

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____
Шифр і назва галузі знань
Спеціальність _____ 122 – Комп'ютерні науки _____
Шифр і назва спеціальності
Освітня програма _____ Комп'ютерні науки _____
Назва освітньої програми

Виконав: _____ студент групи КН-20-2 _____ Богдан ВОНСОВИЧ _____
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: _____ к.т.н., доц. каф. КН _____ Олександр ПАСІЧНИК _____
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Нормоконтроль: _____ к.т.н., доц. каф. КН _____ Руслан БАГРІЙ _____
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри КН, д.т.н., професор

21 08 2024 р.



Підпис

Олександр БАРМАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри комп'ютерних наук



(підпис)
д.т.н., професор Олександр БАРМАК
« 16 » лютого 2024 року


ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій»
2. Завдання видано студенту Богдану ВОНСОВИЧУ
(Ім'я, прізвище)
3. Керівник роботи доцент кафедри КН Олександр ПАСІЧНИК
(посада, ім'я, прізвище)
4. Затверджено наказом університету від « 15 » лютого 2024 р. № 8
5. Дата видачі завдання студенту: « 16 » лютого 2024 р.
6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:
Мета роботи – покращення виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій. Для досягнення поставленої мети слід вирішити задачі аналізу методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях шляхом за їх зображеннями; проаналізувати можливості методів інтелектуального аналізу даних; реалізувати метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та виконати його програмну реалізацію; повести експериментальне тестування.

7. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

№	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи бакалавра з керівником, складання календарного графіка виконання роботи	січень 2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю, формулювання мети та задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження	лютий 2024	виконано
3	Розробка методу виявлення корозійних уражень з адаптацією та імплементація методів інтелектуального аналізу даних. Визначення критеріїв оцінювання покращення при застосуванні	березень 2024	виконано
4	Створення та тестування програмної реалізації методу. Тестування методу та його програмної реалізації	квітень 2024	виконано
5	Написання пояснювальної записки, урахування зауважень керівника, оформлення згідно вимог	травень 2024	виконано
6	Розробка презентаційних матеріалів та попередній захист кваліфікаційної роботи	травень 2024	виконано
7	Отримання відгуку керівника, рецензії, перевірка на плагіат, нормоконтроль	червень 2024	виконано
8	Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи бакалавра	червень 2024	виконано

Виконавець: студент групи КН-20-2  Богдан ВОНСОВИЧ
Група виконання Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: к.т.н., доц. каф. КН  Олександр ПАСІЧНИ
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій»

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студент групи КН-20-2 Богдан ВОНСОВИЧ

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: к.т.н., доцент кафедри КН Олександр ПАСІЧНИК

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
70	33	5	36	2

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра визначено покращення виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій. Для досягнення поставленої мети слід вирішити задачі аналізу методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях шляхом за їх зображеннями; проаналізувати можливості методів інтелектуального аналізу даних; реалізувати метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та виконати його програмну реалізацію; повести експериментальне тестування.

Ключові слова: інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання, датасет, корозійне ураження, програмна реалізація, рекомендаційна система, виявлення дефектів.

Виконавець: студент групи КН-20-2

Група виконавця


Підпис

Богдан ВОНСОВИЧ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Зміст

Перелік скорочень	4
Вступ.....	5
Розділ 1 Аналіз предметної області та постановка задачі	8
1.1 Огляд теоретичних підходів.....	8
1.2 Аналіз предметної області.....	14
1.2.1 Збитки від корозії	14
1.2.2 Види корозійних уражень металевих конструкцій.....	15
1.2.3 Методи та способи виявлення корозії.....	16
1.3 Аналіз інформаційного забезпечення предметної області	17
1.4 Мета та кваліфікаційної роботи.....	18
Розділ 2 Метод виявлення корозійних уражень.....	19
2.1 Основні компоненти методу	19
2.2 Адаптація методів ІАД для виконання поставленого завдання	21
2.3 Імплементация методів інтелектуального аналізу даних для виявлення корозійних уражень.....	23
2.4 Датасет.....	29
2.5 Процес машинного навчання	34
2.6 Критерії оцінювання покращення при застосування	35
2.7 Висновки до розділу 2	38
Розділ 3 Програмна реалізація методу	40
3.1 Визначення шляхів дослідження та засобів програмної реалізації	40
3.2 Вибір засобів програмної реалізації методу	41
3.3 Структура та функціональне призначення програмних складових	42
3.4 Особливості реалізації програмних складових системи	47
3.5 Тестування інформаційної системи та вимоги до розгортання.....	52
3.6 Результати досліджень.....	57
3.7 Висновки до розділу 3	65
Загальні висновки.....	66

Перелік посилань.....	68
-----------------------	----

Додатки

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
ІАД	Інтелектуальний аналіз даних
ШІ	Штучний інтелект
ІС	Інформаційна система
ІТ	Інформаційні технології
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
КН	Комп'ютерні науки
ПЗ	Пояснювальна записка
ПП	Програмний продукт
ХНУ	Хмельницький національний університет.

Вступ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена покращенню виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та визначення їх стану за зображеннями. Розроблена система використовує методи штучного інтелекту, зокрема машинного навчання та комп'ютерного зору, для автоматичного аналізу зображень металевих поверхонь та виявлення ознак корозії.

Актуальність роботи.

Корозійне ураження є суттєвою глобальною цивілізаційною проблемою обумовленою величезними обсягами використання металоконструкцій. Корозія може призвести та часто призводить до серйозних пошкоджень металевих конструкцій, що негативно впливає на рівень безпеки та ефективності їх використання. З корозійним ураженням металевих конструкцій пов'язані значні матеріальні витрати задля підтримування їх у належному технічному стані. Вчасне виявлення та оцінка ступеня корозійного ураження дозволить попередити негативні наслідки та прийняти відповідні оперативні заходи щодо їх ремонту чи заміни.

У сучасному світі цифрові технології відіграють ключову роль у різних галузях, сприяючи підвищенню ефективності та точності процесів. Застосування цифрових технологій для оцінки корозійних уражень металевих конструкцій є не лише можливим, але й надзвичайно доцільним рішенням. Завдяки методам інтелектуального аналізу даних, можливо автоматизувати процеси виявлення корозії, що забезпечує своєчасне реагування та запобігання руйнуванням

Методи інтелектуального аналізу даних, які включають машинне навчання, класифікацію, кластеризацію та комп'ютерний зір, мають величезний потенціал для автоматизації процесу виявлення корозії. Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних, отриманих з різних джерел, таких як камери, дрони та супутникові знімки, і виявляти корозійні ураження на ранніх стадіях [1].

Використання цих методів може значно підвищити точність і ефективність моніторингу стану металевих конструкцій. Інтелектуальний аналіз даних, також, може бути застосований для роботи з зображеннями, методи інтелектуального аналізу даних можуть бути застосовані для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, лише за їх зображеннями.

Об’єкт дослідження – процес виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за їх зображеннями.

Предмет дослідження – методи та алгоритми інтелектуального аналізу даних для автоматизованого виявлення корозійних уражень та визначення стану металевих конструкцій за їх зображеннями.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображення.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

- провести аналіз методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях шляхом аналізу їх зображень;
- провести аналіз можливостей, переваг та недоліків методів інтелектуального аналізу даних для ідентифікації корозійних уражень металевих конструкцій;
- реалізувати метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- виконати програмну реалізацію методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- провести експериментальне тестування програмної реалізації методу;
- виконати дослідження спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображення.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з завдання, змісту, переліку скорочень, вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань із 36 джерел та 2 додатків. Загальний обсяг дипломної роботи бакалавра становить 75 сторінок, з них 62 сторінок основного тексту, 33 рисунків та 5 таблиць.

Ключові слова: інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання, датасет, корозійне ураження, програмна реалізація, рекомендаційна система, виявлення дефектів.

