

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій, обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій
і моделювання систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Кучківський Володимир Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача освіти)

УДК 004:628.4.04

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інформаційна система управління збором побутових відходів на базі IoT

(тема роботи)

126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Лапін Андрій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.е.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2023

Висновок кафедри _____

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____

№ ___ від «_____» _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)
«_____» _____ 20___ р.

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти _____

захистив (ла)

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Кучківський В.С. Інформаційна система управління збором побутових відходів на базі IoT. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Зміст анотації

Проблематика, пов'язана з управлінням збору побутових відходів та можливості використання технологій Інтернету речей (IoT) для її вирішення.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ВИВЕЗЕННЯ ВІДХОДІВ, ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, УПРАВЛІННЯ ЗБОРОМ ВІДХОДІВ, ОПТИМАЛЬНИЙ МАРШРУТ, ДАТЧИКИ, ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА, IoT, МІКРОКОНТРОЛЕРИ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

SUMMARY

Kuchkivskyi V.S. Information system for household waste collection management based on IoT. - Qualification work as a manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 126 - Information Systems and Technologies. - Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

Annotation:

The problem related to household waste collection management and the possibility of using Internet of Things (IoT) technologies to solve it are considered in this work.

Keywords: INFORMATION SYSTEM, WASTE COLLECTION, HOUSEHOLD WASTE, WASTE MANAGEMENT, OPTIMAL ROUTE, SENSORS, TRAVELING SALESMAN PROBLEM, IoT, MICROCONTROLLERS, SOFTWARE.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Аналіз інформаційних потреб і визначення предметної області дослідження	7
1.2 Моделювання управління збором побутових відходів на базі технологій IoT	8
Висновок до першого розділу	12
Розділ 2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ управління збором побутових відходів на базі технологій IoT	13
2.1 Структура системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT	13
2.2 Формалізація моделі системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT	15
Висновок до другого розділу	16
Розділ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ	17
3.1 Проектування інтерфейсу інформаційної системи	17
3.2 Реалізація математичної моделі системи	19
Висновок до третього розділу	22
ВИСНОВКИ	23
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	24

ВСТУП

У сучасному світі проблема відходів є дуже актуальною. Кожен день ми виробляємо величезну кількість сміття, яке потрібно вивозити та переробляти. Збір сміття та його вивезення – це складний технологічний процес, який потребує великої кількості ресурсів та фінансів. У той же час, недостатня організація збору та вивезення сміття може мати негативний вплив на довкілля та здоров'я людей. На сьогоднішній день вивезення сміття організоване неефективно. Сміттєвози часто виїжджають дарма до порожніх контейнерів, а це зайві витрати на паливо. Причиною виникнення цієї проблеми є відсутність актуальних даних про заповненість контейнерів побутовими відходами.

За останні десятиліття утворення відходів в усьому світі значно зросло, і це не зупиниться в найближчі роки. До 2050 року очікується збільшення утворення твердих відходів на 70% до 3,4 мільярда метричних тонн, що обумовлено зростанням населення, урбанізацією, економічним розвитком та звичками споживачів. Кожен рік людство виробляє мільйони тонн відходів, що стає серйозною проблемою в усьому світі [1]. Проте, згідно з останніми дослідженнями, IoT стає все більш поширеним у різних галузях та вирішує багато проблем, зокрема збільшення ефективності використання ресурсів, підвищення якості послуг, зменшення витрат на обслуговування та забезпечення більшої безпеки і зручності для користувачів.

Одним із способів оптимізації процесу збору та вивезення сміття є використання технологій Інтернету речей (IoT). Ідея полягає у тому, щоб обладнати сміттєві баки датчиками, які будуть відслідковувати заповненість контейнерів та передавати цю інформацію на централізований сервер. На основі цієї інформації система буде будувати оптимальні маршрути для сміттєвозів, зменшуючи кількість зайвих поїздок та забезпечуючи ефективнішу роботу всієї системи. Крім того, система IoT для збору та аналізу даних про заповненість сміттєвих баків може бути корисною для жителів міста. Вони зможуть

отримувати інформацію про стан заповненості смітєвих баків у своїй окрузі в реальному часі та планувати свої дії щодо вивезення відходів.

Об'єктом дослідження даного дипломного проєкту є процес збору та аналізу даних про заповненість контейнерів з використанням системи IoT.

Предметом дослідження є використання системи IoT для збору та аналізу даних про заповненість контейнерів у містах та населених пунктах.

Основною метою є зменшення витрат на вивезення відходів шляхом використання оптимальних маршрутів через точки вивозу, де знаходяться заповнені контейнери. Це досягається шляхом скорочення кількості відвідувань точок вивозу з незаповненими контейнерами.

Дипломний проєкт складається з наступних розділів: вступ, системний аналіз особливостей предметної області дослідження, розроблення системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT, програмна реалізація моделі системи.

Розділ 1 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз інформаційних потреб і визначення предметної області дослідження

Інформаційні потреби в цій області включають збір, обробку та аналіз даних про збір побутових відходів, їх обробку та вивіз на звалища. Інформаційна система повинна забезпечувати повний контроль над процесом збору відходів, включаючи планування маршрутів, моніторинг, оптимізацію роботи транспорту, відстеження показників ефективності та інше.

Сучасні технології дозволяють отримувати великі обсяги даних про заповненість сміттєвих баків, що є необхідною інформацією для ефективного управління вивезенням відходів. Аналізуючи ці дані, можна визначити оптимальні маршрути та час вивезення сміття з мінімальними витратами на транспортування та переробку відходів.

IoT (Internet of Things) або Інтернет речей це система фізичних об'єктів (речей), взаємопов'язаних між собою за допомогою вбудованих датчиків, програмного забезпечення та інших технологій. Цей зв'язок потрібний для передачі даних на інші пристрої в системі або в інші системи через Інтернет. IoT-пристрої всередині кожної окремої мережі можна налаштовувати, надавати або забороняти їм доступ до даних. Але в цілому вони функціонують самостійно в режимі реального часу. Між собою і хмарним сховищем пристрої найчастіше пов'язані за допомогою Wi-Fi, Bluetooth або мобільного зв'язку [3].

