

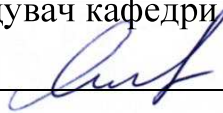
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелєв І.Л.

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

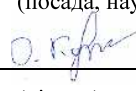
на тему: «Дослідження методів сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелекту»

Виконав: студент групи 6141 м


_____ ***Остапуха В.С.***
(підпис)

Керівник роботи:

доцент кафедри ІУСТ, к.т.н.,
(посада, науковий ступінь вчене звання)


_____ ***Гайдаєнко О.В.***
(підпис)

м. Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"

Освітня програма "Комп'ютерні науки"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми

В. Ажищев

к.т.н, доц. Ажищев В.Ф.

"___" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

Студенту Остапусі Віктору Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження методів сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелекту

Керівник роботи к.т.н., доцент Гайдаєнко Оксана Володимирівна

Затверджені наказом ректора № 1055-уч. від "08" жовтня 2024 року.

2. Термін подання роботи: 15 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) ДСТУ щодо обробки інформації, літературні джерела, технічна документація на існуючі аналоги систем, матеріали наукового стажування

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Дослідження методів сортування, проектування ІС, розробка ІС, техніко-економічне обґрунтування розробки, охорона праці, навколишнього охорона середовища, додатки

5. Перелік презентаційних матеріалів постановка задачі, недоліки системи, концептуальна модель, діаграма use case, логічна модель БД, діаграма розгортання, екранні форми, висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	05.09.2023	22.12.2023
2	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	23.12.2023	15.06.2024
3	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	15.06.2024	25.09.2024
4	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	25.09.2024	14.11.2024
5	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	25.09.2024	14.11.2024
6	К.т.н., доц Гайдаєнко О.В	25.09.2024	14.11.2024

7. Дата видачі завдання 05 вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження та аналіз предметної галузі	22.12.2024	
2	Розробка концепції	15.03.2024	
3	Розділ з розробки проектних рішень по системі (та її частинах)	15.06.2024	
4	Реалізація проекту та розробка робочої документації	25.09.2024	
5	Обчислення економічної ефективності	14.11.2024	
6	Вирішення питань охорони праці та навколишнього середовища	14.11.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	14.11.2024	
8	Подання магістерської роботи на перевірку на плагіат	16.11.2024	
9	Подання магістерської роботи рецензенту	20.11.2024	
10	Подання магістерської роботи на державний захист	15.12.2024	

Студент

(підпис)

Остапуха В.С.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Гайдаєнко О.В.

(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі здійснено теоретичне узагальнення й розв'язання актуальної науково-технічної задачі дослідження **методів сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелект.**

При виконанні дипломної роботи проаналізовано предметну область: досліджені існуючі методи логістики, розроблено математичну модель; вдосконалено проект підсистеми управління відділом логістики: розроблені загальносистемні проектні рішення, рішення з організаційного, інформаційного, технічного, програмного забезпечень; виконано розділи з економічного обґрунтування розробки, охорони праці та навколишнього середовища, виконано кодування програмних модулів, виконано тестування отриманої підсистеми, розроблено додатки.

Робота викладена на 66 сторінках, містить 18 рисунків, 5 таблиць, 3 додатки.

Ключові слова: методи, сортування, відходи, тверді побутові, штучний інтелект, утилізація.

ABSTRACT

The thesis provides a theoretical generalization and solution to the current scientific and technical problem of studying methods for sorting solid household waste using artificial intelligence.

When performing the thesis, the subject area was analyzed: existing logistics methods were studied, a mathematical model was developed; the project of the logistics department management subsystem was improved: general system design solutions were developed, solutions for organizational, information, technical, and software were developed; sections on the economic justification of development, labor protection, and the environment were completed, coding of program modules was performed, testing of the resulting subsystem was performed, and applications were developed.

The work is presented on 66 pages, contains 18 figures, 5 tables, and 3 applications.

Keywords: methods, sorting, waste, solid waste, artificial intelligence, recycling.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
Розділ 1. Дослідження методів сортування	11
1.1 Аналіз предметної області	11
1.2 Аналіз існуючих рішень	12
1.2.1 Методи аналізу та розпізнавання матеріалів	12
1.2.2 Роботизовані методи сортування	12
1.2.3 Механічні методи сортування	13
1.2.4 Хімічні методи.....	13
1.2.5 Автоматизовані системи управління	14
1.2.6 Соціальні аспекти.....	14
1.3 Організаційна структура підприємства	15
1.3.1 Вищий управлінський рівень.....	15
1.3.2 Логістичний блок	16
1.3.3 Технічний блок.....	16
1.3.4 Екологічний та аналітичний блок	16
1.3.5 Фінансово-економічний блок	17
1.3.6 Додаткові підрозділи	17
1.3.7 Структури у вигляді ієрархії.....	17
1.4 Концепція системи	18
1.4.1 Процес роботи системи:	19
1.4.2. Переваги інтеграції ІІІ у систему сортування.....	20
1.4.3Технології для реалізації	20
1.5 Постанова задачі	20
Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ІС СОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ	
ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТ	25

2.1 Загально системні рішення	25
2.2 Основні компоненти системи	27
2.3 Діаграма послідовності.....	31
2.4 Створення бази даних для ІС сортування ТПВ	33
2.4.1 Фізична модель бази даних.....	34
Висновки по розділу 2	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІС СОРТУВАННЯ ТПВ	37
3.2 Програмне забезпечення розробки.....	38
3.3. Апаратне забезпечення розробки.....	41
Висновки до розділу 3	44
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ	45
Висновок до розділу 4	47
Розділ 5. Охорона праці.....	48
5.1 Загальні положення.....	48
Висновок до розділу 5	51
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	52
6.1 Загальні положення.....	52
6.2 Основні екологічні цілі.....	52
6.3 Аналіз екологічних ризиків.....	52
6.4 Заходи з охорони навколишнього середовища.....	53
6.5 Використання технологій штучного інтелекту для екологічної безпеки	53
6.6 Організація екологічної відповідальності	54
6.7 Очікувані результати впровадження ІС.....	54
Висновок до розділу 6	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТПВ – тверді побутові відходи

АС ЗТ ТПВ – автоматизована система збору та транспортування твердих побутових відходів

ВСТУП

Дослідження методів сортування твердих побутових відходів (ТПВ) із використанням штучного інтелекту (ШІ) демонструє значний потенціал для вирішення проблеми утилізації відходів, зниження екологічного навантаження та оптимізації процесів переробки.

1. Актуальність дослідження це сучасна проблема накопичення ТПВ є глобальним викликом для екології, економіки та здоров'я людей. Традиційні методи сортування та утилізації відходів стають менш ефективними через зростання обсягів відходів та складність їх складу. Використання ШІ дозволяє автоматизувати, прискорити та покращити якість сортування.

2. Переваги використання штучного інтелекту:

- ШІ забезпечує автоматичну класифікацію відходів із високою точністю завдяки використанню алгоритмів машинного навчання, аналізу зображень та сенсорних даних.

- Інтеграція ШІ сприяє скороченню витрат на ручне сортування, мінімізує людський фактор і підвищує продуктивність системи.

- Алгоритми прогнозування дозволяють ефективніше планувати маршрути транспортування та оптимізувати використання ресурсів.

- Екологічні переваги використання технологій ШІ знижує негативний вплив на довкілля шляхом: зменшення обсягу відходів, що потрапляють на полігони. Підвищення рівня вторинної переробки матеріалів, таких як пластик, папір, метал і скло. Скорочення викидів парникових газів і зменшення забруднення повітря, води та ґрунту.

3. Економічна доцільність це автоматизація сортувальних процесів із використанням ШІ сприяє зниженню витрат на утилізацію та створює нові можливості для економіки:

- Генерація прибутку за рахунок продажу вторинних матеріалів.

- Зменшення витрат на експлуатацію полігонів.

- Розвиток галузі переробки та створення нових робочих місць у сфері управління відходами.

4. Технічні аспекти Розробка систем сортування із ШІ потребує використання високопродуктивного обладнання, яке включає:

- Сенсори та камери для збору даних про відходи.
- Потужні обчислювальні системи для обробки даних і роботи алгоритмів.
- Надійне програмне забезпечення для інтеграції різних компонентів системи.

5. Соціальний вплив Системи сортування ТПВ із ШІ сприяють формуванню екологічної свідомості серед населення та підвищують зацікавленість у роздільному зборі відходів. Вони стимулюють перехід до циркулярної економіки та сталого розвитку.

- Основні виклики це необхідність значних початкових інвестицій у створення та впровадження системи.
- Інтеграція ШІ з існуючими інфраструктурами переробки відходів.
- Забезпечення відповідності системи екологічним стандартам і нормативам.

6. Подальші перспективи - вдосконалення алгоритмів ШІ, збільшення масштабів впровадження автоматизованих сортувальних систем та використання нових технологій (наприклад, IoT, робототехніки) дозволить ще більше підвищити ефективність сортування ТПВ і зробити значний внесок у сталий розвиток суспільства.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз предметної області

Сортування твердих побутових відходів (ТПВ) є важливою складовою сталого управління відходами, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища, підвищенню рівня переробки ресурсів і збереженню природних екосистем. Однак традиційні методи сортування мають низку **недоліків**, таких як низька точність, висока вартість ручної праці та значний вплив людського фактора.

Серед актуальних екологічних проблем в Україні важливе місце займає переробка та утилізація відходів, обсяг яких постійно зростає завдяки впливу роту міст, розвитку сфери послуг та інших факторів. Суспільство на сьогодні порушує один з основних екологічних законів – кругообіг речовин в природі, вводячи в обіг чужі природі речовини. На сьогодні в Україні для розв’язання даної проблеми переважно використовують застарілі технології захоронення відходів на сміттєзвалищах. Основним недоліком використання такого способу утилізації є значний негативний вплив на екологічний стан довкілля. Сучасні способи утилізації відходів в Україні мають певні особливості, а саме: – орієнтовані на захоронення відходів, а не на переробку; – мають досить низький технологічний рівень та стан інформаційного забезпечення управління; – практично відсутнє використання інноваційних технологій. В умовах дефіциту енергоресурсів та погіршення екологічного стану навколишнього середовища та застарілості інформаційних систем управління відходами пошук екологобезпечного способу їх переробки в тому числі на альтернативні джерела енергії є необхідним та актуальним. Відповідні задачі вимагають поглиблених досліджень в сфері вдосконалення інформаційного супроводу відповідних підприємств.

1.2 Аналіз існуючих рішень

Дослідження в **автоматизації процесу сортування (ТПВ)** може охоплювати кілька методів і підходів, які використовуються для покращення ефективності, точності та швидкості сортування.

1.2.1 Методи аналізу та розпізнавання матеріалів

Оптичні методи

- Використання камер для визначення кольору, форми та інших візуальних характеристик відходів.

- RGB-камери для базового аналізу кольору.
- Гіперспектральна зйомка для детального визначення складу матеріалів.

Спектроскопія - визначення матеріалів за їх спектральними характеристиками.

- ІЧ-спектроскопія (інфрачервоне випромінювання) для визначення пластиків.
- Рентгенофлуоресцентний аналіз для виявлення металів.

Магнітні методи

- Розділення матеріалів на основі їх магнітних властивостей.
- Використання електромагнітів для вилучення чорних металів (заліза, сталі).

Індукційні методи

- Застосування електромагнітної індукції для виявлення та вилучення кольорових металів (алюміній, мідь).