Розділ 1 Аналіз предметної області та постановка задачі

1.1 Огляд теоретичних підходів

У сучасному світі цифрові технології відіграють ключову роль у різних галузях, сприяючи підвищенню ефективності та точності процесів. Застосування цифрових технологій для оцінки корозійних уражень металевих конструкцій є не лише можливим, але й надзвичайно доцільним рішенням. Завдяки методам інтелектуального аналізу даних, можливо автоматизувати процеси виявлення корозії, що забезпечує своєчасне реагування та запобігання руйнуванням

Методи інтелектуального аналізу даних, які включають машинне навчання, класифікацію, кластеризацію та комп'ютерний зір, мають величезний потенціал для автоматизації процесу виявлення корозії. Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних, отриманих з різних джерел, таких як камери, дрони та супутникові знімки, і виявляти корозійні ураження на ранніх стадіях [1]. Використання цих методів може значно підвищити точність і ефективність моніторингу стану металевих конструкцій. Інтелектуальний аналіз даних, також, може бути застосований для роботи з зображеннями, методи інтелектуального аналізу даних можуть бути застосовані для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, лише за їх зображенням.

Існує кілька основних груп методів інтелектуального аналізу даних (data mining), кожна з яких має свої специфічні підходи та застосування. Ось основні групи цих методів [2]:

- класифікація – визначення категорії або класу для нового зразка даних на основі навченої моделі, приклади методів: рішення дерева, метод опорних векторів (SVM), наївний Байєсів класифікатор, нейронні мережі, логістична регресія;

- кластеризація – групування схожих зразків даних у кластери без попередньої інформації про групи, приклади методів: K-середніх (K-means), ієрархічна кластеризація, DBSCAN;

- регресія – прогнозування числового значення на основі інших змінних,

прикладі методів: лінійна регресія, поліноміальна регресія, регресія на основі дерев рішень;

- асоціаційний аналіз – виявлення взаємозв'язків між змінними в наборі даних, приклад методу: алгоритм Apriori, алгоритм Eclat;

- аналіз аномалій (аномалії виявлення) – виявлення рідкісних випадків або відхилень, які не відповідають загальному патерну даних, приклади методів: метод k-найближчих сусідів (k-NN), локально-граничні відхилення (LOF), методи на основі нейронних мереж;

- зменшення розмірності – скорочення кількості змінних у наборі даних, зберігаючи при цьому найважливішу інформацію, приклади методів: аналіз головних компонент (PCA), лінійний дискримінантний аналіз (LDA), t-SNE.

Ці методи можуть комбінуватися та адаптуватися для конкретних задач, що робить інтелектуальний аналіз даних потужним інструментом для отримання цінної інформації з великих наборів даних.

Інтелектуальний аналіз даних включає застосування широкого спектру технік, таких як оцінка, сортування, модифікація, структурування, вибірка та обґрунтування, з метою витягування корисної інформації з даних. Процес аналізу даних зазвичай розподіляється на три ключові фази: підготовчий етап даних, активний процес інтелектуального аналізу та валідація та інтерпретація отриманих результатів [2]. Схематичне зображення елементів, що входять до складу інтелектуального аналізу даних, зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Діаграма ІАД [2]

Процес виявлення знань у базах даних, відомий як KDD (Knowledge Discovery in Databases) [4], включає ідентифікацію патернів та важливої інформації у великих наборах даних. Завдяки прогресу в області технологій зберігання даних та зростанню обсягів Big Data протягом останніх десятиліть, застосування методів інтелектуального аналізу даних стає все більш поширеним, дозволяючи компаніям перетворювати сирі дані в корисні знання. Однак, незважаючи на постійний розвиток цих технологій для обробки великих масивів даних, існують виклики, пов'язані з масштабуванням та автоматизацією процесів.

Процес інтелектуального аналізу даних значно вдосконалив механізми ухвалення рішень у бізнесі, надаючи можливість проводити детальний аналіз інформації. Основні підходи до інтелектуального аналізу можна класифікувати на дві категорії: одні з них спрямовані на опис даних, інші – на прогнозування майбутніх тенденцій за допомогою машинного навчання. Ці методики застосовуються для структурування даних, виокремлення ключової інформації, від ідентифікації шахрайства до аналізу поведінки споживачів, виявлення потенційних ризиків та забезпечення безпеки.

Інтелектуальний аналіз даних, також відомий як Data Mining, представлений на рисунку 1.1, має на меті виявлення корисних даних у великих масивах наявних даних, які можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень у різноманітних галузях [5]. Цей комплексний процес включає в себе багато етапів аналізу даних, спрямованих на пошук нових знань та закономірностей, що можуть бути використані для покращення стратегічного планування [6].

Перший етап аналітичного процесу полягає у підготовці даних, яка включає їх збір, очистку та організацію для наступного етапу аналізу. Другий етап – моделювання, обумовлює використання статистичних методів та алгоритмів машинного навчання для дослідження даних і розробки моделей, які допомагають ідентифікувати важливі шаблони та закономірності. Далі здійснюється ретельна оцінка створених моделей, щоб переконатися у їх точності та ефективності. Останнім етапом є впровадження перевірених моделей для виявлення або

прогнозування майбутніх трендів [7].

Інтелектуальний аналіз даних став незамінним інструментом у багатьох сферах [8], включаючи медицину, комерцію, освіту, наукові дослідження та інженерну справу, допомагаючи виявляти нові знання та важливу інформацію для підтримки рішень, заснованих на даних. Цей процес охоплює розпізнавання взірців, прогнозування майбутніх подій, ідентифікацію незвичайних даних, класифікацію інформації та використання інших аналітичних методів для вилучення корисної інформації з існуючих даних.

Застосування методів інтелектуального аналізу даних для обробки зображень відкриває нові можливості для прогресу в різних областях. Інтелектуальний аналіз даних зосереджений на вилученні корисної інформації з організованих даних, як-от баз даних і електронних таблиць. Він включає широкий спектр завдань, таких як ідентифікація взірців, виявлення відхилень, прогнозування майбутніх розвитків та розподіл даних за категоріями.

Комп'ютерний зір [9], як складова штучного інтелекту (ШІ), дає змогу комп'ютерам та системам отримувати потрібну інформацію з цифрових зображень, відео та інших візуальних даних, і на основі отриманої інформації приймати рішення або надавати рекомендації. Якщо ШІ дає можливість комп'ютерам мислити, то комп'ютерний зір надає їм здатність бачити, спостерігати та розуміти. Робота комп'ютерного зору схожа на людський, але з деякими відмінностями. Комп'ютерний зір відіграє ключову роль у розпізнаванні та аналітиці візуального контенту, включно із фотографіями та відеозаписами. Цей процес охоплює ідентифікацію об'єктів, аналіз їх форми та розмірів, визначення їх положення в просторі, а також виявлення тексту на графічних зображеннях.

У реальному світі не всі дані, з якими ми працюємо, мають бажану впорядкованість. Такі дані не піддаються аналізу за допомогою алгоритмів навчання з учителем. Для цього нам потрібно використовувати алгоритми некерованого навчання. Одним з найпопулярніших видів аналізу в рамках некерованого навчання є кластерний аналіз [10]. Кластеризація дозволяє виявити

раніше невідомі дані в наявних даних. Відносно однорідні точки даних, що належать до одного кластера, можуть бути узагальнені одним представником кластера, і це дозволяє зручно з ними працювати. Кластеризація також може бути використана для виявлення незвичайних спостережень, відмінних від інших кластерів, таких як викиди та шуми [11].

Кластерний аналіз застосовується для обробки та аналізу візуального та текстового контенту, дозволяючи групувати подібні зображення чи тексти, що сприяє їх класифікації чи виявленню. Цей метод допомагає виділити важливу інформацію з великої кількості неструктурованих даних, полегшуючи процес вибору зображень або текстів за їхнім змістом. Кластерний аналіз є технікою в області аналітики даних, яка дозволяє групувати об'єкти на основі їх близькості або схожості в рамках датасету. Під час проведення такого аналізу, кожній групі присвоюються певні атрибути. На основі цих атрибутів формуються кластери.