IoT можна використовувати для оптимізації процесу збору та вивезення побутових відходів. За допомогою вбудованих датчиків і програмного забезпечення, IoT-пристрої можуть зібрати та передати дані про заповненість контейнерів зі сміттям. Ці дані можуть бути використані для визначення найефективнішого маршруту збору відходів, що дозволяє скоротити час, кількість маршрутів та витрати на їх вивезення.

1.2 Моделювання управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

Моделювання системи можна здійснити з використанням методології IDEF (Integration Definition for Function Modeling). IDEF0 та IDEF3 є двома з основних моделей, які можуть бути використані для цієї мети.

IDEF0 – методологія функціонального моделювання та графічної нотації, призначена для формалізації та опису бізнес-процесів. Відмінною рисою IDEF0 є її акцент на супідрядність об'єктів. У IDEF0 розглядаються логічні відносини між роботами, а чи не їх тимчасова послідовність (потік робіт) [9].

Функціональна модель IDEF0 являє собою набір блоків, кожен з яких є «чорною скринькою» з входами та виходами, управлінням та механізмами, які деталізуються (декомпонуються) до необхідного рівня. Найважливіша функція розташована у верхньому лівому кутку. А з'єднуються функції між собою за допомогою стрілок та описів функціональних блоків. У цьому кожен вид стрілки чи активності має значення. Ця модель дозволяє описати всі основні види процесів як адміністративні, так і організаційні [9]. Кожен блок повинен мати мінімум один вихід. Якщо виходу немає, така система не повинна моделюватися взагалі. Стрілки можуть бути:

- Вхідні(направленні в ліву сторону прямокутника) – які ставлять певне завдання.
- Вихідні(виходять з правої сторони прямокутника) – які виводять результат діяльності.
- Керуючі (згори донизу) – механізми управління (положення, інструкції та ін.).
- Механізми (знизу нагору) – що використовується для того, щоб зробити необхідну роботу.

На першому етапі дослідження було побудовано загальну контекстну діаграму, яка зображена на рисунку 1.1.

На вхід контекстної діаграми подаються контейнери зі сміттям і область вивезення, стрілками керування є дійсне законодавство і регламент підприємства щодо управління, стрілками механізмів є обладнання та співробітники і на стрілці виходу отримуємо маршрут збору заповнених контейнерів.

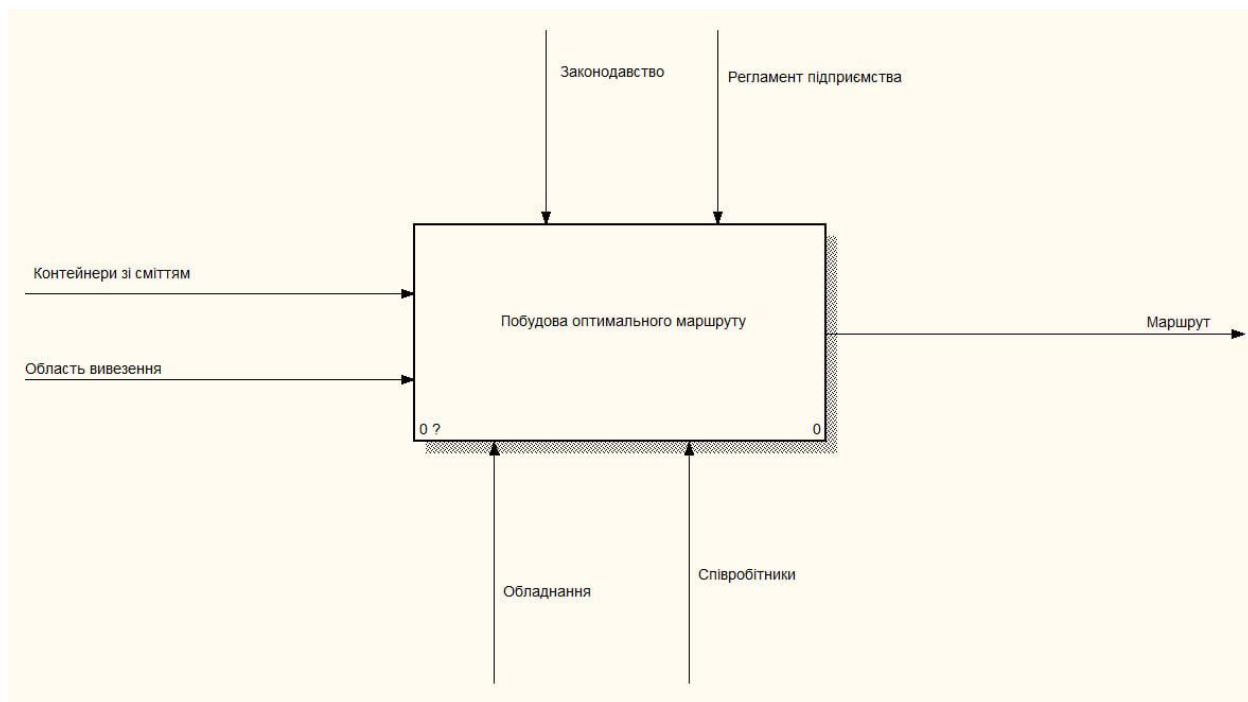


Рисунок 1.1 – контекстна діаграма IDEF0 IC управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

Діаграма декомпозиції на рисунку 1.2 розкриває процес побудови оптимального маршруту більш детально, який складається з чотирьох блоків. Давайте розглянемо кожен блок окремо:

- Вимірювання заповнення контейнера: Спочатку використовується датчик, щоб виміряти рівень заповненості контейнера зі сміттям. Інформація з датчика передається для подальшої обробки.
- Обробка даних: Після отримання інформації про заповненість контейнера, дані проходять процес обробки. Це може включати перевірку на відповідність заданим стандартам або фільтрацію надлишкових або некоректних даних.