1.2.2 Роботизовані методи сортування

Роботизовані маніпулятори

- Використання роботів, оснащених маніпуляторами, які сортують відходи на основі інформації з датчиків.

Машинне навчання

- Нейронні мережі для аналізу зображень і розпізнавання типів відходів.

Приклади:

- Алгоритми глибокого навчання для класифікації матеріалів.
- Системи самонавчання, які покращують точність розпізнавання з часом.

Системи прийняття рішень

- Інтеграція штучного інтелекту для оптимального сортування залежно від поточного складу відходів.

1.2.3 Механічні методи сортування

Гравітаційне сортування

Розподіл за щільністю матеріалів:

- Легкі матеріали, такі як пластик, відділяються від важких, таких як скло чи метал.

Вібраційне сортування

- Використання вібраційних поверхонь для відділення матеріалів за розміром і формою.

Повітряне сортування

- Вплив повітряного потоку для відокремлення легких матеріалів (папір, пластик) від важких (скло, метал).

1.2.4 Хімічні методи

Розчинення

- Використання розчинників для вилучення окремих компонентів (наприклад, розчинення пластику для переробки).

Піроліз

- Термічний розклад органічних матеріалів для перетворення їх у газ, рідину чи тверду фракцію.

Сорбція

- Використання сорбентів для вилучення специфічних компонентів (наприклад, важких металів).

1.2.5 Автоматизовані системи управління

Інтернет речей (IoT)

- Датчики в сортувальних лініях для моніторингу процесу в реальному часі.

- Взаємодія між різними частинами сортувальної системи для автоматичної оптимізації.

Інтеграція з великими даними

- Аналіз великих обсягів даних для прогнозування обсягів відходів і налаштування параметрів сортування.

- Автоматизовані конвеєрні системи

- Контроль швидкості конвеєра залежно від типу матеріалу та інтенсивності сортування.

1.2.6 Соціальні аспекти

- Дослідження інтерактивних систем для залучення громадян до попереднього сортування відходів.

- Автоматичне визначення якості попереднього сортування на етапі прийому відходів.

Штучний інтелект (ШІ) пропонує інноваційні підходи до вирішення цих проблем, використовуючи алгоритми машинного навчання, комп'ютерного зору та роботизовані системи.

Основні аспекти дослідження

1. Технічні аспекти

- Використання комп'ютерного зору для ідентифікації типів відходів (пластик, метал, папір, органіка тощо).

- Алгоритми класифікації відходів на основі нейронних мереж.

- Застосування робототехніки для автоматизованого сортування.

2. Екологічні аспекти

- Вплив сортування з використанням ШІ на екологічний стан.

- Зменшення кількості відходів, які потрапляють на сміттєзвалища.

3. Економічні аспекти

- Ефективність автоматизованих систем порівняно з ручним сортуванням.

- Зниження витрат на управління відходами в довгостроковій перспективі.

4. Інноваційність

- Потенціал інтеграції ІІІ в сучасні сміттєпереробні заводи.
- Розробка нових прототипів систем сортування.

5. Мета роботи

Розробка і дослідження ефективності методів сортування твердих побутових відходів на основі штучного інтелекту, які можуть підвищити точність і зменшити витрати.

6. Практичне значення

Результати дослідження можуть бути використані для:

- впровадження автоматизованих систем сортування відходів на сміттєпереробних заводах;
- підвищення точності переробки відходів;
- зменшення екологічного навантаження.

7. Методи дослідження

- Аналіз існуючих систем сортування відходів.
- Розробка моделі комп'ютерного зору для класифікації типів відходів.
- Експериментальне тестування алгоритмів.
- Порівняння ефективності запропонованих методів із традиційними підходами.

8. Використані технології

- Машинне навчання - TensorFlow, PyTorch для розробки моделей класифікації.
- Комп'ютерний зір - OpenCV для аналізу зображень відходів.
- Робототехніка - інтеграція з роботами-маніпуляторами.

Ця робота перебуває на перетині екології, технологій і штучного інтелекту, що робить її міждисциплінарною і **актуальною**.

1.3 Організаційна структура підприємства

Організаційна структура підприємства з переробки твердих побутових відходів (ТПВ) будується з урахуванням завдань, які включають збір, транспортування, сортування, переробку та утилізацію відходів. Вона залежить від масштабу підприємства, типу відходів, що обробляються, і технологій, що використовуються. Нижче наведено типову структуру такого підприємства.

1.3.1 Вищий управлінський рівень

Генеральний директор (або директор підприємства)

- Відповідає за стратегічне управління, прийняття ключових рішень, визначення політики та загальну координацію роботи підприємства.

- Забезпечує дотримання екологічних норм і вимог законодавства.

Адміністративний відділ

- Займається питаннями документообігу, юридичної підтримки, ліцензування та кадрової політики.

- Забезпечує зв'язок між підрозділами, а також взаємодію з державними органами

Виробничий блок

Відділ сортування та обробки відходів

- Відповідає за сортування відходів (ручне або автоматизоване) за типами матеріалів (пластик, метал, папір, органіка тощо).

- Займається підготовкою вторинної сировини для подальшої переробки або транспортування до партнерів.

Відділ переробки

- Здійснює фізико-хімічні процеси переробки (гранулювання пластику, виробництво паперових волокон, переробка органічних відходів у компост чи біогаз).

- Відповідає за підтримку та експлуатацію переробного обладнання.

Відділ утилізації та поводження з залишками

- Вирішує питання з утилізації несортованих або непридатних для переробки відходів.

- Відповідає за захоронення залишків на полігонах або використання їх у енергетичних процесах.

1.3.2 Логістичний блок

Відділ збору та транспортування відходів

- Організовує маршрути збору сміття, забезпечує роботу транспорту та контейнерних майданчиків.

- Відповідає за доставку відходів до місць сортування або переробки.

- Відділ технічного обслуговування транспорту

- Займається технічним обслуговуванням і ремонтом сміттєвозів, контейнерів та іншого обладнання.

1.3.3 Технічний блок

Відділ технічного обслуговування обладнання

- Забезпечує працездатність сортувальних ліній, конвеєрів, переробних машин і допоміжного обладнання.

- Вирішує питання модернізації та оновлення техніки.

Інженерний відділ

- Відповідає за проєктування нових технологічних рішень та впровадження інновацій.

- Контролює ефективність і екологічність виробничих процесів.

1.3.4 Екологічний та аналітичний блок

Відділ контролю якості

- Аналізує якість сортування та переробки відходів.

- Відповідає за перевірку кінцевих продуктів (вторинної сировини) на відповідність стандартам.

Екологічний відділ

- Здійснює моніторинг екологічного впливу роботи підприємства.
- Відповідає за дотримання екологічних норм і стандартів.

1.3.5 Фінансово-економічний блок

Фінансовий відділ

- Займається фінансовим плануванням, управлінням бюджетом, звітністю та оптимізацією витрат.

Відділ маркетингу та продажів

- Відповідає за реалізацію вторинної сировини (пластик, метал, компост, енергія тощо).
- Вивчає ринок, шукає партнерів та розробляє програми лояльності для споживачів.

1.3.6 Додаткові підрозділи

Відділ досліджень і розвитку (R&D)

- Розробляє нові методи переробки та утилізації відходів.
- Вивчає передові світові практики в галузі управління ТПВ.

Відділ зв'язків з громадськістю

- Відповідає за інформаційну роботу з населенням, організацію просвітницьких кампаній щодо роздільного збору відходів.

1.3.7 Структури у вигляді ієрархії

1. Генеральний директор
 - Адміністративний відділ
 - Виробничий блок
 - Відділ сортування та обробки
 - Відділ переробки
 - Відділ утилізації
2. Логістичний блок
 - Відділ збору та транспортування
 - Відділ технічного обслуговування транспорту
3. Технічний блок

- Відділ обслуговування обладнання
- Інженерний відділ

4 Екологічний блок

Відділ контролю якості

Екологічний відділ

Фінансовий блок

6.Фінансовий відділ

7.Відділ маркетингу та продажів

R&D та відділ зв'язків з громадськістю

1.4 Концепція системи

Штучний інтелект (ШІ) пропонує інноваційні підходи до вирішення цих проблем, використовуючи алгоритми машинного навчання, комп'ютерного зору та роботизовані системи.

Об'єкт дослідження - процеси сортування твердих побутових відходів у системах управління відходами.

Предмет дослідження - методи та алгоритми штучного інтелекту для автоматизації сортування ТПВ.

Система прийняття рішень з використанням штучного інтелекту (ШІ) для автоматизації сортування твердих побутових відходів базується на аналізі даних у реальному часі та прийнятті оптимальних рішень щодо обробки відходів. Компоненти системи прийняття рішень:

Сенсорна система включає - набір датчиків для збору даних про склад, розмір, форму, вагу та інші характеристики відходів.

Типи датчиків: оптичні (RGB та гіперспектральні камери), інфрачервоні (для аналізу теплових характеристик матеріалів), рентгенівські (для виявлення металів та щільних матеріалів), лазерні сканери (для створення 3D-моделі об'єктів).

Аналізатор даних включає - модулі штучного інтелекту, а саме комп'ютерний зір для розпізнавання типів матеріалів (наприклад, пластик, скло, метал).

Машинне навчання для прогнозування оптимальних шляхів сортування залежно від складу потоку відходів.

Обробка вхідних даних для класифікації об'єктів за допомогою моделей глибокого навчання.

Система прийняття рішень - використання алгоритмів оптимізації:

- Ранжування відходів за типами і пріоритетами (наприклад, вилучення цінних матеріалів першим).

- Розподіл об'єктів до відповідних ліній сортування.

Динамічна адаптація алгоритмів у залежності від обсягу та складу відходів у реальному часі.

Інтеграція з конвеєрними системами

- Взаємодія з механічними пристроями (роботизованими маніпуляторами, магнітними сепараторами) для сортування.

- Контроль швидкості конвеєра та маршруту відходів до потрібного пункту.

База даних і прогностичні моделі

- Зберігання історичних даних про обсяги та склади відходів.

- Використання прогностичних моделей для передбачення зміни складу відходів у певний період часу.

Інтерфейс користувача

- Панель управління для моніторингу процесу сортування.

- Інструменти для налаштування параметрів сортування.

- Генерація звітів про продуктивність та ефективність роботи системи.

1.4.1 Процес роботи системи:

1. Збір даних - вхідний потік відходів аналізується сенсорною системою.

2. Класифікація - алгоритми ШІ ідентифікують матеріали та класифікують їх за типами.

3. Прийняття рішення - система визначає, який механізм сортування слід активувати (наприклад, магнітний сепаратор для металів або повітряний потік для легких матеріалів).

4. Реалізація - механічні елементи виконують сортування відповідно до рішень системи.

5. Аналіз результатів - система моніторить ефективність виконаних дій і за потреби коригує алгоритми.

1.4.2. Переваги інтеграції ШІ у систему сортування

1. Висока точність мінімізує помилки у класифікації відходів.
2. Адаптивність це коли система здатна швидко реагувати на зміну складу відходів.
3. Підвищення продуктивності працює за рахунок оптимізації процесу, скорочує час сортування та зменшує витрати.
4. Масштабованість - систему можна легко адаптувати до різних обсягів відходів.
5. Зменшення впливу людського фактора - автоматизація знижує потребу в ручній праці та підвищує безпеку роботи.