Різноманітність алгоритмів кластеризації відображає численні способи формування кластерів, які варіюються залежно від особливостей даних. Кластеризація на основі центроїдів, як у методі k-середніх, групує дані за відстанню до центральної точки, тоді як ієрархічна кластеризація створює деревоподібну структуру без попереднього визначення кількості кластерів. Імовірнісна кластеризація використовує статистичні моделі для групування. Ефективність кожного методу залежить від контексту задачі та характеристик даних, і не існує універсального рішення для всіх сценаріїв [12].

Отже, кластеризація є методом упорядкування об'єктів у категорії з використанням алгоритмів некерованого навчання [13]. В цілому, кластеризація є ефективним інструментом у сфері аналізу зображень та тексту, який надає можливість вилучати значущу інформацію з неструктурованих даних та здійснювати пошук потрібних зображень чи документів за їх вмістом [14].

Класифікація в комп'ютерних науках – це процес визначення категорії або класу, до якого належить певний об'єкт або запис даних [15]. Це важливий аспект навчання з учителем, де алгоритм вивчає функцію відображення від вхідних даних до вихідних значень. Класифікація може бути [16] бінарною, коли вхідні дані

класифікуються в одну з двох категорій, або багатокласовою, коли вхідні дані класифікуються в одну з кількох категорій. Наприклад, алгоритм класифікації може використовуватися для прогнозування, чи є електронний лист спамом чи ні. Основна мета класифікації – побудувати модель, яка може точно призначити мітку або категорію новому спостереженню на основі його характеристик. Класифікація, завдяки своїм можливостям, може бути використаною для створення моделі класифікації, яка навчається на наборі зображень, позначених як корозія та не корозія, а потім використовується для прогнозування класу нових зображень на основі їх характеристик, таких як колір, текстура та форма. Класифікація широко використовується в різних областях, включаючи машинне навчання, де вона допомагає в розпізнаванні шаблонів та структур у даних. Вона може бути застосована для вирішення різних завдань, таких як розпізнавання образів, прогнозування та рекомендаційні системи [17].

Процес побудови моделі класифікації включає кілька етапів: збір даних, попередня обробка даних, вибір ознак, навчання моделі та оцінка моделі. Кожен з цих етапів важливий для створення ефективної та точної моделі класифікації.

Класифікація та регресія [18] є двома основними задачами прогнозування в інтелектуальному аналізі даних і машинному навчанні. Класифікація фокусується на прогнозуванні дискретних цільових змінних, тоді як регресія орієнтована на прогнозування безперервних змінних.

Таким чином, класифікація є важливим інструментом у сучасних комп'ютерних науках, що знаходить застосування у багатьох сферах, від розпізнавання образів до рекомендаційних систем. Завдяки ефективним алгоритмам та методам, класифікація дозволяє створювати моделі, здатні вирішувати складні задачі та покращувати точність прогнозів.

Машинне навчання [19] – це ключовий елемент штучного інтелекту та комп'ютерних наук, який полягає у використанні даних та алгоритмів для наслідування людського процесу навчання, що дозволяє систематично збільшувати точність прийняття рішень.

У сучасному світі машинне навчання відіграє ключову роль у сфері науки

про дані. Використовуючи статистичні методи, алгоритми машинного навчання здатні класифікувати дані, робити точні прогнози та виділяти важливу інформацію під час інтелектуального аналізу даних. Ці знання стають основою для прийняття обґрунтованих бізнес-рішень та програм, сприяючи зростанню ключових показників ефективності.

1.2 Аналіз предметної області

1.2.1 Збитки від корозії

Корозійне ураження є суттєвою глобальною цивілізаційною проблемою обумовленою величезними обсягами використання металоконструкцій. Корозія може призвести та часто призводить до серйозних пошкоджень металевих конструкцій, що негативно впливає на рівень безпеки та ефективності їх використання. З корозійним ураженням металевих конструкцій пов'язані значні матеріальні витрати задля підтримування їх у належному технічному стані. Вчасне виявлення та оцінка ступеня корозійного ураження дозволить попередити негативні наслідки та прийняти відповідні оперативні заходи щодо їх ремонту чи заміни.

Існує кілька видів корозійних уражень, які впливають на різні сфери використання металевих конструкцій. Нижче розглянемо основні види корозії, сфери застосування металевих конструкцій та пов'язані з корозією збитки.

У сучасному світі метали використовуються дуже широко завдяки їхнім унікальним властивостям та вартості [20]. Часто створюються великі конструкції, які можуть бути схильні до корозії під впливом різноманітних факторів, особливо з боку навколишнього середовища. Враховуючи це, регулярна перевірка металевих конструкцій на предмет цілісності та придатності до подальшого використання є критично важливою.

Корозійні процеси ведуть до поступового руйнування матеріалу, знижуючи його механічні характеристики та експлуатаційні якості. Незважаючи на те, що повністю уникнути корозії неможливо, вона є об'єктом інтенсивних

досліджень у багатьох галузях науки та техніки, оскільки розуміння та контроль цього процесу мають велике значення для забезпечення довговічності та надійності металевих конструкцій [21].

Корозія є одним із найбільших ворогів металевих конструкцій, завдаючи значних збитків у багатьох галузях, таких як будівництво, транспорт, нафтова та газова промисловість. Виявлення та попередження корозійних уражень є важливим завданням для забезпечення довговічності та безпечної експлуатації металевих конструкцій. [22]

Корозія металевих конструкцій завдає значних економічних збитків у всьому світі [23]. За оцінками експертів, щорічні втрати від корозії становлять приблизно 2.5 трильйони доларів, що становить приблизно 3.4% від світового ВВП [24]. Основні види збитків включають:

- економічні збитки – витрати на ремонт і заміну пошкоджених конструкцій, втрати від простоїв виробництва;
- безпека – руйнування конструкцій може призвести до аварій, загроз життю і здоров'ю людей [25];
- екологічні збитки – витіки хімічних речовин, нафти та інших небезпечних матеріалів через корозію можуть призвести до значних забруднень навколишнього середовища [26];
- соціальні збитки – порушення інфраструктури, такі як водопостачання чи транспортні системи, можуть мати серйозні наслідки для суспільства [27].

1.2.2 Види корозійних уражень металевих конструкцій

Металеві конструкції, які набули такого широкого застосування піддаються впливу різних видів корозії, які варто розглянути:

- рівномірна корозія – рівномірне руйнування поверхні металу, зазвичай легко передбачити та контролювати, але призводить до зменшення товщини металу і, відповідно, його міцності [28];
- пітингова корозія – утворення локалізованих отворів або ямок на

поверхні металу, важко передбачити та виявити на ранніх стадіях [29];

- щілинна корозія – виникає в щілинах і зазорах, де утруднений доступ кисню, призводить до інтенсивного локального руйнування [30];

- поверхнева корозія – тонкий та крихкий шар оксидної плівки, який з'являється від контакту поверхні металу з повітрям;

- ерозійна корозія – комбінація механічного зносу та хімічного впливу, викликана рухом рідин або газів з абразивними частинками [31].

1.2.3 Методи та способи виявлення корозії

В епоху технологій, коли метал є невід'ємною частиною багатьох індустрій – від будівельної справи до виробництва електронних пристроїв, питання підтримки високої якості та довговічності металевих виробів набуває особливої важливості. Проте, незалежно від міцності, всі метали піддаються ризику деградації під впливом шкідливих факторів, зокрема корозії, яка є однією з найбільш руйнівних проблем. Доцільно розглянути існуючі методи виявлення корозії та розглянути їх переваги та недоліки.

