

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Інформаційні управляючі системи та
технології»
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ІС-93

Забільська Валерія Олексіївна

Керівник:

Доцент кафедри ІСТ, к.т.н., доцент

Коган Алла Вікторівна

Рецензент:

Доцент кафедри ОТ, к.т.н., доцент

Роковий Олександр Петрович

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційні управляючі системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«___» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Забільській Валерії Олексіївні

1. Тема проєкту «Інформаційні система для розпізнавання та сортування відходів», керівник проєкту Коган Алла Вікторівна, доцент кафедри ІСТ, к.т.н, доцент, затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. № 2101-с
2. Термін подання студентом проєкту: 12 червня 2023 року.
3. Вихідні дані до проєкту: мова програмування Python, мова програмування Kotlin, бібліотека PyTorch, середовище розробки Android Studio.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз проблеми сортування відходів та існуючих рішень, теоретичні аспекти розпізнавання та сортування відходів, опис інформаційної системи для розпізнавання та сортування відходів, розробка та реалізація системи, тестування додатку.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема ResNet-50, діаграма класів, схема використання, алгоритм розробки нейронної мережі.

6. Дата видачі завдання: 17 квітня 2023 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Ознайомлення з постановкою задачі	02.04.2023	
2	Аналіз існуючих рішень та предметної області	04.04.2023	
3	Алгоритмізація поставленої задачі	11.04.2023	
4	Обґрунтування технічних засобів розробки	15.04.2023	
5	Моделювання програмного забезпечення	01.05.2023	
6	Розробка нейронної мережі (моделі)	05.05.2023	
7	Розробка програмного забезпечення	18.05.2023	
8	Тестування програмного забезпечення	19.05.2023	
9	Оформлення пояснювальної записки	25.05.2023	

Студент

Валерія ЗАБІЛЬСЬКА

Керівник

Алла КОГАН

АНОТАЦІЯ

Забільська В.О. Інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2023.

Проект містить 60 с. тестку, 24 рисунки, 12 таблиць, посилання на 16 літературних джерел та 4 конструкторських документа.

Ключові слова: розпізнавання та сортування відходів, нейронна мережа, мобільний додаток.

Об'єктом розробки є інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів.

Мета розробки – полегшення та покращення процесу сортування відходів.

Під час виконання проекту розроблено систему для розпізнавання та сортування відходів у вигляді мобільного додатку для системи Android та виконано усі поставлені цілі, а саме: полегшення процесу сортування відходів для користувачів.

SUMMARY

Zabilska V.O. Information System for Recognizing and Sorting Waste. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2023.

This project contains 60 pages of text, 24 figures, 12 tables, links to 15 literary sources and 4 design documents.

Keywords: waste recognition and sorting, neural network, mobile application.

The main object of development is to make the process of waste sorting easier and better.

While developing the project, the system for waste recognition and sorting as an Android mobile application was created. All of the goals were succeeded, including: making waste sorting proccess easier for users.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер екзем.	Примітка			
1			Документація загальна						
2									
3			Знову розроблена						
4									
5	A4	IC93.060БАК.004 ПЗ	Пояснювальна записка	60					
6	A3	IC93.060БАК.004 Д1	Інформаційна система для	1					
7			Розпізнавання та сортування						
8			відходів. Схема ResNet-50						
9	A3	IC93.060БАК.004 Д2	Інформаційна система для	1					
10			Розпізнавання та сортування						
11			відходів. Діаграма класів.						
12	A3	IC93.060БАК.004 Д3	Інформаційна система для	1					
13			Розпізнавання та сортування						
14			відходів. Схема використання						
15	A3	IC93.060БАК.004 Д4	Інформаційна система для	1					
16			Розпізнавання та сортування						
17			відходів. Алгоритм						
18			Розробки нейронної мережі						
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
			IC93.060БАК.004 ТП						
Зм.	Аркуш	№ докум.					Підпис	Дата	
Розроб.		Забільська В.О.							
Керівн.		Коган А.В.							
					Інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів. Відомість проекту	Літ.	Аркуш	Аркушів	
						Т		1	1
						КПІ ім. Ігоря Сікорського Група IC-93			
Затв.									

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Інформаційна система для розпізнавання та
сортування відходів»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ПРОБЛЕМИ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ	8
1.1 Опис предметного середовища.....	8
1.1.1 Стан справ із сміттєзвалищами	8
1.1.2 Системи сортування відходів	10
1.2 Огляд наявних аналогів.....	13
Висновки до розділу	16
2 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ	18
2.1 Методи машинного навчання та обробки зображень	18
2.2.1 Дані для розпізнавання та сортування пластику	24
2.2.2 Сортування папері	29
2.2.3 Сортування скла.....	30
2.2.4 Сортування органічних відходів	31
Висновки до розділу	32
3 ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ	34
3.1 Вимоги до системи	34
3.2 Архітектура системи	36
3.3 Розпізнавання та класифікація відходів, створення додатку.....	38

					ІС93.060БАК.004 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис		Інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Забільська В.С					Т	2	60
Керівник	Коган А.В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІС-93		
Затв.								

Висновки до розділу	40
4 РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	41
4.1 Вибір технологій та інструментів розробки.....	41
4.2 Розробка та реалізація компонентів мобільного додатку	42
4.3 Розробка компонентів нейронної мережі для розпізнавання відходів	46
Висновки до розділу	48
5 ТЕСТУВАННЯ ДОДАТКУ	51
5.1 Тестування додатку	51
Висновки до розділу	55
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Бібліотека — поєднання модулів, функцій, класів, об'єктів та підпрограм для вирішення якоїсь задачі.

Глибинне навчання (англ. Deep Learning) – метод штучного інтелекту, який мімікує роботу людського мозку.

Датасет (англ. Dataset) — набір певних даних зібраних у файл, де ці дані мають певну форму зберігання.

Епоха (англ. Epoch) – період за який виконується повне проходження навчання моделі машинного навчання.

Згорткова нейронна мережа (англ. Convolutional Neural Network) – клас нейронних мереж глибинного навчання, найбільш популярний для розпізнавання та класифікації об'єктів.

Нейронна мережа (англ. Neural Network) – набір алгоритмів глибинного навчання.

Точність (англ. Accuracy) – показник відношення кількості коректних прогнозів моделі до загальної кількості усіх прогнозів, зроблених навченою моделлю.

Втрати (англ. Loss) – показник, яким оцінюється навчена модель.

Python – мова програмування, високорівнева, що має великий перелік сфер застосування. Типізується динамічно, має збірник сміття. Із переваг мови виділяють її велику читабельність.

Keras – бібліотека мови Python із відкритим кодом. Використовується у сфері штучних нейронних мереж, таке є інтерфейсом для іншої бібліотеки з відкритим кодом TensorFlow.

Kotlin – кросплатформена мова програмування загального призначення. Статично типізована. Мова була розроблена для того, щоб розробники могли взаємодіяти із мовою програмування Java, тоді як деякі версії мови Kotlin знаходяться в повній залежності від мови програмування Java.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Комп'ютерний зір (англ. Computer Vision) – сфера штучного інтелекту. Дозволяє із комп'ютерам отримувати із цифрових зображень, відео та ін. інформацію, а із цим – рекомендації, виконувати певні дії на основі отриманої інформації.

Waterfall – процес розбиття розробки програмного забезпечення на ізольовані фази.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проблема надмірного накопичення сміття стала глобальною проблемою сучасного світу. Людство, використовуючи природні ресурси Землі, накопичує величезну кількість сміття, яке забруднює довкілля та шкодить здоров'ю людей і тварин. Гори сміття з'являються поруч з містами та підприємствами.

Сортування сміття є важливим процесом, який дозволяє розділити сміття на різні групи для подальшої переробки. Цей процес може відбуватися як вручну в побуті, так і автоматично на спеціальних майданчиках. Також сортування проводять на місцях переробки вторинної сировини.

Актуальність проекту полягає в тому, сортування відходів завжди здавалось людям чимось дуже складним та не зовсім зрозумілим. Саме тому, з урахуванням загрози екологічній кризі, яка посилюється ще більше в період війни, а також недостатньої обізнаності людей щодо необхідності сортування відходів, та власне самого процесу та усіх нюансів, які впливають на правильність сортування, розробка інформаційних систем для покращення та, що важливо, полегшення процесу сортування стає актуальною.

Об'єктом дослідження є проблема недостатньої доступності сортування відходів.

Предметом дослідження проекту розпізнавання відходів та допомога при їх сортуванні.

Метою дипломного проекту є створення інформаційної системи для розпізнавання видів відходів у вигляді мобільного додатку із практичними рекомендаціями щодо подальшого сортування.

Для створення мобільного додатку, який допоможе спростити процес сортування вторинної сировини та збільшити обізнаність користувачів у цій галузі, спочатку необхідно провести аналіз предметного середовища та існуючих аналогів.

Розроблений додаток також має надати користувачам короткі та змістовні відповіді на запитання про сортування вторинної сировини. Таким чином, робота сприятиме збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення довкілля.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Завданням даної розробки є:

- створення моделі для розпізнавання та класифікації видів відходів;
- створення зручної мапи пунктів сортування відходів;
- розробка зручного та зрозумілого інтерфейсу додатку для користувачів.

Результатом реалізації проєкту буде створений мобільний додаток, за допомогою якого користувачі зможуть розпізнавати тип відходів та отримувати підказки щодо правильної утилізації.

Для реалізації проєкту використовувалась велика кількість різних сучасних технологій розробки програмного забезпечення а також створення моделей машинного навчання. З практичної точки хору, це допоможе зробити процес сортування відходів більше доступним, зрозумілим та правильним для користувачів, що в свою чергу допоможе в подоланні екологічних проблем.

Мова програмування Python, а саме бібліотека Keras, була використаня для написання та тренування самої моделі для розпізнавання та класифікації видів відходів.

Для розробки мобільного додатку було обрано мову програмування Kotlin, адже сам додаток розроблювався для операційної системи Android. До того ж, мова Kotlin містить багато бібліотек які дозволяють зручно підключити написану та навчену модель для розпізнавання відходів.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ПРОБЛЕМИ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ

1.1 Опис предметного середовища

1.1.1 Стан справ із сміттєзвалищами.

Проблема сміттєзвалищ стала глобальною для всього світу, і Україна не є винятком. Високий рівень споживання та відходів, відсутність належної інфраструктури для їх збору та переробки призводить до того, що сміттєзвалища накопичуються великими масивами в районах міст та на околицях. Ситуація зі сміттєзвалищами в Україні є актуальною і вимагає комплексного підходу до її розв'язання[1].

За даними Міністерства екології та природних ресурсів України, стан справ зі сміттєзвалищами у країні є дуже серйозним. Зараз на території України функціонує більш як 600 сміттєзвалищ, більшість з яких не відповідають сучасним вимогам щодо збору та переробки відходів. Багато з них це відкриті зони, де відходи накопичуються великими масивами, забруднюючи навколишнє середовище та загрожуючи здоров'ю населення.

Проте, варто зазначити, що в останні роки в Україні відбувається певний прогрес у розв'язанні проблеми сміттєзвалищ. Зокрема, запроваджується система сортування відходів на місці, що дозволяє зменшити обсяги не перероблюваних відходів та сприяє їх ефективнішій переробці. Також вдосконалюється чинна інфраструктура зберігання та переробки відходів.