1.4.3 Технології для реалізації

- Фреймворки для машинного навчання: TensorFlow, PyTorch.
- Програмне забезпечення для роботи з великими даними: Apache Spark.
- Робототехнічні системи: Fanuc, ABB Robotics.

Система прийняття рішень на основі ШІ стане ключовим компонентом сучасних сортувальних комплексів, які сприяють ефективнішій переробці відходів та зменшенню їх негативного впливу на довкілля.

1.5 Постанова задачі

У сучасних умовах проблема ефективного управління твердими побутовими відходами (ТПВ) є однією з ключових екологічних та

економічних задач. Традиційні методи сортування мають низьку ефективність через залежність від людського фактора, що призводить до збільшення витрат і обсягів відходів, які потрапляють на полігони. Для вирішення цієї проблеми пропонується розробити інформаційну систему (ІС), що базується на технологіях штучного інтелекту (ШІ), яка забезпечить автоматизацію процесу сортування відходів та підвищення його ефективності.

Розробити інформаційну систему сортування ТПВ, яка з використанням технологій штучного інтелекту забезпечить:

- автоматизовану ідентифікацію та класифікацію відходів за типами матеріалів;
- інтеграцію з роботизованими механізмами для фізичного сортування;
- підвищення точності сортування, зменшення витрат та екологічного навантаження.

Завдання проекту

1. Аналіз проблеми і визначення вимог до системи
 - Вивчити існуючі підходи до автоматизації сортування відходів.
 - Визначити ключові технології, які можна використати: комп'ютерний зір, алгоритми класифікації, нейронні мережі тощо.
 - Розробити вимоги до ІС, включаючи функціональні, технічні та інтерфейсні аспекти.
2. Розробка архітектури інформаційної системи
 - Спроекувати модульну структуру системи, що включає:
 - Модуль збору даних (сенсори, камери, бази даних);
 - Модуль обробки даних і класифікації (на основі ШІ);
 - Модуль управління робототехнічними механізмами;
 - Інтерфейс для моніторингу і керування.
3. Розробка алгоритмів та моделі ШІ

- Використати методи комп'ютерного зору для розпізнавання типів відходів за зображеннями.

- Реалізувати алгоритми класифікації відходів на основі машинного навчання.

- Забезпечити можливість адаптації моделі до нових типів відходів.

4. Інтеграція з апаратним забезпеченням

- Забезпечити роботу системи з існуючим обладнанням для сортування (конвеєри, роботи-маніпулятори).

- Врахувати технічні обмеження і оптимізувати продуктивність.

5. Розробка користувацького інтерфейсу (UI/UX)

- Реалізувати зручний інтерфейс для моніторингу сортувального процесу, налаштувань і звітності.

- Забезпечити візуалізацію даних про продуктивність системи та екологічну ефективність.

6. Тестування та впровадження

- Провести тестування ІС у лабораторних умовах і на реальних сортувальних лініях.

- Оцінити ефективність у порівнянні з традиційними методами сортування.

Очікувані результати

1. Автоматизація сортування відходів - підвищення точності і швидкості розділення матеріалів на папір, пластик, скло, метал, органіку тощо.

2. Зменшення впливу людського фактора - зниження помилок, викликаних ручним сортуванням.

3. Екологічний ефект полягає в скороченні обсягів відходів, що потрапляють на полігони, та збільшення рівня переробки.

4. Економічна вигода - зниження витрат на ручну працю і покращення окупності інвестицій у сортувальну інфраструктуру.

5. Обмеження і вимоги

- Висока точність класифікації відходів навіть у випадку забруднених чи пошкоджених матеріалів.
- Сумісність з існуючим обладнанням для сортування та переробки.
- Мінімізація енергоспоживання системи.
- Гнучкість та можливість адаптації під зміну типів відходів та вимог замовника.

6. Ключові компоненти системи

- Апаратура збору даних - камери, сенсори, сканери.
- Програмний комплекс - алгоритми обробки даних, класифікації, управління обладнанням.
- Робототехнічні механізми - маніпулятори, сортувальні машини.
- База даних для зберігання даних про типи відходів та результати сортування.

Висновки до розділу 1

Для досягнення найкращих результатів у розробці майбутньої системи необхідно провести детальний аналіз існуючих рішень у сфері поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). Ці рішення значною мірою залежать від типів відходів і методів їх утилізації. У зв'язку з цим було систематизовано класифікацію ТПВ і досліджено найпоширеніші способи їх утилізації, враховуючи економічні та територіальні аспекти. Узагальнені дані стануть основою для інформаційного забезпечення автоматизованої системи збору та транспортування твердих побутових відходів (АС ЗТ ТПВ).

Усі досліджувані системи поводження з ТПВ мають спільний компонент — розробку оптимальної стратегії планування. Ця стратегія ґрунтується на використанні цільової функції (1.1) та методах побудови маршрутів для транспортних засобів. Більшість систем також включають геоінформаційні системи (ГІС), які полегшують створення та редагування

картографічних даних. Ці дані необхідні для ефективної мікро- та макромаршрутизації транспортних засобів.

Транспортна складова є ключовою у цій сфері. Аналіз наукових робіт свідчить, що часто використовуються еволюційні алгоритми, які в поєднанні із сучасними обчислювальними технологіями забезпечують можливість паралельного виконання розрахунків, що підвищує продуктивність і точність.

Проте деякі дослідники ототожнюють транспортні системи збору ТПВ з іншими муніципальними транспортними системами, такими як громадський транспорт. Це порівняння має свої недоліки, зокрема через специфіку об'єктів транспортування — сміття. Відходи створюють значний негативний вплив на навколишнє середовище та населення протягом всього процесу переміщення. Таким чином, при розробці АС ЗТ ТПВ важливо враховувати додаткові обмеження, зокрема мінімізацію взаємодії з іншими сферами муніципальних послуг і транспортними потоками міста.

Описані фактори підтверджують ефективність використання систем з часовими вікнами в умовах муніципального середовища для збору відходів і оптимізації транспортних маршрутів. Суть цього підходу полягає в аналізі транспортних потоків міста і визначенні оптимальних часових рамок для виконання кожного маршруту. Це дозволяє забезпечити повне покриття мережі пунктів збору відходів (контейнери, сміттєві баки, звалища) і раціональне використання транспортних засобів. Як результат, знижуються витрати, зменшується негативний вплив відходів на довкілля і мешканців міста, а також підвищується ефективність роботи всієї системи.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ІС СОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТ

2.1 Загально системні рішення

Діаграма варіантів використання (Use Case Diagram) є важливим інструментом для візуалізації функціональних можливостей інформаційної системи (ІС). У контексті ІС сортування твердих побутових відходів (ТПВ) з використанням штучного інтелекту, основними діючими особами (акторами) та сценаріями будуть наступні. Ця діаграма демонструє функціональні можливості системи та ролі її учасників, надаючи основу для розробки технічного завдання та реалізації ІС, рисунок 2.1.

Актори:

- Користувач системи (оператор) це людина, яка контролює роботу системи, отримує аналітичні дані та управляє параметрами.
- Роботизований маніпулятор це пристрій, який фізично виконує сортування об'єктів, та адміністратор системи це особа, яка налаштовує систему, виконує технічне обслуговування та аналіз ефективності.
- Зовнішній постачальник даних це системи, які забезпечують додаткові дані для аналізу, наприклад, геоінформаційні системи (ГІС), або дані з камер і сенсорів.

Система штучного інтелекту:

- Програмний модуль, який виконує розпізнавання та класифікацію об'єктів на основі алгоритмів ШІ.

Основні варіанти використання це

1. Розпізнавання типів відходів

- Система ШІ аналізує зображення об'єктів, визначає їх тип (пластик, метал, папір, органіка) і передає цю інформацію роботизованому маніпулятору.

- Актори - система ШІ, роботизований маніпулятор.

2. Сортування відходів

- Опис - роботизований маніпулятор сортує відходи за заданими категоріями на основі даних, отриманих від ІІІ.

- Актори - роботизований маніпулятор, система ІІІ.

3. Моніторинг і контроль роботи системи

- Опис - оператор системи контролює процес сортування в реальному часі через інтерфейс. Можливий перегляд статистики, внесення змін до алгоритмів сортування.

- Актори: Користувач системи (оператор).

4. Аналіз ефективності сортування

- Опис - адміністратор або оператор отримує звіти про ефективність роботи системи, включаючи кількість відсортованих об'єктів, рівень точності розпізнавання, енергоспоживання тощо.

- Актори - адміністратор системи, користувач системи.

5. Налаштування параметрів сортування

- Адміністратор може змінювати критерії класифікації відходів або додавати нові категорії, якщо з'являються нові типи матеріалів.

- Актори - адміністратор системи.

6. Обробка та збереження даних

- система зберігає інформацію про кожен цикл сортування у базі даних для подальшого аналізу.

- Актори - система ІІІ, зовнішній постачальник даних.

7. Інтеграція з ГІС для планування логістики

- Опис - система використовує геоінформаційні дані для оптимізації логістики транспортування відсортованих матеріалів до переробних центрів.

- Актори - зовнішній постачальник даних, адміністратор системи.

Зв'язки між варіантами використання:

- Включення ($\diamond$):

– Варіант "Сортування відходів" включає "Розпізнавання типів відходів".

– Варіант "Моніторинг і контроль роботи системи" включає "Аналіз ефективності сортування".

- Розширення ($\diamond$):

– Варіант "Аналіз ефективності сортування" може розширюватися для більш детальної аналітики, наприклад, оцінки енергоспоживання або впливу на довкілля.

Візуалізація (словесний опис схеми):

1. У центрі діаграми знаходиться варіант використання "Сортування відходів".

2. Від нього відходить зв'язок $\diamond$ до "Розпізнавання типів відходів".

3. "Моніторинг і контроль роботи системи" пов'язаний із "Сортуванням відходів" і включає "Аналіз ефективності сортування".

4. Варіант "Налаштування параметрів сортування" є окремим процесом, доступним лише адміністратору системи.

5. "Інтеграція з ГІС" має зв'язок із "Аналізом ефективності сортування" для забезпечення оптимізації логістики.

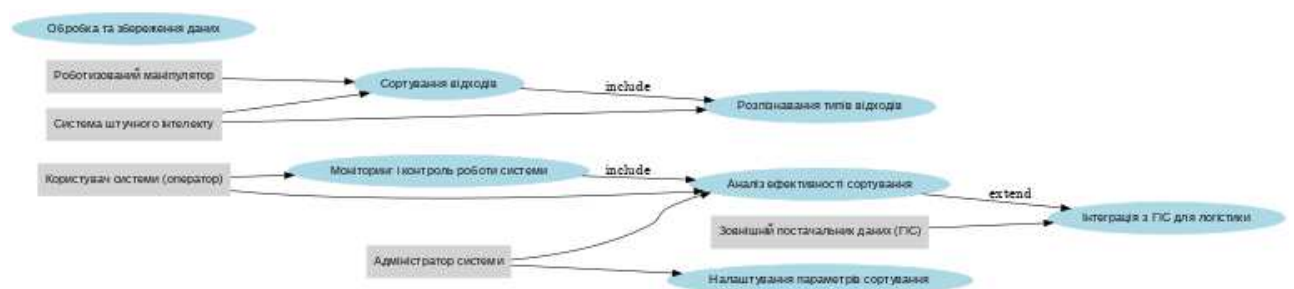


Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання

2.2 Основні компоненти системи

Концептуальна модель описує основні компоненти системи, їх взаємодію та функціональність. У випадку ІС сортування ТПВ з

використанням ШІ ця модель включає три рівні: **вхідні дані, обробка та вихідні дані**. Концептуальна модель служить основою для розробки технічного проєкту та впровадження ефективної інформаційної системи сортування ТПВ рисунок 2.2.