- Фільтрація точок вивозу: За допомогою програми проводиться фільтрація точок вивозу відповідно до заданої області вивезення та заповненості контейнерів. Це дозволяє визначити оптимальні точки для вивезення заповнених контейнерів.
- Побудова маршруту: Останній блок відповідає за побудову маршруту для збору заповнених контейнерів зі сміттям. Враховуючи відфільтровані точки вивозу, програма визначає найоптимальніший маршрут, який дозволить збирати заповнені контейнери у заданому порядку.

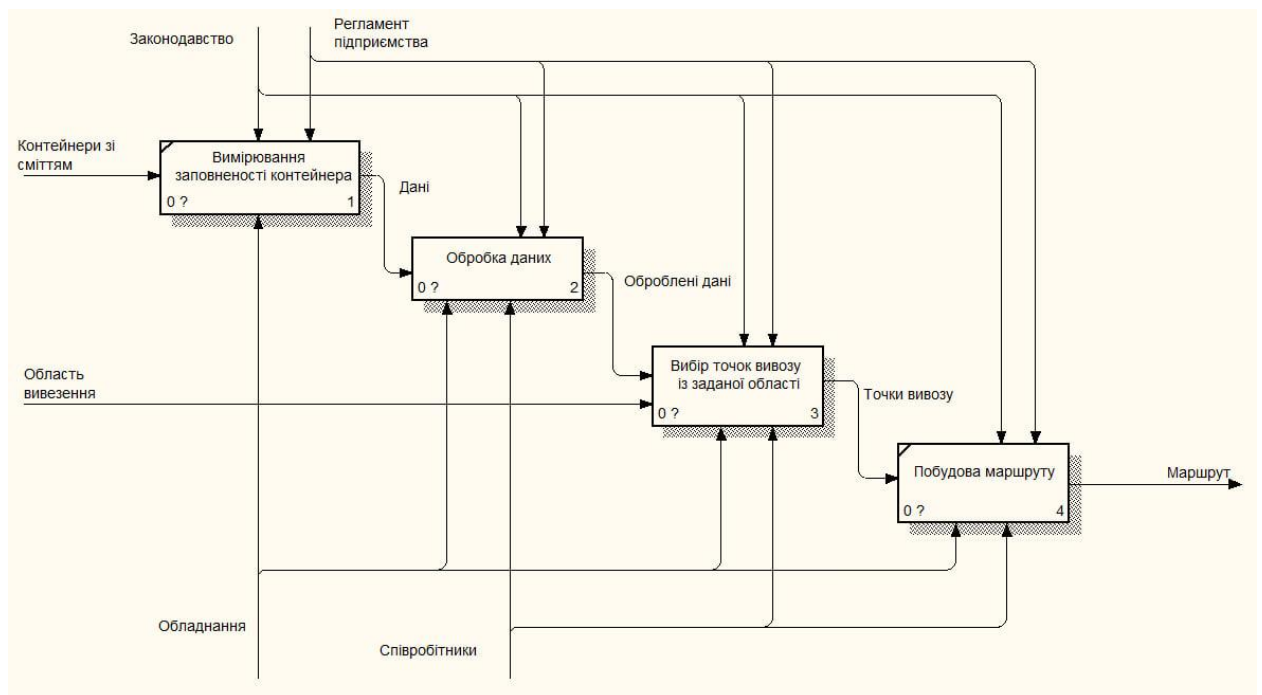


Рисунок 1.2 – Декомпозиція першого рівня IDEF0 IC управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

На декомпозиції другого рівня, зображеної на рисунку 1.3, показано деталізацію другого блоку "Обробка даних". Цей блок складається з трьох підрівнів:

- На першому підрівні "Зчитування даних" здійснюється отримання даних з датчиків, які встановлені на контейнерах зі сміттям. Ці дані зчитуються в електронну систему і зберігаються для подальшої обробки.

- Другий підрівень "Фільтрація даних" відповідає за фільтрацію даних, отриманих з датчиків. У цьому блоку використовується задана область вивезення, яка визначає точки вивозу, що належать до цієї області. Дані, які не відповідають заданій області вивезення, відфільтровуються і не беруться до подальшої обробки.
- Третій підрівень "Аналіз даних" відповідає за аналіз отриманих даних з метою визначення контейнерів зі сміттям, які потребують вивезення. У цьому блоку використовуються дані, що залишилися після фільтрації, і проводиться аналіз цих даних з метою визначення ступеня заповненості контейнерів зі сміттям. Цей аналіз допомагає визначити, які контейнери потребують термінового вивезення, а які можуть залишитись на певний період часу.