Перед початком повномасштабного вторгнення в Україні накопичилось близько 15,6 мільярда тон промислових та побутових відходів. Це кількість, яка може покрити метровий шар сміття на всій території Івано-Франківської області. Загальна площа сміттєзвалищ в Україні перевищує 9 тисяч гектарів, що дорівнює площі міста Хмельницький.

Утворення та накопичення відходів в Україні були критичними ще до повномасштабного вторгнення, але зараз ситуація стала катастрофічною. На територіях, які були звільнені, утворилась величезна кількість відходів від

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнування будівель та інфраструктури, а також від знищених та пошкоджених автомобілів.

Масштаби руйнувань та утворення відходів на сході та півдні, де тривають бойові дії, неможливо повністю оцінити, але вони очевидно ще більші.

Навіть там, де не ведуться бойові дії, в кожному другому селі та на околицях міст, стихійні сміттєзвалища забруднюють повітря та воду. Річки Карпат заповнені пластиком сміттям, яке потрапляє до сусідніх країн, таких як Румунія, Угорщина та Молдова.

Ситуація з відходами в Україні потребує негайного рішення. Необхідно впроваджувати сучасні технології переробки та утилізації відходів, зменшувати відходи на початковому етапі їх утворення та налагоджувати ефективну систему управління відходами. Крім того, потрібно вдосконалювати законодавство та забезпечувати ефективний контроль за відходами.

В Україні планується реалізація проєкту зі створення сучасних еко майданчиків для збору та переробки відходів, які будуть обладнані спеціальними контейнерами для роздільного збору відходів та технологіями для їх подальшої переробки. Цей проєкт має на меті зменшити кількість відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, та забезпечити їх ефективну переробку.

Проте, для ефективного розв'язання проблеми сміттєзвалищ в Україні необхідні додаткові заходи. Наприклад, важливо забезпечити належне фінансування програм та проєктів для боротьби з відходами та вдосконалення інфраструктури зберігання та переробки відходів. Також, необхідно проводити інформаційно-освітню роботу з населенням щодо необхідності роздільного збору відходів та екологічного способу життя.

Українські влада та громадськість повинні приділити цьому питанню найвищий пріоритет і вжити невідкладних заходів для зменшення кількості відходів та покращення управління ними. Тільки так можна забезпечити збереження довкілля та здоров'я людей в Україні.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2 Система сортування відходів

З 1 січня 2018 року в нашій країні заборонено поховання необроблених (неперероблених) побутових відходів. Крім того, сортування сміття стає прямим обов'язком кожного громадянина України. Це особливо вірно для звалищ і рекультивації на звалищах, а також для спонтанного розміщення екологічно небезпечних великогабаритних відходів. Штрафи за порушення цього закону можуть становити 1316 гривень для фізичних осіб і 1700 гривень для юридичних осіб.

Однак у Мінприроди вважають такі штрафи надто несерйозними та наголошують на необхідності перекваліфікувати злочин на кримінальну відповідальність. Відповідно до закону, небезпечні відходи мають бути зібрані, сортовані та негайно передані спеціалізованому підприємству, яке має ліцензію на утилізацію. Цей вид сміття необхідно вивозити в спеціально обладнаному транспорті. Побутові відходи можна ховати лише на спеціальних полігонах або на спеціально відведених для цього полігонах.

Органи місцевого самоврядування або державні адміністрації повинні надавати пріоритет системам санітарного очищення, які дозволяють вищий ступінь утилізації або переробки.

Спалювання відходів дозволяється лише для функціональної експлуатації та лише з метою виробництва енергії (тепла або електроенергії). Закон забороняє будівництво та використання полігонів для побутових відходів, а проекти передбачають механізми захисту від забруднення ґрунтових вод та системи збору та переробки фільтрату та біогазу.

Якщо мова йде про вторинну сировину, то тут існує 2 головних принципи сортування:

- місткості для сміття повинні бути сухими та чистими;
- всю тару слід дуже щільно стискати.

Усю втор сировину заведено поділяти на такі різновиди, описані в таблиці 1.1:

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Різновиди відходів

Вид вторсировини	Опис
Макулатура	Книги, журнали з газетами, паперові пакети тощо. Щоб заощадити простір, розплющуйте картонні та паперові вироби, наскільки це можливо, перш ніж поміщати їх у паперові пакети або зв'язувати ниткою. Макулатурою не вважаються: чеки, сигаретні пачки, Tetra Pak, продукти переробки та різна забруднена волога паперова сировина.
Tetra Pak	Багатошаровий пакет з поліетилену, картону або фольги. Ретельно вимийте упаковку і відіжміть її зсередини.
Поліетилен	Товарні пакети, рукавички, стретч плівка. Поліетилен герметично закрийте і покладіть в той же пакет.
Пластик	Всього існує 7 видів пластику, 5 з яких підлягають переробці. Щоб зрозуміти, до якого типу відноситься пластиковий виріб, потрібно уважно подивитися на маркування. Там ви побачите трикутники з цифрами від 1 до 7. У деяких випадках маркування має тільки літери. Якщо на ярлику немає етикетки або цифра 7 чи 3, такі речі не підлягають переробці.
Метал	Банки, кришки та інші металеві предмети. Їх необхідно очистити від бруду і добре утрамбувати.

Продовження таблиці 1.1

Скло	Флакони для фармацевтичних препаратів, косметики, напоїв тощо. Бите скло також можна переробити. Порцеляна необроблена, особливо міцне скло (яке витримує сильні удари та високі температури).
Залишкові відходи	Те, що залишається після сортування відходів (скотч, «Sur Chic», гігієнічні прокладки та серветки, неупакована та немаркована продукція, биті речі). Цю частину відходів слід відправляти на звалище. Не викидайте свій старий одяг, який ще працює, віддайте його на благодійність.
Відходи що містять за своєю хімічною структурою токсичні речовини	Енергоощадні лампи, ртутні термометри, батарейки, розчинники, фарби, АБС. Цей тип сміття не можна викидати як звичайне сміття.

Сортування сміття відіграє важливу роль у боротьбі зі забрудненням навколишнього середовища та зменшенні кількості відходів, що потрапляють на звалища та забруднюють повітря, ґрунт та воду. Цей процес може бути простим і ефективним, якщо кожен з нас зробити свій внесок та буде свідомо сортувати відходи, використовувати утилізаційні пункти та стимулювати інших до такої практики.

1.2 Огляд наявних аналогів

Оскільки метою дипломного проєкту є розробка системи у вигляді мобільного додатку для розпізнавання та сортування відходів, то в ході первинного аналізу майбутнього проєкту був проведений аналіз рішень, які вже існують на цей час.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

На сьогодні розроблено досить багато додатків, які мають на меті допомогу та полегшення процесу сортування сміття, що в свою чергу має привернути увагу громадськості до проблеми сортування відходів та зробити це більш доступним та розповсюдженим.

Після аналізу, було складено наступну порівняльну таблицю 1.2 вже існуючих рішень для сортування відходів, і вона матиме наступний вигляд:

Таблиця 1.2 – Порівняння існуючих рішень

Додаток	Основні функції	Переваги	Недоліки	Інтерфейс користувача	Наявність мобільної версії
TrashOut	Визначення категорій сміття за допомогою фото, карта місць з більшим нагромадженням сміття	Надає корисну інформацію про стан довкілля в конкретному районі, можливість взяти участь у прибиранні	Обмеження визначення категорій сміття за допомогою фото, можливість збоїв при роботі	Простий, багато незрозумілих на інтуїтивному рівні функцій.	Наявна для App Store та Google Play

Продовження таблиці 1.2

Recycle Coach	Визначення можливості переробки та відновлення відходів, надання інформації про місцеві програми переробки та збору відходів	Надає корисну інформацію про те, як правильно збирати та переробляти відходи, можливість налаштувати нагадування про дні збору відходів	Обмеження визначення категорій сміття за допомогою фото, не завжди точно визначає можливість переробки.	Простий, багато незрозумілих на інтуїтивному рівні функцій.	Наявна для App Store та Google Play
---------------	--	---	---	---	-------------------------------------

Продовження таблиці 1.2

MyWaste	Визначення категорій відходів та їх збір у цифровому журналі, інформація про місцеві програми збору та переробки відходів, можливість обміну порадами та інформацією з іншими користувачами	Надає корисну інформацію про місцеві програми збору та переробки відходів, можливість спілкування з іншими користувачами, можливість вести облік зібраних відходів	Обмеження визначення категорій сміття за допомогою фото, деякі можливості доступні частково.	Простий, досить зрозумілий для користувачів на інтуїтивному рівні.	Немає мобільної версії додатку.
---------	---	--	--	--	---------------------------------

Продовження таблиці 1.2

Дипломний проект	Визначення категорій відходів, інформація про місцеві програми збору та переробки відходів, підказка по правильному фасуванню сміття.	Надає корисну інформацію про місцеві програми збору та переробки відходів.	Обмеження визначення категорій сміття за допомогою фото. Не працює без інтернету.	Простий, без зайвих та незрозумілих для користувачів функцій.	Наявна для Google Play.
------------------	---	--	---	---	-------------------------

Висновки до розділу

Підсумовуючи аналіз проблеми сортування відходів можна зробити наступні висновки:

- сортування відходів є важливим етапом у розв'язання проблеми з утилізацією відходів та збереженні довкілля;
- сьогодні більшість країн світу звертають увагу на сортування відходів та активно впроваджують програми з їх сортування;
- найбільш поширеними видами відходів для сортування є папір, скло, пластик, метал та органічні відходи;

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

- проблемою є недостатній рівень обізнаності населення з питань сортування відходів та недостатня кількість сортувальних пунктів;
- одним зі способів підвищення рівня обізнаності населення є проведення інформаційно-просвітницьких заходів та розробка ефективних систем збору та переробки відходів;
- для ефективного сортування відходів необхідно використовувати різні методи та технології, такі як механічна, ручна та автоматизована сортування;
- розвиток і впровадження нових технологій в переробку відходів може допомогти знизити кількість відходів та підвищити ефективність їх переробки;
- після аналізу існуючих рішень було виділено ряд недоліків та переваг кожного та проведено первинний аналіз того, що має бути в розроблюваному проєкті.

В цілому, проблема сортування відходів є актуальною та вимагає постійної уваги з боку суспільства та державних органів, щоб забезпечити збереження навколишнього середовища та здоров'я людей.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ

2.1 Методи машинного навчання та обробки зображень

Розпізнавання об'єктів - це техніка комп'ютерного зору для ідентифікації об'єктів на зображеннях або відео. Метою є навчити комп'ютер розуміти те, що ми, люди, легко помічаємо на фотографіях та відео - людей, предмети, сцени та візуальні деталі. Для розпізнавання об'єктів можна використовувати різноманітні підходи. Останнім часом методи машинного навчання та глибокого навчання стали популярними в цій галузі. Обидва підходи вчать ідентифікувати об'єкти на зображеннях, але вони відрізняються своїм виконанням[2].

Технології глибокого навчання (deep learning) є популярним методом розпізнавання об'єктів. Моделі глибокого навчання, такі як Згорткові нейронні мережі або CNN (Convolutional Neural Network), використовуються для автоматичного вивчення властивостей об'єкта для його ідентифікації. Наприклад, CNN (Згорткова нейронна мережа) може навчитися визначати відмінності між котами та собаками, аналізуючи тисячі зображень на тренуваннях та вивчаючи особливості, які роблять котів і собак різними[3].