1. Основні компоненти системи

1. Підсистема збору даних

– Відповідає за отримання інформації з сенсорів, камер, сканерів та інших пристроїв для збору даних про відходи.

– Вхідні дані включають:

- Зображення відходів (для комп'ютерного зору).
- Дані про типи матеріалів (метал, пластик, папір тощо).
- ГІС-дані (локації контейнерів, маршрутів).

2. Підсистема обробки даних

– Основний модуль, що включає алгоритми ШІ, які аналізують і класифікують відходи.

▪ Ключові функції це розпізнавання об'єктів за допомогою комп'ютерного зору.

▪ Класифікації об'єктів за типом матеріалу (нейронні мережі).

▪ Прийняття рішень про подальші дії (сортування, утилізація).

– Використовує моделі машинного навчання та бази даних попередньо класифікованих об'єктів.

3. Підсистема виконання

– Робототехнічний комплекс, що виконує сортування відходів:

▪ Маніпулятори для фізичного розподілу об'єктів за категоріями.

▪ Конвеєрні лінії для переміщення відходів до відповідних відсіків.

- Інтеграція з логістикою для транспортування відходів на переробку або утилізацію.

4. Підсистема зберігання та аналізу даних

- Централізована база даних для зберігання інформації про процес сортування, аналітичні дані та результати роботи.

- Функції:

- Зберігання історичних даних.
- Генерація звітів для аналізу ефективності сортування.
- Використання даних для подальшого навчання моделей

III.

5. Підсистема моніторингу та управління

- Інтерфейс для оператора та адміністратора:

- Контроль роботи системи в реальному часі.
- Налаштування критеріїв класифікації.
- Отримання звітів та аналітики.

Взаємозв'язки між компонентами

- Збір даних → Обробка даних
 - Отримані дані з сенсорів та камер передаються до модуля III для аналізу і класифікації.
- Обробка даних → Виконання
 - Алгоритми приймають рішення, які передаються до робототехнічного комплексу для сортування відходів.
- Обробка даних → Зберігання даних
 - Інформація про класифіковані об'єкти і результати сортування зберігається у базі даних.
- Моніторинг → Усі підсистеми
 - Моніторинг забезпечує управління і контроль за всіма етапами: від збору даних до сортування і збереження результатів.

6. Функціональні вимоги

Автоматичне розпізнавання відходів це використання алгоритмів комп'ютерного зору для визначення типу відходу за зображенням.

Класифікація відходів визначає категорії відходів (папір, пластик, метал тощо) з точністю не менше 90%.

Фізичне сортування включає забезпечення автоматизованого розподілу відходів на сортувальних лініях.

Інтеграція з ГІС використовує оптимізацію логістики транспортування відходів до переробних центрів.

Аналітика і звіти це генерація звітів про ефективність сортування, обсяги відсортованих матеріалів тощо.

Технологічні аспекти

Обладнання:

- Камери високої роздільної здатності для розпізнавання відходів.
- Роботизовані маніпулятори для сортування.
- Конвеєрні лінії.

Програмне забезпечення:

- Алгоритми комп'ютерного зору (на основі TensorFlow, OpenCV).
- Нейронні мережі для класифікації (на базі PyTorch або Keras).
- Інструменти для аналізу даних (Power BI, Tableau).

Інтеграція:

- Використання API для зв'язку з ГІС та іншими зовнішніми джерелами даних.

7. Сценарій роботи системи

- Камери зчитують дані про об'єкти на конвеєрі.
- Алгоритм ШІ аналізує отримані дані та класифікує об'єкти за типами матеріалів.

- Роботизовані маніпулятори переміщують відходи до відповідних контейнерів.
- Зібрані дані зберігаються у базі даних для подальшого аналізу.
- Оператор через інтерфейс контролює процес і отримує звіти про ефективність роботи.

8. Переваги концептуальної моделі:

- Автоматизація забезпечує зменшення впливу людського фактора.
- Ефективність підвищує точності сортування та зменшення витрат.
- Екологічність забезпечується за рахунок скорочення обсягів сміття, що потрапляє на полігони.
- Гнучкість надає можливість адаптації до нових типів відходів.

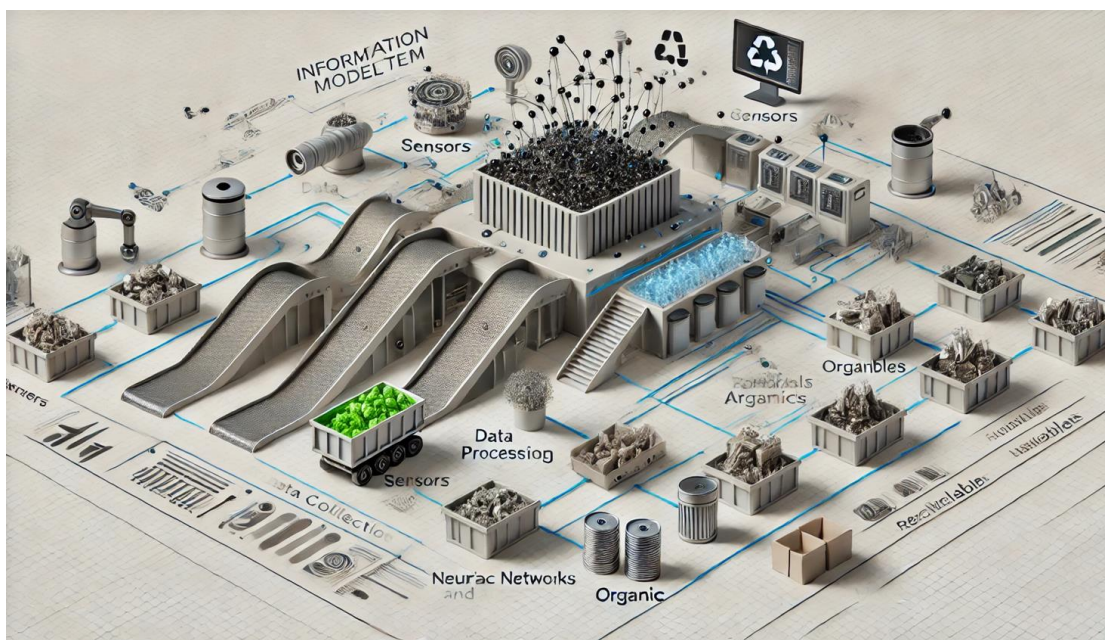


Рис. 2.2 – Концептуальна модель системи

2.3 Діаграма послідовності

Опис діаграми послідовності для ІС сортування ТПВ із використанням ШІ:

Діаграма послідовності відображає, як різні компоненти системи взаємодіють під час процесу сортування відходів. Основні учасники:

1. Користувач відповідає за подачу відходів до системи.

2. Сенсори збирають дані про об'єкти (зображення, спектрометрія тощо).
3. Модель ШІ аналізує дані, визначає категорію об'єкта.
4. Система сортування використовує результат ШІ для фізичного сортування об'єкта.
5. База даних зберігає дані про оброблений об'єкт та результат сортування.

Основний сценарій:

1. Користувач подає об'єкт до системи.
2. Сенсори збирають дані про об'єкт.
3. Дані передаються до моделі ШІ для аналізу.
4. Модель ШІ визначає категорію об'єкта.
5. Результати аналізу передаються системі сортування.
6. Об'єкт фізично сортується у відповідну категорію.
7. Дані про об'єкт та результат зберігаються в базі даних.

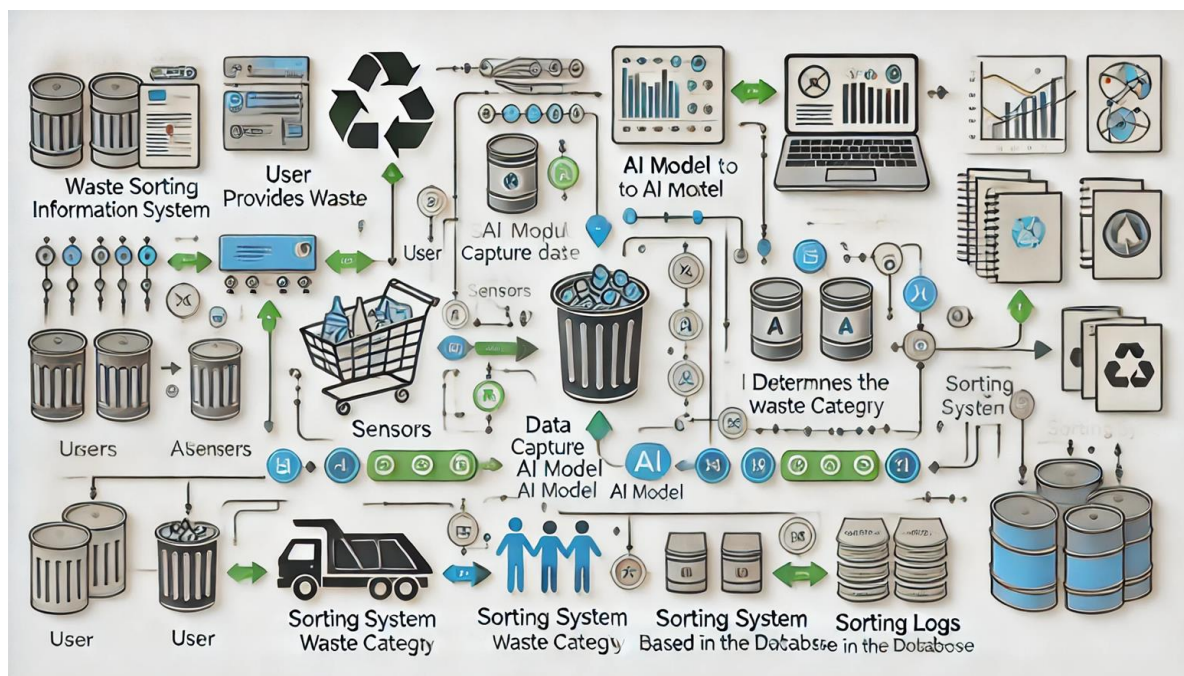


Рисунок 2.3 – Діаграма послідовності

2.4 Створення бази даних для ІС сортування ТПВ

Опис бази даних для ІС сортування твердих побутових відходів (ТПВ) із використанням штучного інтелекту. Логічна модель бази даних – див. рисунок 2.4.

