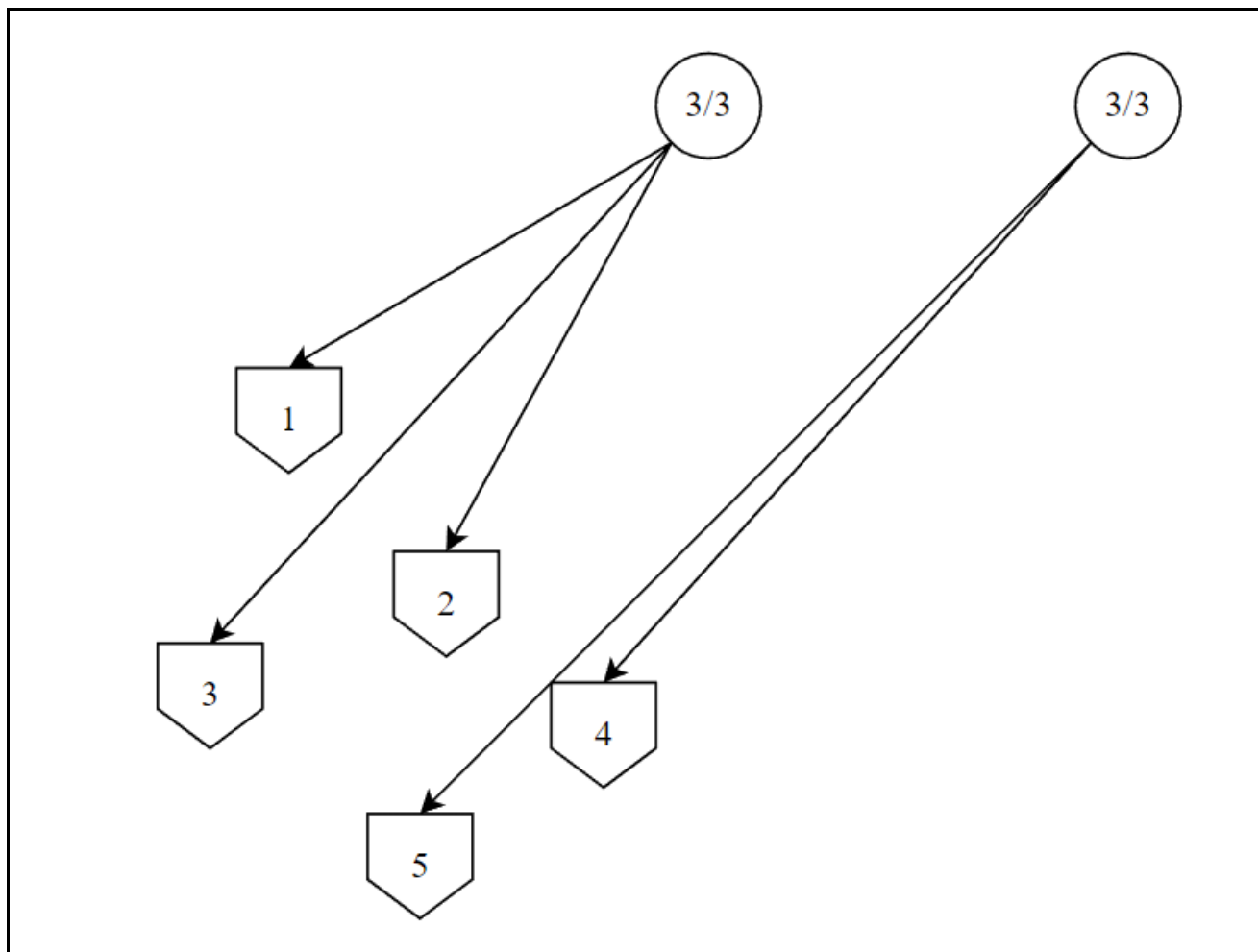


Рисунок 3.2 – Приклад виконання замовлень прямолінійним підходом

Даний кейс наглядно демонструє проблему перевантаження на конкретному пункті та має декілька простих шляхів вирішення. Або направлення виконання замовлення до іншого ближнього пункту, або ж очікування повернення дронів поточного. Ці рішення несуть за собою суттєвий недолік – збільшення часу виконання четвертого та п'ятого замовлення. Тому з такого роду проблемою справлятиметься метод хвильового поширення, під час створення другого замовлення відправитися повинна хвиля, для якої позитивна відповідь на прохання допомоги. Спостерігатиметься наступне розподілення ресурсів: перший пункт – два дрони у процесі, 2 – два вільних; другий пункт: два з трьох вільні. Потім знову з певним інтервалом після початку виконання третього замовлення та донорства спостерігатиметься наступна ситуація: перший центр – три дрони у процесі, два вільних; другий центр: один з трьох

вільний. Отриманий результат розподілення дронів можна оцінити на рисунку 3.3.

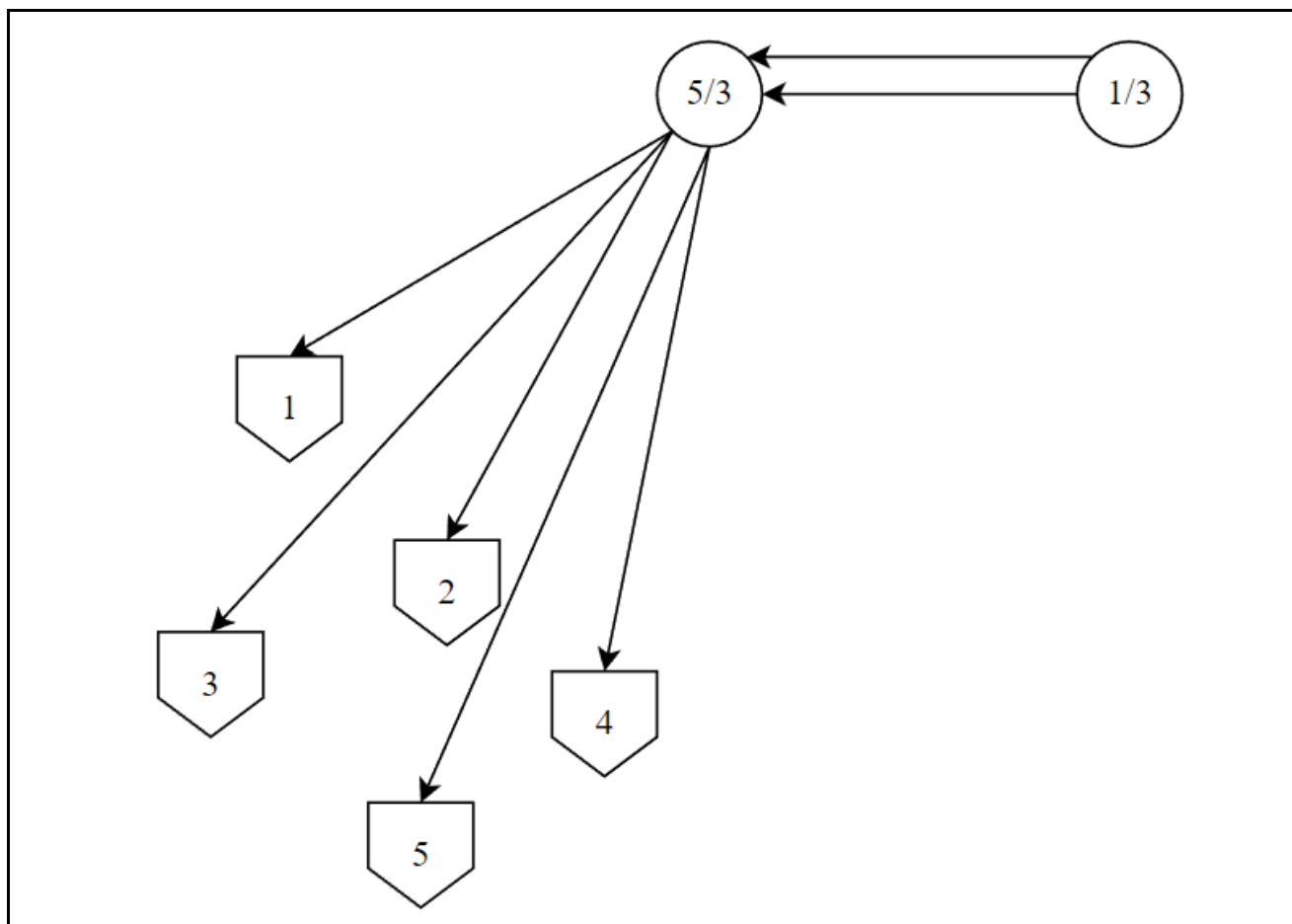


Рисунок 3.3 – Приклад перенаправлення ресурсів методом хвильового поширення

Отже, на базі розглянутого кейсу та прикладу його вирішення можна зробити висновок, що використанням методу оптимальної доставки замовлень у динамічній системі можна знизити так званий час простою, тим самим виконати однакову кількість замовлень за менший проміжок часу.

3.2 Розробка структури інформаційної системи

Розглянута інформаційна система потребує збереження, зчитування та оновлення даних, тому виникає необхідність у базі даних. Оскільки модель

рішення спроектовано як об'єктно-орієнтовану, доцільно використати реляційну базу даних. Всі сутності та їх властивості, описані раніше, легко конвертуються до даталогічного представлення.

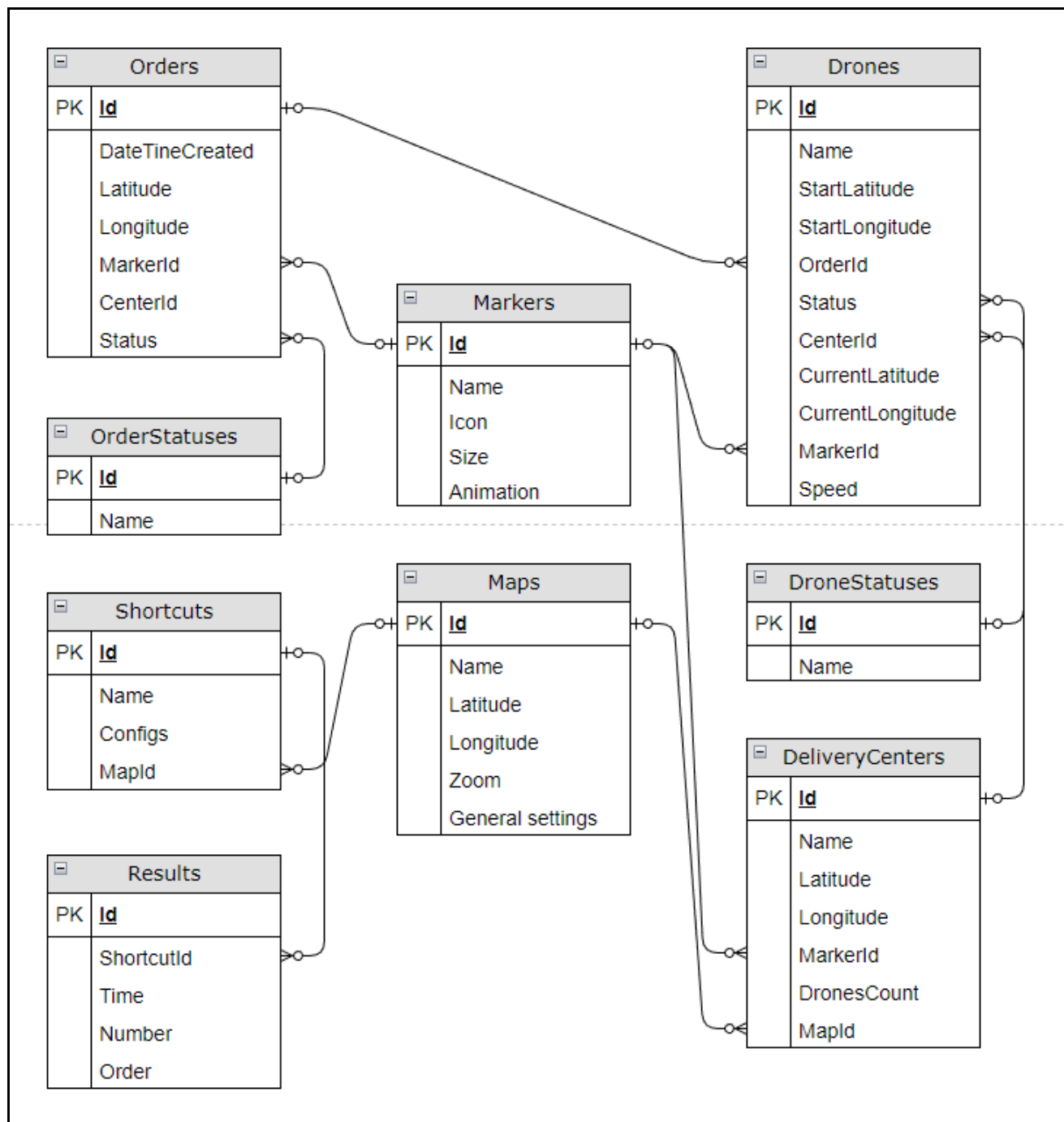


Рисунок 3.4 – Інфологічна модель бази даних

Таблиця «Maps» призначена для збереження даних про карти (хоча для першого альфа-запуску працюватиме лише одна мапа) й має наступні атрибути: англ: ID, Name, Latitude, Longitude, Zoom, GeneralSettings (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Атрибути таблиці «Maps»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	ID	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва мапи
3	Latitude	DECIMAL	Широта
4	Longitude	DECIMAL	Довгота
5	Zoom	INT	Приближення
6	GeneralSettings	NVARCHAR	Загальні налаштування

Таблиця «Orders» призначена для збереження даних про замовлення й має наступні атрибути: Id, DateTineCreated, Latitude, Longitude, MarkerId, CenterId, Status (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Атрибути таблиці «Orders»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	Id	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	DateTineCreated	DATETIME	Дата та час створення
3	Latitude	DECIMAL	Широта
4	Longitude	DECIMAL	Довгота
5	MarkerId	INT	Вторинний ключ
6	CenterId	INT	Вторинний ключ
7	Status	INT	Статус

Таблиця «OrderStatuses» призначена для збереження даних про статуси замовлення й має наступні атрибути: Id, Name, (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Атрибути таблиці «OrderStatuses»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	Id	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва

Таблиця «Drones» призначена для збереження даних про дрони й має наступні атрибути: англ: ID, Name, StartLatitude, StartLongitude, OrderId, Status, CenterId, CurrentLatitude, CurrentLongitude, MarkerId, Speed (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Атрибути таблиці «Drones»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	ID	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва дрону
3	StartLatitude	DECIMAL	Стартова широта
4	StartLongitude	DECIMAL	Стартова довгота
5	OrderId	INT	Вторинний ключ
6	Status	INT	Статус
7	CenterId	INT	Вторинний ключ
8	CurrentLatitude	DECIMAL	Поточна широта
9	CurrentLongitude	DECIMAL	Поточна довгота
10	MarkerId	INT	Вторинний ключ
11	Speed	INT	Швидкість

Таблиця «DroneStatuses» призначена для збереження даних про статуси дронів й має наступні атрибути: Id, Name, (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Атрибути таблиці «DroneStatuses»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	Id	INT	Первинний ключ, унікальний

			ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва

Таблиця «DeliveryCenters» призначена для збереження даних про логістичні центри й має наступні атрибути: англ: ID, Name, Latitude, Longitude, MarkerId, DronesCount, MapId (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Атрибути таблиці «DeliveryCenters»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	ID	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва мапи
3	Latitude	DECIMAL	Широта
4	Longitude	DECIMAL	Довгота
5	MarkerId	INT	Вторинний ключ
6	DronesCount	INT	Кількість дронів
7	MapId	INT	Вторинний ключ

Таблиця «Shortcuts» призначена для збереження даних про шаблони й має наступні атрибути: англ: ID, Name, Configs, MapId (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 – Атрибути таблиці «Shortcuts»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	ID	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	Name	NVARCHAR	Назва шаблону
3	Configs	Configs	Налаштування
4	MapId	INT	Вторинний ключ

Таблиця «Results» призначена для збереження даних про результати роботи шаблонів й має наступні атрибути: англ: ID, ShortcutId, Time, Number, Order (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Атрибути таблиці «Results»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1	ID	INT	Первинний ключ, унікальний ідентифікатор лічильник
2	ShortcutId	INT	Вторинний ключ
3	Time	DATETIME	Затрачений час
4	Number	INT	Номер результату
5	Order	INT	Порядок

3.3 Аргументація вибору засобів розробки інформаційної системи

Angular [14] є частиною екосистеми JavaScript і одним із найпопулярніших інструментів розробки програмного забезпечення сьогодні. Він був представлений Google у 2009 році та отримав теплі рекомендації від спільноти розробників. Згідно з опитуванням StackOverflow 2022 року, 23 відсотки розробників програмного забезпечення застосовують фреймворк для створення інтерфейсів користувача. Отже, давайте поговоримо про основні функції цих інструментів і вивчимо їхні переваги та недоліки з точки зору інженерної обробки інтерфейсу.