- візуальний аналіз – переваги: простота та доступність, дозволяє швидко виявити поверхневу корозію, недоліки: обмежений виявленням корозії під поверхнею або всередині конструкцій [32];

- ультразвукове тестування – переваги: може виявити корозію під поверхнею, досить точний метод, недоліки: менш ефективний для тонких шарів корозії, вимагає спеціального обладнання та кваліфікованих операторів [33];

- електрохімічне тестування – переваги: висока точність результатів, недоліки: складний та часомісткий, потребує спеціального обладнання, може бути непридатним для деяких типів металів або корозійних процесів;

- рентгенівська флуоресценція (XRF) – переваги: дозволяє визначити хімічний склад металу, недоліки: потребує спеціалізованого обладнання та кваліфікованих операторів, менш ефективний для виявлення корозії для конструкцій складної геометричної форми чи конфігурації або на великих

глибинах [34].

У всіх вище перерахованих способів визначення ступеню корозійного ураження металевих конструкцій є один спільний недолік – вони неможливі без участі людини, яка буде експертом у сфері визначення ступеня корозійного ураження металу. Людський ресурс є цінним і варто робити все, щоб зменшити його використання там це можна автоматизувати. З використанням програмних засобів можна буде скоротити час, який необхідний для вираження ступеня ураження та підвищити точність проведеної роботи.

1.3 Аналіз інформаційного забезпечення предметної області

На сьогоднішній день відсутнє спеціалізоване програмне забезпечення для визначення рівня корозійного ураження металевих конструкцій. Це створює значний виклик для інженерів та експертів, які займаються моніторингом та оцінкою стану металевих споруд, таких як мости, трубопроводи та будівлі.

Проте, існує чимало програмних рішень для визначення ступеня ураження інших об'єктів. Наприклад, програма Inspektlabs [35], яка використовується для оцінки стану автомобілів. Ця програма допомагає визначити ступінь пошкодження автомобілів після аварій або довготривалої експлуатації, використовуючи методи комп'ютерного зору та машинного навчання. Вона аналізує фотографії автомобіля, виділяє пошкоджені ділянки та класифікує їх за рівнем пошкодження. Подібні програмні рішення існують і для інших сфер. Наприклад, Roof Report Software [36] використовується для оцінки стану покрівель будинків. Ця програма аналізує фотографії покрівель, виявляє тріщини, пошкодження та зношеність матеріалів. Вона також класифікує виявлені дефекти за рівнем серйозності, допомагаючи власникам будинків та спеціалістам з ремонту приймати обґрунтовані рішення щодо необхідності ремонту або заміни покрівлі. Ці програми демонструють успіх у своїх галузях, наразі відсутні спеціалізовані програмні продукти, які б зосереджувалися виключно на визначенні рівня корозійного ураження металевих конструкцій. Це створює

важливий простір для розробки нових рішень, які могли б ефективно застосовувати методи кластеризації та класифікації для аналізу зображень металевих об'єктів, ідентифікації та оцінки рівня корозії. Створення такого програмного забезпечення значно полегшило б роботу інженерів, забезпечило б точнішу діагностику стану конструкцій і, зрештою, сприяло б підвищенню безпеки та довговічності інфраструктури.

1.4 Мета та кваліфікаційної роботи

Дослідження предметної області підтверджує важливість розв'язання поставленого завдання, а використання цифрових методів можна вважати раціональним та ефективним підходом.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображення.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

- провести аналіз методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях шляхом аналізу їх зображень;
- провести аналіз можливостей, переваг та недоліків методів інтелектуального аналізу даних для ідентифікації корозійних уражень металевих конструкцій;
- реалізувати метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- виконати програмну реалізацію методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- провести експериментальне тестування програмної реалізації методу;
- виконати дослідження спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображення.

Розділ 2 Метод виявлення корозійних уражень

2.1 Основні компоненти методу

Метод виявлення корозійних уражень за допомогою інтелектуального аналізу даних включає декілька етапів обробки зображення. Перший етап полягає у зборі даних – зображення, які відображають стан металевих конструкцій. Наступним етапом є попередня обробка даних, яка включає фільтрацію шумів, нормалізацію та інші техніки підготовки даних для аналізу. Визначення рівня корозійного ураження відбувається за допомогою навчених моделей машинного навчання.

Метод, виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, зображений на рисунку 2.1 ґрунтується на поетапній обробці зображень з використанням алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Процес виявлення та аналізу корозійних уражень складається з трьох ключових етапів, що забезпечує високу точність та достовірність результатів.

На першому етапі зображення металевої конструкції проходить попередню обробку, яка включає:

- видалення шумів, що можуть спотворити результати аналізу. Застосовуються такі методи, як медіанний фільтр, Гаусів фільтр та адаптивна фільтрація;

- приведення зображення до єдиного масштабу та рівня яскравості для коректності подальших обчислень;

- застосування алгоритмів аналізу даних для чіткого окреслення об'єктів на зображенні, що дозволяє краще ідентифікувати межі металевої конструкції та зони корозії;

На другому етапі відбувається виявлення та розділення ділянок, що містять металеву конструкцію та корозію. Це досягається за допомогою:

- використання алгоритмів сегментації для визначення областей, що відповідають металевій конструкції.

- застосування методів сегментації для ідентифікації корозійних

пошкоджень на поверхні металу. Це дозволяє відокремити корозійні зони від здорових частин конструкції.