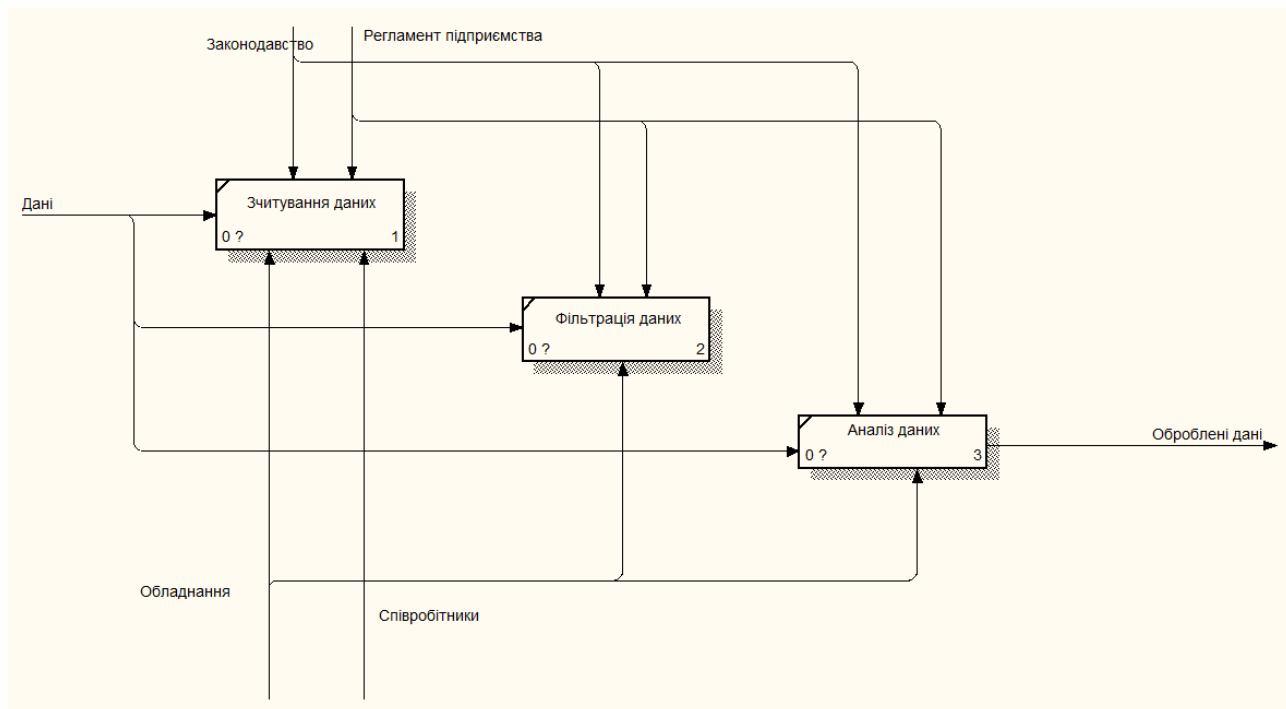


Рисунок 1.3 – Декомпозиція другого блоку IDEF0 «Обробка даних» ІС управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

IDEF3 є однією з галузей мови моделювання IDEF. Ця методологія дозволяє аналізувати процеси збору та обробки даних, а також виявляти потреби в інформації, необхідні для виконання різних функцій та задач. IDEF3 відображає процес збору даних та інформації в ієрархічній моделі з різними

рівнями, кожен з яких має власні функції та процедури для збору та обробки даних. Він допомагає описувати джерела даних на кожному рівні, які дані збираються та як вони передаються між різними рівнями.

На рисунку 2.1 відображено IDEF3 модель ІС управління збором побутових відходів на базі технологій ІоТ

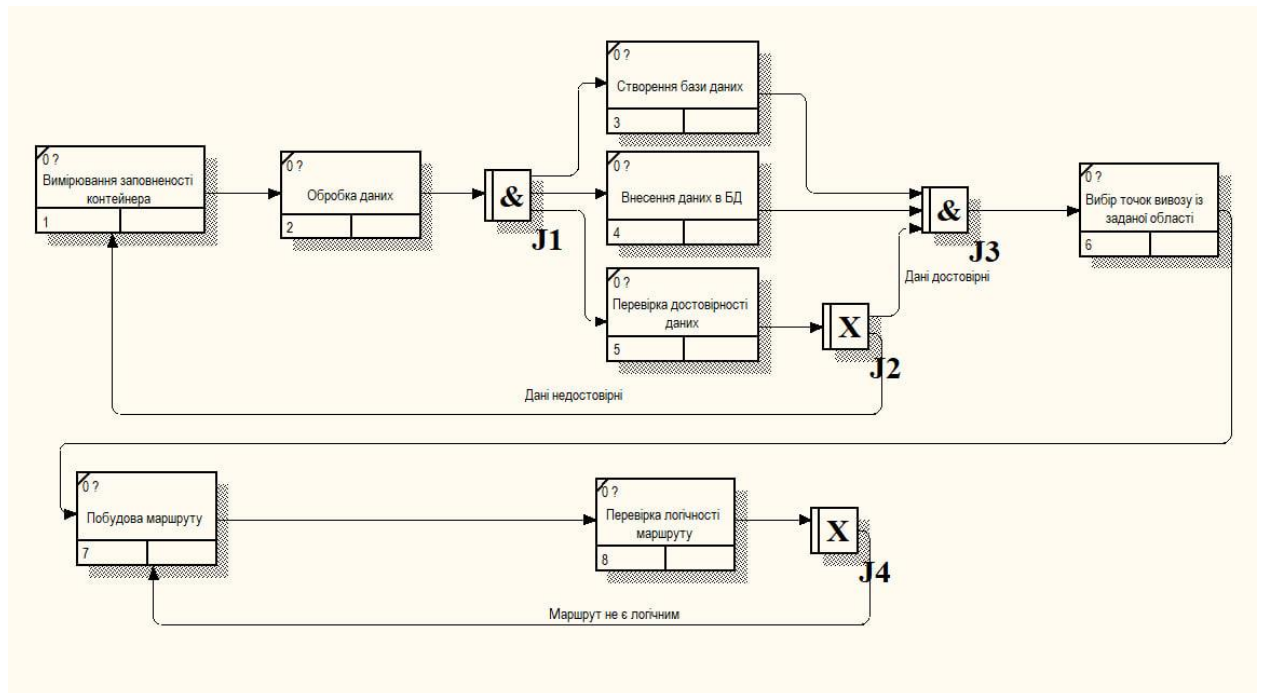


Рисунок 2.1 – IDEF3 модель ІС управління збором побутових відходів на базі технологій ІоТ

Висновок до першого розділу

Під час аналізу інформаційних потреб і визначення предметної області дослідження було виявлено, що управління збором побутових відходів може бути поліпшене за допомогою технологій Інтернету речей (ІоТ). Також для розробки такої системи було використано моделювання IDEF0 та IDEF3.

Модель IDEF0 дозволяє виділити функції та підсистеми системи управління збором побутових відходів на базі технологій ІоТ. Ця модель дозволяє зрозуміти, які процеси відбуваються в системі та як вони пов'язані між собою.

Модель IDEF3 зосереджується на взаємодії між компонентами системи. Вона дозволяє виділити різні сценарії взаємодії та описати їх детальніше.