Існує два підходи до розпізнавання об'єктів за допомогою глибокого навчання:

- навчання моделі з нуля. Для цього необхідно зібрати дуже великий набір міток даних та створити мережеву архітектуру, яка вивчить функції та побудує модель. Результати можуть бути досить вражаючими та точними, але такий підхід потребує великої кількості даних для тренування, а також налаштування шарів та ваг в CNN (Згорткова нейронна мережа).

- навчання моделі шляхом передачі навчання. Більшість додатків для глибокого навчання використовують підхід передачі навчання - процес, який передбачає точну настройку перевіреної моделі. Ви починаєте з існуючої мережі, наприклад AlexNet (розроблена українцями Згорткова нейронна мережа для розпізнавання зображень) або GoogLeNet, і подаєте нові дані, що містять невідомі раніше класи.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий метод менш трудомісткий і може забезпечити швидший результат, оскільки модель вже пройшла навчання на тисячах або мільйонах зображень.

Щоб виконати розпізнавання об'єктів за допомогою стандартного підходу до машинного навчання, ви починаєте з колекції зображень (або відео) та вибираєте відповідні функції для кожного зображення.

Наприклад, алгоритм вилучення можливостей може витягнути крайові або кутові функції, які можна використовувати для розмежування класів у ваших даних. Ці функції додаються до моделі машинного навчання, яка розділить ці особливості на їх окремі категорії, а потім використовувати цю інформацію при аналізі та класифікації нових об'єктів.

Скоріш за все, необхідно буде використовувати різноманітні алгоритми машинного навчання та методи вилучення функцій, які пропонують безліч комбінацій для створення точної моделі розпізнавання об'єктів.

Використання машинного навчання для розпізнавання об'єктів пропонує гнучкість вибору найкращого поєднання функцій та класифікаторів для навчання. Це може досягти точних результатів з мінімальними даними.

Якщо порівнювати чи робити вибір щодо використання машинного навчання проти глибинного для розпізнавання об'єктів, то можна виділити наступне:

Визначення найкращого підходу до розпізнавання об'єктів залежить від програми та проблеми, яку необхідно вирішити. У багатьох випадках машинне навчання може бути ефективною технікою, особливо якщо відомо, які особливості чи характеристики зображення найкраще використовувати для диференціації класів об'єктів.

Основним моментом, який слід пам'ятати при виборі між машинним та глибинним навчанням - це чи є можливість використовувати потужний комп'ютер та чи великий обсяг зображень для тренування.

Якщо відповідь на будь-яке з цих питань - «Ні», то найкращим вибором може стати підхід до машинного навчання. Технології глибокого навчання, як правило, краще працюють із більшою кількістю зображень, а GPU (графічний процесор) допомагає скоротити час, необхідний для тренування моделі.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Насправді функціонал з розпізнання об'єктів складається з трьох підфункціоналів, або етапів, реалізація яких не має бути зв'язана між собою. Кожен з цих етапів може бути виконаний різними підсистемами, з використанням різних інструментів і підходів, головне, щоб підсистеми знали формат комунікації між собою. Це дозволяє обрати оптимальний інструмент для реалізації кожного з етапів без прив'язки до одного стеку.

Ці три етапи можна описати наступним чином:

- Detection (виявлення) - безпосереднє знаходження об'єктів на зображенні;
- Recognition (впізнавання) – визнання, отримання інформації про виявлений об'єкт;
- Identification (ідентифікація) – розпізнавання конкретних деталей об'єкта та вилучення інформації із розпізнаного зображення.

Також, приклад розпізнавання предметів можна побачити на рисунку 2.1:



Рисунок 2.1 – Виявлення та впізнавання об'єктів[4]

Розглянемо метод, за допомогою якого нейронні мережі обробляють зображення, а саме: метод Віюлі-Джонса (Viola–Jones object detection)[5].

Алгоритм Віюлі-Джонса вважається основним для розпізнавання обличчя, його окремих елементів, а також емоцій.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Він був розроблений Полом Віолою та Майклом Джонсом ще у 2001 році та зараз є основним не тільки для ідентифікації та розпізнавання обличчя, але й для розпізнавання інших об'єктів. Цей алгоритм також часто використовується для розпізнавання об'єктів у реальному часі. Дія алгоритму Віоли-Джонса побудована на п'яти основних принципах.

Зображення в інтегральному представленні. Інтегральне представлення зображення – це матриця розмір якої збігається з розміром оригінального зображення. Елементи цієї матриці вираховуються за формулою: $P_{x,y} = \text{Summ}(I_{i,j})$. Де i та j – яскравість пікселя оригінального зображення. Час на розрахунок інтегрального зображення є лінійно-пропорційним кількості пікселів зображення. Обрахування інтегрального зображення використовується для швидкого підрахунку заданих частин зображення.

Для розпізнавання об'єктів використовують ознаки Хаара (Haar-like features), які отримали свою назву завдяки схожості з вейвлетами Хаара, зображених на рисунку 2.2:

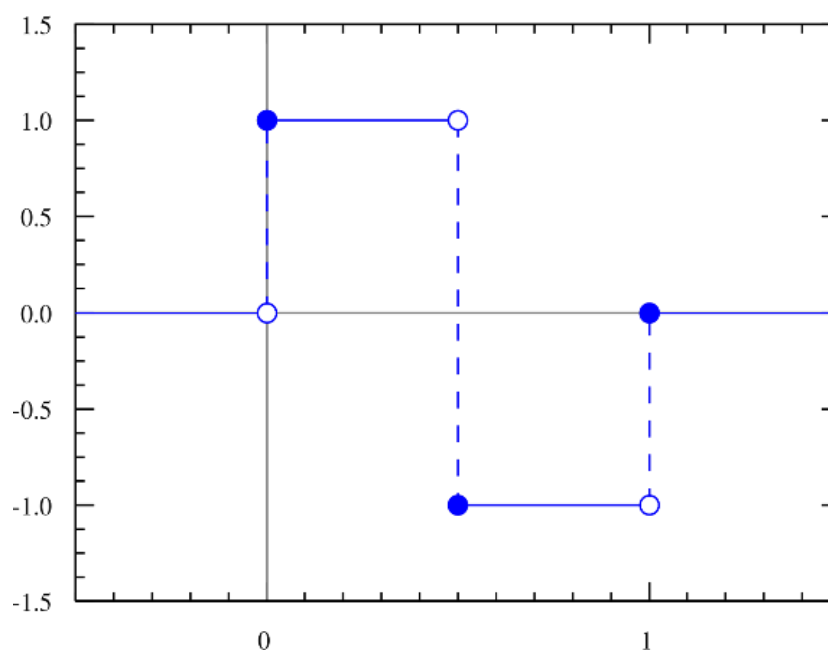


Рисунок 2.2 – Вейвлет Хаара[6]

Відомі науковці Пол Віола та Майкл Джонс адаптували ідею використання вейвлетів для розпізнавання об'єктів і перетворили їх в ознаки Хаара. Кожна ознака

Хаара складається з кількох прямокутних частин, які розташовані поруч. Їх інтенсивності пікселів змінюються залежно від їх положення на зображенні, після чого різниця між сумами цих інтенсивностей обчислюється і використовується як «ознака Хаара». Цей метод є ефективним для розпізнавання обличчя та інших об'єктів в режимі реального часу. Ознаки Хаара можна побачити на рисунку 2.3:

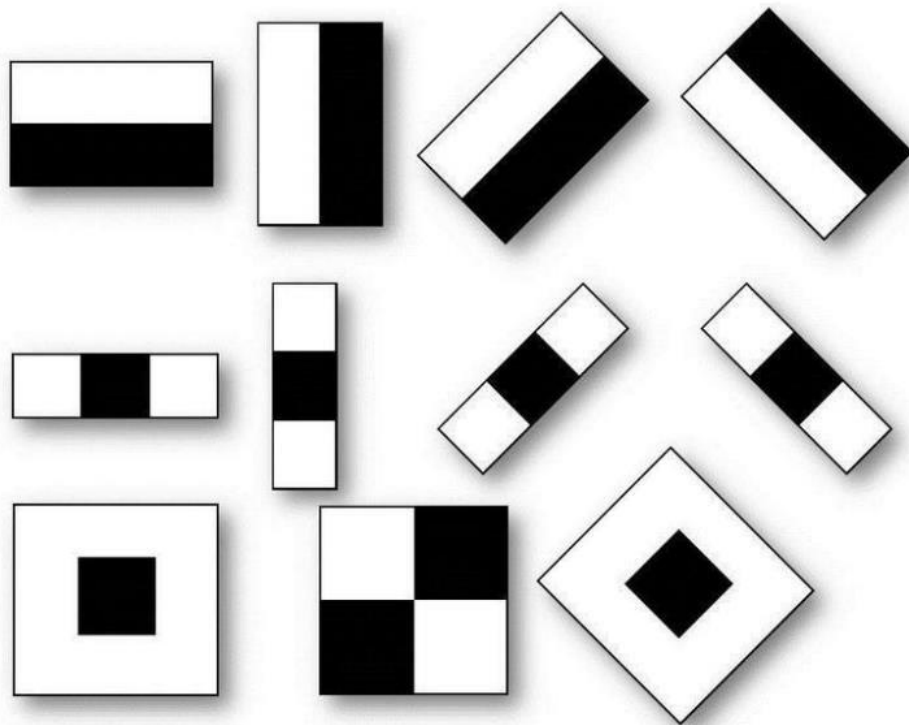


Рисунок 2.3 – Ознаки Хаара[7]

Основною перевагою у використанні ознак Хаара є швидкість цього методу.

Використання бустінгу (Boosting). Бустінг – це процедура послідовного будування композиції алгоритмів машинного навчання, коли кожен наступний алгоритм прагне компенсувати недоліки композиції всіх попередніх алгоритмів[8].

Усі признаки потрапляють у так званий класифікатор, який повертає булеву зміну true або false. Класифікатор – це певний функціонал, що на вхід приймає деяку кількість об'єктів, та «знає» про можливі класи для цих об'єктів. Його задача на виході класифікувати ці об'єкти, тобто розділити їх за певними класами спираючись на певні ознаки.

Використання каскадів ознак для відкидання частин, де не знайдено необхідний об'єкт. По суті, каскад ознак – це певна група ознак, база для побудови системи виділення складних об'єктів.