Основні таблиці:

1. Waste_Categories (Категорії відходів)
 - ID_Category (PK): Унікальний ідентифікатор категорії.
 - Name: Назва категорії (органічні, пластик, скло тощо).
 - Description: Опис категорії.
2. Waste_Items (Об'єкти відходів)
 - ID_Item (PK): Унікальний ідентифікатор об'єкта.
 - Name: Назва об'єкта (наприклад, "пляшка").
 - ID_Category (FK): Категорія об'єкта.
 - Material: Матеріал (пластик, метал тощо).
 - Weight: Вага об'єкта.
 - Detection_Confidence: Рівень впевненості системи (в процентах).
3. Sensors_Data (Дані сенсорів)
 - ID_Data (PK): Унікальний ідентифікатор запису.
 - Timestamp: Час збору даних.
 - Sensor_Type: Тип сенсора (камера, спектрометр тощо).
 - Raw_Data: Сировинні дані від сенсора.
4. Sorting_Logs (Журнали сортування)
 - ID_Log (PK): Унікальний ідентифікатор запису.
 - ID_Item (FK): Ідентифікатор об'єкта, що сортується.
 - Sorting_DateTime: Час сортування.
 - Sorting_Result: Результат сортування (успішно/помилка).
5. AI_Models (Моделі ІІІ)
 - ID_Model (PK): Унікальний ідентифікатор моделі.
 - Model_Name: Назва моделі.

- Accuracy: Точність моделі (у відсотках).
- Last_Training_Date: Дата останнього навчання моделі.

Зв'язки:

- Waste_Categories пов'язана з Waste_Items (1:N).
- Waste_Items пов'язана з Sorting_Logs (1:N).
- Sensors_Data інтегрується з моделями ШІ із таблиці AI_Models для аналізу.

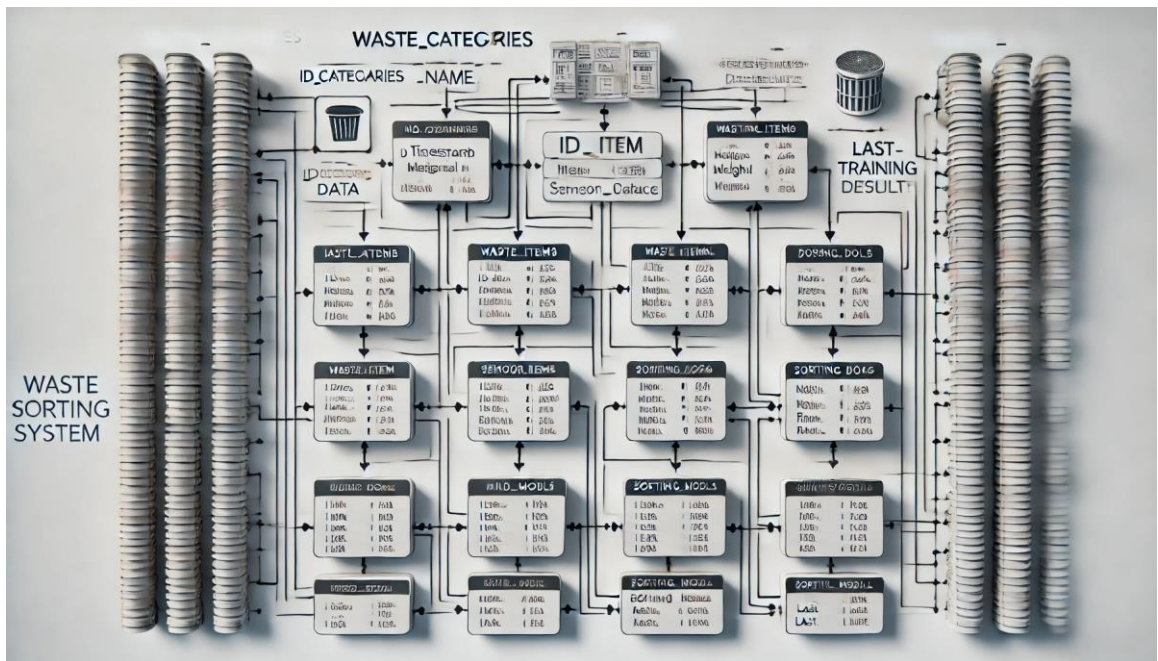


Рисунок 2.5 – Логічна модель бази даних

2.4.1 Фізична модель бази даних

Фізична модель бази даних визначає конкретну реалізацію структури даних у СКБД (наприклад, PostgreSQL, MySQL). Ось основні таблиці та їх реалізація:

1. Таблиця Waste_Categories

Зберігає інформацію про категорії відходів.

```
CREATE TABLE Waste_Categories (
  ID_Category INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  Name VARCHAR(255) NOT NULL,
  Description TEXT
);
```

- **ID_Category:** Унікальний ідентифікатор категорії.
- **Name:** Назва категорії (наприклад, "Пластик").
- **Description:** Опис категорії.

2. Таблиця Waste_Items

Містить дані про окремі об'єкти, які проходять сортування.

```
CREATE TABLE Waste_Items (  
  ID_Item INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
  Name VARCHAR(255) NOT NULL,  
  ID_Category INT NOT NULL,  
  Material VARCHAR(100),  
  Weight DECIMAL(10, 2),  
  Detection_Confidence DECIMAL(5, 2),  
  FOREIGN KEY (ID_Category) REFERENCES Waste_Categories(ID_Category)  
);
```

- **ID_Item:** Унікальний ідентифікатор об'єкта.
- **Name:** Назва об'єкта.
- **ID_Category:** Категорія (зовнішній ключ до Waste_Categories).
- **Material:** Матеріал об'єкта (пластик, метал тощо).
- **Weight:** Вага у грамах чи кілограмах.
- **Detection_Confidence:** Рівень впевненості моделі в категоризації

(у відсотках).

3. Таблиця Sensors_Data

Зберігає дані, отримані від сенсорів.

```
CREATE TABLE Sensors_Data (  
  ID_Data INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
  Timestamp TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
  Sensor_Type VARCHAR(100) NOT NULL,  
  Raw_Data BLOB  
);
```

- **ID_Data:** Унікальний ідентифікатор запису.
- **Timestamp:** Час збору даних.
- **Sensor_Type:** Тип сенсора (камера, спектрометр тощо).
- **Raw_Data:** Сировинні дані (можливо, зображення чи спектральні

дані).

4. Таблиця Sorting_Logs

Зберігає результати сортування.

```
CREATE TABLE Sorting_Logs (  
  ID_Log INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
  ID_Item INT NOT NULL,  
  Sorting_DateTime TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
  Sorting_Result VARCHAR(255),  
  FOREIGN KEY (ID_Item) REFERENCES Waste_Items(ID_Item)  
);
```

- **ID_Log:** Унікальний ідентифікатор запису.

•**ID_Item**: Ідентифікатор об'єкта, що сортується (зовнішній ключ до Waste_Items).

•**Sorting_DateTime**: Час виконання сортування.

•**Sorting_Result**: Результат сортування (успішно, помилка тощо).

5. Таблиця AI_Models

Зберігає дані про моделі ШІ, які використовуються для аналізу.

```
CREATE TABLE AI_Models (  
    ID_Model INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    Model_Name VARCHAR(255) NOT NULL,  
    Accuracy DECIMAL(5, 2),  
    Last_Training_Date DATE  
);
```

- **ID_Model**: Унікальний ідентифікатор моделі.
- **Model_Name**: Назва моделі (наприклад, ResNet-50).
- **Accuracy**: Точність моделі (у відсотках).
- **Last_Training_Date**: Дата останнього навчання.

Особливості фізичної реалізації:

1. Індокси:

– Використовуються на полях ID_Category, ID_Item, ID_Data, і ID_Log для прискорення пошуку.

2. Типи даних:

– Використовуються типи даних, оптимальні для зберігання великих масивів даних, таких як BLOB для сировинних даних від сенсорів.

3. Зв'язки:

– Реалізуються через зовнішні ключі (FOREIGN KEY).

Висновки по розділу 2

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІС СОРТУВАННЯ ТПВ

Опис діаграми розгортання для системи сортування ТПВ із використанням ІІІ

Діаграма розгортання показує фізичне розміщення компонентів системи в апаратних вузлах і їхню взаємодію. Система включає як апаратну інфраструктуру, так і програмні модулі.

Основні компоненти:

1. IoT-пристрої:
 - Сенсори це камери, спектрометри, ваги та інші сенсори, які збирають дані про відходи.
 - Контролери - мікроконтролери або плати (наприклад, Raspberry Pi), які передають дані до серверів.
2. Обчислювальний сервер:
 - Сервер ІІІ:
 - Хостить моделі штучного інтелекту для аналізу даних (наприклад, нейронні мережі для класифікації).
 - Використовує GPU для прискорення обчислень.
 - Сервер бази даних:
 - Зберігає інформацію про відходи, результати сортування та журнал роботи.
 - Використовує реляційну СКБД (наприклад, MySQL або PostgreSQL).
3. Система сортування:
 - Роботизовані механізми включають роботи або конвеєри, які сортують об'єкти на основі результатів аналізу.
 - Контролери керування це інтеграція з сенсорами та серверами для виконання команд.
4. Клієнтські пристрої:
 - Інтерфейс користувача це мобільні додатки або веб-інтерфейси для моніторингу роботи системи, отримання звітів тощо.

5. Мережа:

– IoT-шлюз забезпечує передачу даних між сенсорами та обчислювальними серверами.

– Хмарна інфраструктура (опційно використовується для резервного збереження даних або додаткових обчислень).

Взаємодія:

1. Сенсори збирають дані про відходи й передають їх через IoT-шлюз до сервера ІІІ.

2. Сервер ІІІ аналізує дані та передає результати до системи сортування.

3. Система сортування виконує фізичне сортування об'єктів.

4. Сервер бази даних зберігає всі записи про роботу.

5. Користувачі отримують доступ до інформації через інтерфейс (наприклад, статистика ефективності, моніторинг роботи).

3.2 Програмне забезпечення розробки

Для розробки ІС сортування ТПВ необхідно вибрати технології, які забезпечують обробку даних, роботу з апаратним забезпеченням, аналітику за допомогою ІІІ, а також управління базою даних. Нижче наведено набір основних компонентів програмного забезпечення.

1. Модуль збору даних

Завдання:

Робота із сенсорами (камери, ваги, спектрометри тощо).

Передача даних у сервери для обробки.

Технології:

- Мови програмування: Python (бібліотеки для роботи із сенсорами, як-от OpenCV, PySerial).

- Протоколи зв'язку: MQTT, HTTP/REST для передачі даних до серверів.

- Операційні системи: Linux (наприклад, на базі Raspberry Pi OS для мікроконтролерів).

2. Модуль обробки даних за допомогою ІІІ

Завдання:

Аналіз зібраних даних для класифікації відходів.

Використання нейронних мереж для визначення категорій (пластик, органіка, метал тощо).

Технології:

- Фреймворки машинного навчання:

- TensorFlow, PyTorch для створення та тренування моделей.
- OpenCV для попередньої обробки зображень.

- Моделі ШІ:

- Нейронні мережі (ResNet, MobileNet, EfficientNet).
- Попередньо навчені моделі (transfer learning) для розпізнавання

об'єктів.

- Обчислювальна платформа:

- Локальні GPU-сервери (NVIDIA CUDA) або хмарні сервіси (Google Cloud AI, AWS SageMaker).

3. Модуль управління базою даних

Завдання:

- Зберігання даних про відходи, результати аналізу та процеси сортування.

- Надання доступу до даних для звітів і моніторингу.

Технології:

- Реляційні бази даних:

- PostgreSQL, MySQL для основних операцій.

- NoSQL бази даних (для зберігання великих масивів сировинних даних, таких як зображення):

- MongoDB або Elasticsearch.

- ORM (об'єктно-реляційне відображення):

- SQLAlchemy, Django ORM для інтеграції бази даних у код.