Angular, що підтримується Google, — це платформа розробки програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом на основі JS для створення інтерфейсів користувача (front-end). Його історія починається з 2009 року, коли Міско Хевері та Адам Абронс, інженери Google, розробили фреймворк, відому як AngularJS, і офіційно випустили його в 2010 році.

AngularJS зробив революцію у веб-розробці, забезпечивши зручний спосіб створення динамічних односторінкових програм (SPA).

Така програма складається з одного HTML-документа, який запускається у браузері й не потребує перезавантаження кожного разу, коли користувач взаємодіє зі сторінкою. Щоб реагувати на натискання кнопки чи іншу подію, він бере відповідний вміст із сервера та динамічно оновлює певну частину

інтерфейсу користувача, а не генерує все з нуля. Добре відомими прикладами SPA є Facebook, Twitter, Gmail, GitHub та багато інших сторінок, з якими ми маємо справу щодня.

Розробка складних динамічних веб-сторінок за допомогою чистого або ванільного JavaScript займає багато часу. Не кажучи вже про те, що у великих проєктах, у яких задіяно багато програмістів, інтерфейс є проблемою для розуміння та підтримки. Отже, основна ідея AngularJS полягала в тому, щоб спростити розробку SPA, додавши кілька значних переваг.

Компоненти Angular проти AngularJS.

Основну відмінність між фреймворком на основі JavaScript і TypeScript можна побачити в їхніх компонентах. Angular використовує TypeScript і має компоненти як основні будівельні блоки. Він заснований на компонентах, тоді як AngularJS використовує директиви.

Робота Angular використовує ієрархію компонентів, тоді як AngularJS має директиви, які дозволяють повторне використання коду. Таким чином, фреймворк AngularJS надає своїм користувачам багаторазові компоненти. AngularJS також використовує контролери та області видимості. Хоча Angular має стандартні директиви, два фреймворки реалізують їх по-різному.

Компоненти Angular відіграють важливу роль у створенні користувальницьких інтерфейсів, де кожна частина інтерфейсу користувача визначається як компонент. В AngularJS це ж завдання виконується за допомогою директив компонента. Директиву компонента AngularJS можна перенести на Angular за допомогою кількох конфігурацій.

Використання директив між Angular і AngularJS

Angular містить стандартні директиви, а AngularJS містить їх пакет. Отже, і AngularJS, і Angular використовують директиви, але вони використовують їх по-різному. Наприклад, можна використовувати модель ng для створення двостороннього зв'язування в AngularJS. Директива ng-bind підходить для одностороннього зв'язування.

TypeScript [15] – це безкоштовна мова програмування з відкритим вихідним кодом, розроблена та підтримується Microsoft. Це суворий синтаксичний набір JavaScript і додає необов’язкову статичну типізацію до мови. Він розроблений для розробки великих додатків і транспілюється на JavaScript. Оскільки це надмножина JavaScript, існуючі програми JavaScript також є дійсними програмами TypeScript.

TypeScript можна використовувати для розробки програм JavaScript як для виконання на стороні клієнта, так і на стороні сервера (як у випадку з Node.js або Deno). Для транспіляції доступні кілька варіантів. Можна використовувати типовий компілятор TypeScript або можна викликати компілятор Babel для перетворення TypeScript у JavaScript.

TypeScript підтримує файли визначення, які можуть містити інформацію про тип існуючих бібліотек JavaScript, подібно до того, як файли заголовків C++ можуть описувати структуру існуючих об’єктних файлів. Це дозволяє іншим програмам використовувати значення, визначені у файлах, так якщо б вони були статично типізованими сутностями TypeScript. Існують сторонні файли заголовків для популярних бібліотек, таких як jQuery, MongoDB і D3.js. Також доступні заголовки TypeScript для базових модулів Node.js, що дозволяє розробляти програми Node.js у TypeScript.

Google Maps API [16] – це популярний картографічний сервіс від Google, який підтримує широкий спектр налаштувань конфігурації. Додавши Google Maps у свій додаток, можна надати користувачеві більше контекстної інформації, не тільки адресу чи набір координат.

Angular Google Maps – це набір компонентів, які надають додаткам Angular інструменти підтримки API карт Google.

Отже, було обрано мову програмування TypeScript оскільки має статичну типізацію та узагальнення. Google maps api надає змогу використати графічну карту із засобами її управління і конфігурації. Фреймворк Angular 14, котрий підтримує дану бібліотеку карт, та є зручним для написання веб-застосунку без бази даних.

Висновки до розділу 3

У розділі розроблено інформаційну технологію для оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі. Побудовано ряд моделей та діаграм на інтерфейсному, програмному, даталогічному рівнях.

Сконструйовано об'єктно-орієнтовну модель інформаційної системи, за якою буде реалізовано веб-застосунок.

Побудована структура бази даних, виділено основні сутності, їх властивості та взаємозв'язки між ними.

Описано та аргументовано засоби розробки програмного рішення, якими є Angular 14, Type Script та Google Maps API.

Розділ 4

Дослідження методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій

4.1 Архітектура інформаційної системи

Дослідження ефективності методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій потребує програмної реалізації, тому створена відповідна інформаційна система для практичного відтворення роботи логістичної мережі.

На базі імплементації методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі, отримано наступну діаграму класів Застосунку, рисунок 4.1. Реалізовано відповідну об'єктно-орієнтовану модель, тобто класи, які задовольняють специфіку наведеної діаграми (рисунок 4.1).

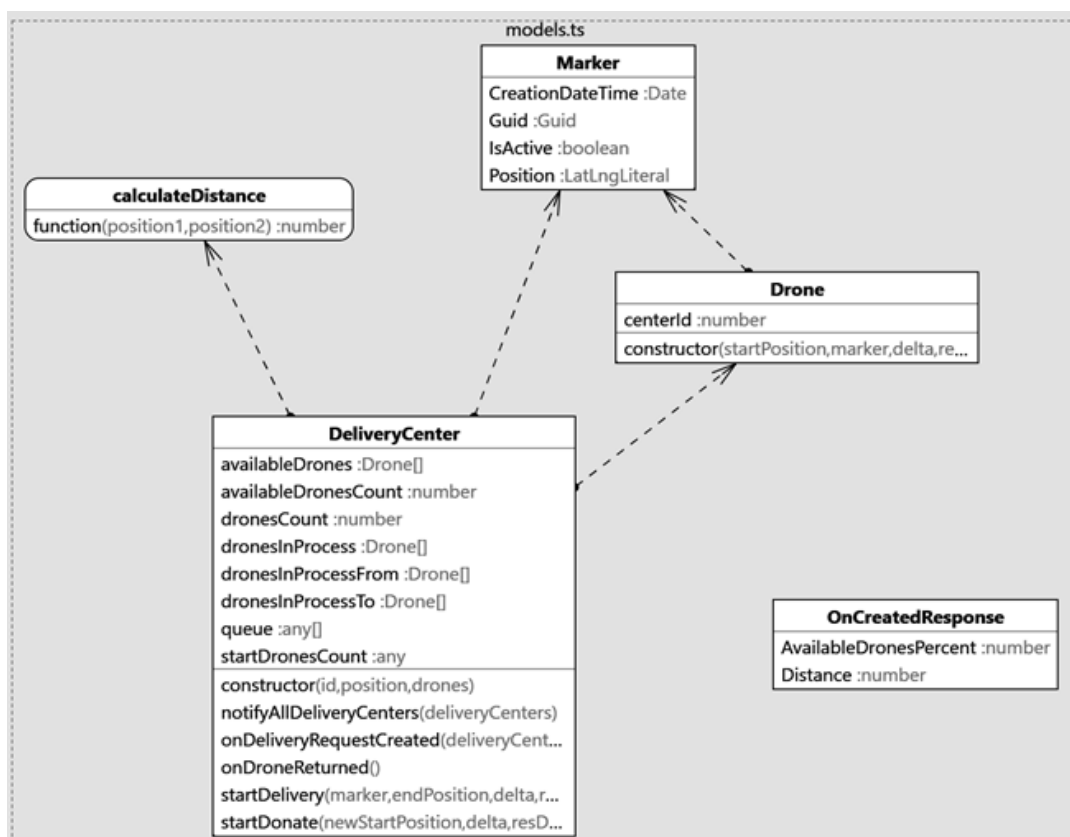


Рисунок 4.1 – Діаграма класів інформаційної системи

Клас «AppComponent» представляє собою головний клас застосунку та містить у собі клас мапи і рендеру, реалізовані функціонально. Проводить ініціалізацію з усіма його частинами, тобто запускає інтервал, встановлення користувацького інтерфейсу, підмальовує центри доставки відповідно до їх координат, запускає мапу відповідно до її конфігурацій, створює відповідні екземпляри класів. Також виконує роль компоненти для діалогу з користувачем, має відповідні підписки на події користувацького інтерфейсу. Вміщає у собі колекцію логістичних центрів та здійснює управління ними.

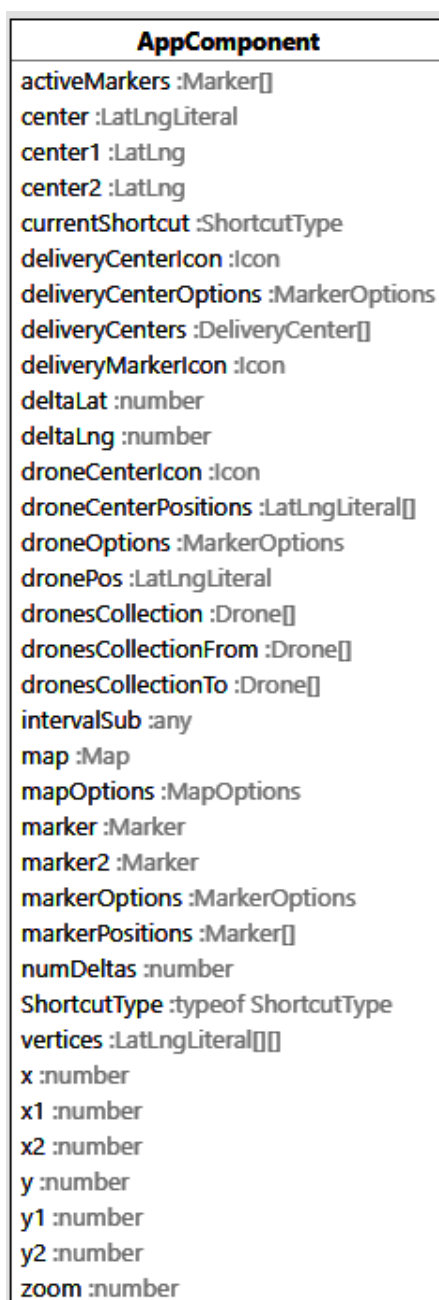


Рисунок 4.2 – Діаграма класу «AppComponent»

Слід зазначити, що головною функцією даного класу є управління усіма іншими компонентами та класами інформаційної системи, а також щосекундне відмалювання поточних позицій маркерів, яке відбувається у паралельному потоці. Діаграму описаного класу можна спостерігати на рисунку 4.2.

Отже, для фіктивного дослідження ефективності технології оптимального доставлення замовлень у динамічній логістичній системі необхідно розробити відповідне забезпечення у вигляді інформаційної системи. Також створено архітектуру інформаційної технології із застосуванням методу оптимального доставлення замовлень у динамічній системі на базі хмарних технологій, яка надає можливість імплементувати визначений функціонал для оптимізації процесу виконання замовлень дронами. Такого роду підхід дає можливість для масштабування, тобто використання центрів з різним розташуванням чи обрання певного міста.

4.2 Розробка прикладних компонентів інформаційної системи

Отримана інформаційна система оптимізації доставки замовлень за допомогою дронів у динамічній мережі, ґрунтується на свого роду взаємодії користувача із мапою. Тому, для роботи юзера з мапою слід встановити відповідну бібліотеку. У даному випадку, це буде google-maps пакет розширення для Angular 14, доступ до якого отримується виконанням наступних команд:

```
npm install @angular/google-maps
npm install @types/googlemaps
```

Після інсталяції слід підключити модуль гугл карт до головного модулю ангуляр застосунку:

```
import { NgModule } from '@angular/core';
import { BrowserModule } from '@angular/platform-browser';
```

```

import { NgModule } from '@angular/core';
import { BrowserModule } from '@angular/platform-browser';
import { GoogleMapsModule } from '@angular/google-maps'
import { AppRoutingModuleModule } from './app-routing.module';
import { AppComponent } from './app.component';
import { FormsModule } from '@angular/forms';

@NgModule({
  declarations: [AppComponent],
  imports: [BrowserModule, AppRoutingModuleModule, GoogleMapsModule, FormsModule],
  providers: [],
  bootstrap: [AppComponent]
})
export class AppModule { }

```

Після підключення модулю мапи з'являється доступ функціоналу бібліотеки, тобто можна ініціалізувати мапу, сконфігурувати її важливі налаштування та встановити підписки на відповідні події. Програмний код для описаних дій:

```

<google-map height="800px" width="100%" [center]="center" [zoom]="zoom"
[options]="mapOptions" (mapClick)="addMarker($event)">
  <map-marker *ngFor="let markerPosition of activeMarkers"
[position]="markerPosition.Position" [options]="markerOptions">
  </map-marker>
  <map-marker *ngFor="let deliveryCenter of deliveryCenters"
[position]="deliveryCenter.position" [options]="deliveryCenterOptions">
  </map-marker>
  <map-marker *ngFor="let markerPosition of dronesCollection"
[position]="markerPosition.currentPosition" [options]="droneOptions">
  </map-marker>
  <map-polyline *ngFor="let vertice of vertices" [path]="vertice">
  </map-polyline>
</google-map>

```

Використано мапу через теги, що є більш читабельним варіантом на відміну від скриптового використання. Також надає легкий доступ до двосторонніх чи односторонніх біндингів. Приклад виконання даного коду можна спостерігати на рисунку 4.3.