На рисунку 2.4 можна побачити приклад використання ознак Хаара:

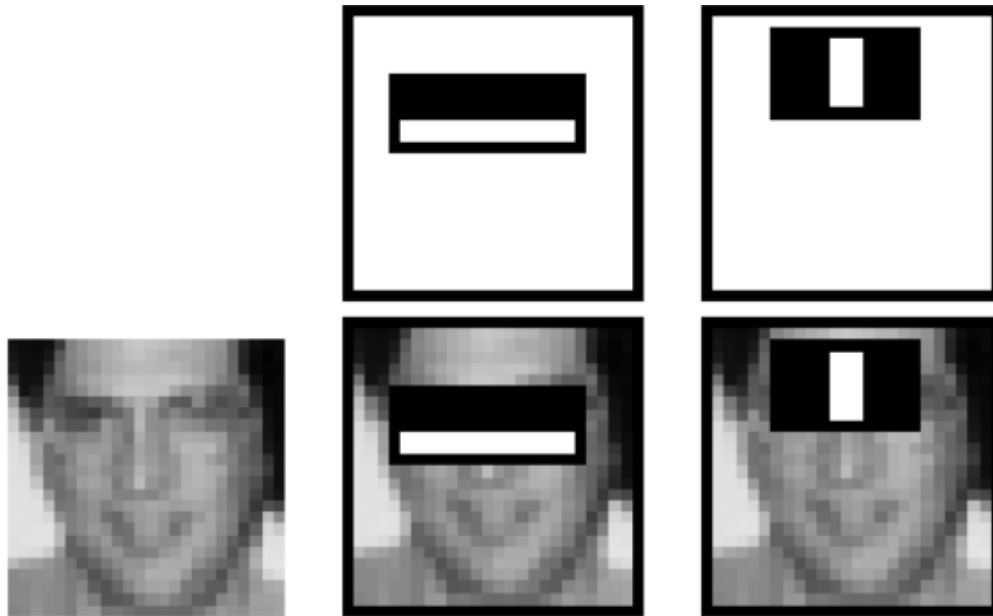


Рисунок 2.4 – Приклад використання ознак Хаара в методі Віоли-Джонса[9]

Навчання класифікаторів відбувається повільно, але результати пошуку об'єктів на зображенні дуже швидкі, тому метод розпізнавання об'єктів Віоли-Джона є відмінним вибором. Цей метод дозволяє розпізнавати об'єкти в режимі реального часу та має високу ефективність розпізнавання і швидкості. Детектор Віоли-Джонса має дуже низьку ймовірність помилки при виявленні та ідентифікації обличчя, і добре розпізнає деталі об'єкту, такі як риси обличчя, навіть під невеликим кутом до 30 градусів. Однак при куті нахилу понад 30 градусів відсоток виявлення різко падає, що ускладнює або навіть унеможлиблює використання алгоритму в деяких виробничих системах. Для розуміння принципів, на яких базується алгоритм Віоли-Джонса, потрібний детальний аналіз. Функціонал цього методу шукає об'єкти та їх деталі методом «скануючого вікна».

Алгоритм «скануючого вікна» з ознаками виглядає так:

- є досліджуване зображення, вибрано вікно сканування, обрані використовувані ознаки;
- далі вікно сканування починає послідовно рухатися по зображенню з кроком в 1 осередок вікна (припустимо, розмір самого вікна є 32×32 осередки);
- при скануванні зображення в кожному вікні обчислюється приблизно 200 000 варіантів розташування ознак, за рахунок зміни масштабу ознак і їх положення в вікні сканування;
- сканування проводиться послідовно для різних масштабів;
- масштабується не саме зображення, а «скануючий вікно» (змінюється розмір осередку);
- всі знайдені ознаки потрапляють до класифікатору, який «виносить вердикт».

В процесі пошуку обчислення всіх ознак на звичайних настільних комп'ютерах є нереалістичним завданням. Тому класифікатор повинен реагувати тільки на певну, необхідну підмножину ознак. Це означає, що класифікатор повинен бути навчений виявляти лише певну підмножину ознак, які необхідні для розпізнавання об'єкта. Це можливо досягти, навчаючи обчислювальну машину автоматично знаходити тільки необхідні ознаки

2.2 Технології та методи розпізнавання та сортування відходів

Пластик – це найбільший винахід 20 століття та найпоширеніший штучний матеріал на планеті. Проте, він також очолює список найбільш забруднюючих матеріалів. На перший погляд, можна спокійно викидати безневинні пластмасові вироби в контейнер для сміття, разом з іншими відходами. Але, основна проблема полягає в тому, що для повного розкладання пластмасових виробів потрібно мінімум 150 років, а можливо й до 1000 років. Більш того, пластик виділяє токсичні речовини, які мають негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище під час розкладу. Залишки пластику потрапляють в ґрунтові води, а

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вітер відносить їх в океан, що призводить до загибелі фауни: тварини ковтають його частинки або ж заплутуються в пакетах.

Більшість харчових тар з пластику мають маркування, яке складається з трикутника, в якому розміщені три стрілки, цифр від 1 до 7 та літер. Іноді виріб має тільки числову відмітку. Якщо тара не має жодної позначки, то краще не купувати її, оскільки вона може бути небезпечною для здоров'я. Крім того, якщо на виробі немає маркування, станції сортування можуть не прийняти його. Маркування зазвичай розміщене на дні, нижній частині корпусу виробу або на етикетці.

Розглянемо основні види пластику, які були включені в датасет для навчання моделі:

— поліетилентерефталат, або PET, це вид пластику, який часто використовується для виготовлення харчових та напійних тар. Він має позначку «1» в трикутнику зі стрілками на упаковці та належить до одноразового використання. PET підходить для пляшок з водою, безалкогольними напоями, пивом, олією, молочними продуктами та косметичної продукції, такий як наприклад на рисунку 2.5:



Рисунок 2.5 – Найпоширеніший вид PET – пластикова пляшка

— поліетилен високої щільності, або PEHD, або HDPE - це матеріал, якого зазвичай виготовляють пляшки для харчових продуктів (наприклад, молоко та соки), а також для миючих засобів, косметики, шампунів, гелів для душу, каністр для автомобільних мастил і т. д. Цей вид тари має товсті стінки, відносно безпечний

для зберігання харчових продуктів та добре переробляється. Однак, використовувати його повторно не рекомендується, оскільки може виділяти формальдегіди - канцерогенні речовини, які можуть спричинити розвиток ракових захворювань. Крім того, формальдегіди можуть викликати екземи та дерматити на шкірі та слизових оболонках. Приклад виробу із даного матеріалу зображено на рисунку 2.6:



Рисунок 2.6 – Баночка з-під шампунів

— полівінілхлорид — PVC або ПВХ. З такого пластику виготовляють іграшки, пластикові вікна, підлогові покриття, елементи меблів, скатертини, натяжні стелі, шланги та жалюзі. Цей матеріал не є безпечним для використання в харчовій промисловості та практично не піддається переробці. Для виробництва ПВХ використовують безліч токсичних добавок, таких як фталати, важкі метали та інші. При спалюванні PVC виділяє небезпечні отрути, такі як діоксини, в повітря. На рисунку 2.7 зображений виріб із полівінілхлориду:



Рисунок 2.7 – Рукавички з ПВХ

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

— поліетилен низької щільності – LDPE або РЕВД. Пластик такого типу використовується для виготовлення гладкого і еластичного матеріалу, зокрема пакетів, які не шарудять, а тягнуться, пакетів для сміття, іграшок, лінолеуму, брезентів, плівок, місткостей, що гнуться. LDPE вважається безпечним та придатним для зберігання харчових продуктів. Проте, він може бути токсичним при нагріванні. Поліетилен низької щільності, зображений на рисунку 2.8 піддається вторинному використанню та переробці:



Рисунок 2.8 –Пакет з пластику для молока

— поліпропілен (РР або ПП) є термостійким та міцним пластиком, з якого виготовляють харчові контейнери та посуд, кришки для пляшок, диски, пляшки для сиропів і соусів, шприци, інгалятори, баночки, тару, стаканчики для йогурту, упаковки для фотоплівок, іграшки, труби, деталі технічної апаратури, та автомобільні деталі. Вважається безпечним, оскільки витримує високу температуру. Зазвичай піддається переробці, хоча станції сортування можуть не брати тонкостінну тару. На рисунку 2.9 зображені приклади виробів:



Рисунок 2.9 – Пластиковая тара з ПП

— полістирол, або PS, використовують для виготовлення деяких харчових упаковок, наприклад, одноразового посуду, чашок та столових приладів. Однак, вважається, що цей пластик потенційно небезпечний через вміст стиролу. Елемент може виділятися під час нагрівання та повторного використання, негативно впливаючи в першу чергу на дихальну систему, шкірний та слизовий покриви. Полістирол, зображений на рисунку 2.10 у вигляді пластикового посуду, в першу чергу використовують для виробництва пінопласту, а всі інші вироби з цього матеріалу спалюють:



Рисунок 2.10 – Пластиковий посуд

— Тип пластику «Other» – досить різноманітним і складається з різних видів пластмас. Часто такий пластик не має маркування, або маркування зношене або пошкоджене, що робить його важко визначити. Також цей тип пластику може бути багат шаровим, що ускладнює його переробку. За умови багаторазового використання, нагрівання або взаємодії зі змінними факторами навколишнього середовища, такий пластик може виділяти отруйні речовини, зокрема бісфенол А. Цей елемент може мати негативний вплив на здоров'я, особливо на ендокринну систему. Такий пластик зазвичай не піддається переробці, оскільки складається з різних видів пластмас і може містити шкідливі домішки. Замість повторного використання або переробки, такий пластик часто піддається високотемпературному спалюванню, що може бути шкідливим для довкілля.

Щоб підготувати пластик до переробки потрібно слідкувати таким етапам:

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- помийте пластикову тару та висушіть її, щоб пластик можна було прийняти на переробку;
- скрутіть тару, видаліть повітря, щоб займати менше місця;
- кришки, дозатори та наліпки потрібно зняти та сортувати окремо в залежності від коду (зазвичай HDPE (2), LDPE (4) або маркування у вигляді зірочки). Кришку можна залишити тільки на пляшках з-під олії та упаковках типу Tetra Pak;
- якщо у вашому населеному пункті немає станцій або точок сортування сміття, викидайте підготовлений пластик відповідно до виділених на вулиці баків;

2.2.2 Сортування паперу

Переробка макулатури є ключовою для паперової промисловості, оскільки це найбільш поширена вторинна сировина. Але чому варто сортувати папір та переробляти його? По-перше, це допомагає знизити кількість вирубуваних дерев. По-друге, переробка макулатури зменшує викид токсинів у навколишнє середовище порівняно з виробництвом паперу. По-третє, це зменшує кількість сміття на звалищах, знижує забруднення повітря і економить ресурси, які необхідні для виробництва паперу. Тому, давайте швидше розберемося в цій темі і навчимося правильно сортувати папір.

Важливо знати, що зовнішність картонної упаковки з-під соків та молочних продуктів може бути оманливою. Така упаковка, яка називається асептичною або Tetra Pak / Pure Pak (маркування C/PAP), складається з картону на 75%, з поліетилену на 20% та з алюмінієвої фольги на 5%. Ця упаковка має 6 шарів, кожен з яких виконує свою функцію, а всі разом забезпечують тривале та безпечне зберігання продукту, створюючи ефективний бар'єр проти бактерій та зовнішніх негативних впливів.

При утилізації такої упаковки важливо її окремо сортувати від паперових відходів, а також здавати вимиту, суху та стиснуту. Крім того, таку упаковку можна

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

здати з пластиковою кришкою. На рисунку 2.11 можна побачити типових представників TetraPak.



Рисунок 2.11 – Типові представники Tetra Pak

Підготовка паперу до сортування відбувається наступним чином:

- перед сортуванням паперового відходу необхідно видалити залишки їжі та забезпечити, щоб він був чистим, сухим та не забрудненим жиром;
- у разі упаковок Tetra Pak / Pure Pak слід їх вимити та висушити перед сортуванням;
- також необхідно видалити залишки скотчу, скріпок, скоб, файлів та зшивачів, якщо вони є;
- для збільшення ефективності сортування слід щільно складати всю макулатуру та стиснути упаковки Tetra Pak / Pure Pak, щоб вони займали менше місця.