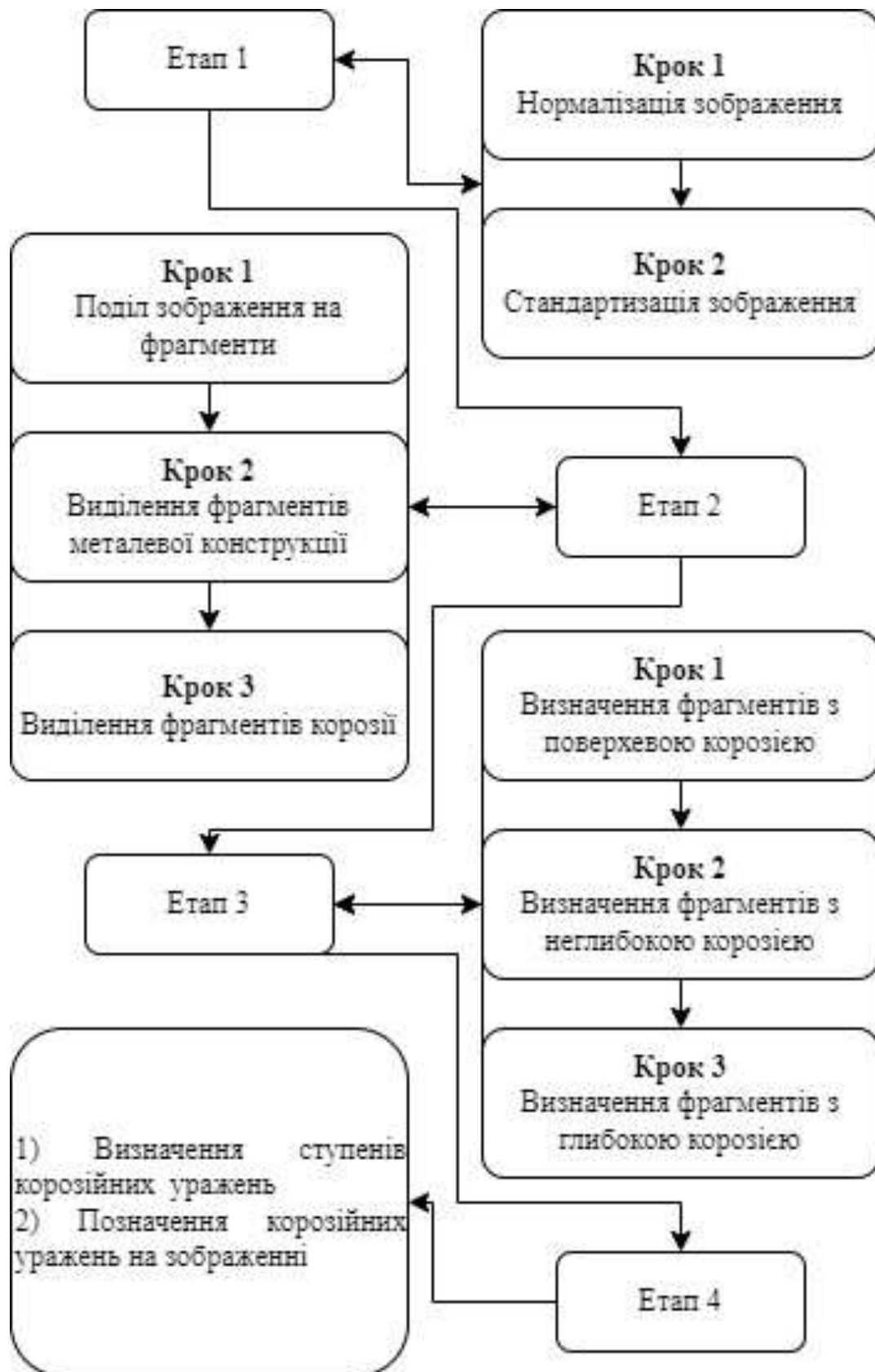


Рисунок 2.1 – Схема методу виявлення корозійних уражень

На завершальному етапі проводиться оцінка ступеня корозійного ураження, що дає змогу визначити серйозність проблеми. Цей етап включає:

- використання методів, таких як аналіз кольорових гістограм, для оцінки стану поверхні металу.
- застосування методів машинного навчання, таких як дерева рішень, для визначення категорії ураження.

Вище описаний метод має наступні переваги:

- висока точність та надійність завдяки поетапному підходу;
- ефективне виявлення та розділення корозійних уражень;
- швидка та точна оцінка ступеня корозії для прийняття обґрунтованих та вчасних рішень;
- можливість автоматизації процесу для регулярного моніторингу стану металевих конструкцій.

Створений метод пропонує комплексний підхід до виявлення та оцінки корозійних уражень на металевих конструкціях. Завдяки своїй точності, надійності та гнучкості він може бути ефективним інструментом для моніторингу стану критично важливих об'єктів, що може допомогти запобігти аваріям та руйнуванням цих об'єктів.

Розроблений метод виявлення корозійних уражень за допомогою інтелектуального аналізу даних є важливим кроком у підвищенні ефективності та надійності моніторингу металевих конструкцій. Використання сучасних технологій машинного навчання та алгоритмів аналізу даних дозволяє створити потужну інформаційну систему, яка забезпечує високу точність виявлення корозії та надає рекомендації для своєчасного усунення проблем. Це сприяє зниженню витрат на обслуговування та підвищенню безпеки експлуатації

2.2 Адаптація методів ІАД для виконання поставленого завдання

Метод виявлення корозійних уражень металевих конструкцій, який базується на обробці зображень, сегментації та класифікації за допомогою

алгоритмів машинного навчання. Для реалізації цього методу використовуються техніки кластеризація К-середніх, екстракція характеристик зображень та класифікація за допомогою випадкових лісів.

Сегментація зображення за допомогою кластеризації К-середніх (K-means clustering) дозволяє розподілити зображення на k кластерів, де кожен кластер представляє певний сегмент зображення.

Формула для оновлення центроїдів кластерів:

$$C_i = \frac{1}{|S_i|} \sum_{\{x \in S_i\}} x, \quad (2.1)$$

де C_i – центроїд i -го кластеру, S_i – множина точок, що належать i -му кластеру, x – точка у векторному просторі (інтенсивність пікселя або колір).

Бінаризація зображення (Otsu thresholding) виконується з обчисленням порогу мінімізації внутрішньокласової дисперсії двох груп пікселів (переднього плану та фону).

Функція для внутрішньокласової дисперсії:

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t), \quad (2.2)$$

де $w_1(t)$ та $w_2(t)$ – ваги класів, $\sigma_1^2(t)$ та $\sigma_2^2(t)$ – дисперсії класів.

Виділення характеристик зображення Ну Moments визначає інваріантні моменти для характеристики форми зображення. – нормалізовані центральні моменти:

$$H_{ui} = f(\eta_{pq}), \quad (2.3)$$

де η_{pq} – нормалізовані центральні моменти

Color Histogram: гістограми кольорів для характеристики розподілу кольорів у зображенні:

$$Hist(i) = \sum_{x,y} \delta(I(x,y) - i), \quad (2.4)$$

де $I(x,y)$ – інтенсивність пікселя в координатах (x,y) , δ – дельта-функція.

Класифікація за допомогою випадкового лісу (Random Forest). Випадковий ліс складається з множини дерев рішень, кожне з яких голосує за клас об'єкта. Функція для оцінки ваги дерева в моделі:

$$RF(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i(x), \quad (2.5)$$

де N – кількість дерев, $h_i(x)$ – класифікація об'єкта x i -м деревом.

Метод виявлення корозійних уражень базується на багатокроковому процесі, що включає сегментацію, виділення характеристик та класифікацію. Вагові коефіцієнти та параметри, такі як кількість кластерів, кількість дерев у випадковому лісі тощо, налаштовуються для досягнення найкращої точності виявлення корозії.

2.3 Імплементация методів інтелектуального аналізу даних для виявлення корозійних уражень

На початку система отримує вхідні дані у вигляді зображень металевих конструкцій. Це зображення проходять попередню обробку для видалення шумів і нормалізації. Далі виконується кластеризація для виділення металевих конструкцій та корозійних областей. На наступному етапі за допомогою класифікації визначається ступінь корозійного ураження. Вихідними даними методу є результати аналізу, що включають рекомендації щодо подальших дій для підтримки стану конструкцій.

Створений метод виявлення корозійних уражень базується на поетапній обробці зображень металевих конструкцій із застосуванням кластеризації та класифікації, цей процес показано на рисунку 2.2. Цей метод включає кілька ключових етапів, кожен з яких має важливе значення для досягнення високої

точності та надійності результатів.

На першому етапі зображення металевої конструкції проходить попередню обробку. Цей етап включає в себе наступні кроки:

- фільтрація шумів – зображення очищаються від шумів, що можуть заважати подальшому аналізу за допомогою методів фільтрації, таких як медіанний фільтр, Гаусів фільтр або адаптивна фільтрація;
- нормалізація зображення – зображення приводяться до єдиного масштабу і рівня яскравості для забезпечення коректності подальших обчислень;
- виділення контурів – застосування алгоритмів інтелектуального аналізу даних, для виділення контурів об'єктів на зображенні, що дозволяє краще ідентифікувати межі металевої конструкції та областей корозії;



Рисунок 2.2 – Послідовність методу виявлення корозійних уражень

Після попередньої обробки зображення передаються на етап кластеризації. Метою цього етапу є виявлення та розділення областей, що містять металеву конструкцію та корозію. Основні кроки включають:

- виділення металеві конструкції – використання алгоритмів кластеризації, таких як k-means для визначення областей, що відповідають металевій конструкції;

- виділення корозійних уражень – застосування методів кластеризації для ідентифікації корозійних уражень на поверхні металу, це дозволяє відокремити корозійні області від здорових частин конструкції;

На наступному етапі здійснюється класифікація ступеня корозійного ураження. Це дозволяє оцінити серйозність корозії та визначити необхідні заходи для її усунення або контролю. Основні кроки включають:

- використання методів аналізу текстури та кольору для оцінки стану поверхні металу, алгоритми, такі як LBP (Local Binary Patterns) та аналіз кольорових гістограм, допомагають визначити ступінь корозійного ураження;

- застосування методів машинного навчання, таких як дерева рішень для класифікації ступеня корозії. Моделі навчаються на великому обсязі даних, що містять приклади різних ступенів корозійного ураження.