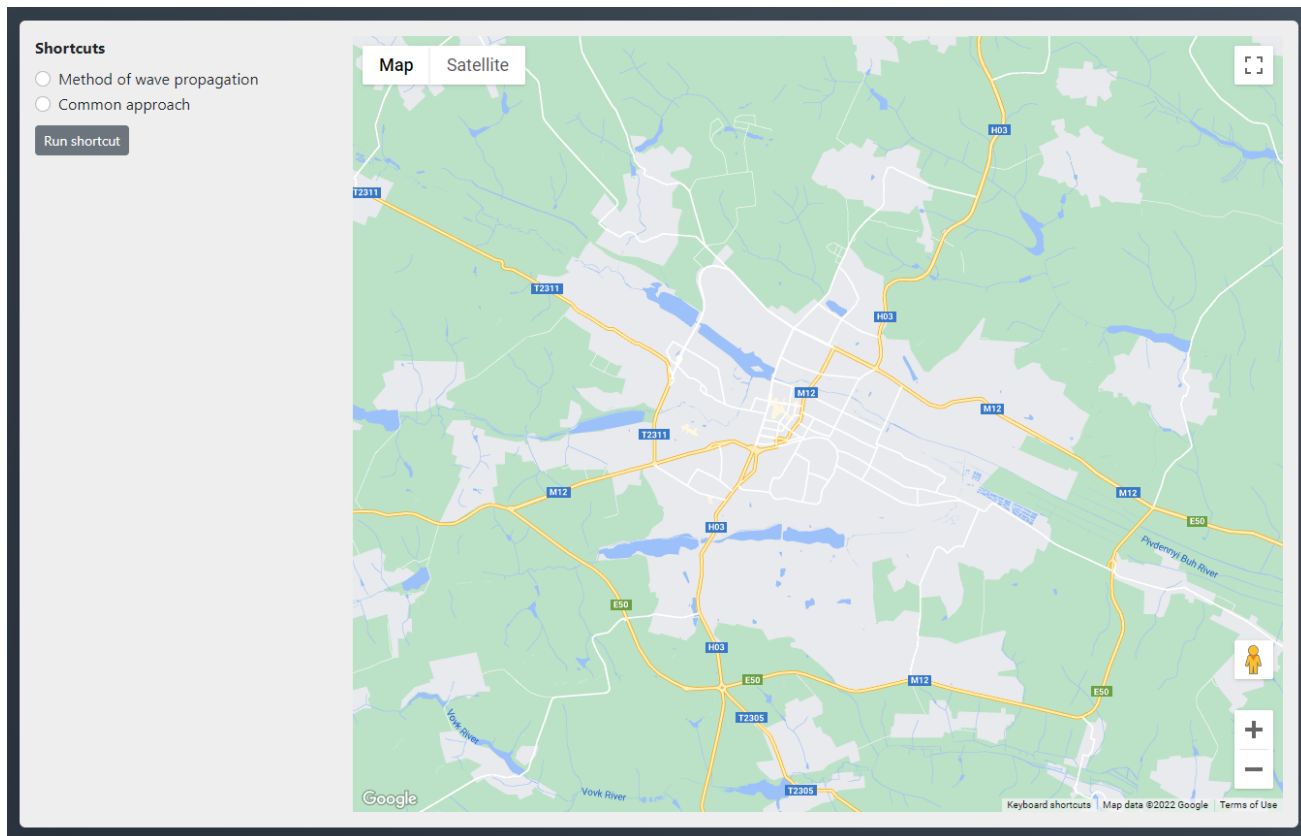


Рисунок 4.3 – Вигляд підключеної Гугл-мапи

Одною з головних сутностей є логістичний центр, відповідно який має свої координати, за якими буде відображений на мапі. Для експерименту буде використано три пункти з певними параметрами широти та довготи. Ідея полягає у тому, щоб один логістичний центр був віддалений від двох інших, це дасть змогу наглядно побачити залежність вибору донора. За даний функціонал відповідає наступний програваний код:

```
ngOnInit() {
  this.deliveryCenters = [
    new DeliveryCenter(3, { lat: 49.42348226300654, lng: 26.99634858021687 },
      [new Drone(), new Drone(), new Drone(), new Drone(), new Drone(), new Drone()]),
    new DeliveryCenter(4, { lat: 49.42095926194484, lng: 26.988080872830984 },
      [new Drone(), new Drone(), new Drone(), new Drone(), new Drone(), new
        Drone(),new Drone(), new Drone()]),
    new DeliveryCenter(5, { lat: 49.40577538922082, lng: 26.95840026510074 },
      [new Drone(), new Drone(), new Drone()])
  ];
}
```

Після відпрацювання вище наведеного коду, можна спостерігати наступне оновлення інтерфейсу, рисунок 4.4.

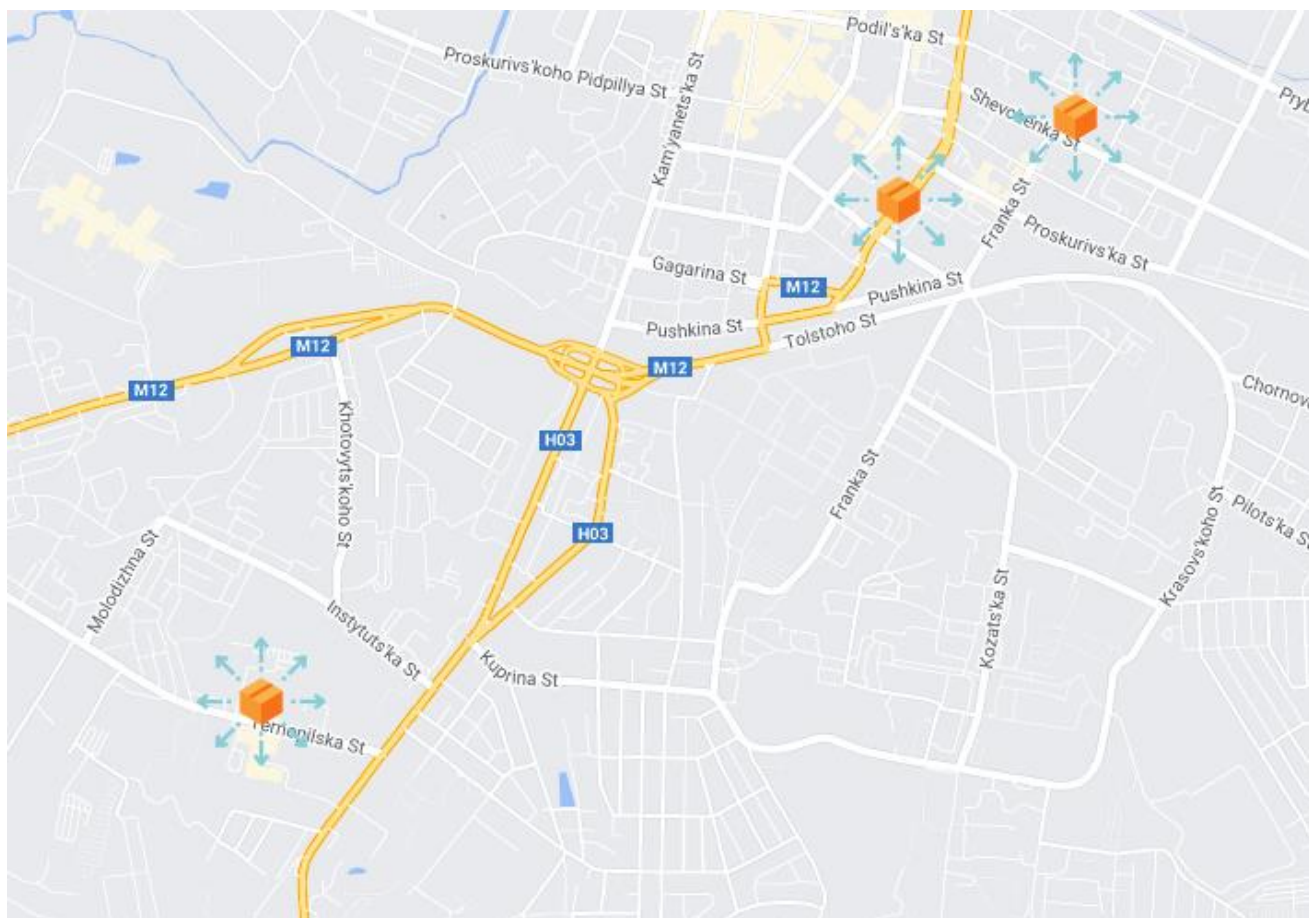


Рисунок 4.4 – Відображення логістичних центрів на мапі

Наступним потрібно реалізувати об'єкт дрону, кожен буде відноситись до відповідної колекції певного пункту. Клас повинен задовольняти поставлені вимоги, оскільки це відносно динамічний об'єкт, тому він повинен уміти змінювати своє місцеположення та зберігати координати. Також мати інформацію про статус – вільний, у процесі до, у процесі від. Та інші поля такі як швидкість, кінцева точка доставки замовлення, ідентифікатор центру. Реалізація за наступним програмним кодом:

```
export class Drone {
  public centerId: number;
  constructor(
    public startPosition?: google.maps.LatLngLiteral,
```

```

    public marker?: Marker,
    public delta?: google.maps.LatLngLiteral,
    public resDelta?: number,
    public endPosition?: google.maps.LatLngLiteral,
    public currentPosition?: google.maps.LatLngLiteral,
    public markerGuid?: Guid,
    public status: DroneStatus = DroneStatus.ReadyToGo,
    public currentDelta: number = 0) {
  }
}

```

І екземпляр дрону і центру потребують відповідної іконки, тобто маркеру із параметрами розміру, картинки та анімації. Також від такої логіки залежить створення замовлень, оскільки на клік користувача по мапі очікується підписка, яка у свою чергу має позначити обране місце певного виду маркером. Код імплементації класу «маркер»:

```

export class Marker {
  public Guid: Guid;
  public Position: google.maps.LatLngLiteral;
  public IsActive: boolean = false;
}

```

Реалізований клас має у собі унікальний ідентифікатор, дані про позицію на мапі та прапорець перевірки активності, котрий дійсний до моменту виконання замовлення. Дані про іконку ініціалізуються у головній компоненті наступним кодом:

```

deliveryCenterIcon: google.maps.Icon = {
  url: '../assets/icons/delivery-center.png',
  anchor: new google.maps.Point(35, 35),
  scaledSize: { width: 70, height: 70, equals: () => true },
  size: { width: 70, height: 70, equals: () => true }
}

```

```

deliveryMarkerIcon: google.maps.Icon = {
  url: '../assets/icons/delivery-marker.png',
  anchor: new google.maps.Point(20, 40),
  scaledSize: { width: 40, height: 40, equals: () => true },
  size: { width: 40, height: 40, equals: () => true }
}
droneCenterIcon: google.maps.Icon = {
  url: '../assets/icons/drone.png',
  anchor: new google.maps.Point(35, 70),
  scaledSize: { width: 70, height: 70, equals: () => true },
  size: { width: 70, height: 70, equals: () => true }
}

```

Тепер після реалізації переліченого коду та інших модулів взаємодії з мапою можна спостерігати наступні процеси: відмалювання руху дрону, зображення маркеру замовлення та його приховання у випадку завершення замовлення (рисунок 4.5).

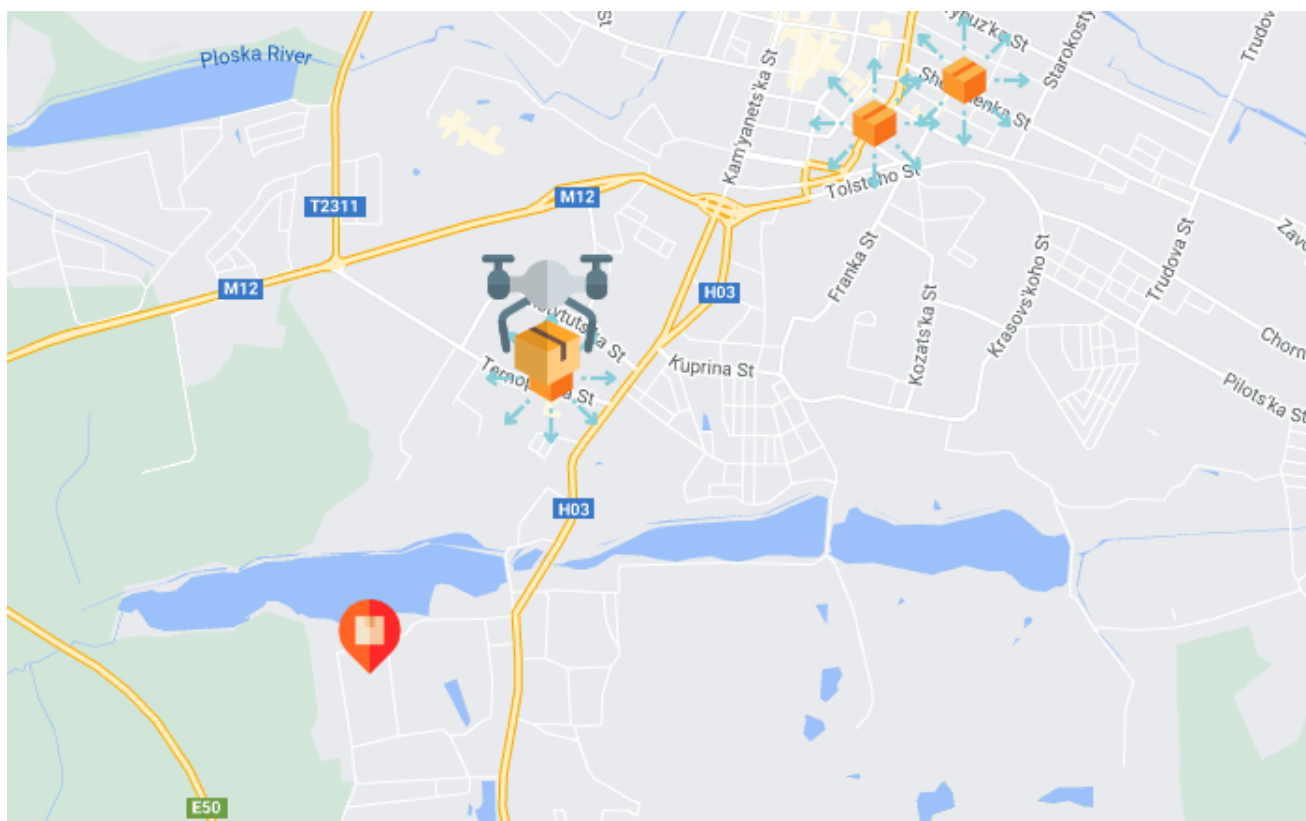


Рисунок 4.5 – Приклад відмалювання маркерів

Для роботи самого методу хвильового поширення вирішено його реалізацію переліком методів у класі логістичного центру. Дані методи виконують багаторівневу підписку обробки так званих хвиль, таким чином, програмно регулюватимуть навантаження на конкретних вузлах. За даний функціонал відповідає наступний об'єктно-орієнтований код:

```
public onDroneReturned() {}
```

```
public startDelivery(marker: Marker, endPosition: google.maps.LatLngLiteral, delta: google.maps.LatLngLiteral, resDelta: number) {}
```

```
public startDonate(newStartPosition: google.maps.LatLngLiteral, delta: google.maps.LatLngLiteral, resDelta: number, newCenterId: number) {}
```

```
public notifyAllDeliveryCenters(deliveryCenters: DeliveryCenter[]) {}
```

```
public onDeliveryRequestCreated(deliveryCenter: DeliveryCenter): number {}
```



Рисунок 4.6 – Приклад відправки дрону донора

4.3 Прикладне тестування інформаційної системи

Для проведення дослідження фіктивної роботи методу оптимізації доставлення замовлень дронами у динамічній системі було створено перелік тест-кейсів на базі обробки різних випадків. Оскільки застосунок обробляє потік користувацьких даних, а саме: взаємодія з мапою. Першим слід провести перевірку коректності підключень, термінів використання ключів та підписок, тобто успішного з'єднання з Google Map JavaScript API. Опис кейсу номер 1: після запуску веб-застосунку, мапа успішно завантажується та ініціалізується, в іншому випадку поверх мапи відображається відповідне повідомлення (рисунк 4.7-4.8).