4. Модуль фізичного сортування

Завдання:

- Управління механізмами сортування (роботизовані руки, конвеєри).
- Виконання команд на основі результатів ШІ.

Технології:

- Мови програмування:
 - C++, Python для роботи із драйверами роботів та контролерів.
- Фреймворки управління роботами:
 - ROS (Robot Operating System) для інтеграції сенсорів і

роботизованих механізмів.

5. Користувацький інтерфейс

Завдання:

- Надання доступу до даних користувачам (звіти, моніторинг).
- Управління системою (налаштування моделей ШІ, контроль

сортувальних механізмів).

Технології:

- Фронтенд:
 - React.js або Angular для створення інтерактивного веб-інтерфейсу.
- Бекенд:
 - Flask, Django (Python) або Node.js для створення API.
- Мобільні додатки:
 - Flutter або React Native для створення мобільних інтерфейсів.

6. Інфраструктура

Завдання:

- Забезпечення передачі даних, масштабованості та безпеки.

Технології:

- Хмарні платформи:
 - AWS, Google Cloud, або Microsoft Azure для хостингу серверів і модулів ШІ.
- Контейнеризація:
 - Docker для розгортання та ізоляції компонентів.

- Оркестрація:

- Kubernetes для управління контейнерами.

7. Безпека

Завдання:

- Захист даних, що передаються між компонентами системи.
- Безпечний доступ до інтерфейсу та бази даних.

Технології:

- Шифрування:

- SSL/TLS для захисту мережевого трафіку.

- Управління доступом:

- OAuth 2.0, JWT для аутентифікації користувачів.

- Моніторинг:

- Інструменти на кшталт Prometheus і Grafana для моніторингу

роботи системи.

Цей стек програмного забезпечення забезпечує повноцінне функціонування системи від збору даних до взаємодії з користувачем.

3.3. Апаратне забезпечення розробки

Апаратне забезпечення цієї системи поділяється на кілька основних модулів, кожен з яких виконує певну функцію: збір даних, обробка, сортування, управління і зберігання.

1. Сенсорні пристрої

Завдання:

- Збір інформації про відходи (візуальні, вагові, спектрометричні дані тощо).

Компоненти:

1. Камери:

- Промислові RGB-камери високої роздільної здатності для захоплення зображень об'єктів.
- Приклад - basler ace, Logitech C920.

- Додатково 3D-камери (наприклад, Intel RealSense) для вимірювання об'єму об'єктів.

2. Спектрометри:

- Для аналізу хімічного складу матеріалів.
- Приклад: Near Infrared (NIR) спектрометри, такі як Ocean Insight NIRQuest.

3. Ваги:

- Промислові вагові модулі для визначення маси відходів.
- Приклад Tedea-Huntleigh 1250 (датчики маси).

4. Інфрачервоні або ультразвукові датчики:

- Для визначення розмірів або наявності об'єктів на конвеєрі.

5. Температурні сенсори (опціонально):

- Для моніторингу робочого середовища.

2. Обчислювальні пристрої

Завдання:

- Обробка зібраних сенсорами даних і аналіз за допомогою ІІІ.

Компоненти:

1. Мікроконтролери/ІоТ-плати:

- Для збору даних із сенсорів та передачі їх до центрального сервера.

- Приклад - Raspberry Pi 4, Arduino Mega 2560.

2. Обчислювальні сервери:

- Сервери з GPU для обробки даних і виконання ІІІ-алгоритмів.

- NVIDIA Jetson Xavier для локальних обчислень (GPU + CPU).

- Сервери з NVIDIA Tesla V100/RTX 3090 для високопродуктивних обчислень.

3. Периферійні комп'ютери (Edge Computing):

- Для попередньої обробки даних ближче до джерела збору.

- Приклад Intel NUC, ASUS Tinker Board.

3. Система сортування

Завдання:

- Фізичне сортування відходів на основі результатів аналізу ШІ.

Компоненти:

1. Роботизовані маніпулятори:

- Рухомі руки з захватами для переміщення відходів.
- Приклад: Universal Robots UR3/UR5, KUKA KR 6.

2. Конвеєрні стрічки:

- Для транспортування об'єктів через сенсори та сортувальну зону.
- Особливості це можливість змінювати швидкість і напрямок

руху.

3. Скидачі/механічні приводи:

- Для переміщення об'єктів у відповідні контейнери.
- Соленоїдні штовхачі або пневматичні механізми.

4. Зберігання і мережа

Завдання:

- Забезпечення стабільного зберігання даних і передачі між модулями.

Компоненти:

1. Сервери для зберігання даних:

- Хмарні або локальні сервери для бази даних.
- Приклад-NAS-системи (Synology DS920+), сервери Dell

PowerEdge.

2. Мережеве обладнання:

- Для зв'язку між сенсорами, обчислювальними пристроями і сервером.
- Приклад-промислові маршрутизатори Cisco, IoT-шлюзи

(Advantech UNO).

5. Інтерфейси користувача

Завдання:

- Забезпечення доступу до даних для операторів і адміністраторів.

Компоненти:

1. Стаціонарні робочі станції:

- Монітори та комп'ютери для управління системою та перегляду

звітів.

- Приклад: Dell OptiPlex, HP EliteDesk.

2. Мобільні пристрої:

- Планшети або смартфони для віддаленого моніторингу.
- Приклад: Samsung Galaxy Tab, Apple iPad.

6. Додаткове обладнання

1. Джерела безперебійного живлення (UPS):

- Забезпечують безперервну роботу системи у разі збою

електроживлення.

- Приклад-APC Smart-UPS.

2. Системи охолодження:

- Для серверів і обчислювальних пристроїв із високою

тепловіддачею.

3. Контейнери для відходів:

- Розумні контейнери з сенсорами наповнення.

Інтеграція

Усі компоненти повинні бути інтегровані через єдину мережу, яка забезпечує стабільну передачу даних. Бажано також додати модулі самодіагностики для виявлення несправностей у реальному часі.

Висновки до розділу 3

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

Техніко-економічне обґрунтування має на меті оцінити доцільність розробки системи, аналізуючи технічні аспекти, витрати, переваги та потенційну ефективність.

1. Актуальність і проблематика

Проблеми поводження з ТПВ полягає в низькому рівні вторинної переробки відходів у більшості регіонів. Значні витрати на ручне сортування.

Негативний вплив на екологію через неналежне поводження з відходами.

Вимоги сучасного ринку це зростаючий попит на ефективні та автоматизовані рішення для управління ТПВ.

Законодавчі ініціативи, що стимулюють переробку (наприклад, директиви ЄС, норми ISO 14001).

Можливості штучного інтелекту - висока точність класифікації відходів. Скорочення часу й витрат на ручне сортування.

2. Мета і завдання проєкту

Мета-розробка автоматизованої інформаційної системи сортування ТПВ із використанням ШІ для підвищення ефективності сортування та зменшення екологічного впливу.

Завдання-автоматизація процесу класифікації та сортування відходів.

Зниження витрат на ручну працю. Підвищення обсягів вторинної переробки. Зменшення кількості відходів, що потрапляють на полігони.

3. Технічна складова

Основні компоненти:

Програмне забезпечення:

Модуль збору даних (з сенсорів).

Модуль аналізу (ШІ для класифікації).

Модуль управління сортувальними механізмами.

Інтерфейс для моніторингу й управління системою.

Апаратне забезпечення - роботизовані руки або конвеєри, сенсори (камери, ваги, спектрометри), сервери для обробки даних, мережа та інфраструктура яка включає в себе інтеграцію сенсорів, серверів і механізмів через IoT. Хмарні технології або локальні сервери для зберігання даних.

4. Економічна складова - витрати на впровадження.

Розробка ПЗ - \$100,000–\$150,000.

Тестування і налаштування - \$20,000–\$30,000.

Закупівля обладнання.

Сенсори, камери, ваги - \$50,000–\$70,000.

Роботизовані системи - \$80,000–\$120,000.

Сервери - \$20,000–\$50,000.

Експлуатаційні витрати складаються з обслуговування обладнання - \$10,000–\$20,000 на рік.

Електроенергія - \$5,000–\$10,000 на рік.

Навчання персоналу - тренінги: \$5,000–\$10,000.

Потенційна економія це скорочення витрат на ручне сортування на 50–70%.

Збільшення доходів від продажу вторинної сировини на 30–50%.

Скорочення витрат на утилізацію за рахунок зменшення кількості несортованих відходів.

Період окупності при початкових витратах у \$300,000–\$400,000 і щорічній економії \$100,000–\$150,000, система окупиться протягом 2–4 років.

5. Переваги впровадження

Екологічні - зменшення кількості відходів, що потрапляють на полігони, підвищення частки вторинної переробки, скорочення викидів парникових газів.

Економічні - зниження витрат на сортування та утилізацію, збільшення прибутків від продажу вторсировини.

Соціальні - зменшення шкідливого впливу на довкілля. Створення нових робочих місць для обслуговування системи.

Технологічні - висока точність і ефективність сортування. Можливість масштабування системи.

6. Ризики та їхнє управління до основних ризиків відносяться високі початкові витрати, технічні збої в роботі обладнання, потреба у висококваліфікованих спеціалістах.

Міри для управління ризиками-тестування системи перед впровадженням, включення в бюджет резерву на ремонт і обслуговування, інвестування в навчання персоналу.

Висновок до розділу 4

Розробка і впровадження ІС сортування ТПВ із використанням ШІ є економічно доцільною за рахунок скорочення витрат і підвищення ефективності сортування. Система відповідає сучасним екологічним викликам і сприяє розвитку циркулярної економіки. При оптимальному управлінні проектом очікується швидка окупність і тривала експлуатація з позитивним впливом на екологію та економіку.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

Охорона праці під час експлуатації інформаційної системи (ІС) сортування твердих побутових відходів (ТПВ) із використанням штучного інтелекту спрямована на забезпечення безпечних умов роботи персоналу, мінімізацію ризиків, пов'язаних із впливом шкідливих факторів, та запобігання аварійним ситуаціям. Цей розділ розроблено відповідно до чинного законодавства в галузі охорони праці, техніки безпеки та екологічної безпеки.

2. Аналіз потенційних ризиків

1. Механічні ризики:

- Робота з роботизованими маніпуляторами та конвеєрами, які можуть становити небезпеку травмування.
- Контакт із нерозпізнаними небезпечними предметами (скло, гострі предмети, хімічні речовини).

2. Електричні ризики:

- Висока напруга в електромережі, що живить обладнання.
- Можливість коротких замикань.

3. Шкідливі фактори навколишнього середовища:

- Пил, токсичні випари або небезпечні речовини від відходів.
- Ризик зараження при контакті з біологічними або медичними відходами.

4. Фізичні та психоемоційні ризики:

- Тривала робота у виробничих зонах підвищеної шумності та вібрації.
- Емоційна втома через постійний моніторинг системи.

5. Технічні ризики:

- Збої в роботі обладнання або програмного забезпечення.
- Несправності сенсорів і роботизованих механізмів.