Після навчання моделей вони використовуються для прогнозування ступеня корозії на нових зображеннях. Це дозволяє швидко та точно визначити стан металеві конструкції.

На рисунку 2.3 зображено схему розробленого методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, з використанням ІАД.

Створений метод інтегрується у інформаційну систему, яка має декілька основних функцій та вимог. Система забезпечує:

- збір та аналіз даних про стан металевих конструкцій для виявлення корозійних уражень;

- використання методів інтелектуального аналізу даних для ефективного виявлення та оцінки корозії;

- інтеграція існуючих баз даних та датасетів для забезпечення доступу до

повної інформації про стан конструкцій;

- застосування сучасних методів машинного навчання для підвищення точності аналізу;
- підтримка масштабування для обробки великих обсягів даних;
- зручний інтерфейс для взаємодії з системою.

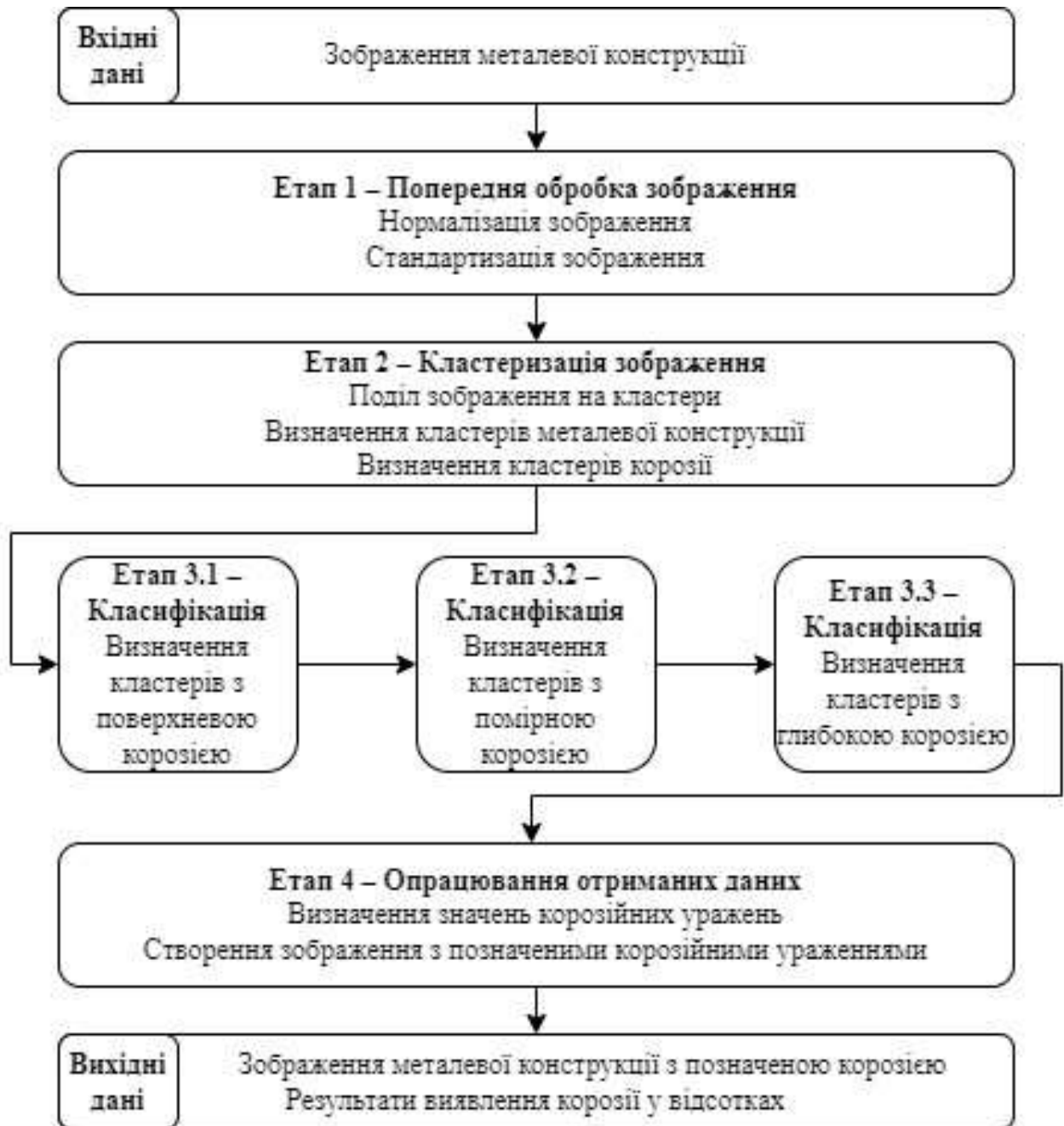


Рисунок 2.3 – Схема методу визначення ступеню корозійного ураження

Розроблений застосунок, який є програмною реалізацією створеного методу виявлення корозійних уражень повинен мати простий, привабливий та

інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, за допомогою якого користувач буде мати змогу користуватися застосунком.

На рисунку 2.4 показано діаграму функцій, які будуть доступні користувачу застосунку, який являє собою програмну реалізацію розробленого методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, за допомогою ІАД. Програмна реалізація методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях надає користувачу широкий спектр функцій для навчання моделей інтелектуального аналізу даних, обробки зображень, аналізу результатів та повторної обробки інших зображень. Нижче наведено детальний опис кожної з цих функцій.