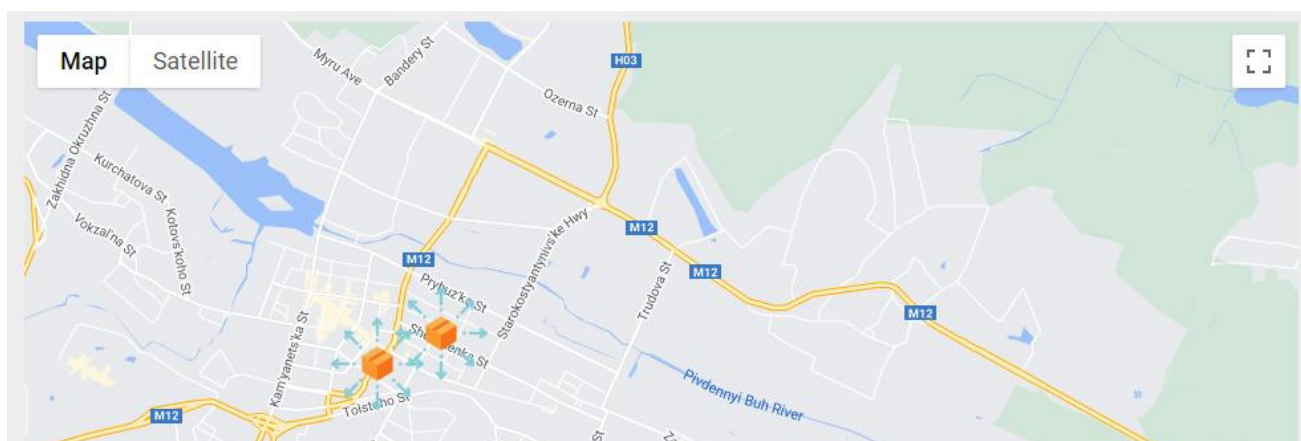


Рисунок 4.7 – Приклад успішно визначеної мапи

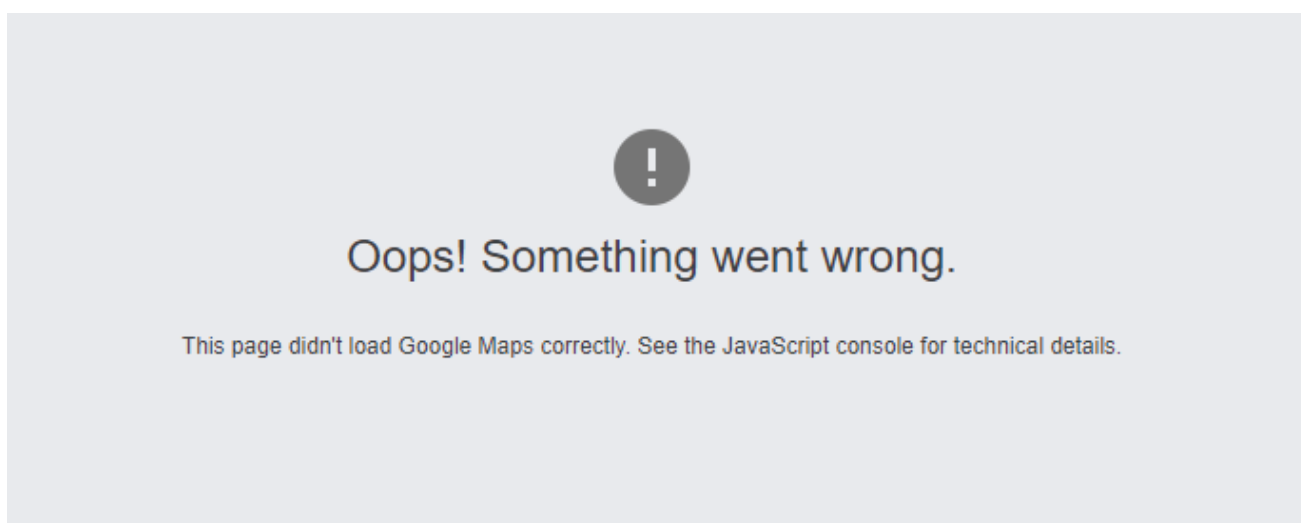


Рисунок 4.8 – Повідомлення про помилку на старті ініціалізації мапи

Таблиця 4.1 – Тест-кейс 01

Тест-кейс №: 1	Пріоритет: 1	Створено: 01.12.2022, Семенюк Б. В.
Назва: Перевірка з'єднання застосунку з Map API		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити веб-застосунок 2. Зачекати до повного завантаження модулів 3. Порівняти очікуваний результат зі фактичним 		Мапа завантажено та ініціалізовано успішно.
Результат проходження тест-кейсу: успішний		

Другий тест полягає у перевірці роботи відписок на взаємодії користувача з мапою, тобто виконання певних дій при певній події. Для можливої роботи юзера із застосунком слід перевірити обробку кліку по мапі. А саме: після натиску у довільне місце на мапі, повинен з'явитися маркер замовлення у щойно обраному розташуванні (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Тест-кейс 02

Тест-кейс №: 2	Пріоритет: 1	Створено: 01.12.2022, Семенюк Б. В.
Назва: Перевірка створення замовлення		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити веб-застосунок 2. Натиснути у довільну точку на мапі 3. Порівняти очікуваний результат зі фактичним 		Додано маркер, із іконкою замовлення у обранемісце.
Результат проходження тест-кейсу: успішний		

Даний, тест номер два, є базисом у роботі з додатком, тому що додавання замовлень є обов'язковим у розглянутій системі (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Успішно створений маркер замовлення

Із інтерфейсних кейсів залишився один для роботи шаблонів. Тест процесу відповідального за запуск шаблону після натискання кнопки (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Тест-кейс 03

Тест-кейс №: 3	Пріоритет: 2	Створено: 01.12.2022, Семенюк Б. В.
Назва: Перевірка запуску шаблону		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити веб-застосунок 2. Обрати шаблон із доступного переліку 3. Натиснути кнопку «Run shortcut» 4. Порівняти очікуваний результат зі фактичним 		Запускається процес виконання шаблону, зображуються відповідні зміни на мапі, імітується робота користувача
Результат проходження тест-кейсу: успішний		

Кейс «Перевірка запуску шаблону» має пріоритет два, оскільки не блокує роботу з функціоналом, але є обов'язковим для роботи при дослідженні ефективності. Приклад проходження даного тесту на рисунку 4.10.

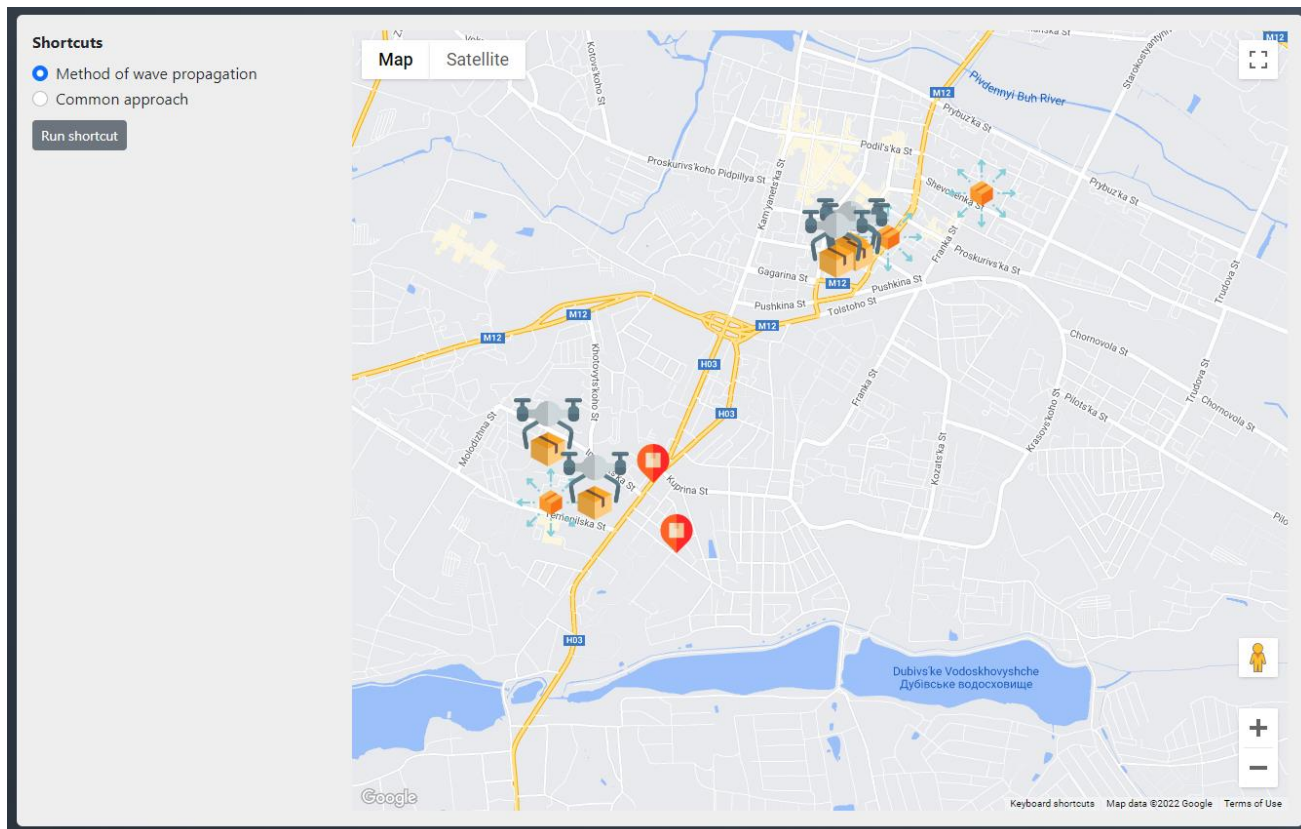


Рисунок 4.10 – Успішний запуск шаблону із використанням методу хвильового поширення

Тепер, коли основні інтерфейсні кейси описано, можна створити тести функціоналу або коректності роботи самого методу хвильового поширення. Використання даного методу несе за собою покриття певних кейсів, один з яких є відправка донора після послідовного діалогу центрів, якщо то необхідно. Умова необхідності: якщо після початку виконання замовлення (вильоту дрону із центру) залишилось рівно або менше п'ятдесяти відсотків доступних дронів, тоді відправиться запит про допомогу. Для простоти експерименту взято три логістичних центри та у кожного є по два дрони на старті. Отож після початку виконання першого замовлення, буде відправлено один дрон із другого пункту до першого та після початку виконання другого замовлення буде відправлено дрона із третього пункту до першого (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Тест-кейс 04

Тест-кейс №: 4	Пріоритет: 1	Створено: 01.12.2022, Семенюк Б. В.
Назва: Перевірка використання методу хвильового поширення		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> Запустити веб-застосунок Створити довільне замовлення Створити друге замовлення поруч Порівняти очікуваний результат зі фактичним 		<p>Після додавання маркера першого замовлення – відправиться донор із центру номер два.</p> <p>Після додавання маркера другого замовлення – відправиться донор із третього центру.</p>
Результат проходження тест-кейсу: успішний		

Слід зауважити, що робота методу відбувається правильно. У першому випадку, зображеному на рисунку 4.11, замовлення було створено біля центру номер один. Оскільки кількість дронів на старті у всіх центрів рівна, тому за розрахунками коефіцієнту потужності кількість дронів скорочується і обирається найближчий логістичний центр для виконання замовлення.

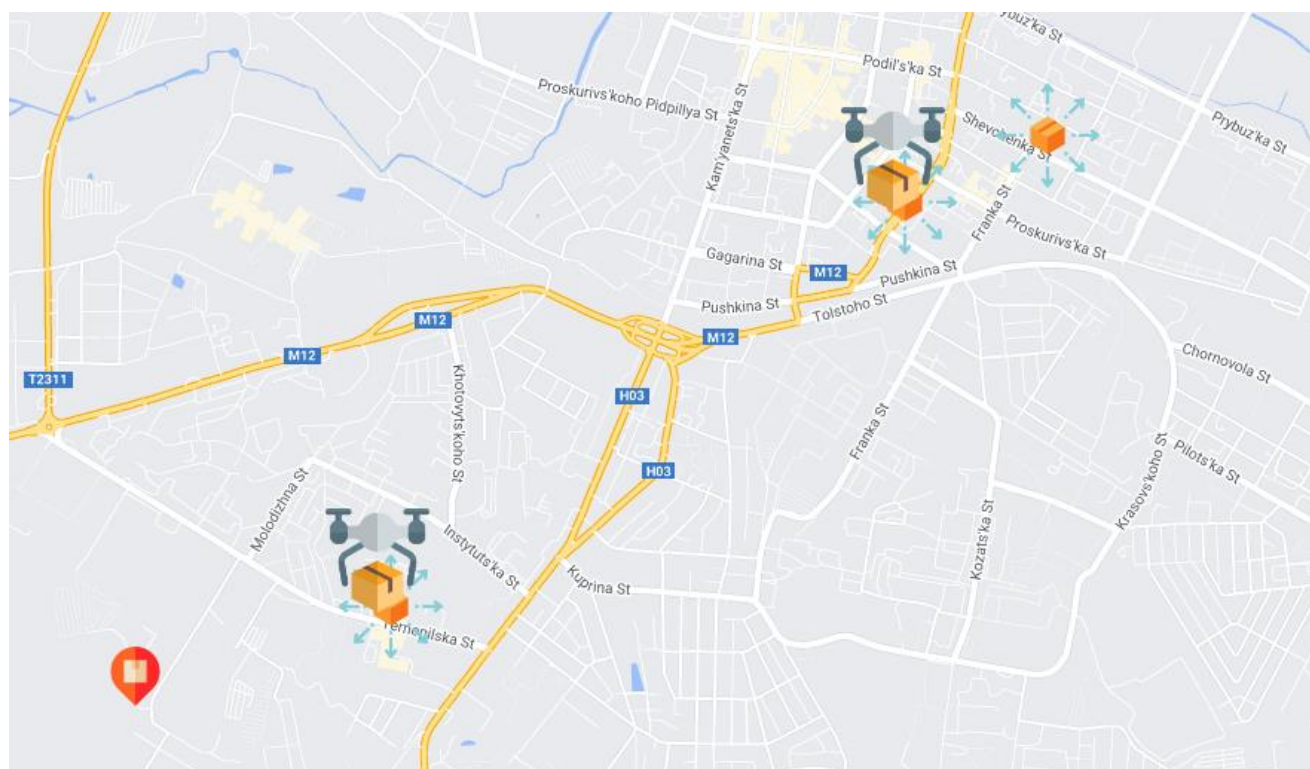


Рисунок 4.11 – Приклад роботи хвильового поширення

Оскільки, після початку виконання першого замовлення відсоток доступних дронів сягнув 50 відсотків, відправився дрон донор із другого центру (оскільки у другого і третього центрів рівна кількість, обрано ближній).

Під час другої ітерації замовлення, донор відправився уже з третього пункту, тому що він має кращий коефіцієнт потужності (рисунок 4.12).