2.2.3 Сортування скла

Скло є однією з найбільш легко приманних матеріалів для переробки. Це через те, що скло виготовляється з піску, тому його можна легко розплавити та використати для створення нового скляного виробу. Однак, на жаль, не все скло потрапляє на переробні станції та, замість цього, закінчує свій шлях на сміттєзвалищах. Там воно може розкладатися протягом тисяч років, але за деякими

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелами, скло може взагалі не розкладатися. Тому важливо з відповідальністю ставитися до переробки скла та прагнути мінімізувати його кількість на звалищах.

Скляні відходи, які можна та неможна переробляти представлені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Перероблення скла

Можна переробляти	Не можна переробляти
Скляні пляшки;	Кераміка;
Скляний посуд	Кришталь
Бите скло	Жаростійке скло;
Скляні бляшанки з-під парфумів, ліків	Ударостійке скло;
	Дзеркала.
	Лампочки

Для підготовки скла до сортування необхідно слідувати наступним етапам:

- забруднену скляну тару варто вимити та просушити перед викиданням в контейнер для сортування відходів;
- кришечки з пляшок слід сортувати разом із відповідним типом матеріалу, тобто або з металом, або з пластиком;
- етикетки на пляшках можна залишати, оскільки вони розділяються в процесі переробки скла.

2.2.4 Сортування органічних відходів

Органічні відходи - це всі залишки фруктів та овочів, а також продукти їжі, які залишилися на тарілках. Розділяйте окремо кістки та жорсткі частини, які потім можна віддати вуличним тваринам або заморозити та передати в приймальні пункти.

Найкращий та найбільш екологічний спосіб утилізації органічних відходів - компостування, яке можна проводити на ділянці біля будинку або навіть в квартирі.

Як результат, отримуємо добриво, яке можна використовувати в саду, на дачі, на подвір'ї будинку та навіть для кімнатних рослин.

Приклади відходів, які не приймають на сортувальних станціях.

- одяг та взуття (якщо стан задовільний, віддайте у благодійні організації);
- лампочки;
- термометри;
- фарбоване скло;
- гігієнічні та медичні предмети (ватні палички, шприци, підгузки та прокладки, косметичку, блістери з-під таблеток, зубну нитку, пластикові тубики, станки для гоління, бахіли);
- тари від фарб/лаків;
- техніку (шукайте спеціальні станції);

Отже, з метою збереження довкілля та екологічної безпеки, важливо правильно сортувати відходи та уникати помилок у сортуванні. На сортувальних станціях не приймаються певні види відходів. Деякі з них можна здати на спеціальні пункти прийому або утилізувати за допомогою спеціальних методів. Дотримуючись правил сортування відходів та уникнення помилок, ми можемо позбутися відходів безпечним та екологічним способом, зберегти природні ресурси та допомогти зберегти наше середовище для майбутніх поколінь.

Висновки до розділу

Зважаючи на зростаючу проблему відходів, розробка теоретичних аспектів розпізнавання та сортування відходів є важливим напрямком у дослідженні відходового управління. В цьому розділі ми розглянули різні методи та технології, що використовуються для розпізнавання та сортування відходів. До цих методів входять механічні, магнітні, оптичні, радіочастотні та інші технології. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, але загалом вони допомагають досягти мети зменшення кількості відходів, що потрапляють на сміттєзвалища.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати досліджень показують, що розпізнавання та сортування відходів є ефективним способом зменшення забруднення навколишнього середовища та збереження природних ресурсів. Технології розпізнавання та сортування відходів постійно розвиваються та покращуються, що дозволяє досягати ще більшої ефективності та точності у сортуванні відходів. Важливо підтримувати та розвивати дослідження в цій галузі, щоб зробити сортування відходів ще більш ефективним та сталим.

Також були розглянуті види відходів, розпізнавання яких необхідно буде навчити майбутню модель, разом із конкретними прикладами видів та підвидів відходів, які буде включено в датасет, а також правила переробки кожного із виділених видів задля подальшого впровадження даної інформації в додаток.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ

3.1 Вимоги до системи

Інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів є складною технічною системою, яка містить в собі різні компоненти: обладнання для збору та обробки даних, програмні засоби для розпізнавання та сортування відходів, бази даних для збереження та аналізу інформації про відходи та їх розподіл.

Основні вимоги до такої системи можна умовно поділити на три групи: вимоги до обладнання, вимоги до програмного забезпечення та вимоги до баз даних.

Вимоги до обладнання можна знайти в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Вимоги до обладнання

1.	Наявність датчиків та камер для збору даних про відходи.
2.	Потужний комп'ютер для обробки великої кількості даних в режимі реального часу (модель для розпізнавання виду відходів).
3.	Можливість збереження та передачі даних до бази даних.

Вимоги до програмного забезпечення можна умовно поділити на наступні категорії: функціональні вимоги, вимоги до продуктивності, вимоги до масштабованості, вимоги до безпеки та захисту.

Функціональні вимоги описані в таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Функціональні вимоги

1.	Розпізнавання та сортування відходів з високою точністю
2.	Можливість роботи в режимі реального часу.

Продовження таблиці 3.2

3.	Легкість використання та інтуїтивний інтерфейс для користувачів.
4.	Наявність алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж для підвищення точності розпізнавання.
5.	Можливість налаштування параметрів системи для відповідності певним вимогам та умовам використання.

Вимоги до продуктивності додатка описані в таблиці 3.3:

Таблиця 3.3 – Вимоги до продуктивності

1.	Швидкість роботи системи та обробки даних.
2.	Можливість обробки великої кількості даних в режимі реального часу.
3.	Відсутність помилок та невідповідностей у результатах розпізнавання та сортування відходів.
Вимоги до масштабованості можна знайти в таблиці 3.4:	

Таблиця 3.4 – Вимоги до масштабованості

1. Можливість розширення функціональності системи.

2.	Можливість роботи з великою кількістю датчиків та камер.
3.	Можливість підключення до системи нових видів датчиків та обладнання.
В таблиці 3.5 наведені вимоги до безпеки та захисту:	

Таблиця 3.5 – Вимоги до безпеки та захисту

1. Захист системи від несанкціонованого доступу та зломів.

2.	Забезпечення конфіденційності та надійності зберігання даних.
3.	Захист від шкідливого програмного забезпечення та вірусів.

Вимоги до зберігання даних описані в таблиці 3.6:

Таблиця 3.6 – Вимоги до зберігання даних

1.	Можливість збереження великої кількості даних про різні види відходів та їх характеристики.
2.	Ефективний механізм пошуку та аналізу даних.
3.	Можливість оновлення бази даних для додавання нових видів відходів та їх характеристик.

Важливо також забезпечити високу надійність та безпеку системи, зокрема, захист від несанкціонованого входу, надійності обладнання, захист від злому та крадіжки даних, резервне копіювання та відновлення даних, моніторинг та логування подій.

Також до вимог до системи можна віднести можливість інтеграції з іншими системами управління відходами, наприклад, з системами збору та транспортування відходів, системами утилізації та переробки відходів, а також з системами моніторингу довкілля та вимірювання якості повітря.

Окрім цього, важливо враховувати вимоги законодавства щодо управління відходами та забезпечення відповідності стандартам якості та безпеки.

Узагальнюючи, інформаційна система для розпізнавання та сортування відходів повинна мати надійне обладнання, програмне забезпечення з алгоритмами машинного навчання та нейронних мереж для високої точності розпізнавання та сортування, ефективну базу даних для збереження та аналізу інформації про відходи, а також відповідати вимогам законодавства та стандартам якості та безпеки.

3.2 Архітектура системи

Архітектура системи мобільного додатку може бути складною, оскільки вона повинна включати різноманітні компоненти, які мають взаємодіяти між собою для досягнення бажаного результату.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні компоненти архітектури системи можуть включати наступне, описане в таблиці 3.7:

Таблиця 3.7 – Компоненти архітектурної системи

Компоненти збору даних	Датчики та камери, які забезпечують збір даних про відходи. Вони можуть бути розташовані на різних етапах процесу сортування відходів.
Компоненти обробки даних	Цей компонент відповідає за обробку даних, зібраних датчиками та камерами, та генерацію відповідей для інших компонентів системи. Для обробки даних можуть використовуватися алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та інші методи розпізнавання та класифікації відходів.
Компоненти розпізнавання відходів	Цей компонент відповідає за розпізнавання відходів та їх класифікацію на основі отриманих даних.
Компоненти сортування відходів	Цей компонент відповідає за сортування відходів відповідно до їх класифікації.
База даних	Цей компонент забезпечує збереження даних про відходи та їх характеристики. База даних може використовуватися для збереження даних про відходи, які були використані для навчання системи, а також для збереження результатів сортування.
Компоненти користувацького інтерфейсу	Цей компонент відповідає за взаємодію користувача з системою. Він може містити інтерфейс відображення результатів сортування та можливості керування системою, наприклад, зміна параметрів сортування.

При розробці архітектури системи мобільного додатку для розпізнавання та сортування відходів, слід також враховувати такі фактори, описані в таблиці 3.8:

Таблиця 3.8 – Додаткові фактори

Ефективність і швидкість обробки даних.	Система повинна бути здатна швидко обробляти великий потік даних та реагувати на зміни у реальному часі.
Масштабованість.	Система повинна бути готовою до збільшення обсягу вхідних даних, що може відбуватися з часом, і забезпечувати ефективну обробку таких даних.
Надійність та стабільність.	Система повинна бути надійною та стабільною, щоб уникнути помилок та збоїв у процесі роботи.

Усі ці фактори повинні бути враховані при розробці архітектури системи для розпізнавання та сортування відходів, щоб забезпечити ефективну та надійну роботу системи.

3.3 Розпізнавання та класифікація відходів, створення додатку

Процес розпізнавання та сортування відходів нейромережею може бути реалізований за допомогою глибокого навчання (deep learning)[10].

Найпоширенішими моделями глибокого навчання для обробки зображень є згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN).

Згорткові нейронні мережі складаються зі спеціальних шарів, які називаються згортковими шарами (Convolutional Layers). Кожен згортковий шар складається з набору фільтрів (kernels), які використовуються для виявлення різних ознак в зображенні. Після проходження зображення через згортковий шар отримується нове зображення з більш високим рівнем абстракції.

Після проходження через згорткові шари зображення подається на вхід повно зв'язаного шару (Fully Connected Layer), який використовується для класифікації відходу на основі отриманих ознак. Повно зв'язаний шар складається зі штучних нейронів, кожен з яких пов'язаний з усіма нейронами попереднього шару.

Після проходження через згорткові та повно зв'язані шари, нейромережа повертає вектор імовірностей, що відповідає різним класам відходів. Клас з найвищою імовірністю вважається класом, до якого належить відхід.

Для того, щоб нейромережа могла правильно розпізнавати та сортувати відходи, необхідно підготувати відповідний набір даних для навчання. Цей набір даних повинен включати зображення відходів з різних кутів та з різних джерел світла, а також різних типів відходів, що потрібно класифікувати.