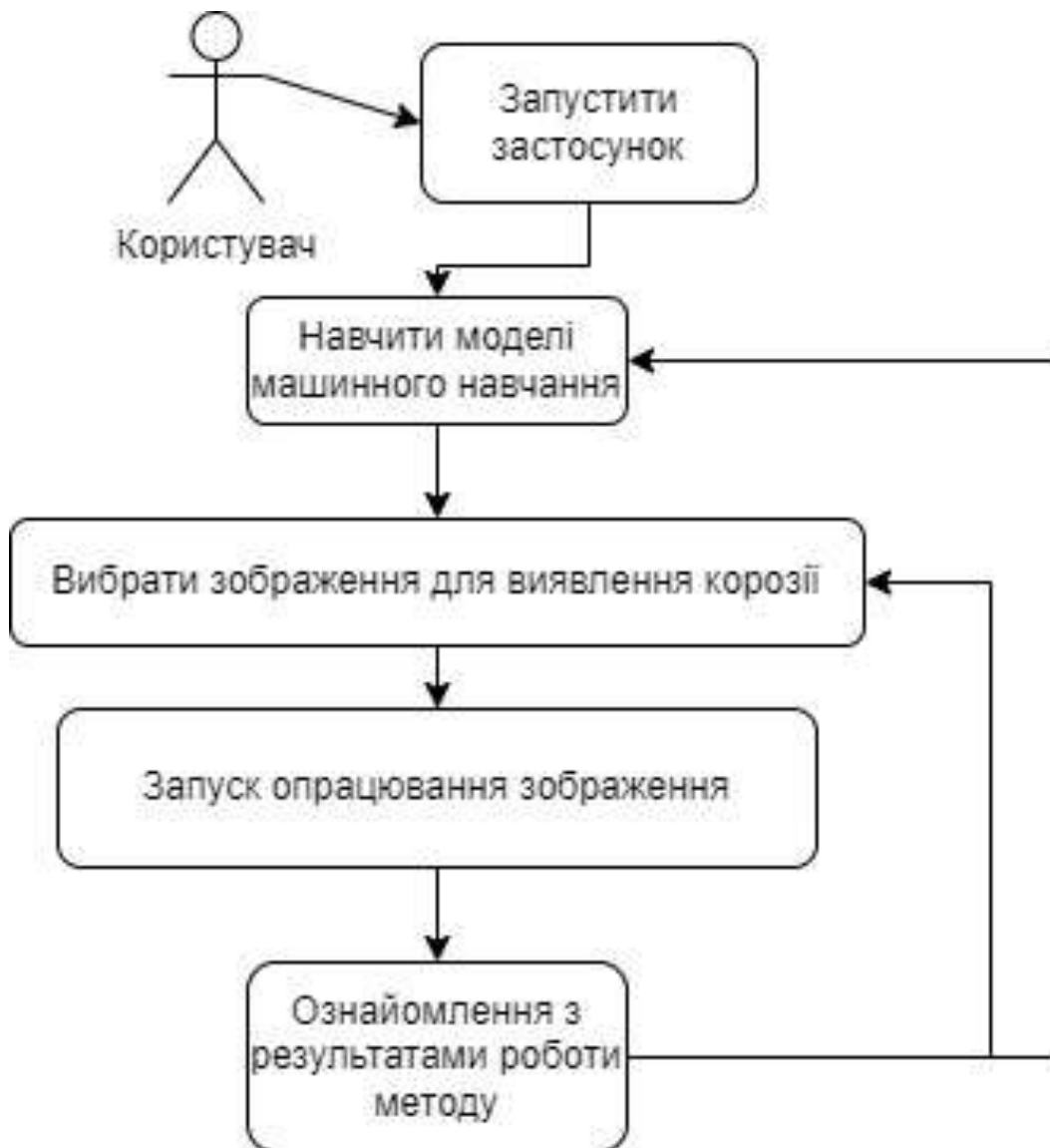


Рисунок 2.4 – Діаграма функцій користувача

При запуску застосунку користувач потрапляє на головну сторінку інтерфейсу, яка містить основні опції для навчання моделей ІАД, завантаження зображень та запуску процесу їх обробки. Інтерфейс простий та інтуїтивно зрозумілий, що дозволяє швидко орієнтуватися і виконувати необхідні дії.

Користувач може завантажити набір даних (датасет) для навчання моделей класифікації та кластеризації. Для цього надається можливість вибрати файли з локального диска. Після вибору даних користувач може попередньо переглянути їх для впевненості у правильності вибору. Після налаштування параметрів користувач може запустити процес навчання моделей. Програма автоматично розпочне навчання, виводячи прогрес та проміжні результати на екран. По завершенні навчання користувачу буде надана інформація про точність та інші метрики моделей.

Користувач може завантажити зображення металевої конструкції для подальшого аналізу. Це можна зробити шляхом вибору файлу з локального диска або завантаження з віддалених джерел. Програма підтримує різні формати зображень, такі як JPEG, PNG, BMP та інші. Перед запуском обробки користувач може переглянути завантажене зображення у вбудованому візуалізаторі. Це дозволяє переконатися у правильності вибраного файлу та його якості.

Користувач запускає процес обробки, після чого програма починає виконувати етапи, описані у методології:

- фільтрація шумів;
- нормалізація зображення;
- виділення контурів;
- кластеризація металевих конструкцій та корозійних уражень;
- класифікація ступеня корозії.

Після завершення процесу обробки програма відображає результати у вигляді графічних та числових даних. Користувач має змогу побачити області корозії з візуальним позначенням ступеня ураження. Після ознайомлення з результатами користувач може завантажити інше зображення для аналізу. Процес завантаження аналогічний до попереднього і включає вибір файлу та його

попередній перегляд. Користувач може запустити новий процес обробки зображення, використовуючи налаштовані раніше параметри або змінюючи їх за потреби. Програма дозволяє виконувати обробку необмеженої кількості зображень, що забезпечує гнучкість та ефективність роботи.

Описана програмна реалізація методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях надає користувачу широкий спектр функцій для ефективного виявлення та аналізу корозійних уражень металевих конструкцій. Завдяки інтуїтивному інтерфейсу користувач може виконувати навчання моделей, аналізувати зображення та отримувати детальні результати, що сприяє підвищенню точності та надійності аналізу.

2.4 Датасет

Для ефективного навчання моделей машинного навчання, спрямованих на виявлення корозійних уражень металевих конструкцій, критично важливо використовувати високоякісні та добре структуровані набори даних. Одним з таких наборів даних, що демонструє значний потенціал у цій сфері, є "Rust Dataset v1", доступний у бібліотеці TensorFlow. Цей датасет складається з 4635 зображень, що охоплюють різні сценарії та ступені корозії, забезпечуючи різноманітність та глибину даних, необхідних для створення надійної та точної моделі.

"Rust Dataset v1" включає 4635 зображень, що становлять значну кількість даних для навчання моделей машинного навчання. Цей обсяг даних дозволяє моделі вивчати різноманітні патерни та особливості корозії, що може покращити її здатність до генералізації на нових, невідомих зображеннях.

Зображення в "Rust Dataset v1" відрізняються високою якістю, що дозволяє детально аналізувати корозійні ураження. Висока роздільна здатність зображень забезпечує точність та надійність визначення корозійних областей. Датасет включає зображення металевих конструкцій з різних кутів, під різним освітленням та в різних умовах експлуатації. Така різноманітність забезпечує моделі

можливість навчитися розпізнавати корозію в різних ситуаціях, що підвищує її універсальність та надійність. Датасет містить зображення з різними ступенями корозійного ураження – від початкових етапів до сильно пошкоджених ділянок. Це дозволяє моделі навчитися класифікувати ступінь ураження та робити точні прогнози щодо необхідних заходів з усунення або контролю корозії.

Для візуалізації доцільності використання обраного датасету, наведено різні приклади корозії, з використаного датасету. На рисунку 2.5 показано приклад поверхневої корозії металевої конструкції.



Рисунок 2.5 – Приклад поверхневої корозії

Датасет має багато прикладів неглибокої корозії металу, один з цих прикладів показано на рисунку 2.6.

Окрім прикладів поверхневої корозії (рисунок 2.5) та неглибокої корозії (рисунок 2.6), датасет також містить приклади глибокої корозії (рисунок 2.7), які є критично важливими для виявлення станів, що потребують негайного ремонту або заміни матеріалу.



Рисунок 2.6 – Приклад неглибокої корозії



Рисунок 2.7 – Приклад глибокої корозії

Глибока корозія представлена у вигляді великих іржавих виразок, які можуть проникати через всю товщину металу, створюючи значні структурні пошкодження. Кожне зображення в датасеті супроводжується метаданими, які включають інформацію про тип корозії, розмір пошкодження. Це дозволяє дослідникам та інженерам не тільки виявляти корозію, але й аналізувати її прогресування та вплив на матеріали.

Обраний датасет містить зображення металевих конструкцій з різних сфер їх використання, це показано на рисунку 2.8. Включені фотографії поверхонь металевих конструкцій, конструкцій з використанням металевих компонентів, суцільних металевих конструкцій, приклади корозії на різних видах металевої техніки, та багатьох інших галузей.



Рисунок 2.8 – Приклади зображень з датасету

Завдяки такій різноманітності зображень у навчальній вибірці можна досягти широкої сфери застосування моделі машинного навчання, яка була навчена при використанні даного датасету. Це дозволить моделі бути ефективною

у різних контекстах, від ідентифікації корозійних ушкоджень на великих промислових об'єктах до моніторингу стану металевих деталей у побутових умовах. Такий підхід сприятиме більшій універсальності та надійності розробленої моделі, забезпечуючи її здатність справлятися з різноманітними задачами, які можуть виникати у процесі експлуатації металевих конструкцій.

На основі зображень з навчальної вибірки модель машинного навчання може вивчати різні патерни корозії. Завдяки великій кількості даних, модель здатна розпізнавати найдрібніші деталі та особливості корозійних уражень.

Датасет добре структурований і розподілений на три основні частини:

- навчальна вибірка – основна частина зображень використовується для навчання моделі, ця вибірка містить достатню кількість прикладів корозії, що дозволяє моделі навчитися розпізнавати різні ступені та типи уражень;

- валідаційна вибірка – використовується для налаштування параметрів моделі та її гіперпараметрів, валідаційна вибірка допомагає оцінити продуктивність моделі під час навчання та запобігти перенавчанню;

- тестова вибірка – використовується для остаточного тестування моделі. Ця вибірка не береться до уваги під час навчання, що дозволяє об'єктивно оцінити здатність моделі до генералізації та її ефективність на нових даних.