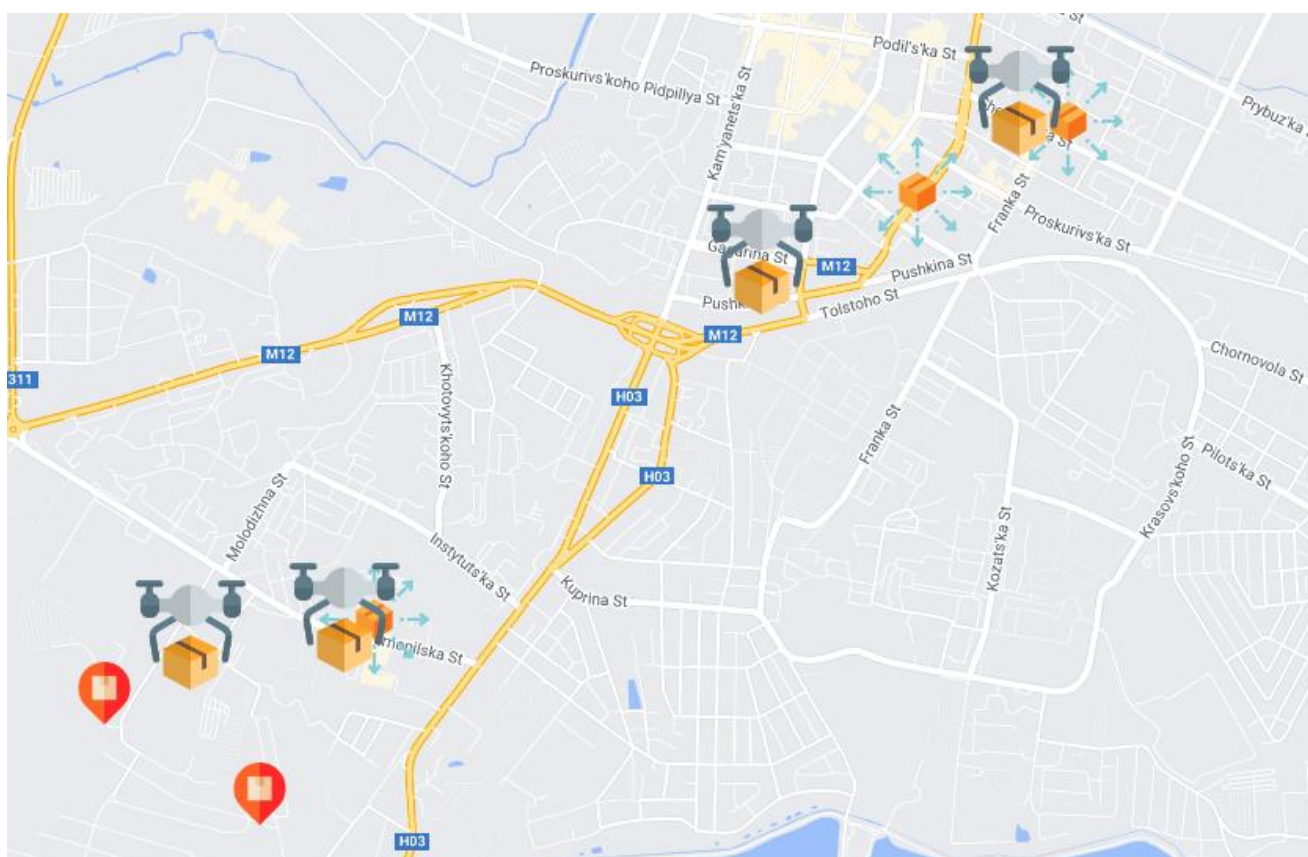


Рисунок 4.12 – Приклад роботи хвильового поширення

Отже, як результат, створено множину тест-кейсів та здійснено прикладне тестування логістичної системи із використання методу оптимізації доставки дронами у динамічній мережі, тим самим доведено функціональну працездатність та коректність роботи бізнес-процесів інформаційної системи.

4.4 Функціональне дослідження інформаційної системи

Для дослідження ефективності застосування методу оптимального доставлення замовлень у динамічній системі на базі хмарних технологій, було обрано ряд інструментів для цього.

Створено функціонал для запуску шаблонів користувачем, які представляють імітацію створення замовлень у наперед визначених місцях. Цим самим з'являється можливість провести дослідження у рівних умовах, з використанням методу хвильового поширення так і без. Створений шаблон буде імітувати штучно викликане перевантаження логістичних вузлів, у даному випадку певних пунктів. Також у користувача буде змога примусово зупинити та відновити процес імітації для спостереження різниці у вирішенні навантаження та регулювання його. Для побудови графіків створено інформаційне табло для відображення часу затраченого на певне замовлення від початку його створення і до виконання, часу від запуску шаблону до завершення замовлення та загально витраченого часу на виконання усіх замовлень. На базі цих даних і буде побудовано графіки.

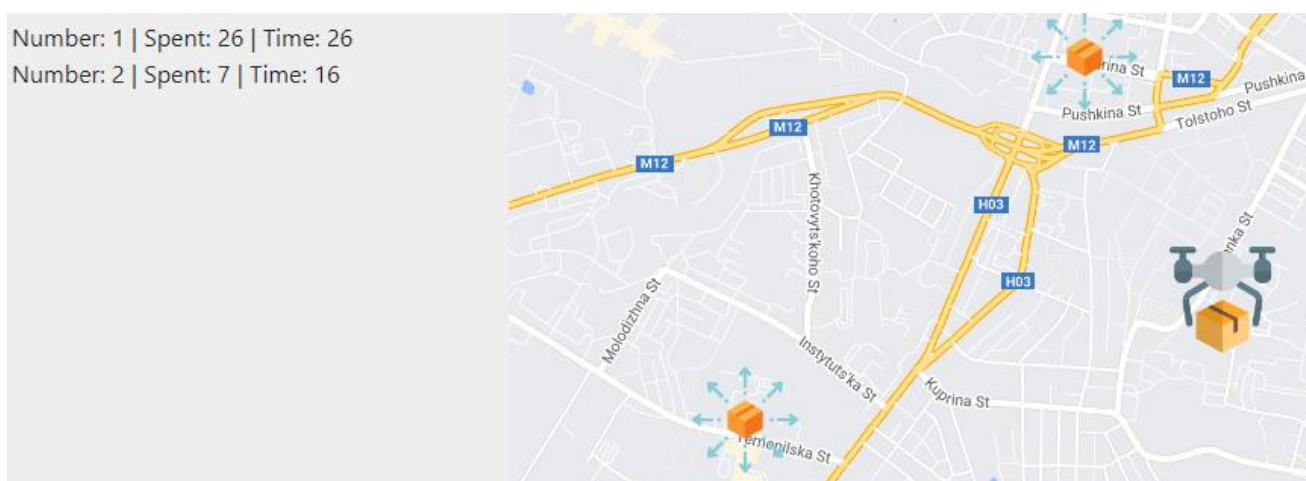


Рисунок 4.13 – Приклад виведення даних про затрачений час

Оскільки даного роду запуск інформаційної системи не несе за собою оцінки ефективності роботи, потрібно здійснити виконання шаблону.

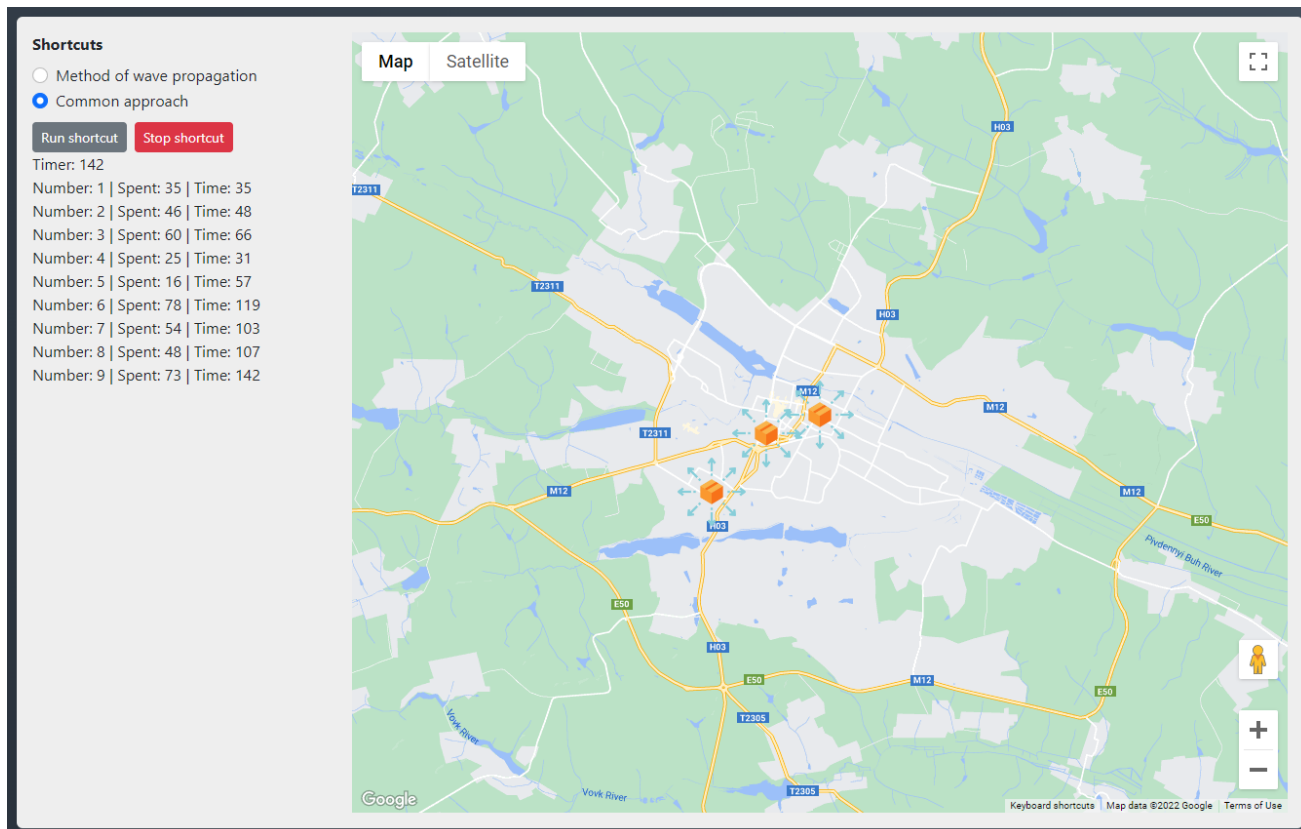


Рисунок 4.14 – Результати виконання шаблону без використання методу хвильового поширення

На рисунку 4.14 можна спостерігати результати запуску першого шаблону з прямолінійним підходом, на яких загальний витрачений час на виконання усіх замовлень сягнув 142 секунди, також індивідуальні результати кожного замовлення таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Індивідуальні результати виконання замовлень

№ п/п	Затрачений час на виконання замовлення (секунди)	Час від початку запуску шаблону до моменту виконання замовлення (секунди)
1	35	35
2	46	48
3	60	66
4	25	31
5	16	57
6	78	119
7	54	103

8	48	107
9	73	142

Тепер запуск шаблону з виростанням методу хвильового поширення.
Результати запуску рисунок 4.15.

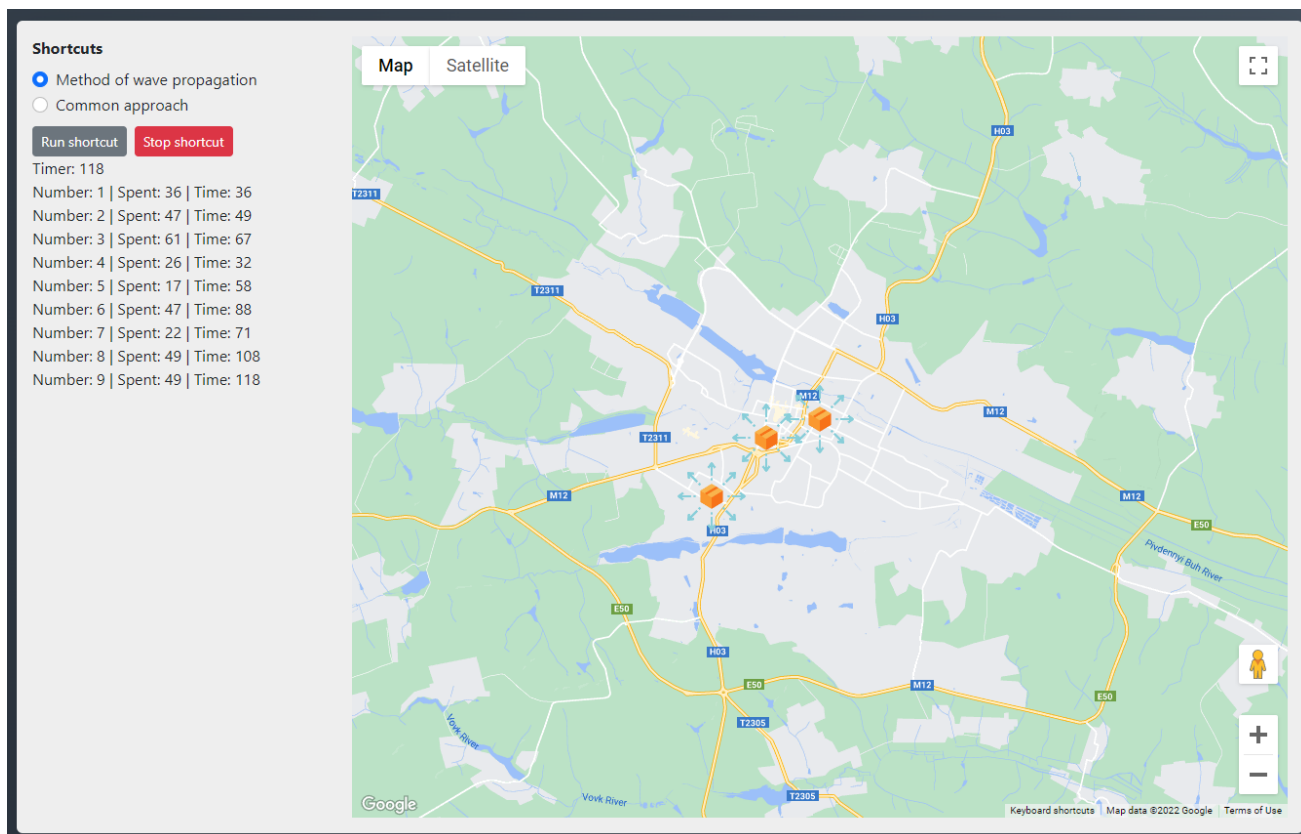


Рисунок 4.15 – Результати виконання шаблону з використання методу хвильового поширення

Загальний час виконання усіх замовлень цього разу виявся дещо меншим на 24 секунди та дорівнює 118 секунд, тобто майже на 17 відсотків швидше. Та має наступні індивідуальні результати (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Індивідуальні результати виконання замовлень

№ п/п	Затрачений час на виконання замовлення (секунди)	Час від початку запуску шаблону до моменту виконання замовлення (секунди)
1	35	35

2	46	48
3	60	66
4	25	31
5	16	57
6	46	87
7	21	70
8	48	107
9	48	117

Отже, за даними двох таблиц із індивідуальними результатами виконання замовлень можна розглядати наступні графіки. Перший порівняння часу затраченого на виконання самого замовлення, рисунок 4.16.



Рисунок 4.16 – Графік витраченого часу на конкретне замовлення

За побудованим графіком можна спостерігати, що із збільшенням навантаження на певному логістичному центрі збільшується час очікування на повернення дрону. З цим же, в свою чергу, добре справився метод хвильового

поширення та мінімізував час простою (час після створення замовлення користувачам до початку його виконання) чи перенаправлення замовлення на іншого (найближчого) пункту, тому з використанням прямолінійного підходу замовлення з номером 6, 7 та 9 виконувалися довше.

Середній час виконання замовлення:

- з використанням методу – 38.3 (секунд);
- без використання – 48.3 (секунд).

Отже, в середньому виконання кожного замовлення, з використанням методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережу, майже на 21 відсотків швидше.



Рисунок 4.17 – Графік часу завершення замовлення відносно початку виконання шаблону

По двох графіках можна спостерігати насипну тенденцію – використання методу хвильового поширення вирішує проблему простою або неефективного використання ресурсів, у даному випадку було розглянуто випадок із

перенаправленням замовлення до найближчого логістичного центру. Тому виконання замовлень 6, 7, 9 потребували більше часу через більшу відстань між замовленням та пунктом, який його виконував.