Розділ 2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

2.1 Структура системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

Структура системи управління збором відходів складається з наступних компонентів: контейнер зі сміттям, датчик вимірювання заповнення, GPS-трекер, мікроконтролер і сервер

Датчик – це пристрій, який призначений для вимірювання певного параметру в зовнішньому середовищі або системі. Датчики можуть вимірювати різноманітні параметри, такі як температура, вологість, тиск, рух, освітленість, звук, електричний струм та багато інших.

Для вимірювання заповненості контейнеру потрібні ультразвукові датчики. Дані датчики являють собою безконтактний спосіб контролю та вимірювання положення та усунення. Для цього вони випромінюють звукові хвилі. Звукові хвилі відображаються в датчику і на основі отриманих сигналів ультразвуковий датчик може точно виміряти відстань до об'єкта та виявити наближення навіть в умовах обмеженого освітлення або наявності перешкод.

GPS-трекер (Global Positioning System) – це електронний пристрій, який використовує сигнали з супутників GPS для визначення місця знаходження об'єкта з точністю до метрів [9]. У системі управління збором відходів GPS-трекер встановлюється на транспортний засіб (наприклад, сміттєвоз), який здійснює збір відходів з контейнерів.

GPS-трекери можуть бути різних типів і розмірів. Найбільш поширеними є портативні трекери, які можна встановити на будь-який транспортний засіб. Їх можна заряджати від батареї або підключити до джерела живлення транспортного засобу. Деякі GPS-трекери також мають вбудований GSM-модуль, що дозволяє передавати дані про місцезнаходження і стан транспортного засобу на сервер у режимі реального часу через мобільну мережу. У системі управління збором відходів GPS-трекер є важливим елементом, оскільки він дозволяє вирішувати такі завдання, як визначення оптимального

маршруту руху транспортного засобу, зменшення часу на перевезення відходів, контроль за рухом транспортного засобу та його використанням.

Мікроконтролер – виконаний у вигляді мікросхеми спеціалізований комп'ютер, що включає мікропроцесор, оперативну та постійну пам'ять для збереження виконуваного коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями [8]. Мікроконтролер є компонентом системи управління вивезенням сміття, на якому є модуль зв'язку з інтернетом. Цей компонент отримує актуальну інформацію про заповненість контейнера від датчика та відправляє її до центрального обробника даних через Інтернет.

Принципова схема роботи сенсорів та засіб передачі інформації на сервер компанії представлено на рис.3.1

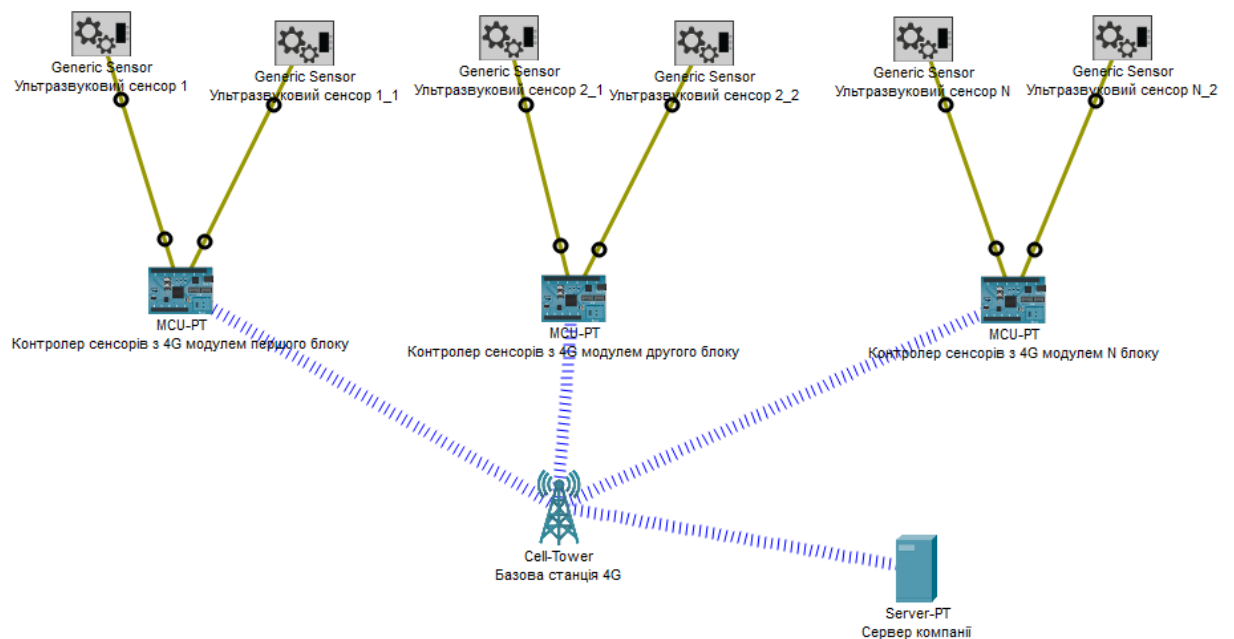


Рис. 3.1 Схема роботи сенсорної мережі по збору побутових відходів

Проектування інформаційної системи передбачає створення зручного та легкого у використанні інтерфейсу, який дозволяє користувачам взаємодіяти з системою та контролювати збір побутових відходів в режимі реального часу.

2.2 Формалізація моделі системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT

Для побудови оптимального маршруту через заповнені сміттєві баки з кінцевою точкою в сміттєзвалищі можна скористатися задачею комівояжера.

Задача комівояжера (англ. Travelling Salesman Problem, TSP) є однією з найвідоміших задач комбінаторної оптимізації. Вона полягає в тому, щоб знайти найкоротший шлях між n містами, який проходить через кожне місто тільки один раз і повертається до початкового міста, рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Задача комівояжера.

Задача комівояжера є NP-повною задачею, що означає, що вона не може бути вирішена точно за поліноміальний час для великої кількості міст.