3. Організація охорони праці

1. Розробка інструкцій:
 - Інструкції з техніки безпеки для операторів системи та обслуговуючого персоналу.
 - Регламент роботи з роботизованими маніпуляторами та сенсорним обладнанням.
2. Навчання персоналу:
 - Проведення регулярних тренінгів із безпеки.
 - Навчання першій допомозі та діям у надзвичайних ситуаціях.
3. Контроль технічного стану обладнання:
 - Регулярна діагностика механізмів і електрообладнання.
 - Проведення технічного обслуговування згідно з графіком.
4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):
 - Забезпечення персоналу захисним одягом, рукавицями, окулярами, масками або респіраторами.
 - Використання шумозахисних навушників у зонах підвищеного шуму.
4. Вимоги до робочого місця
 1. Організація робочого простору:
 - Встановлення огорожень навколо роботизованих маніпуляторів та конвеєрів.
 - Маркування небезпечних зон та зон технічного обслуговування.
 - Наявність аварійних кнопок зупинки обладнання.
 2. Вентиляція та освітлення:
 - Обладнання приміщень ефективною вентиляційною системою для видалення пилу та шкідливих випарів.

- Забезпечення рівномірного освітлення робочої зони (не менше 300 люкс).

3. Температурний режим:

- Підтримання оптимальної температури у виробничих приміщеннях (18–25°C).

4. Зони для дезінфекції та санітарії:

- Організація місць для миття рук і дезінфекції інструментів.
- Забезпечення доступу до санітарно-гігієнічних засобів.

5. Заходи з мінімізації ризиків

1. Під час роботи з обладнанням:

- Перед запуском системи оператори повинні переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні роботи роботизованих механізмів.

- Виконувати ручні операції лише після повного зупинення обладнання.

2. При обслуговуванні системи:

- Перед проведенням технічних робіт відключати систему від живлення.

- Дотримуватися правил поведінки з електрообладнанням.

3. При роботі з відходами:

- Не допускати прямого контакту з небезпечними речовинами без використання ЗІЗ.

- Сортувати відходи з високим ризиком (медичні, хімічні) окремо.

4. В разі надзвичайних ситуацій:

- Наявність аварійного плану дій (евакуація, відключення обладнання).

- Установка пожежної сигналізації та вогнегасників у робочій зоні.

6. Моніторинг та аудит безпеки

1. Регулярні перевірки:

- Щоквартальні аудити стану обладнання та умов праці.

- Оцінка рівня забруднення повітря та рівня шуму на робочому місці.

2. Звітування:

- Оператори повинні регулярно звітувати про виявлені недоліки в системі.

- Ведення журналу інцидентів і несправностей.

7. Відповідальність

1. Керівництво:

- Відповідає за створення безпечних умов праці, забезпечення персоналу необхідними засобами захисту та проведення навчання.

2. Персонал:

- Зобов'язаний виконувати інструкції з охорони праці, використовувати ЗІЗ та повідомляти про порушення або аварійні ситуації.

3. Технічний персонал:

- Відповідає за обслуговування обладнання згідно з регламентом.

Висновок до розділу 5

Виконання зазначених заходів із охорони праці є обов'язковим для забезпечення безпечної роботи інформаційної системи сортування ТПВ із використанням ШІ. Їх дотримання сприятиме зменшенню кількості нещасних випадків, підвищенню продуктивності та створенню екологічно безпечних умов для персоналу й оточуючого середовища.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Загальні положення

Охорона навколишнього середовища є важливою складовою роботи інформаційної системи (ІС) сортування ТПВ із використанням штучного інтелекту. Впровадження такої системи спрямоване на мінімізацію негативного впливу на екологію шляхом оптимізації процесів сортування, зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігони, та підвищення рівня вторинної переробки.

Цей розділ розроблено відповідно до національних і міжнародних екологічних стандартів (наприклад, ISO 14001:2015), а також чинного законодавства з охорони навколишнього середовища.

6.2 Основні екологічні цілі

- Зменшення негативного впливу відходів на довкілля шляхом оптимізації процесу сортування.
- Підвищення ефективності переробки вторинної сировини.
- Скорочення кількості відходів, що підлягають захороненню на полігонах.
- Зниження енергоспоживання й викидів парникових газів у процесі експлуатації системи.

6.3 Аналіз екологічних ризиків

- Потенційні джерела забруднення - неналежна утилізація небезпечних відходів (хімічних, медичних, токсичних).
- Пил, шкідливі гази та випари в зонах сортування.
- Забруднення води та ґрунту через витіки небезпечних речовин.
- Енергоспоживання - використання електроенергії для роботи механізмів, сенсорів і серверів.
- Проблеми утилізації вторинної сировини - недостатня кількість підприємств для обробки сортованих матеріалів.

- Технічні ризики - несправності обладнання, що можуть призвести до збоїв у роботі системи й погіршення ефективності сортування.

6.4 Заходи з охорони навколишнього середовища

- Екологічно безпечне сортування це розділення небезпечних відходів (батареї, акумулятори, електроніка) від звичайних ТПВ.

- Сортування біологічних і медичних відходів у спеціальні контейнери.

- Оптимізація енергоспоживання це використання енергоефективного обладнання (серверів, моторів, сенсорів).

- Установлення джерел відновлюваної енергії (сонячних панелей, вітрових турбін) для часткового живлення системи.

- Контроль за викидами й забрудненням ведеться установлення системи вентиляції й очищення повітря для зменшення концентрації пилу та токсичних речовин.

- Улаштування спеціальних резервуарів для зберігання небезпечних рідких відходів.

- Переробка й утилізація це спрямування сортованих матеріалів на спеціалізовані переробні підприємства.

- Утилізація залишкових відходів відповідно до екологічних стандартів.

- Моніторинг і звітування включає регулярний екологічний моніторинг зони роботи ІС (контроль якості повітря, води, ґрунту).

- Ведення журналу екологічного стану об'єкта та впроваджених заходів.

6.5 Використання технологій штучного інтелекту для екологічної безпеки

Класифікація небезпечних відходів - ІІІ аналізує зображення або дані сенсорів для автоматичного виявлення небезпечних предметів. Моделювання сценаріїв найкращої переробки для кожного типу матеріалу.

Прогнозування екологічних ризиків це аналіз великих обсягів даних для оцінки впливу відходів на навколишнє середовище. Оптимізація маршруту транспортування відходів для зменшення викидів CO₂.

Енергетична оптимізація це використання алгоритмів ІІІ для зниження енергоспоживання шляхом оптимізації режимів роботи обладнання.

6.6 Організація екологічної відповідальності

Освіта персоналу включає проведення тренінгів для працівників щодо екологічно безпечної роботи з відходами. Ознайомлення зі стандартами сортування й утилізації.

Взаємодія з громадськістю це інформування населення про важливість сортування відходів і переваги вторинної переробки. Проведення просвітницьких кампаній щодо правильного поводження з ТПВ.

Відповідальність керівництва включає забезпечення дотримання екологічних норм та звітування перед регуляторними органами щодо впливу системи на довкілля.

6.7 Очікувані результати впровадження ІС

Екологічні переваги це зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігони. Підвищення рівня переробки вторсировини до 50–70%. Зниження забруднення повітря, води й ґрунту.

Економічні ефекти включають скорочення витрат на захоронення відходів. Зростання доходів від продажу вторинних матеріалів.

Соціальні результати це підвищення обізнаності населення щодо сортування ТПВ. Зниження негативного впливу на здоров'я людей через покращення екологічного стану.

Висновок до розділу 6

Розробка та впровадження ІС сортування ТПВ із використанням ІІІ забезпечує не лише економічну ефективність, але й сприяє охороні довкілля. Виконання заходів, зазначених у цьому розділі, дозволяє мінімізувати

негативний вплив відходів на природу, зменшити викиди парникових газів і забезпечити сталий розвиток екологічно безпечних технологій.

ВИСНОВКИ

Ця робота спрямована на дослідження методів сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелекту.

1. У процесі дослідження було розглянуто проблему утилізації відходів. Обмеженість матеріальних та економічних ресурсів у країнах, що розвиваються, вимагає підвищення ефективності існуючих систем без збільшення, а подекуди й зі зменшенням витрат на впровадження та експлуатацію запропонованого рішення.

2. Проаналізовано низку наукових праць і прикладів функціонування муніципальних систем транспортування відходів. Попри їхню змістовність та економічну обґрунтованість, більшість із них не враховують важливий фактор — часові вікна. При зборі та транспортуванні твердих відходів важливо мінімізувати взаємодію з навколишнім середовищем та забезпечити їх доставку у найкоротші терміни для уникнення подальшого розкладання.

3. Для створення моделі автоматизованої системи було проведено аналіз і класифікацію методів поводження з відходами, типів відходів та транспортних рішень. Також описано процес прогнозування обсягів ТПВ, який здійснюється за допомогою алгоритму лінійних найменших квадратів.

4. Особлива увага під час розробки системи була приділена ключовим підсистемам: підсистемі збору і транспортування твердих відходів, а також підсистемі побудови мережевої карти зберігання та маршрутизації. Для пошуку оптимальних маршрутів було обрано генетичний алгоритм, що демонструє високу ефективність та здатність функціонувати у динамічних умовах із численними змінними.

5. Розроблено методологію створення карт пунктів збору ТПВ, що полегшить інтеграцію системи для операторів комунальних служб та ІТ-фахівців у вже наявні рішення.

6. Проведено дослідження ефективності запропонованої системи на прикладі карти невеликого міста, яка містить усі необхідні для розрахунків

дані. У результаті було розроблено маршрути з використанням лише ГІС, а також маршрути, що враховують ГІС у поєднанні з генетичним алгоритмом.

7. Здійснено аналіз та порівняння отриманих результатів із маршрутами, які існують на сьогодні без використання ГІС, а також із тими, що створюються виключно ГІС. Виявлено, що транспортування за маршрутами, побудованими з використанням генетичного алгоритму, є на 30% економічнішим порівняно з базовими маршрутами та маршрутами ГІС.

8. У підсумку зроблено висновок, що поставленої мети дослідження досягнуто: ефективність збору та транспортування ТПВ підвищено, а витрати на транспортування значно зменшено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aarne V. Solid Waste Engineering / Aarne Vesilind R., Worrell W.A., Reinhart D.R. // Thomson Asia Pte. Ltd., Singapore. – 2022.
2. Raje D. An approach to assess level of satisfaction of the residents in relation to SWM system / Raje D.V., Wakhare P.D., Deshpande A.W., Bhide A.D. // Waste Management and Research. – 2021. – №19. – с. 12-19
3. Solano E. Life-cycle based solid waste management. I-Model development / Eric Solano, Ranji Ranjitham S., Morton A.B. and Downey Brill E. // Journal of Environmental Engineering. – 2022. – №128(10). – с. 981-992
4. Braysy O. Genetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows / Olli Braysy // Arpakannus 1/2001, Special issue on Bioinformatics and Genetic Algorithms. – 2021. – с. 33-38.
5. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste // ASTM D5231. – 2016. – №92.
6. Мелкумян К. Ю. Автоматизована система утилізації твердих відходів / К. Ю. Мелкумян, О. В. Сягровський // Адаптивні системи автоматичного управління. – 2021. – №1(38). – ISSN 1560-8956. – С. 68-71.