Слід зауважити, що дослідження показало перевагу у швидкодії лише у одному конкретному кейсі, але дає змогу для розгляду та вивчення специфічних випадків у різних локація.

Додатково наведено відхилення від кривої часу створення замовлення до його виконання, на рисунку 4.18.



Рисунок 4.18 – Графік завершення замовлення після його створення

Висновки до розділу 4

В розділі було проведено аналіз роботи та розглянуто особливості реалізації створеної інформаційної системи для оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.

Розроблено веб-застосунок з використанням хмарної технології Google Maps API та функціонал для дослідження ефективності шляхом відтворення ідентичних умов та кейсів.

Проведено прикладне тестування інформаційної системи оптимальної доставки замовлень у динамітній мережі на базі хмарних технологій. Створено перелік тест-кейсів для перевірки працездатності системи. Успішно підтверджено проходження створених тест-кейсів на функціональну коректність роботи, правильність роботи користувацького інтерфейсу та особливостей використання методу хвильового поширення.

Дослідження роботи самого методу оптимальної доставки замовлень та системи запуску шаблонів, тобто огляд відпрацювання логістичної системи у певних випадках, під час виконання замовлень.

Здійснено дослідження ефективності роботи інформаційної системи з використанням методу хвильового поширення у порівнянні з прямолінійним підходом на базі створеного функціоналу для запуску шаблонів.

Побудовано ряд графіків для порівняння відпрацювання шаблонів у розрізі часу.

Загальні висновки

Кваліфікаційна робота магістра вирішує науково-технічну проблему оптимальної доставки замовлень дронами у динамічній системі на базі хмарних технологій, за попередньо встановленими даними про логістичні пункти, а саме: їх кількість, місця розташування, множину доступних дронів та з динамічним переліком замовлень. За результатом виконання поставленої проблеми були вирішені наступні задачі:

1. Досліджено предметну область та встановлено особливості застосування хмарних технологій. Використано Google maps API, як хмарну технологію для побудови інформаційної системи для вирішення транспортної задачі перевезень замовлень дронами.

2. Проведено аналіз методів доставки замовлень (огляд сервісів доставки). Описано та досліджено роботу існуючих рішень для логістичної системи, таких як Google maps, Amazon Prime Air та Нова пошта. Дані системи добре справляються зі своїми задачами транспортних перевезень, але не дають прозорого вирішення проблеми доставки дронами.

3. Описано топологічну модель мережевих пунктів замовлень та платформ доставок.

4. Розроблено структуру інформаційної бази даних замовлень і доставок. Створено даталогічну, інформаційну та об'єктно-орієнтовану моделі. Описано сутності інформаційної системи, виділено їх властивості та встановлено взаємозв'язки між ними.

5. Розроблено метод доставки замовлень, який вирішує проблему ефективної доставки замовлень у логістичній мережі де транспортною одиницею виступає дрон чи коптер. Метод хвильового поширення зменшує навантаження на певних вузлах, зменшує час простою (затримку перед початком виконання замовлення) та ефективно регулювання ресурсів логістичних центрів.

6. Розроблено програмне забезпечення для імплементації заданого методу, яке імітує роботу сервісу доставки та надає юзеру змогу створювати

замовлення. Проведено експерименти та аналіз ефективності застосування за допомогою розробленої системи шаблонів. Виявлено перевагу використання методу хвильового поширення над прямолінійним підходом.

Слід зазначити, що отриманий метод оптимізації виконання замовлень несе за собою наукову новизну у галузі транспортної логістики, оскільки на даний момент немає прозорого рішення проблеми доставки дронами через ряд перешкод, з якими доводиться боротися на етапі проектування. Розроблений метод хвильового поширення має підстави для існування, оскільки вирішує проблеми: регулювання навантаження конкретних центрів, зменшення простою, пришвидшення виконання замовлень.

Також, можливе удосконалення роботи методу оптимальної доставки замовлень, шляхом проведення додаткових випробувань на базі ряду кейсів. Покращення регулювання навантаження через впровадження окремого методу для оцінки необхідності донорства (перенаправлення одного дрону з одного центру до іншого).

Перелік посилань

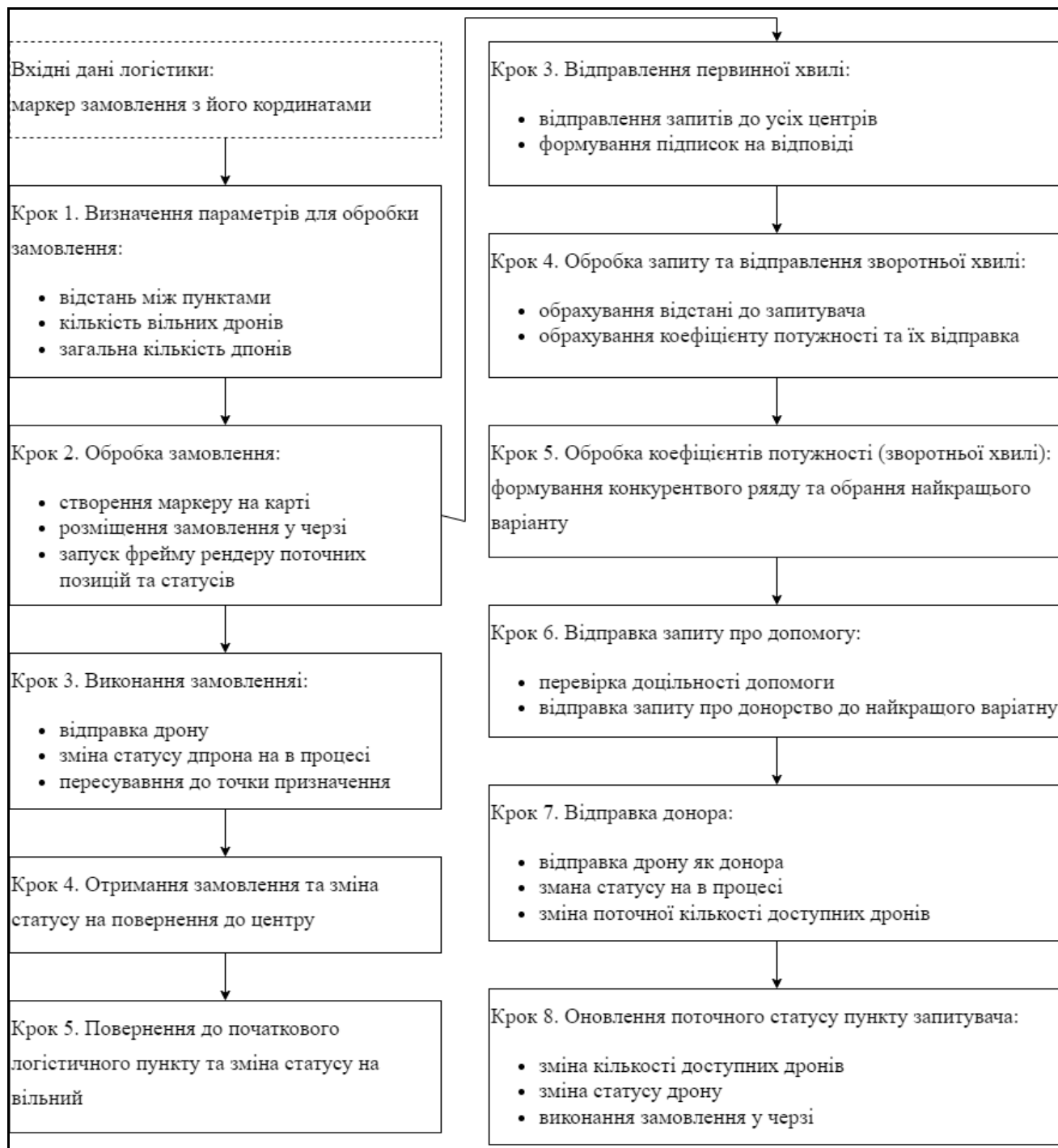
1. Wikipedia.com. Логістика. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Логістика>
2. Wikipedia.com. GPS-відстеження. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPS>
3. Stud.com.ua. Системи управління інформацією. URL:
https://stud.com.ua/2166/menedzhment/sistema_upravlinnya_informatsiyeyu_za_bezpechuye_strategichniy_rozvitok_organizatsiyi
4. Bicmagazine.com. Напрямки вдосконалення логістичного бізнесу. URL:
<https://www.bicmagazine.com/departments/maintenance-reliability/5-ways-to-improve-the-logistics-management-process>
5. Wikipedia.com. Транспортна логістика. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Транспортна_логістика
6. Fareye.com. Види маршрутів. URL: <https://fareye.com/resources/blogs/route-planning-in-logistics>
7. Wikipedia.com. Дрон. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дрон>
8. Genstatu.com. Переваги доставки дроном. URL:
<https://genstatu.com/blog/what-are-the-pros-and-cons-of-drones-delivery>
9. Wikipedia.com. Хмарні обчислення. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
10. Dfreight.org. Переваги хмарних обчислень для логістики. URL:
<https://dfreight.org/blog/cloud-computing-benefits-for-logistics-industry>
11. Novaposhta.ua. Нова пошта. URL: https://novaposhta.ua/o_kompanii
12. Wikipedia.com. Гугл карти. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/google_maps
13. Wikipedia.com. Amazon Prime Air. URL:
https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Prime_Air
14. Angular.io. Angular. URL: <https://angular.io/guide/what-is-angular>
15. Typescriptlang.org. TypeScript. URL: <https://www.typescriptlang.org>
16. Developers.google.com. Google Maps API. URL:
<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview>

17. Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К. Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022». - Хмельницький, 2022. - С. 261-264.

ДОДАТКИ

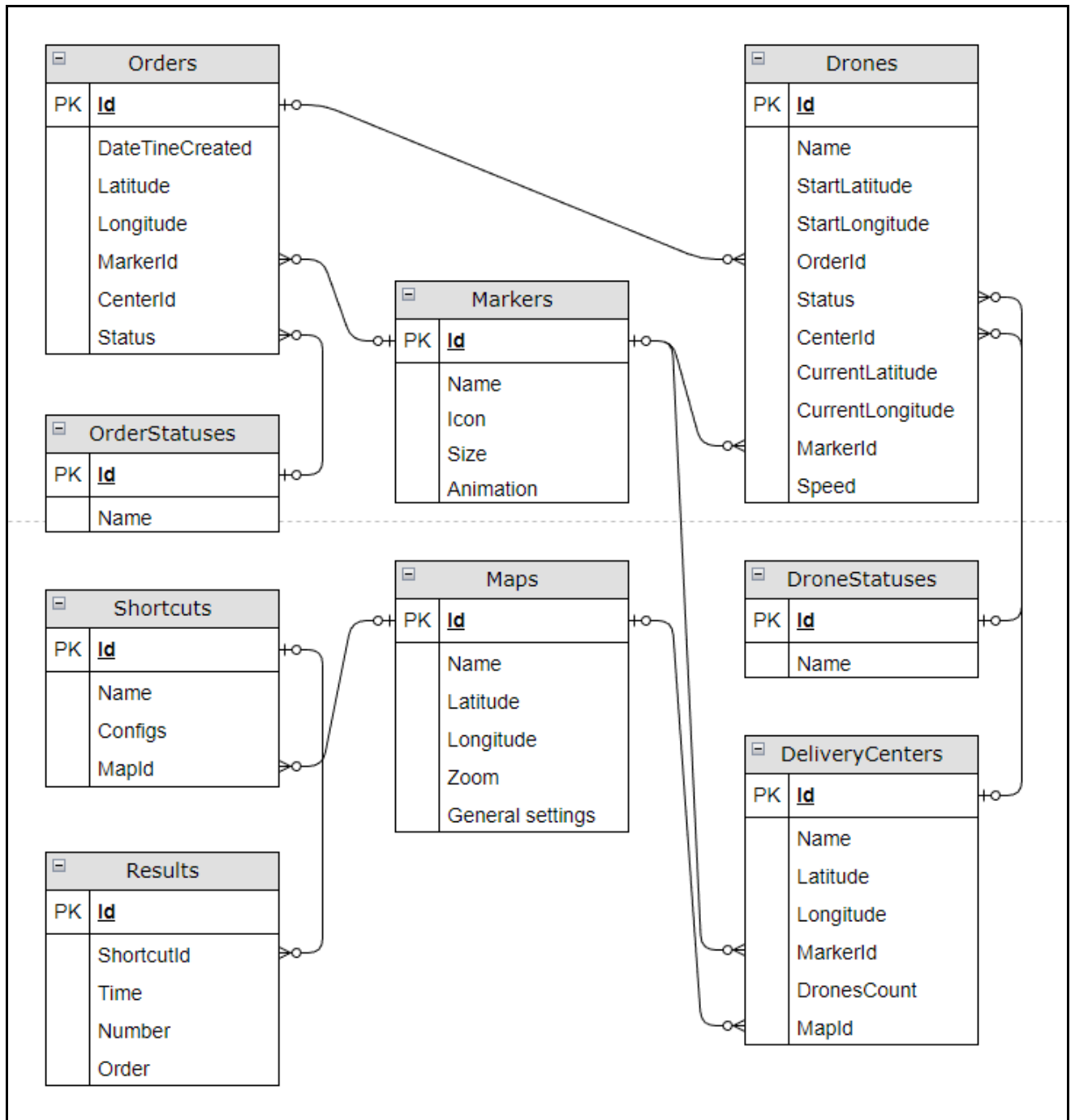
Додаток А

Схема роботи методу оптимальної доставки замовлень



Додаток Б

Інфологічна модель бази даних



Додаток В

Світлини наукових публікацій, виконаних при роботі над кваліфікаційною роботою магістра

(ксерокопії титульної сторінки, сторінки змісту та всіх сторінок із публікацією)

Перелік наукових публікацій:

1. Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К. Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022». - Хмельницький, 2022. - С. 261-264.

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції
«Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022»

18-19 листопада 2022

Хмельницький 2022

Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К. Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.....	261
Собко О.В., Кліменко В.І., Козакевич В.А. Метод автоматизованої генерації текстових повідомлень заданої семантичної спрямованості з використанням лексичних n-грам	265
Сокрут Д.Б., Томашевська Т.В. Оптимальний розподіл пов'язаних ресурсів при вирішенні задач управління в автоматизованих інформаційних системах	271
Сокрута А.О., Парфененко Ю.В. Реалізація інформаційної системи підтримки управління енергетичними мікромережами з відновлюваними джерелами енергії.....	277
Стебелецький М.М., Манзюк Е.А., Скрипник Т.К., Багрій Р.О. Покращення результативності класифікації методом ансамлевої агрегації.....	281
Стьопич В.В. Оцінювання імен ідентифікаторів вихідного програмного коду.....	287
Тимофєєва М.О., Зайцева Т.А. Автоматизована система формування завдань, трекінгу витраченого на них часу та аналізу їх виконання.....	290
Толстоноженко С.О. Шендрик В.В. Розподілена інформаційна система генерації та збереження паролів.....	293
Тронько О.О. Міхнова А.В. Використання кореляційного аналізу для дослідження проблеми залучення донорів	295
Фальченко І.О. Підключення до віддаленого комп'ютера за Network Address Translation.....	299
Храпак Б.С. Система аналізу тональності відгуків в інтернет-магазинах	303
Чабан О.Р., Манзюк Е.А. Аналіз застосування засобів штучного інтелекту для медичного діагностування .	306
Черняк М.Ю., Собко В.Г. Електронний журнал накладних реалізації одягу	309

УДК 004.4

Семенюк Б.В., Міхалевський В.Ц., Скрипник Т.К.

*Хмельницький національний університет***МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ ЗАМОВЛЕНЬ У ДИНАМІЧНІЙ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Розглянуто метод оптимальної доставки замовлень шляхом пошуку ефективного маршруту та розподілу ресурсів у динамічній системі замовлень зі статичними логістичними центрами на базі хмарних технологій. Також описується користувацький інтерфейс для відслідковування поточного стану системи.