Метод гілок та меж – це алгоритм розв'язання задачі, який має деревоподібну структуру для пошуку оптимального рішення, використовуючи результати оцінювання задач. Зазвичай, деревоподібну структуру називають деревом розгалужень.

Один із основних алгоритмів для вирішення задачі комівояжера базується на принципі динамічного програмування. При описі цього алгоритму ми будемо використовувати термінологію, що відповідає типовій інтерпретації задачі.

Нехай i – довільний контейнер ($i \in N$), а V – будь-яка підмножина контейнерів, що не містить контейнерів 1 і i . Позначимо через $M(i, V)$ сукупність маршрутів, кожен з яких починається у контейнері i , закінчується у контейнері 1 і проходить як проміжні тільки через контейнери множини V , заходячи в кожен з них рівно по одному разу. Через $B(i, V)$ позначимо довжину найкоротшого маршруту сукупності $M(i, V)$. Для розв'язуваної задачі $B(i, V)$ – функція Беллмана. Як очевидно, $B(1, \{2, 3, \dots, n\})$ – шукана мінімальна довжина простого (без перетинів) замкнутого шляху, що проходить через всі контейнери.

Якщо V – одноелементна множина, $V = \{j\}$, де $j \neq 1$ і $j \neq i$, то сукупність $M(i, V)$ складається з єдиного шляху $\mu = (i, j, 1)$. Тому

$$B(i, \{j\}) = s_{ij} + s_{j1} \quad i \in N, j \in \{2, 3, \dots, n\}, j \neq i. \quad (1.1)$$

Припустимо, що значення функції $B(i, V)$ для всіх $i \in N \setminus \{1\}$ та всіх можливих k -елементних ($k < n - 1$) множин V вже обчислені. Тоді значення $B(i, V')$, де V' – довільна $(k + 1)$ -елементна підмножина сукупності $N \setminus \{1, i\}$, обчислюється за формулою (1.2).

$$B(i, V') = \min_{j \in V'} (s_{ij} + B(j, V' \setminus \{j\})). \quad (1.2)$$

Для побудови оптимального маршруту, нам потрібно модифікувати задачу, додавши умову включення лише тих вершин, які відповідають заповненим сміттєвим бакам з показником заповненості в 70% і більше.

Висновок до другого розділу

В даному розділі було детально розглянуто структуру системи та її компоненти.. Описано роль та функції кожного компонента в системі. Також у розділі була розглянута формалізація моделі системи, використовуючи задачу комівояжера для побудови оптимального маршруту збору відходів. Задача комівояжера є однією з найвідоміших задач комбінаторної оптимізації і для її розв'язання існують алгоритми, які можуть знайти наближені розв'язки за прийнятний час.

Розділ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ

3.1 Проектування інтерфейсу інформаційної системи

Проектування інформаційної системи передбачає створення зручного та легкого у використанні інтерфейсу, який дозволяє користувачам взаємодіяти з системою та контролювати збір побутових відходів в режимі реального часу.

Застосунок написаний на мові програмування Python в середовищі PyCharm. Для розробки інтерфейсу користувача використовувалася бібліотека PyQt5, яка є однією з найпопулярніших бібліотек для створення графічних інтерфейсів у Python.

PyQt5 – це повнофункціональна бібліотека, яка надає розширені можливості для створення графічного інтерфейсу. За допомогою PyQt5 можна легко створювати кнопки, меню, вікна, діалогові вікна та інші графічні елементи інтерфейсу [7]. Крім того, бібліотека містить багато інструментів для зручної роботи зі стилями та взаємодії з користувачем.

Після запуску програми на екрані відобразиться карта, на якій будуть розміщені маркери контейнерів з побутовими відходами. Крім того, на екрані будуть відображені три кнопки: «Побудувати маршрут», «Список контейнерів для сміття» і «перезавантажити» для додаткових функцій, зображено на рисунку 3.1.

Для створення об'єкту карти з відображенням маркерів, що відображають координати контейнерів для сміття використовуються бібліотека Folium.

Бібліотека Folium – це бібліотека мови програмування Python для візуалізації геоданих та створення інтерактивних карт на основі даних, отриманих з різних джерел, таких як CSV-файли, бази даних та веб-служби. Вона базується на бібліотеці Leaflet.js, що забезпечує підтримку зображення карт за допомогою веб-браузера, та надає можливість розміщувати на карті різноманітні графічні елементи, такі як маркери, круги та полігональні області. Folium є потужним інструментом для візуалізації даних з геолокацією, що може бути використаний для створення інтерактивних карт для веб-додатків, аналізу даних та досліджень [15].