ДОДАТОК А – Екрані форми розробки Налаштування мережевого аналізу ArcGIS

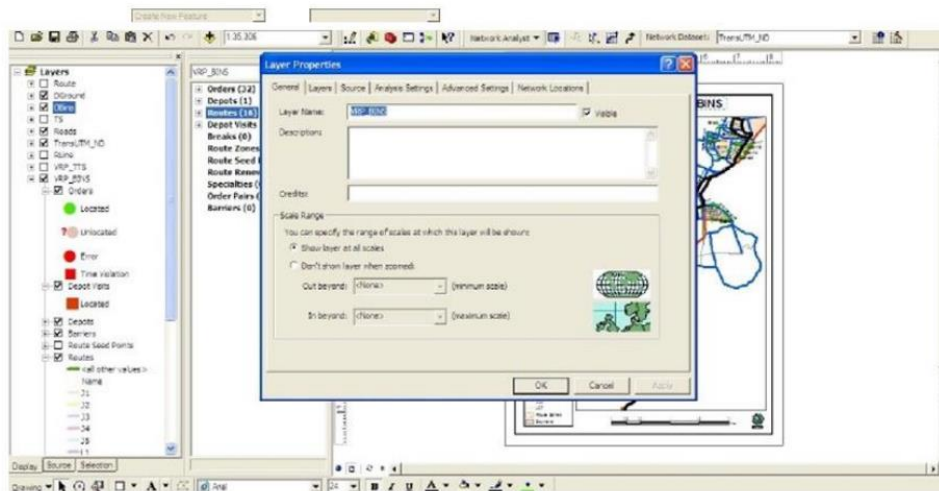


Рисунок А.1 – Знімок екрана загальних властивостей шару ArcGIS

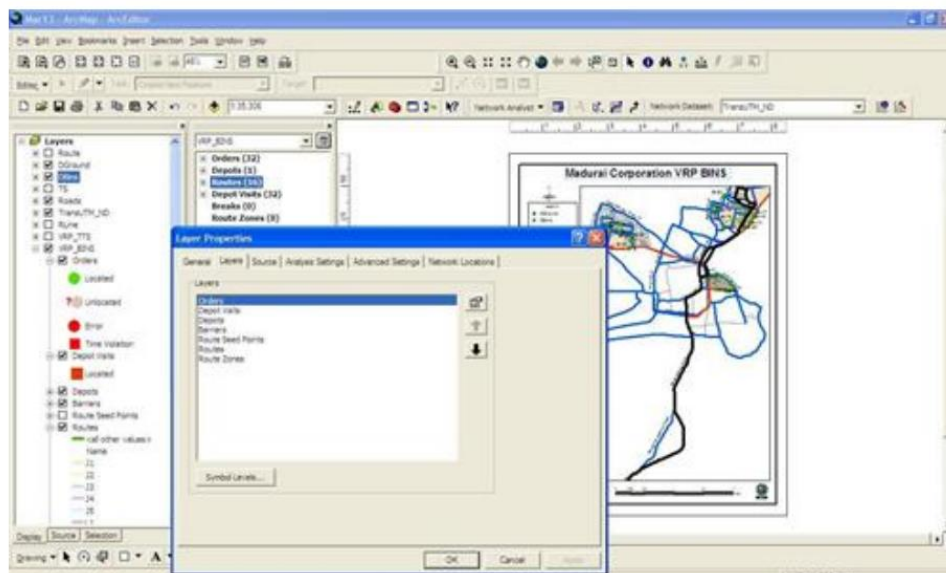


Рисунок А.2 – Властивості шару ВТП в НА

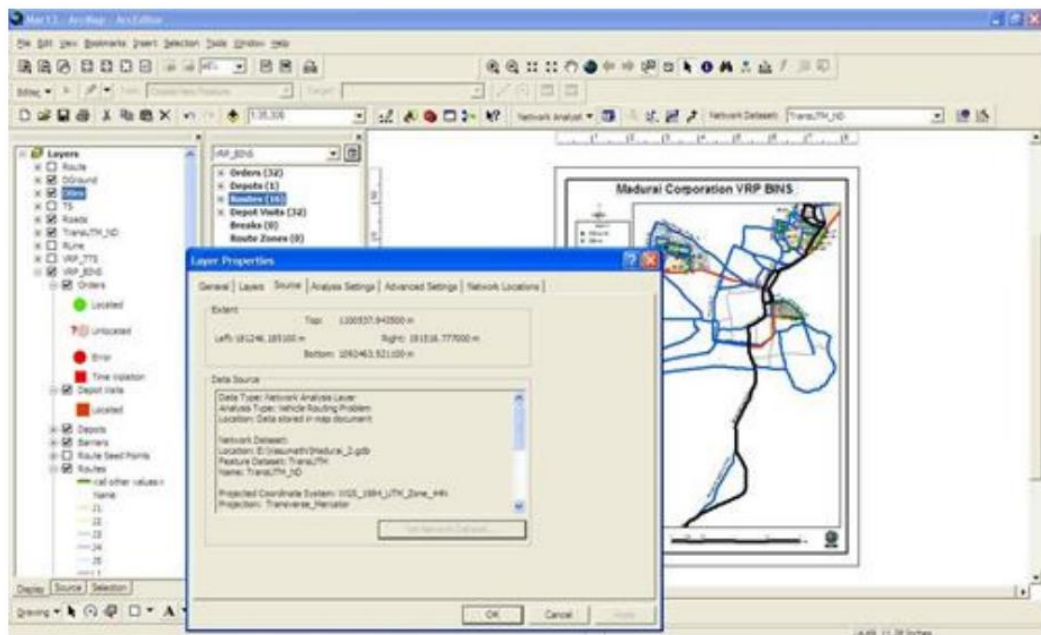


Рисунок А.3 – Знімок екрана, що показує джерело даних у властивостях шару

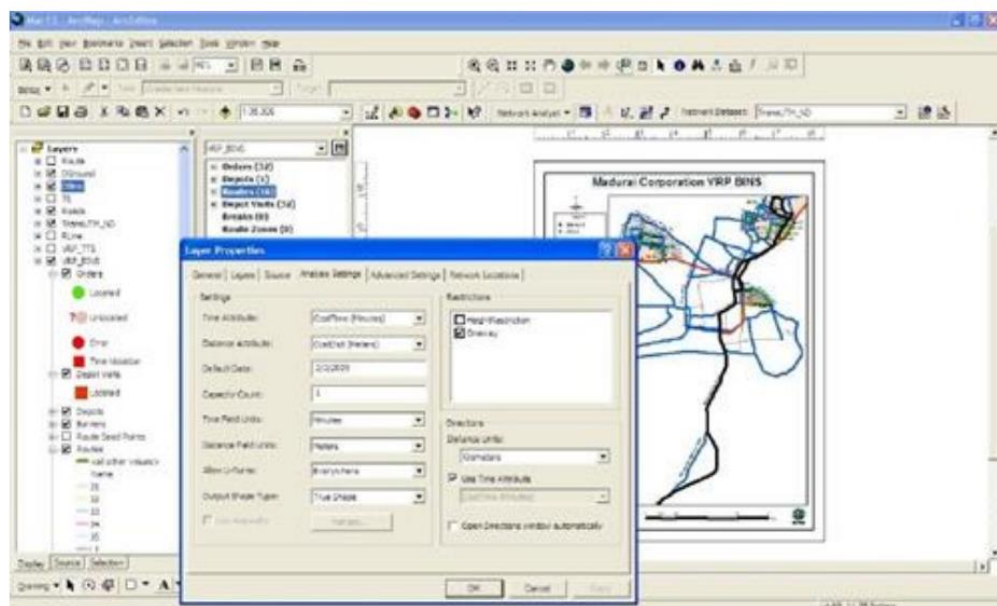


Рисунок А.4 – Параметр аналізу у властивостях шару NA

ДОДАТОК Б – ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

Інструкція користувача інформаційної підсистеми сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелекту

1. Призначення та опис підсистеми Підсистема сортування твердих побутових відходів спрямована на підвищення ефективності переробки та утилізації відходів. Система використовує штучний інтелект (AI) для аналізу, класифікації та визначення найбільш підходящого способу обробки відходів.

2. Склад підсистеми

1. Апаратне забезпечення:

- Камера з високою роздільною здатністю для аналізу відходів.
- Сканери (додатково — для хімічного аналізу).
- Конвейєр з секціями для сортування.

2. Програмне забезпечення:

- Алгоритми класифікації відходів.
- Дані для проведення аналізу компонентів.
- Інтерфейс користувача.

3. Порядок роботи системи

1. Підготовка системи до роботи

- Перевірте підстанцію для подачі відходів.
- Запустіть систему з інтерфейсу.

2. Подача та сканування відходів

- Подайте відходи на конвейєр.
- Система запускає камеру та сканери для точного визначення

компонентів.

3. Класифікація та сортування

○ Штучний інтелект аналізує дані та розподіляє відходи за секціями (пластик, метал, скло, органічні відходи тощо).

4. Виведення даних

○ Система надає звіт з класифікації та рекомендації щодо утилізації.

4. Безпекові засоби

- Не пригайте у робочу зону конвейєра.
- Забезпечуйте своєчасне обслуговування системи.

ДОДАТОК В – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Інструкція користувача інформаційної системи сортування твердих побутових відходів з використанням штучного інтелекту

Загальні положення

Інформаційна система (ІС) сортування твердих побутових відходів (ТПВ) з використанням штучного інтелекту (ШІ) призначена для автоматизації процесу розпізнавання, класифікації та сортування відходів, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища.

Основні функції ІС

Розпізнавання типу відходів: система використовує комп'ютерний зір для аналізу зображень.

Класифікація відходів: відходи поділяються на категорії, такі як папір, пластик, метал, органічні матеріали тощо.

Рекомендації для утилізації: система вказує, в який контейнер слід помістити конкретний тип відходів.

Статистика та звітність: система надає звіти про кількість та типи відходів.

1. Вимоги до користувача

Смартфон або комп'ютер з доступом до інтернету.

Камера для сканування об'єктів (для мобільного використання).

Зареєстрований обліковий запис у системі (якщо необхідно).

2. Початок роботи

Увійдіть до системи: використайте свої облікові дані для авторизації.

Запустіть камеру (за наявності): дозвольте доступ до камери для розпізнавання відходів.

Виберіть режим роботи:

Ручне сортування: користувач самостійно фотографує або завантажує зображення відходів.

Автоматичне сортування: камера розпізнає відходи в реальному часі.

. Використання системи

Розпізнавання об'єкта:

Розмістіть відхід перед камерою або завантажте його зображення.

Система проаналізує об'єкт та визначить його тип.

Класифікація:

Результат класифікації буде відображено на екрані.

Система запропонує відповідний контейнер для утилізації (наприклад, синій — папір, зелений — скло).

Інтерактивна допомога:

Якщо система не може визначити тип відходу, буде запропоновано варіанти або ручний вибір.

4. Звітність

В особистому кабінеті користувача доступні звіти про сортування:

Загальна кількість відходів.

Розподіл за типами.

Рекомендації щодо зменшення відходів.

Налаштування

Мова інтерфейсу: виберіть зручну для вас мову.

Сповіщення: увімкніть або вимкніть нагадування про сортування.

Синхронізація: інтегруйте систему з розумним домом (якщо підтримується).

6. Поради для ефективного використання

Використовуйте якісні зображення для точнішого розпізнавання.

Регулярно оновлюйте програмне забезпечення для доступу до нових функцій.

Ознайомтесь із місцевими правилами сортування відходів.

Технічна підтримка

Якщо виникають труднощі, звертайтеся до служби підтримки через вкладку "Допомога" в додатку.

Контактна інформація:

Електронна пошта: support@wastesort.ai

Телефон: +38 (044) 123-45-67