The method of optimal delivery of orders by finding an effective route and resource allocation in a dynamite order system with static logistics centers based on cloud technologies is considered. It also provides a user interface for monitoring the current state of the system.

Транспортна логістика – система по організації доставки, а саме: переміщення будь-яких матеріальних предметів або речовин з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом [1,2].

На жаль, зараз немає активно працюючих на ринку логістичних систем, у яких транспортною одиницею являється дрон. Можна лише спостерігати деякі тестові запуски таких мереж в локальних регіонах та підприємствах. Слід зазначити, що всі вони мають змогу працювати у динамічних умовах, тобто, у реальному світі, коли наступний пункт доставки є абсолютно невідомий, що і ускладнює проблему ефективного розподілу ресурсів. На сьогодні дають про себе знати тільки деякі аналоги.

Система логістики передбачає наявність центрів, де у кожному є певна кількість транспортних засобів (дронів), їх поточну кількість готових до роботи, максимальну та залучену до роботи кількості. Також кожний такий центр має зв'язок з усіма іншими, в цьому і полягає основна суть алгоритму – коли один з центрів отримує замовлення, він поміщає один дрон у чергу польотів і далі повідомляє усі інші логістичні центри про власну поточну кількість вільних коптерів.

У відповідь центри реагують на цей меседж – вираховується поточна кількість вільних на конкретному пункті дронів та відстань до повідомника. Якщо на певному центрі немає активних замовлень, то він переходить у статус донора і резервує певну кількість дронів, яку може віддати центру, у якого не вистачає транспорту. У статус донора можуть перейти кілька центрів, тоді вони всі

надсилають свою відповідь до логістичного пункту, який запросив допомогу. Той у свою чергу дивиться на свій поточний статус, яка саме кількість йому потрібна у який проміжок часу, і за допомогою цих параметрів вираховується коефіцієнт. Якщо отримане число входить у межі певного діапазону, то центр відправляє запит про готовність отримати допомогу. Також деякі дрони можуть перебувати у стані повернення до центру, вони теж можуть брати участь у донорстві.

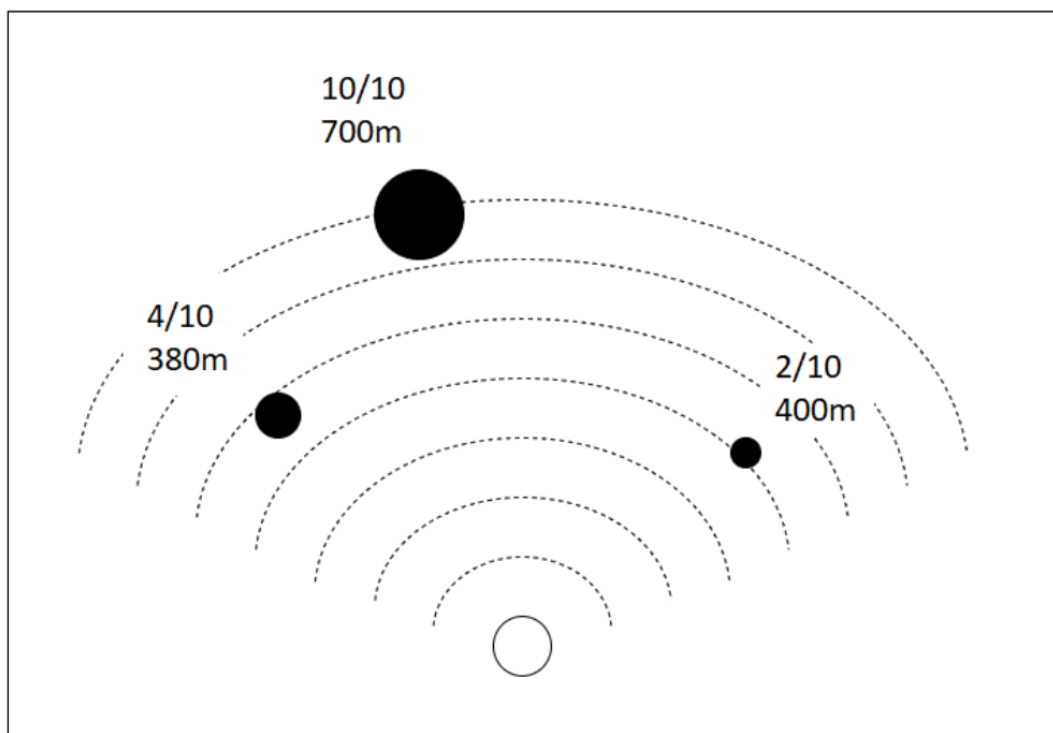


Рисунок 1 – Зв'язок між логістичними центрами

Таким чином, весь вище описаний процес нагадує собою фізику хвиль на воді, коли логістичний центр - це хаотично розташовані стовпчики у воді, а хвилі - це взаємодія між ними. Біля одного стовпчика штучно створюється хвиля, а інші її віддзеркалюють з певною силою. Величина хвилі залежить від товщини стовпчика (кількості дронів, частоти замовлень, відстані від відправника, запиту про допомогу).

Основні сутності предметної області для задачі, що розглядається, наведені в таблиці 1.

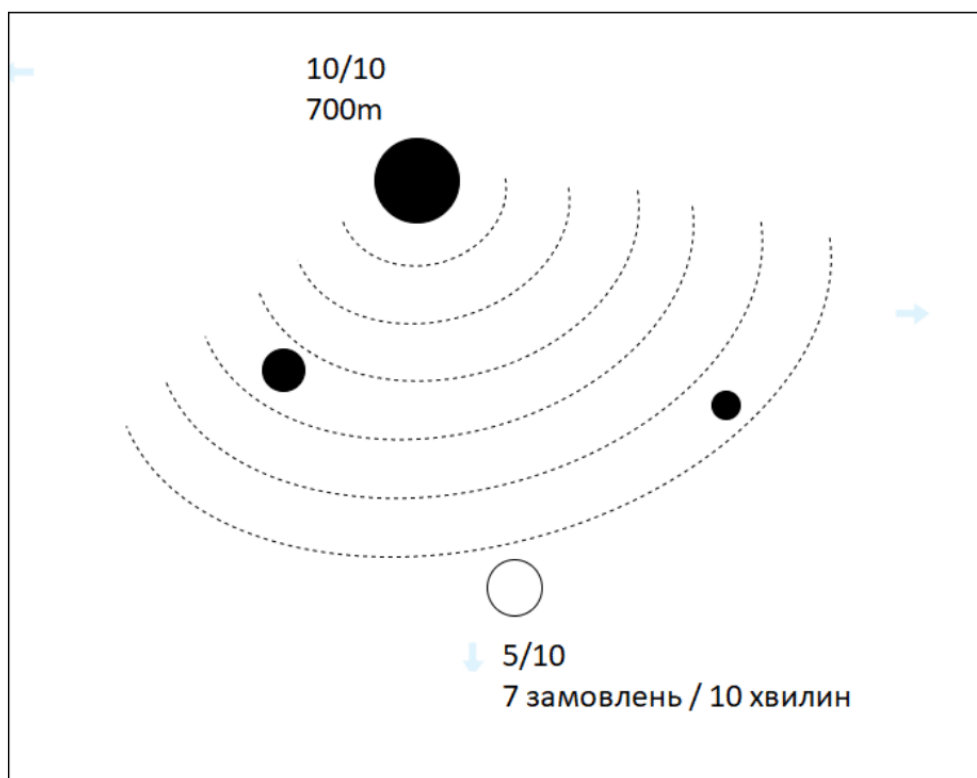


Рисунок 2 – Зворотній зв'язок між логістичними центрами

Таблиця 1 – Головні сутності алгоритму

Сутність	Опис
Маршрут	Вектор на карті з початком та кінцем його проходження
Пункт призначення	Фінальна точка виконання замовлення
Логістичний центр	Місце початку прокладання маршруту
Дрон	Безпілотний літаючий засіб, підвид квадрокоптера
Ефективність	Об'єктивна оцінка роботи
Поточний стан системи	Інформація про різні вузли системи, відображена у графіках чи мітках з характерним кольором
Характеристики транспортного засобу	Перелік особливостей літаючого засобу, який характеризує його та виділяє його до певного виду або підвиду
Замовлення	Звернення користувача до системи про необхідність прокладання нового маршруту
Трафік	Відображення у реальному часі на карті розташування дронів та їх статусів, що необхідно для поверхневого аналізу стану системи

Отже, запропонований метод (хвильовий алгоритм) для оптимізації доставки дронами у динамічній логістичній системі на базі хмарних технологій забезпечує пошук ефективного маршруту та регулює завантаженість мережі відповідно до встановлених умов. Подальші дослідження спрямовані на тестування та покращення швидкодії, а також на інтеграцію з реальними системами у тестових умовах.

Перелік посилань

1. Franceschi-Bicchieri, Lorenzo. FAA Clarifies That Amazon Drones Are Illegal. Mashable (англ.). 10.12.2018.
2. Транспортна логістика.
URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Транспортна_логістика
3. Переваги доставки дроном URL: <https://lemarbet.com/ua/razvitie-internet-magazina/dostavka-dronami/>
4. Amazon Prime Air.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Prime_Air

Додаток Г

Презентаційний матеріал

тема

Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій

Виконав:

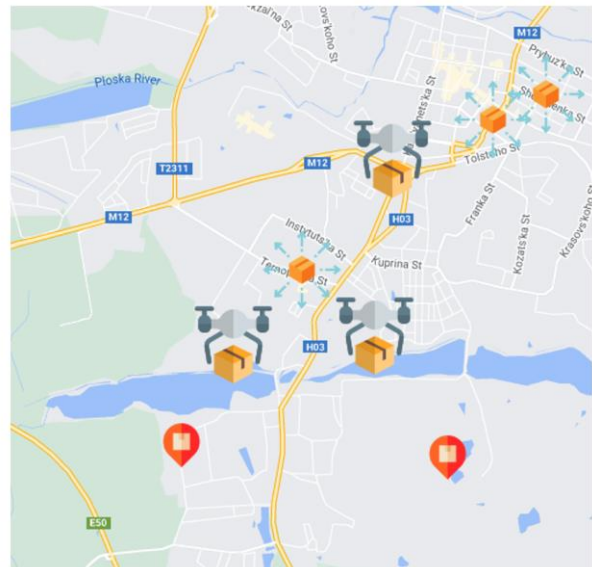
студент 2 курсу, група КНМ-21-1
Семенюк Богдан Васильович

Керівник:

к.ф.-м.н., доцент кафедри КН
Міхалевський Віталій Цезарійович

мета

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці методу оптимальної доставки замовлень в динамічній мережі на базі хмарних технологій та відповідних інформаційної технології та інформаційної системи, необхідних для автоматизованої побудови оптимальних маршрутів доставки замовлень за відомостями множини пунктів для відвідування, початкового пункту, множини доступних шляхів, показників динаміки руху на шляхах та наявності апаратно-технічного забезпечення в логістичних пунктах.

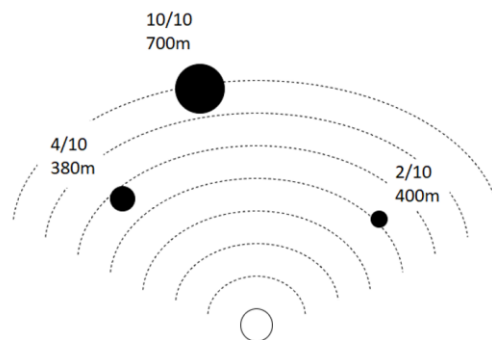


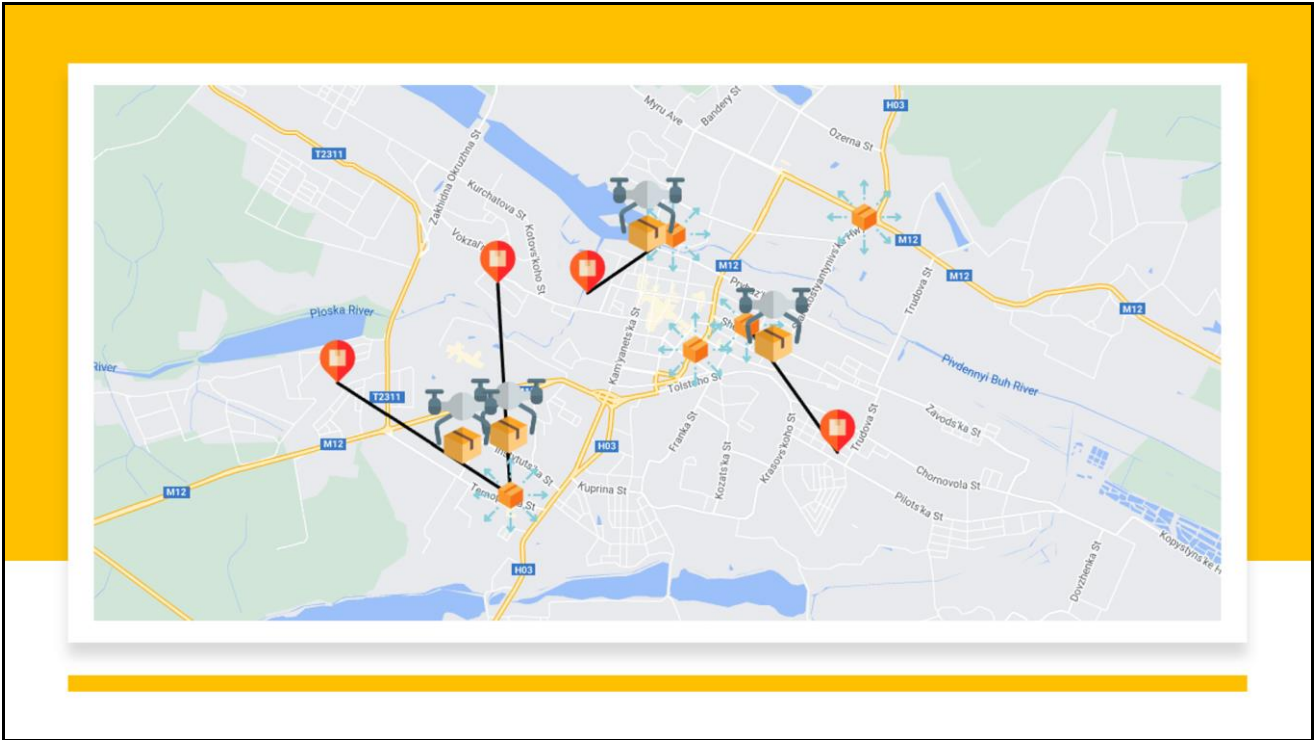
завдання

1. Проведено аналіз предметної області та відомих підходів до автоматизованої доставки замовлень.
2. Вдосконалено інформаційну модель доставки замовлень у динамічній мережі.
3. Розроблено метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.
4. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого визначення оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.
5. Розроблено інформаційну систему оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.
6. Проведено функціональне та прикладне дослідження ефективності розроблених засобів, у тому числі для тестового аналізу замовлень доставки у динамічній мережі.