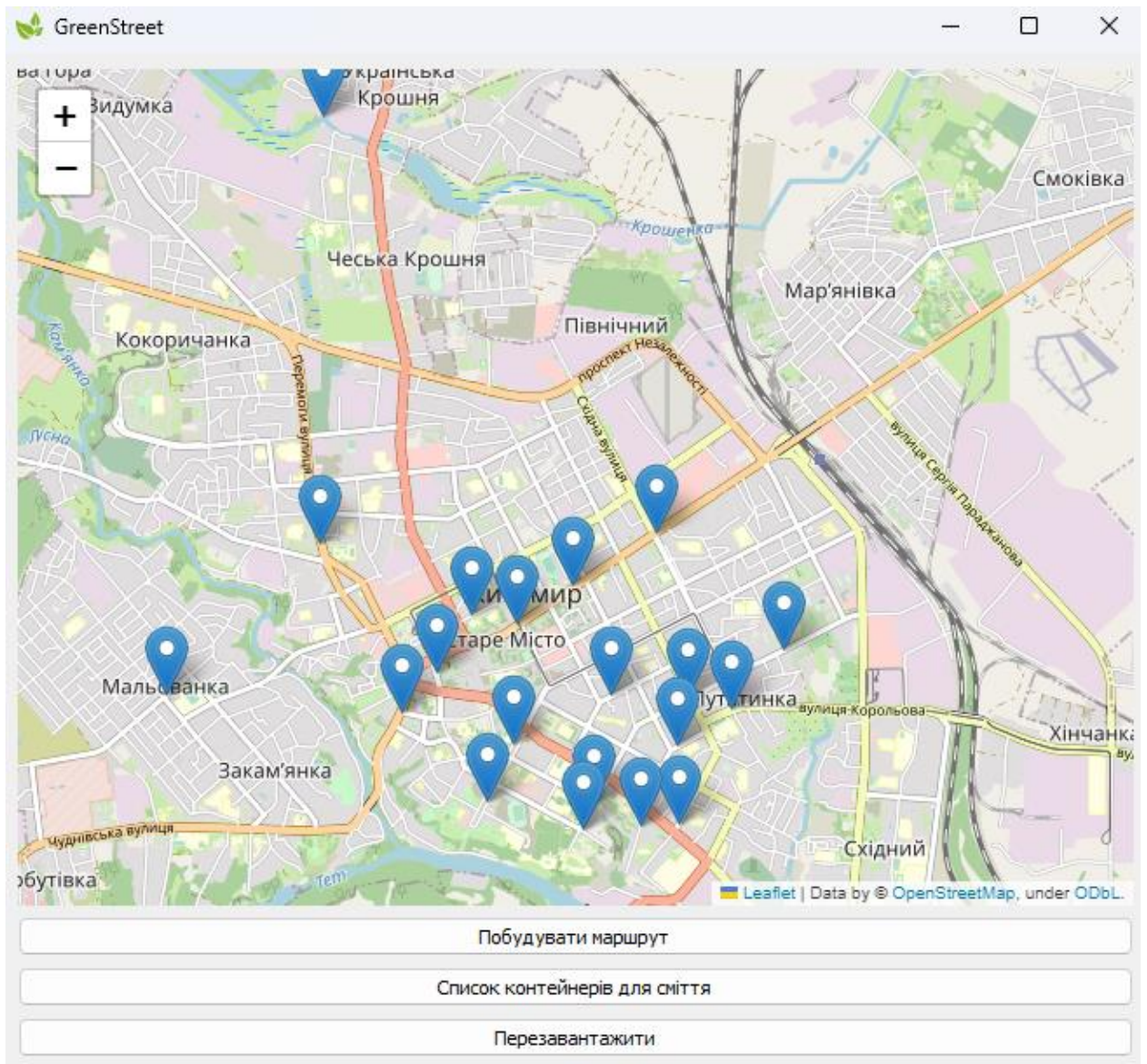


Рисунок 3.1 – Головне меню застосунку

Для додавання нового контейнера на карті потрібно натиснути на кнопку "Список контейнерів для сміття", після чого з'явиться список існуючих.

	Номер	Довгота	Широта	Місто	Вулиця
1	111	50.246804	28.676512	Житомир	Шевченка
2	112	50.245412	28.684891	Житомир	Гагаріна
3	113	50.258595	28.664469	Житомир	Львівська
4	114	50.245391	28.681242	Житомир	Хлібна
5	115	50.250522	28.668649	Житомир	Старий бульвар
6	116	50.260433	28.67456	Житомир	Київська
7	117	50.253415	28.685771	Житомир	Івана Мазепи
8	118	50.253598	28.678327	Житомир	Дмитрівська
9	119	50.254997	28.661098	Житомир	Театральна
10	120	50.252722	28.690081	Житомир	Корольова
11	121	50.246837	28.66611	Житомир	Синельниківсь...
12	122	50.25802	28.668955	Житомир	Київська
13	123	50.245094	28.675518	Житомир	Фещенка-...
14	124	50.250402	28.684771	Житомир	Довженка
15	125	50.256458	28.695205	Житомир	Шевченка
16	126	50.253598	28.634468	Житомир	Героїв ...
17	127	50.26308	28.64966	Житомир	Перемоги
18	128	50.252506	28.657747	Житомир	Мала ...
19	129	50.263748	28.682647	Житомир	Східна

Сортувати за зростанням Сортувати за спаданням

Додати контейнер

Рисунок 3.2 – Вікно «Список контейнерів»

3.2 Реалізація математичної моделі системи

Побудова оптимального маршруту є однією з важливих задач нашого дипломного проекту, тому реалізація математичної моделі стає необхідним інструментом.

Спочатку функція `distance` приймає координати двох точок на площині і повертає відстань між ними за допомогою формули Евкліда (рис 3.1).

```
def distance(x1, y1, x2, y2):
    return mt.sqrt((x2 - x1) ** 2 + (y2 - y1) ** 2)
```

Рисунок 3.1 – Формула Евкліда

Функція tsp виконує сам алгоритм розв'язання задачі комівояжера за допомогою методу гілок та меж. Вона приймає матрицю відстаней між всіма парами точок та повертає найкоротший можливий шлях і його вартість (рис 3.2).

```
def tsp(input_matrix):
    n = len(input_matrix)
    s = (1 << (n - 1)) - 1
    path = [0] * s
    local_sum = [0] * s

    for i in range(s):
        path[i] = [0] * (n - 1)
        local_sum[i] = [-1] * (n - 1)
    m = [n - 1, input_matrix.copy(), path, local_sum]

    sum_path = INF
    for i in range(m[0]):
        index = 1 << i
        if s & index != 0:
            sum_temp = tsp_next(m, s ^ index, i) + m[1][i + 1][0]
            if sum_temp < sum_path:
                sum_path = sum_temp
                m[2][0][0] = i + 1
    m[3][0][0] = sum_path
```

Рисунок 3.2 – Алгоритм розв'язання задачі комівояжера

Функція tsp_next виконує рекурсивний підрахунок найкоротшого шляху в підрядку маршруту, що проходить через певну точку (рис 3.3).

```

def tsp_next(m, s, init_point):
    if m[3][s][init_point] != -1:
        return m[3][s][init_point]
    if s == 0:
        return m[1][0][init_point + 1]
    sum_path = INF
    for i in range(m[0]):
        index = 1 << i
        if s & index != 0:
            sum_temp = tsp_next(m, s ^ index, i) + m[1][i + 1][init_point + 1]
            if sum_temp < sum_path:
                sum_path = sum_temp
                m[2][s][init_point] = i + 1
    m[3][s][init_point] = sum_path
    return sum_path

```

Рисунок 3.3 – Рекурсивний підрахунок найкоротшого шляху

При запуску програми ми отримали відображення графу з вершинами та найкоротшим шляхом між 17 точками на площині (рис 3.4).