Для підготовки набору даних для навчання можна використовувати різні джерела, такі як бази даних зображень відходів, фотографії відходів з мобільних пристроїв або відео з камер спостереження. Набір даних повинен бути достатньо великим та репрезентативним, щоб нейромережа могла навчитися розпізнавати різні типи відходів та різні умови освітлення.

Після підготовки набору даних для навчання, необхідно навчити нейромережу за допомогою алгоритмів глибинного навчання, таких як Backpropagation method (Метод зворотного поширення помилки) або Stochastic gradient descent (Стохастичний градієнтний спуск). Під час навчання нейромережі ваги нейронів змінюються таким чином, щоб мінімізувати помилки в класифікації відходів[11].

Після завершення навчання нейромережі можна використовувати для розпізнавання та сортування відходів в режимі реального часу. Для цього зображення відходу можуть бути передані на вхід нейромережі, яка поверне вектор імовірностей, що відповідає різним класам відходів. Після цього, на основі найвищої імовірності можна визначити клас, до якого належить відхід, та подальші дії з ним, такі як сортування або переробка.

Узагальнюючи, процес розпізнавання та сортування відходів нейромережею передбачає підготовку відповідного набору даних для навчання, навчання

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

нейромережі за допомогою глибокого навчання та використання навченої нейромережі для класифікації відходів в режимі реального часу.

Висновки до розділу

Опис інформаційної системи для розпізнавання та сортування відходів заснований на використанні нейромережі, зокрема згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Network) для розпізнавання та класифікації відходів. Ця система дозволяє автоматизувати процес сортування відходів і підвищити ефективність цього процесу.

Для розпізнавання та класифікації відходів необхідно підготувати набір даних для навчання нейромережі. Цей набір даних повинен включати зображення відходів з різних кутів та з різних джерел світла, а також різних типів відходів, що потрібно класифікувати далі. Оптимальний вибір параметрів нейромережі, таких як кількість шарів та кількість нейронів в кожному шарі, допомагає покращити точність класифікації відходів.

Ця інформаційна система може бути використана в різних сферах, включаючи виробництво, побутове використання та комунальне господарство. Використання цієї системи дозволяє зменшити кількість відходів, які потрапляють на звалища та утилізуються неконтрольовано, що має позитивний екологічний ефект.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

4.1 Вибір технологій та інструментів розробки

Для розробки додатку для розпізнавання та сортування відходів було обрано мову програмування Kotlin та інтегроване середовище розробки Android Studio.

Мова Kotlin - це мова програмування, яка працює на віртуальній машині Java, а також є офіційною мовою для розробки Android додатків. Kotlin дозволяє писати код, який більш економічний і зручний для читання, та має багато корисних функцій для розробки мобільних додатків. Також Kotlin підтримується більшістю редакторів коду та інтегрованих середовищ розробки, що робить його зручним для розробки[12].

Для розробки мобільних додатків на платформі Android, Android Studio є однією з найпопулярніших та найпотужніших інтегрованих середовищ розробки. Вона містить багато корисних інструментів для розробки, таких як емулятори, дебаггери, візуальні редактори та інші інструменти. Android Studio підтримує Kotlin з версії 3.0, що робить розробку на Kotlin для Android більш зручною та ефективною[13].

Крім того, для розробки додатку для розпізнавання та сортування відходів було використано Keras, який є відкритою бібліотекою машинного навчання, що розробляється Google. Keras має потужні інструменти для розробки нейронних мереж та машинного навчання, які були використані для створення моделі для розпізнавання та сортування відходів[14].

У загальному, вибір технологій та інструментів для розробки додатку був зроблений з огляду на зручність, ефективність та потужність цих інструментів та технологій.

Використання Kotlin та Android Studio дозволило створити додаток для платформи Android, який має більш ефективний та зручний для читання код, а також багато корисних інструментів для розробки мобільних додатків. Використання Keras для розробки моделі для розпізнавання та сортування відходів дозволило отримати потужний інструмент для машинного навчання та нейронних

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мереж. Окрім того, вибір відкритих технологій дозволив отримати більшу гнучкість та підтримку спільноти розробників. У результаті, було створено ефективний та потужний додаток для розпізнавання та сортування відходів, який може бути корисним для покращення екологічної обстановки.

4.2 Розробка та реалізація компонентів мобільного додатку

Системи відсортування сміття з часом стають все більш популярними, оскільки вони дозволяють ефективніше утилізувати залишки вторинної сировини та зменшувати час на вивчення теорії про правильне сортування. Однак, розробка ефективної системи сортування може бути складною задачею, оскільки вона повинна враховувати різноманітні фактори, такі як розмір сміття, тип сміття, і багато іншого.

У цьому контексті штучні нейронні мережі можуть бути корисними для розробки системи сортування, оскільки вони здатні аналізувати складні дані та навчатися з досвіду. Проте, вибір відповідної моделі штучної нейронної мережі є ключовим фактором у розробці ефективної системи.

У даній роботі було розглянуто водоспадну модель життєвого циклу для визначення вимог до системи сортування на основі штучної нейронної мережі. Водоспадна модель є ефективним інструментом для розробки та управління складними проектами, такими як наша система. Вона дозволяє послідовно розглянути кожен етап життєвого циклу проекту та визначити вимоги до кожного з них. На основі результатів аналізу буде обрано відповідну модель штучної нейронної мережі для розробки системи сортування, що задовольняє всі вимоги.

Водоспадна модель розробки програмного забезпечення, також відома як Waterfall, була запропонована ще у 1970 році Вінстоном Ройсом. Ця модель передбачає розробку програмного продукту у вигляді послідовного процесу, розділеного на логічні етапи, що можуть перекриватись у часі. Ідея полягає в тому, щоб надати деяку гнучкість у технології, однак послідовність етапів залишається незмінною. Уявлення про модель можна візуалізувати у вигляді водоспаду, де

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

структура проекту та вимоги до програмного забезпечення є початковим етапом розробки.

Waterfall – це модель розробки програмного забезпечення, що передбачає послідовне виконання етапів, один за одним, у формі каскаду. Це означає, що наступний етап розпочинається тільки після успішного завершення попереднього. У цій методології структура проекту та вимоги клієнта є незмінними, а документація має високу цінність. Waterfall забезпечує жорсткий контроль якості та прозорий процес, що дозволяє команді розробників знати, коли проект буде завершений та які витрати потрібні. Завдяки системі звітності, можна аналізувати витрачений час, бюджет та ресурси. Ця модель є популярною серед людей, які віддають перевагу стабільності та контролю, а її успішне застосування залежить від якісної підготовки документації та ТЗ.

Процес розробки за методологією Waterfall базується на жорсткій структурі, яка фіксується на папері та передбачає виконання попереднього етапу перед початком наступного. У цій методології документи з вимогами та інструкції є особливо важливими, адже їхнє дотримання дозволяє забезпечити суворий контроль якості та прозорий процес.

Хоча модель Waterfall має своїх шанувальників, які люблять стабільність та контроль, повернення до ранніх етапів проекту не є можливим, тому що система суворо забороняє відкати. Це призводить до того, що помилки мають особливу ціну в еквіваленті часу та грошей.

Процес розробки за методологією Waterfall складається з наступних етапів:[15]

- аналіз вимог, складання ТЗ та планування процесів;
- проектування, під час якого розробляється прототип ПЗ;
- підготовка до дизайну;
- інтеграція, що передбачає об'єднання елементів в один товар;
- тестування, після якого виявлені недоліки функціоналу потрібно виправити;

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- випуск товару, який включає реліз готового проекту та можливу роботу з адаптації до інших систем;
- технічна підтримка, яка передбачає підтримку та розвиток продукту після його випуску.

Опис популярних методик Waterfall:

- сашимі - ця методика полягає у послідовному виконанні етапів проекту та їх перекритті в часі. Це означає, що, завершуючи роботу на одному етапі, ви вже починаєте працювати над наступним;
- waterfall з субпроектами - цей метод передбачає роботу з трьома великими блоками: розробка концепції, проектування та структурування продукту, кожен з яких має свої етапи. Після закінчення робіт на кожній стадії їх інтегрують між собою;
- модель зниження ризику - проект розділяється на менші підроботи, які створюються для виявлення недоліків до релізу програмного продукту.

Концепція водоспадної моделі життєвого циклу програмного забезпечення показана на рисунку 4.1:

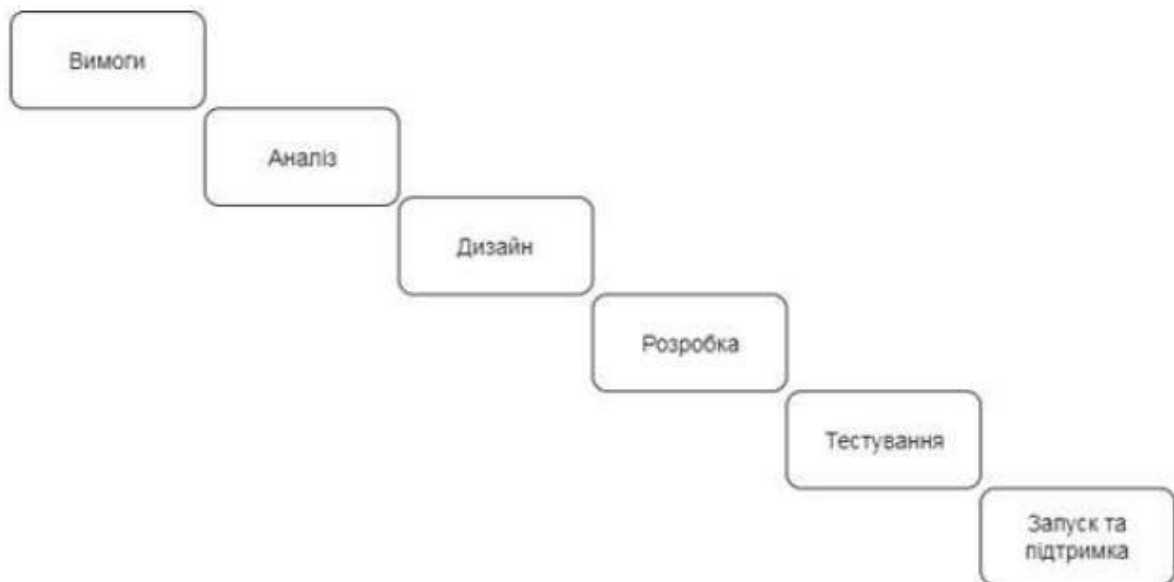


Рисунок 4.1 – Концепція водоспадної моделі життєвого циклу програмного забезпечення

Під час проектування системи для сортування сміття на основі штучної нейронної мережі були сформульовані основні нефункційні вимоги для цієї системи. Відповідна таблиця з цими вимогами наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нефункційні вимоги до системи для проектованої системи на основі штучної нейронної мережі

Назва вимоги	Опис вимоги
Надійність	Система повинна забезпечувати надійну роботу, без аварій, із забезпеченням резервування і відновлення роботи в разі відмови.
Безпека	Система повинна бути безпечною для користувачів, уникати можливих загроз життю і здоров'ю людей та ушкодження майна.
Ефективність	Система повинна бути ефективною в використанні ресурсів, забезпечуючи оптимальну роботу та швидкий відгук на запити користувачів.
Масштабованість	Система повинна бути готовою до масштабування, щоб вона могла розширюватися та збільшувати свою потужність для задоволення зростаючих потреб користувачів.
Простота використання	Система повинна бути легкою у використанні та зрозумілою для користувачів різного рівня технічної підготовки.
Сумісність	Система повинна бути сумісною з іншими системами та пристроями, що можуть бути використані для взаємодії з нею.
Адаптованість	Система повинна бути готовою до адаптації до змінних умов та потреб користувачів.