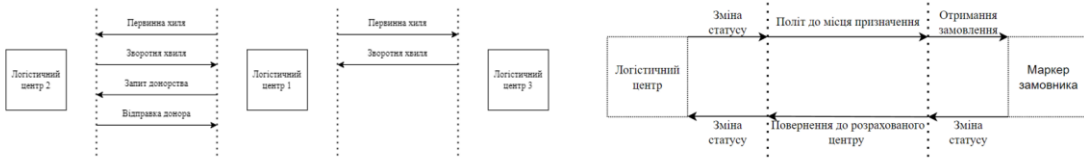
об'єкт, предмет

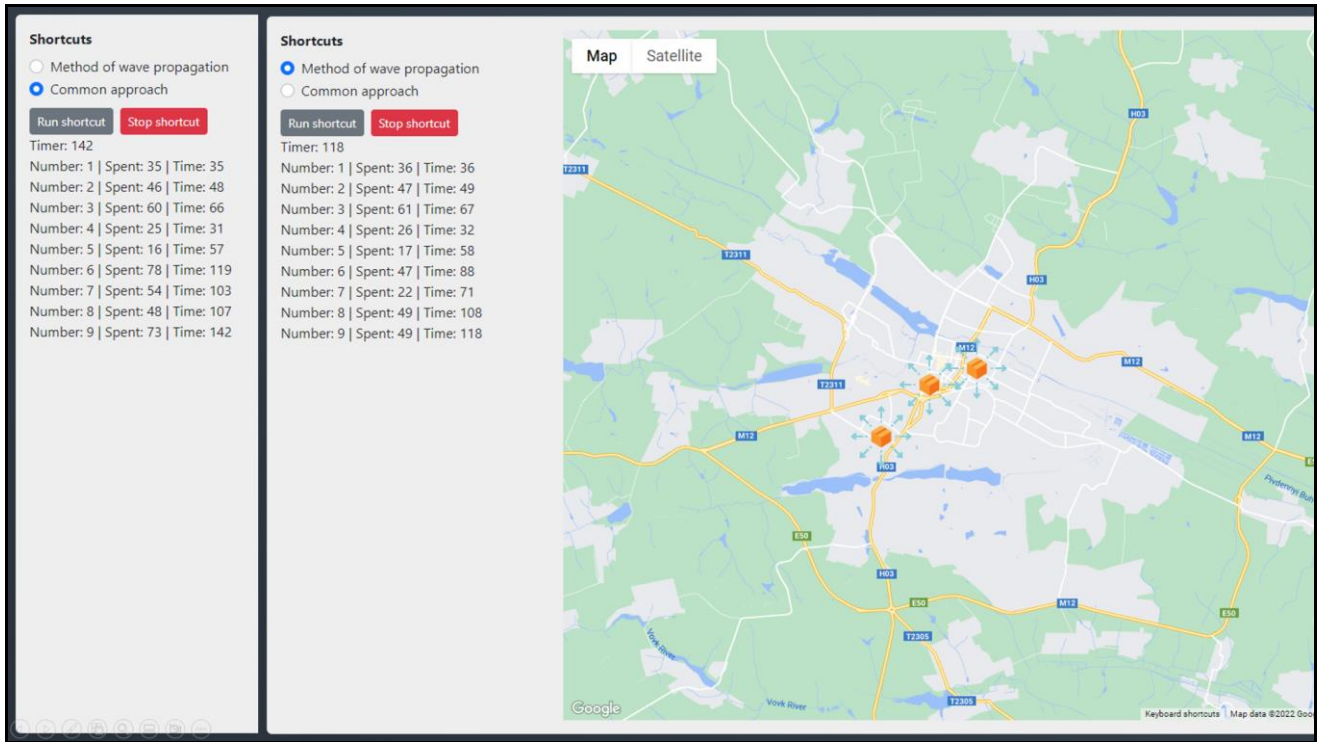
- Об'єкт дослідження – процес транспортної доставки замовлень у пункти мережі, що динамічно змінюється.
- Предмет дослідження – інформаційні технології, моделі, методи та засоби автоматизації процесу пошуку маршрутів оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі.





діаграми





НОВИЗНА

Наукова новизна у галузі транспортної логістики, оскільки на даний момент немає прозорого рішення проблеми доставки дронами через ряд перешкод, з якими доводиться боротися на етапі проектування. Розроблений метод хвильового поширення має підстави для існування, оскільки вирішує проблеми: регулювання навантаження конкретних центрів, зменшення простою, пришвидшення виконання замовлень.

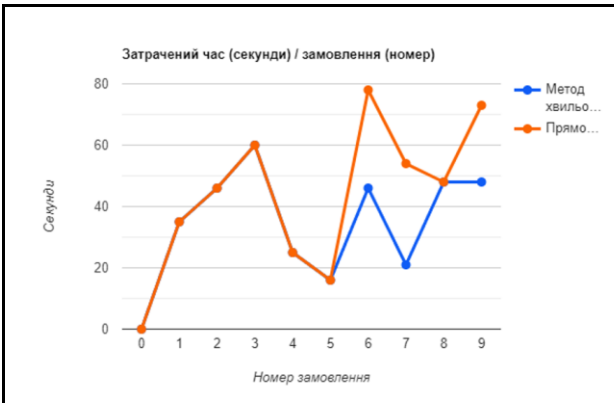


тези

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ ЗАМОВЛЕНЬ У ДИНАМІЧНІЙ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто метод оптимальної доставки замовлень, шляхом пошуку ефективного маршруту та розподілу ресурсів у динамічній системі замовлень зі статичними логістичними центрами на базі хмарних технологій. Також передбачає собою користувацький інтерфейс для відслідковування поточного стану системи.

The method of optimal delivery of orders by finding an effective route and resource allocation in a dynamite order system with static logistics centers based on cloud technologies is considered. It also provides a user interface for monitoring the current state of the system.



№ п/п	Затрачений час на виконання замовлення (секунди)	Час від початку запуску шаблону до моменту виконання замовлення (секунди)
1	35	35
2	46	48
3	60	66
4	25	31
5	16	57
6	78	119
7	54	103
8	48	107
9	73	142



№ п/п	Затрачений час на виконання замовлення (секунди)	Час від початку запуску шаблону до моменту виконання замовлення (секунди)
1	35	35
2	46	48
3	60	66
4	25	31
5	16	57
6	46	87
7	21	70
8	48	107
9	48	117



Середній час виконання замовлення:

- з використанням методу – 38.3 (секунд);
- без використання – 48.3 (секунд).



Загальний час виконання усіх замовлень цього разу виявся дещо меншим на 24 секунди та дорівнює 118 секунд, тобто майже на 17 відсотків швидше. Та має наступні індивідуальні результати.

Отже, в середньому виконання кожного замовлення, з використанням методу оптимальної доставки замовлень у динамічній мережу, майже на 21 відсотків швидше.

Дякую за увагу

Додаток Д

Результати представлення роботи до захисту

07.12.22, 13:44

result_337462108229298325.html

Wed Dec 07 12:54:32 EET 2022, Петровський Сергій Степанович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 8%

ID: 109035 Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА на тему Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій Додано в БД: 2022-12-07 Автора: Б.В. Семенюк Керівники: В.Ц. Міхалевський Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	69451	1075	3159 (5%)	53 (5%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми



Ім'я користувача:
Кафедра КН

ID перевірки:
1013230104

Дата перевірки:
07.12.2022 13:45:10 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.12.2022 13:47:20 EET

ID користувача:
100005671

Назва документа: КНм-21-1_Семенюк

Кількість сторінок: 74 Кількість слів: 10809 Кількість символів: 82895 Розмір файлу: 2.13 MB ID файлу: 1012990292

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

7.44%
Схожість

Найбільша схожість: 2.29% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1009419501)

3.48% Джерела з Інтернету

21

Сторінка 76

4.23% Джерела з Бібліотеки

94

Сторінка 76

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

2

Підозріле форматування

18
сторінок

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА ДО ЗАХИСТУ ЗА
РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ ЗВІТУ ПОДІБНОСТІ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій

Автор: Семенюк Б.В., група КНм-21-1

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. кафедри КН Міхалевський В.Ц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) за програмою Anti-Plagiarism виявлені 2% запозичень, що підтверджує авторство дослідження.

2) За програмою UNICHECK виявлені 7,44% запозичень є фрагментарними – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни, скорочення та визначення.

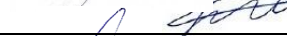
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 2% і 7,44% відповідно, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



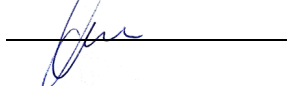
В. Ц. Міхалевський

Гарант ОП



Р. О. Багрій

Завідувач кафедри КН



О. В. Бармак



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МОН УКРАЇНИ



кафедра комп'ютерних наук

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на кваліфікаційну роботу магістра

гр. КНм-21-1 Семенюка Богдана Васильовича за темою: Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій

1. Актуальність обраної теми

В кваліфікаційній роботі магістра було розроблено метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Тема роботи є актуальною на даний час, актуальність детально обґрунтована дослідженнями процесів транспортної доставки замовлень дронами, методами прийняття рішень щодо вибору маршрутів доставки та аналізом ряду програмних продуктів, що допомагають вирішувати задачу отримання оптимального маршруту доставки.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

Предметна область метода оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій дозволяє формалізацію, систематизацію, збір та аналіз інформації для автоматизованого визначення маршрутів доставки за множиною наявних параметрів системи та наявністю апаратно-технічного забезпечення (дронів) у вузлах мережі, що динамічно змінюється. Розроблена інформаційна система описує, аналізує та оптимізує архітектурні рішення для автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень.

Кваліфікаційна робота відповідає вимогам стандарту до роботи магістра за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

3. Повнота розкриття мети та завдань дослідження

Завдання дослідження повністю розкривають мету роботи. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі. Інформаційна система надає можливість за параметрами мережі одержувати множину можливих рішень та формувати на її основі оптимальний маршрут доставки замовлень.

4. Наявність наукової новизни

Наукова новизна підтверджена розробкою методу автоматизованої побудови оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі, що дозволяє за множиною наявних параметрів мережі автоматизовано визначати множину маршрутів доставки

замовлень, та розробкою нової інформаційної системи автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

5. Зміст кожного розділу роботи

В першому розділі проаналізована предметна область та сформульована постановка задачі на розробку системи автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень.

В другому розділі проаналізовано існуючі технології та запропоновано і розроблено метод і засоби автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі.

В третьому розділі розроблено інформаційну систему автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій та визначено засоби розробки інформаційної системи.

В четвертому розділі протестовано і досліджено ефективність інформаційної технології автоматизованого визначення оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій та особливості використання інформаційної системи, наведено результати порівняння ключових параметрів побудови за іншими відомими інформаційними системами побудови маршрутів доставки замовлень та зроблена оцінка отриманих результатів.

6. Ступінь розкриття теми роботи

Тема роботи розкрита повністю. Достовірність результатів підтверджена процесом тестування на основі вхідних параметрів для автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій.

7. Якість оформлення кваліфікаційної роботи

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра оформлена відповідно до норм. Мовних, граматичних, синтаксичних помилок не виявлено.


8. Недоліки кваліфікаційної роботи

Явних недоліків в роботі не виявлено. Можна було б провести узагальнення роботи системи шляхом розширення діапазону апаратно-технічних засобів та удосконалення інтерфейсу користувача.

9. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), якої оцінки заслуговує кваліфікаційна робота.

Рекомендую допустити кваліфікаційну роботу до захисту.

Робота заслуговує на оцінку « *добре* ».

Опонент  Бедратюк Л.П., д.фіз.-мат.наук, проф., зав.кафедри ПІЗ



**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МОН УКРАЇНИ**



кафедра комп'ютерних наук

ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА

на кваліфікаційну роботу магістра

гр. КНм-21-1 Семенюка Богдана Васильовича за темою: Метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій

1. Актуальність теми

Актуальність теми обґрунтована в достатній мірі: на сьогоднішній день існує ряд рішень, що допомагають вирішувати задачу доставки замовлень, проте вони мають ряд недоліків. Враховуючи те, апаратно-технічне забезпечення постійно вдосконалюється, тобто існуюче не може витримувати конкуренцію, і крім того розвивається парк програмного забезпечення, то розробка нових методів і засобів доставки замовлень на поточному етапі є актуальним.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

В кваліфікаційній роботі магістра було розроблено метод оптимальної доставки замовлень у динамічній мережі на базі хмарних технологій. Детально досліджені процеси доставки замовлень, методи прийняття рішень щодо вибору оптимального маршруту та проведено аналіз ряду програмних продуктів для доставки замовлень.

Тема кваліфікаційної роботи магістра відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та вимогам до кваліфікаційної роботи магістра: 1) Виконавцем сплановано і реалізовано процес розробки комп'ютерної систем та програмного забезпечення, проведено тестування та порівняльний аналіз. 2) Виконавець обрав інформаційне середовище розробки та дослідження, що дозволило знайти правильне і ефективне рішення, а запропонований метод дозволяє обрати найоптимальніший маршрут доставки замовлення.

Проаналізовано, оцінено та порівняно різні технології процесів для встановлення пріоритетів у відповідності з критеріями продуктивності та якості, що визначені завданням. Розроблено інформаційну систему для визначення оптимального маршруту доставки замовлення. Проведено функціональне та прикладне дослідження ефективності розроблених засобів, у тому числі для тестового аналізу випадків доставки замовлень.

3. Професійні та особистісні якості магістранта

Магістрант володіє в достатній мірі професійними якостями дослідника: 1) Має здатність збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до комп'ютерної системи, що розробляється. 2) Має здатність формалізувати предметну область проекту у вигляді відповідної інформаційної моделі.

Серед особистісних якостей магістранта слід виділити відповідальність, цілеспрямованість, здатність навчатися, нестандартність мислення.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Студент більшу частину роботи виконав самостійно. Особисто магістрантом досліджено предметну область, проведено порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих програмних засобів для доставки замовлень; підібрано алгоритм для опрацювання даних; розроблено нову інформаційну систему автоматизованого визначення оптимального маршруту доставки замовлень, проведено функціональне та прикладне дослідження

ефективності розроблених засобів, у тому числі для тестового аналізу випадків доставки замовлень.

5. Наукова новизна та оригінальність запропонованих підходів

У виконаній роботі наукова новизна присутня в достатній мірі. Інноваційний підхід проявлено в розробці методу автоматизованого підбору оптимального маршруту доставки замовлень, що дозволяє за множиною наявних параметрів автоматизовано визначати множину маршрутів для доставки замовлень.

Результати дослідження доповідались на 1-й конференції та оприлюднені в 1-х тезах.

6. Ступінь оволодіння методами дослідження

Магістрант в достатній мірі оволоділа методами дослідження, які були використані у роботі: порівняння, аналізу, класифікації, узагальнення.

7. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема роботи розкрита достатньо в рамках поставлених завдань: спроектовано структуру і здійснено прикладну програмну розробку інформаційної системи автоматизованого визначення множини маршрутів доставки замовлень та вибору між ними оптимального. Інформаційна система включає в себе базу даних, базу знань і п'ять функціональних модулів, що мають різне призначення: модуль роботи користувача з експертними даними, модуль роботи користувача з каталоговими даними, модуль взаємодії користувача з оперативними даними, модуль формування множини можливих маршрутів та модуль оптимізації за критеріями часу, відстані та ваги замовлення і виведення користувачу результатів роботи.

8. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладу матеріалу

Магістрант матеріал виклав логічно, послідовно, аргументовано. Наводилися наявні розробки, ставилося задача та послідовно розв'язувалася. Для аргументації отриманих рішень проводилося теоретичне обґрунтування та порівняльний аналіз експериментів.

Літературна та граматична якість матеріалу на достатньому рівні.

9. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи, окремих її частин

Результати кваліфікаційної роботи магістра можуть застосовуватися на практиці після налаштувань під конкретно запропоновану модель автоматизованого формування маршрутів доставки замовлень дронами. Практична цінність роботи полягає в тому, що при застосуванні методу оптимальної доставки виконується не тільки відкидання параметрично неприйнятних маршрутів, а й запити користувачу на встановлення параметрів замовлень, що дозволяє в процесі роботи методу розширити функціональну картину та взяти до розгляду відпочатку безпідставні маршрути.

10. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи до захисту, на яку оцінку заслуговує робота

Рекомендую допустити кваліфікаційну роботу магістра до захисту.

Робота заслуговує на оцінку « добре ».

Науковий керівник _____



к.фіз.-мат.н., доц. Віталій Міхалевський