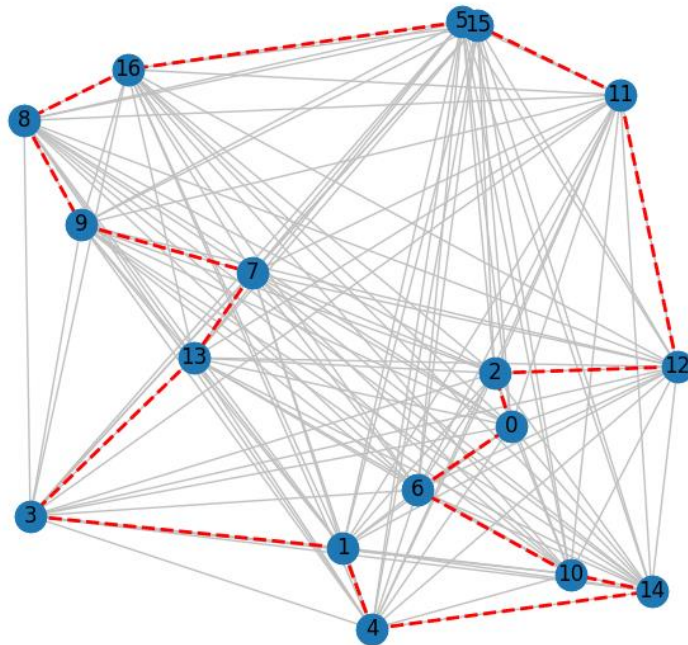


Рисунок 3.4 – Побудова найкоротшого шляху

На побудову маршруту між 17 точками витрачається 2 секунди, а при побудові між 20 точками час збільшується до 20 секунд. Тому, в залежності від конкретної задачі, цей метод може не бути ефективним через великий час,

необхідний для розрахунку маршруту. Оскільки смітєвоз може перевезти максимум 17 контейнерів, метод побудови маршруту за допомогою алгоритму комівояжера є прийнятним для використання в нашій системі.

Висновок до третього розділу

Було спроектовано зручний у використанні інтерфейс системи, який дозволяє користувачам контролювати збір побутових відходів в режимі реального часу. Для розробки інтерфейсу користувача використовується бібліотека PyQt5. За допомогою бібліотеки Folium створюється карта з маркерами, які відображають місця, де знаходяться контейнери для збору відходів.

ВИСНОВКИ

Для аналізу та моделювання цієї проблеми були використані методології IDEF0 та IDEF3. Методологія IDEF0 використовується для моделювання бізнес-процесів, в яких визначаються функції та їх взаємозв'язки в системі. Методологія IDEF3 використовується для аналізу та проектування систем, в яких визначаються різноманітні аспекти взаємодії між елементами системи.

В другому розділі було розглянуто структуру системи управління збором побутових відходів на базі технологій IoT. Описано компоненти, що складають систему, такі як контейнер зі сміттям, датчик вимірювання заповнення, GPS-трекер і мікроконтролер. Для вимірювання заповненості контейнера використовуються ультразвукові датчики. GPS-трекер встановлюється на транспортний засіб, що здійснює збір відходів, і дозволяє визначати місцезнаходження транспортного засобу. Мікроконтролер виконує роль комунікаційного засобу між датчиком і сервером, передаючи дані про заповненість контейнера на сервер через Інтернет.

Також у розділі було сформалізовано математичну модель системи управління збором побутових відходів, а саме використанням задачі комівояжера динамічним методом програмування.

У третьому розділі спроектовано інтерфейс для системи або процесу, який може покращити ефективність та продуктивність діяльності.

Загалом, проект має потенціал стати корисним для вирішення екологічних проблем та поліпшення екологічної ситуації в містах. Однак, для досягнення цієї мети, можуть знадобитися додаткові функції та можливості, такі як сповіщення про переповнення контейнерів, відслідковування кількості відходів, взаємодія з міською владою тощо.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Проблеми забруднення в Україні: веб-сайт. URL:
<https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21417/>
- 2) Інформаційні технології: веб-сайт. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційні_технології
- 3) IoT: веб-сайт. URL: <https://hub.kyivstar.ua/news/iot-abo-internet-rechey/>
- 4) IoT: веб-сайт. URL: <https://www.atiko.com.ua/articles/chto-takoe-iot-prostyimi-slovami/>
- 5) Інтернет речей: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей
- 6) Датчик: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Датчик>
- 7) Датчик: веб-сайт. URL: <https://corelamps.com/elektromontazhne-obladnannia/datchyky/>
- 8) Мікроконтролер: веб-сайт. URL:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/мікроконтролер>
- 9) GPS-трекер: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPS-трекер>
- 10) Ультразвукові датчики: веб-сайт. URL: https://skifcontrol.com.ua/ru/product-category/datchiki-processa-i-obnaruzheniya-obektov/ultrazvukovie_datchiki/
- 11) IDEF0: веб-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IDEF0>
- 12) IDEF0: веб-сайт. URL: <https://trinion.org/blog/idef0-znakomstvo-s-notaciey-i-primer-ispolzovaniya>
- 13) IDEF3: веб-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IDEF3>
- 14) Математична модель: веб-сайт. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Математична_модель
- 15) Задача комівояжера: веб-сайт. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Задача_комівояжера
- 16) Задача комівояжера: веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/articles/701458/>
- 17) Бібліотека PyQt5. веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/articles/651093/>
- 18) Бібліотека Folium. Веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/articles/664888/>