Продовження таблиці 4.1

Споживання енергії	Система повинна бути енергоефективною, щоб зменшити витрати на електроенергію та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.
--------------------	---

Під час проектування програмного забезпечення для нашої системи сортування сміття були сформульовані основні функційні вимоги, які включають:

- функціонал огляду сміття;
- список доступних пунктів для сортування сміття;
- розпізнавання та сортування сміття по фото;
- розробка та реалізація компонентів системи додатка охоплювала в себе

кілька етапів;

Початково була розроблена та навчена модель для розпізнавання типу відходів з використанням Keras. Для цього було створено датасет, який містив зображення відходів, та було навчено нейронну мережу з використанням алгоритму зворотного поширення помилки. Після навчання моделі, вона була інтегрована в додаток.

Далі, було розроблено інтерфейс користувача додатка, який складався з камери, що використовувалася для зняття фото відходів, та вікна результату, де відображувалася інформація про тип відходів та рекомендації щодо його сортування. Крім того, в додаток було вбудовано функцію збереження історії відходів, яку можна було переглядати в окремій вкладці.

Для визначення місця знаходження відходів було використано геолокацію. Додаток запитував дозвіл на доступ до геолокації користувача та відображав на карті місце знаходження відходів, які були розпізнані та відсортовані за допомогою додатку.

Важливою частиною розробки була оптимізація додатку для ефективної роботи на різних пристроях. Було використано оптимізацію фото перед їх обробкою, що дозволило зменшити витрати на ресурси пристрою та підвищити швидкість роботи додатку.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У загальному, розробка та реалізація компонентів системи додатку вимагає тестування та вдосконалення. Після розробки компонентів, їх необхідно інтегрувати та протестувати відповідно до вимог користувачів та специфікацій проекту. Також важливо забезпечити захист даних користувачів та дотримання приватності. Для цього можна використовувати різні техніки шифрування та обробки даних, а також проводити регулярні аудити безпеки додатку.

Додаток може бути корисним у різних сферах, таких як домашнє господарство, промисловість та сфера обслуговування. Він може допомогти в зборі та переробці відходів, що зменшить негативний вплив на навколишнє середовище та ресурси. Також додаток може сприяти формуванню екологічної свідомості серед користувачів та підвищити рівень екологічної культури.

4.3 Розробка компонентів нейронної мережі для розпізнавання відходів

Для розробки проекту була обрана модель ResNet50 (Residual Network). Ця модель є відносно новим (2015 рік) специфічним типом згорткових нейронних мереж які використовуються саме для вирішення задач по розпізнанню та класифікації об'єктів[16].

50 у назві є кількістю шарів нейронної мережі (48 згорткових, один MaxPool та один Average pool шар).

Навчання моделі завжди починається із розділення датасету на тестові та тренувальні дані, як це показано на рисунку 4.2:

```
[ ] train_ds, val_ds, test_ds = random_split(dataset, [1593, 176, 758])
    len(train_ds), len(val_ds), len(test_ds)
```

Рисунок 4.2 – Розділення даних на підсети

Після підготування даних та самої моделі починаємо процес навчання. Для початку було обрано кількість епох (epoch) – 8, які можна побачити на рисунку 4.3:

```
Epoch 1: train_loss: 1.4692, val_loss: 1.2718, val_acc: 0.8281
Epoch 2: train_loss: 1.1825, val_loss: 1.1553, val_acc: 0.9375
Epoch 3: train_loss: 1.1019, val_loss: 1.1577, val_acc: 0.9045
Epoch 4: train_loss: 1.0721, val_loss: 1.1445, val_acc: 0.8976
Epoch 5: train_loss: 1.0640, val_loss: 1.1176, val_acc: 0.9375
Epoch 6: train_loss: 1.0580, val_loss: 1.1135, val_acc: 0.9427
Epoch 7: train_loss: 1.0564, val_loss: 1.1032, val_acc: 0.9549
Epoch 8: train_loss: 1.0576, val_loss: 1.1075, val_acc: 0.9514
```

Рисунок 4.3 – Результат тренування на 8 епохах

На рисунку 4.4 можна побачити графік точності – співвідношення втрат по точності до кількості епох:

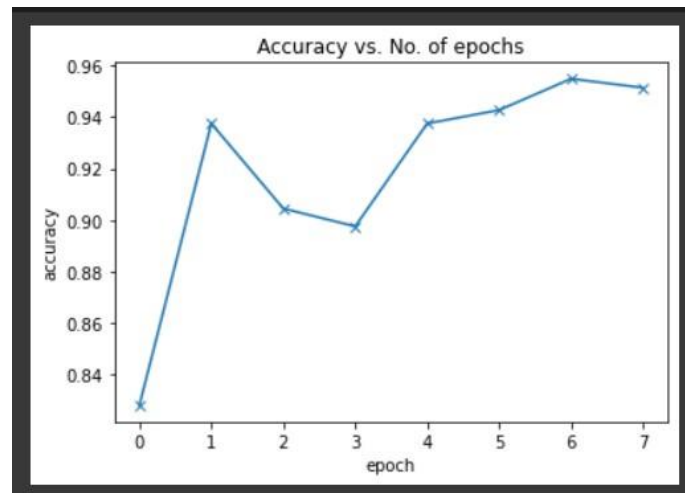


Рисунок 4.4 – Співвідношення точності до кількості епох

А на рисунку 4.5 можна побачити графік втрат – співвідношення втрат до кількості епох:

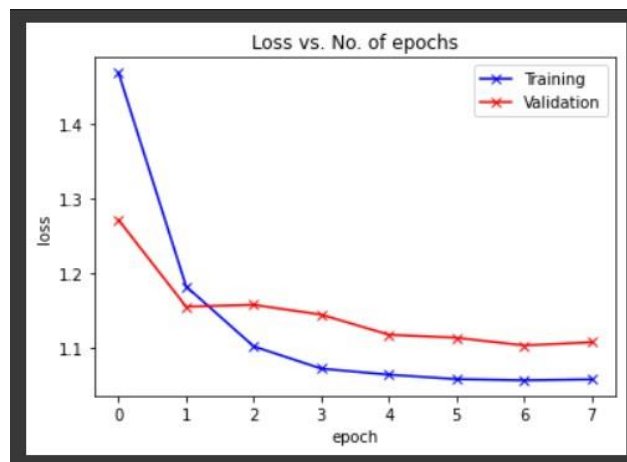


Рисунок 4.5 – Співвідношення точності до кількості епох

Можна зробити висновок, що кількість епох 8 є досить оптимальною як по точності та втратам, так і по доступному ресурсу для тренування моделі.

Після навчання модель необхідно було протестувати на тестових даних із датасету. Приклад успішного тестування можна побачити на рисунку 4.6:

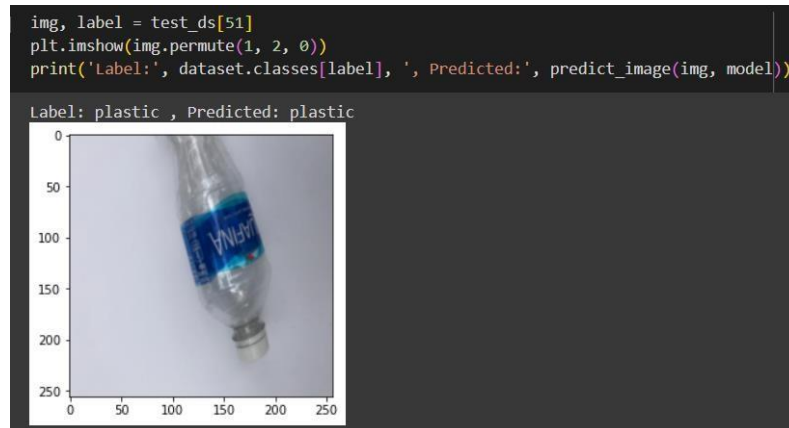


Рисунок 4.6 – Приклад тесту моделі

Розроблена нейрона мережа здатна класифікувати сміття із точністю в приблизно 95%, що є досить гарним результатом, зважаючи на обмежений ресурс для тренування моделі, який звусив зменшити розмір датасету та кількість епох.

Висновки до розділу

Було реалізовано розробку компонентів мобільного додатку для розпізнавання та сортування відходів, а також розроблено компоненти нейронної мережі для класифікації сміття. Розроблена нейронна мережа має точність розпізнавання приблизно 95%.

Після реалізації та налаштування системи додатку для розпізнавання та сортування відходів було проведено аналіз результатів.

Аналіз результатів показав, що додаток працює стабільно та швидко на різних пристроях та операційних системах. Результати розпізнавання відходів були точними та відповідали очікуваному результату.

Було також встановлено, що оптимізація фото перед їх обробкою дозволяє зменшити витрати на ресурси пристрою та підвищити швидкість роботи додатку.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз використання додатку показав, що користувачі були задоволені простотою та зручністю його використання. Функція збереження історії відходів також була корисною для користувачів, які хотіли вести облік своїх сміттєвих відходів.

Отже, на основі результатів тестування та аналізу можна зробити висновок, що розроблений додаток для розпізнавання та сортування відходів є ефективним та корисним інструментом для користувачів.

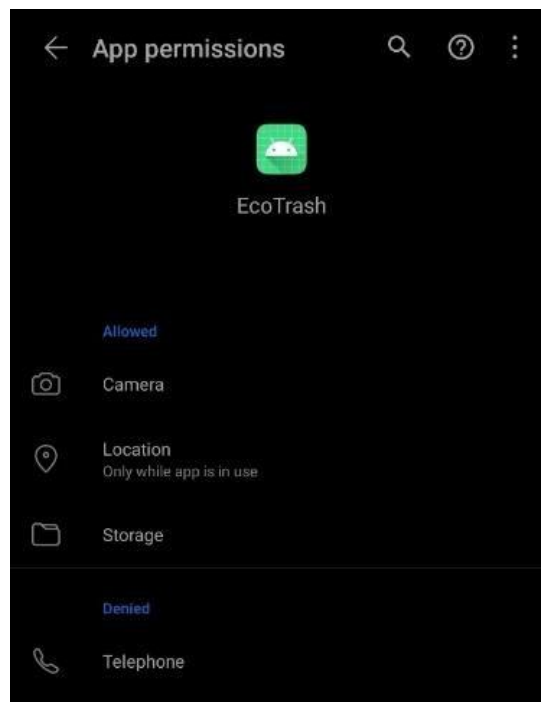
					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕСТУВАННЯ ДОДАТКУ

5.1 Тестування додатку

Після розробки та реалізації компонентів системи додатка, необхідно було провести тестування та налаштування системи для його оптимальної роботи.

Перше та найголовніше – це надати доступ до камери та місцезнаходження. Надання доступу вручну виглядатиме наступним чином, зображеним на рисунку 5.1:



Рисинук 5.1 – Надані вручну в налаштуваннях доступи

Якщо ж користувач не надасть самостійно доступи до використання додатком камери та місцезнаходження, додаток при переході до Розпізнавання відходів чи Карти пунктів переробки має запросити дозвіл на доступ до камери та місцезнаходження сам, як показано на рисунку 5.2:

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

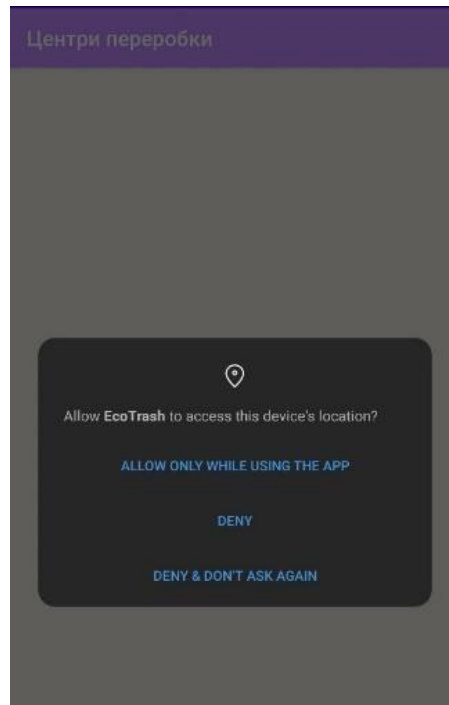


Рисунок 5.2 – Запит на дозвіл до місцезнаходження

Тестування системи охоплювало в собі перевірку роботи всіх функцій додатка на різних пристроях та в різних умовах, таких як освітлення та розмір відходів.

На рисунку 5.3 можна побачити приклад роботи функції Розпізнавання виду відходів, до якої залучена розроблена модель:

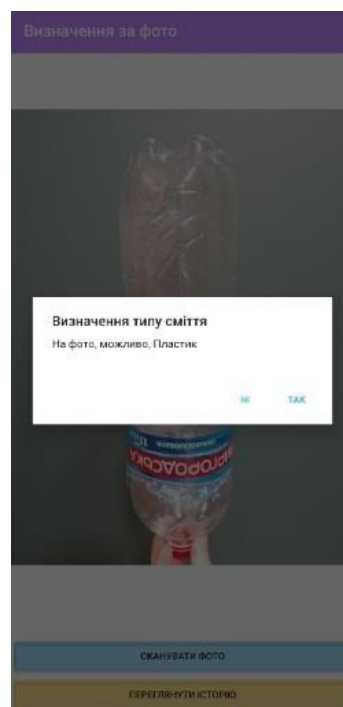


Рисунок 5.3 – Приклад визначення типу сміття

					IC93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Як можна побачити на рисунку 5.3, функція додатку із підключенням камери для фото працює успішно. Також, успішно працює модель розпізнавання типу відходів – на прикладі розпізнано пластикову пляшку, тип сміття – пластик.

Кожен розпізнаний тип відходу автоматично записується в історію розпізнавання, яку можна побачити на рисунку 5.4:



Рисунок 5.4 – Історія розпізнавання відходів

Також, в додатку додано правила відсортування сміття. фрагмент частини яких зображено на рисунку 5.5:



Рисунок 5.5 – Правила сортування відходів

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція «Визначити тип сміття» відкриває нове вікно додатку, в якому можна із списку типів відходів обрати потрібний тип:

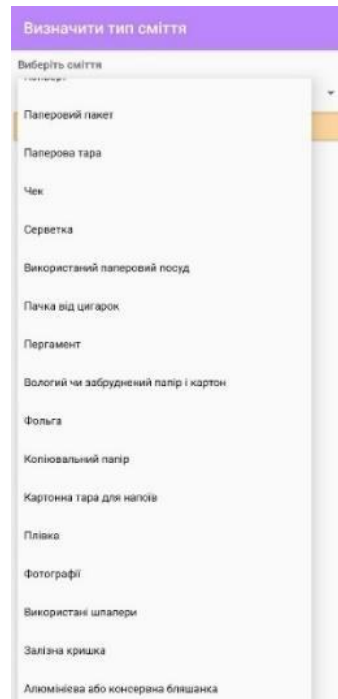


Рисунок 5.6 – Вибір типу відходів

Після того, як користувач обрав тип сміття, наприклад – Лампочка, додаток видає тип відходів, до якого відноситься обране сміття, як це показано на рисунку 5.7. Після чого, користувач може повернутися в меню із загальними рекомендаціями щодо сортування по кожному типу відходів, знайти рекомендації, які йому потрібні і за допомогою карти пунктів сортування знайти, де саме можна здати на переробку тип сміття, який його цікавив.



Рисунок 5.7 – Визначення типу сміття

Налаштування системи включало в себе оптимізацію роботи додатка на різних пристроях та мережах. Було виконано налаштування функцій додатка, які дозволяють зменшити витрати на ресурси пристрою та підвищити швидкість роботи додатка. Наприклад, було встановлено оптимальні параметри обрізки фото та розміру зображення, щоб зменшити обсяг зображень та зменшити час обробки фото. Крім того, було налаштовано мережеві параметри додатку, щоб підвищити швидкість передачі даних та зменшити час очікування результатів.

Після тестування та налаштування системи, додаток був готовий до розгортання та використання користувачами.

Висновки до розділу

Після реалізації та налаштування системи додатка для розпізнавання та сортування відходів було проведено аналіз результатів.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз результатів показав, що додаток працює стабільно та швидко на різних пристроях та операційних системах. Результати розпізнавання відходів були точними та відповідали очікуваному результату.

Було також встановлено, що оптимізація фото перед їх обробкою дозволяє зменшити витрати на ресурси пристрою та підвищити швидкість роботи додатка.

Аналіз використання додатка показав, що користувачі були задоволені простотою та зручністю його використання. Функція збереження історії відходів також була корисною для користувачів, які хотіли вести облік своїх сміттєвих відходів.

Варто також зазначити, що розроблений мобільний додаток для розпізнавання та сортування відходів має потенціал для майбутнього розвитку.

Оскільки в ядрі розробки лежить розроблена нейронна мережа для розпізнавання типу відходів, то розмір та точність моделі напряму залежать від технічних можливостей розробника.

В майбутньому, наприклад, магістерському проєкті, можливе використання кластерів більшого об'єму задля навчання більшої за розміром моделі, яка має дати ще більш точний результат для розпізнавання.

Отже, на основі результатів тестування та аналізу можна зробити висновок, що розроблений додаток для розпізнавання та сортування відходів є ефективним та корисним інструментом для користувачів.

ВИСНОВКИ

Глобально, під час розробки дипломного проєкту було розглянуто проблему сортування сміття та розроблено додаток для її вирішення за допомогою нейромережі.

На початку для досягнення поставленої мети було проведено аналіз літературних джерел та існуючих додатків по заданій темі сортування відходів.

Далі, було обрано датасет для навчання нейронної мережі, виконано підготовку та попередню обробку даних, розроблено та навчено нейромережу.

Після чого було реалізовано мобільних додаток для платформи Andorid, під'єднано до нього написаної раніше моделі, та проведено тестування додатку.

В результаті проведених досліджень виявлено, що нейромережа є досить ефективним інструментом для розв'язання задачі сортування сміття. За допомогою навченої нейромережі було досягнуто високої точності (приблизно 95%) та швидкості сортування відходів. Зазначається, що дана точність розпізнавання написаною моделлю була досягнута шляхом урізання датасету та об'ємів навчання. Оскільки при виконанні дипломного проєкту ресурс пам'яті та потужності комп'ютера був обмежений, навчити обрану на початку розробки модель виявилось досить складно, тому було прийняте рішення провести аналіз датасету та навчити нейромережу на меншому об'ємі даних.

Andorid додаток, реалізований на основі навченої нейромережі, має зрозумілий та простий користувацький інтерфейс, що дозволяє швидко та зручно сортувати сміття в побуті.

Порівняння з існуючими додатками показало, що розроблений додаток має певні переваги у вигляді точності та швидкості сортування відходів, а також компактності.

Функціональні можливості розробленого додатку можуть бути розширені шляхом додавання нових типів відходів (додаткове розширення навченої моделі шляхом росширення датасету)та підтримки більшої кількості мов.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розроблений додаток може бути корисним для людей, які хочуть внести свій вклад у збереження довкілля та екології, допомогти сортувати сміття та зменшити його вплив на природу.

Розроблений проєкт також має майбутній потенціал і шляхи вдосконалення, які можуть бути реалізовані, наприклад в майбутній магістерській роботі.

					ІС93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України. URL: https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf. (дата звернення: 29.04.2023).
2. Object recognition. *Machine Vision*. URL: https://cse.usf.edu/~r1k/MachineVisionBook/MachineVision.files/MachineVision_Chapter15.pdf (дата звернення: 29.04.2023).
3. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. URL: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-021-00444-8> (дата звернення: 29.04.2023).
4. Face detection using Viola Jones Algorithm. URL: <https://www.mygreatlearning.com/blog/viola-jones-algorithm/>. (дата звернення: 29.04.2023).
5. Object detection using convolutional neural networks (CNN). URL: <https://iq.opengenus.org/object-detection-using-r-cnn/> (дата звернення: 29.04.2023).
6. Haar wavelet. *Encyclopedia*. URL: https://www.wikiwand.com/en/Haar_wavelet (дата звернення: 29.04.2023).
7. Face detection & face recognition using open computer vision classifies. *University of Plymouth*. URL: https://www.researchgate.net/figure/A-Haar-wavelet-and-resulting-Haar-like-features_fig1_318900718 (дата звернення: 05.05.2023).
8. Boosting algorithms explained. *Towards Data Science*. URL: <https://towardsdatascience.com/boosting-algorithms-explained-d38f56ef3f30> (дата звернення: 21.04.2023).
9. Face detection & face recognition using open computer vision classifies. URL: <https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-Haar-like-features-used-by-the->

Viola-Jones-algorithm-Viola-Jones-2004_fig1_317607006 (дата звернення: 29.04.2023).

10. What is deep learning?. *Jason Brownlee*.
URL: <https://machinelearningmastery.com/what-is-deep-learning/> (дата звернення: 28.04.2023).

11. Difference between backpropagation and stochastic gradient descent.
URL: <https://machinelearningmastery.com/difference-between-backpropagation-and-stochastic-gradient-descent/> (дата звернення: 15.04.2023).

12. Meet Android Studio. URL: <https://developer.android.com/studio/intro> (дата звернення: 29.04.2023).

13. Meet Android Studio. URL: <https://developer.android.com/studio/intro> (дата звернення: 29.04.2023).

14. What makes Keras special?. *Javatpoint*.
URL: <https://www.javatpoint.com/keras> (дата звернення: 29.04.2023)..

15. Which Approach Is Best For Your Project in 2023: Waterfall Vs Agile Methodology? *MOBILE APP DEVELOPMENT*.
URL: <https://www.mobileappdaily.com/waterfall-and-agile-methodology-comparison> (дата звернення: 02.05.2023).

16. Residual Networks (ResNet) – Deep Learning. *GeeksforGeeks*.
URL: <https://www.geeksforgeeks.org/residual-networks-resnet-deep-learning> (дата звернення: 29.04.2023).

					IC93.060БАК.004 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		