Використання валідаційної вибірки дозволяє проводити регулярні перевірки продуктивності моделі, налаштовувати її параметри та запобігати перенавчанню. Це критично важливо для забезпечення стабільної та надійної роботи моделі на нових даних.

Остаточне тестування моделі на тестовій вибірці забезпечує об'єктивну оцінку її ефективності. Модель, що продемонструє високу точність на тестових даних, може бути впевнено використана для реальних завдань з виявлення та класифікації корозійних уражень.

Датасет “Rust Dataset v1” є важливим ресурсом для розвитку алгоритмів машинного навчання, які можуть бути застосовані в різних галузях, від авіаційної промисловості до морського суднобудування, де виявлення та класифікація корозії є ключовими для забезпечення безпеки та довговічності конструкцій.

"Rust Dataset v1" є корисним ресурсом для розробки моделей машинного навчання, спрямованих на виявлення корозійних уражень металевих конструкцій. Його велика кількість високоякісних зображень, структурованість та різноманітність роблять його ідеальним вибором для навчання, валідації та тестування моделей. Використання цього датасету дозволить створити потужну та надійну систему для автоматичного виявлення корозії, що значно підвищить ефективність і точність діагностики стану металевих конструкцій.

2.5 Процес машинного навчання

Процес навчання для методу, який використовує кластеризацію для виявлення металевої конструкції та корозії на ній, а потім класифікацію для визначення ступеня корозії, включає декілька етапів. Нижче описаний покроковий процес, починаючи від підготовки даних до навчання моделей кластеризації та класифікації.

Спочатку відбувається підготовка даних:

- отримання зображень металевих конструкцій та додаткових даних, таких як текстові описи, які можна взяти в датасеті;
- маркування зображень, де вручну виділяють області корозії та відповідні категорії корозії (легка, середня, глибока);
- очищення даних, усунення шуму, нормалізація зображень, розділення на навчальний та тестовий набори;

Після етапу підготовки даних наступний етап – навчання моделі кластеризації:

- вибір ознак для кластеризації, наприклад, текстурні, кольорові або геометричні ознаки зображень, використання методів, таких як гістограма орієнтованих градієнтів (HOG);
- використання алгоритмів кластеризації, таких як K-середніх (K-means) або DBSCAN, для групування пікселів або регіонів зображення на основі обраних ознак;

- аналіз отриманих кластерів для перевірки того, що вони коректно відображають різні типи поверхонь (корозія/некорозія);

Також потрібно провести підготовку даних для класифікації наступним чином:

- використання результатів кластеризації для виділення областей корозії;
- маркування виділених областей відповідно до ступеня корозії (легка, середня, глибока);

- вибір додаткових ознак, які можуть бути корисними для класифікації, таких як середня інтенсивність пікселів у кластері, текстурні особливості, геометричні характеристики;

Навчання моделі класифікації відбувається наступним чином:

- використання навчального набору для тренування моделі класифікації на виділених ознаках і мітках корозії;

- використання валідаційного набору для перевірки точності та узагальнюючої здатності моделі, налаштування гіперпараметрів для покращення продуктивності;

Останнім етапом є етап інтеграції та тестування:

- об'єднання модулів кластеризації та класифікації в одну систему, де результат кластеризації передається на вхід класифікаційної моделі;

- оцінка роботи інтегрованої системи на тестовому наборі даних, аналіз точності виявлення та класифікації корозійних уражень;

- вимірювання показників, таких як точність (accuracy), точність класифікації (precision), повнота (recall) та F-мір (F1-score), для визначення ефективності системи.

Цей процес навчання дозволяє створити ефективну систему для автоматичного виявлення та оцінки корозійних уражень металевих конструкцій, що значно підвищує точність роботи цієї системи.

2.6 Критерії оцінювання покращення при застосування

Для доведення доцільності використання розробленого методу виявлення корозійних уражень металевих конструкцій буде проведено детальне порівняння його роботи з результатами, отриманими кількома експертами, які спеціалізуються на визначенні стану металевих конструкцій. У цьому дослідженні буде залучено трьох експертів, кожному з яких надано завдання проаналізувати три зображення металевих конструкцій. Експерти повинні будуть визначити, який відсоток площі металевої конструкції займає легка корозія, середня корозія та глибока корозія. На основі цих даних вони повинні будуть зробити висновок про загальний стан металевої конструкції. Крім того, буде зафіксовано час, витрачений кожним експертом на виконання цього завдання. Ті самі зображення металевих конструкцій, з якими працювали експерти, будуть проаналізовані програмою, що реалізує розроблений метод визначення корозійних уражень. Програма також визначатиме відсотковий розподіл різних ступенів корозії (легка, середня, глибока) та робитиме висновки про стан конструкції. Важливо зазначити, що час, необхідний програмі для виконання цього завдання, також буде зафіксовано, і враховано при порівнянні способів визначення ступеню корозійного ураження.

Після завершення аналізу експертами та програмою буде проведено детальне порівняння отриманих результатів. Це порівняння буде включати не тільки оцінку точності визначення відсоткових площ корозії та загального стану конструкцій, але й аналіз часу, витраченого на виконання завдання. Для об'єктивності, результати також будуть порівняні з точними значеннями рівня корозійного ураження металевих конструкцій, визначеними за допомогою попиксельного аналізу. Це порівняння дозволить визначити ефективність та точність розробленого методу у порівнянні з людським фактором, а також покаже, наскільки швидше та ефективніше можна виконувати це завдання за допомогою автоматизованих засобів. Враховуючи, що точний попиксельний аналіз надасть еталонні значення для рівня корозії, це дослідження забезпечить всебічне розуміння переваг та можливих недоліків використання розробленого методу для виявлення корозійних уражень у реальних умовах. Це дослідження також

допоможе визначити області, де метод може бути покращений, та забезпечить надійний базис для подальшого розвитку та впровадження автоматизованих систем контролю стану металевих конструкцій.

Результатами роботи експертів та створеного (і програмно реалізованого) методу будуть відсотки які будуть відповідати оцінці площі корозії на металеві конструкції відносно площі самої металевої конструкції. Для інтерпретації отриманих даних в зручній для аналізу вигляд буде використано наступну формулу:

$$\sigma = \left(\frac{|C_{\phi} - C_{B}|}{C_{\phi}} \right) * 100\%, \quad (2.6)$$

де σ – це відхилення (у відсотках), яке було допущено відносно фактичного значення; C_{ϕ} – фактичне відношення площі корозії до площі металевої конструкції у відсотках, визначене за допомогою попиксельного аналізу зображення; C_{B} – відношення площі корозії до площі металевої конструкції у відсотках, отримане в результаті застосування експертного методу визначення площі корозійного ураження та використання розробленого методу для виявлення корозійних уражень.

Для зручної інтерпретації та наочного аналізу отриманих результатів, доцільно подати їх у вигляді графіків та діаграм. Такий підхід допоможе візуально показати різницю між використанням експертів для визначення стану металевих конструкцій за допомогою візуального аналізу та застосуванням розробленого та програмно реалізованого методу на основі інтелектуального аналізу даних (ІАД). Графічне відображення результатів дозволить легко порівняти ефективність і точність двох підходів, підкреслюючи переваги автоматизованого методу.

Використання графіків та діаграм має кілька важливих переваг. Вони надають змогу швидко оцінити великі обсяги даних, виявити тренди та закономірності, які можуть бути неочевидними при аналізі числових даних. Графіки та діаграми можуть бути використані для детального порівняння результатів експертів та автоматизованої системи. Такі візуалізації допоможуть

підкреслити області, в яких автоматизований метод має переваги, такі як підвищена точність або швидкість аналізу.

Подання результатів у вигляді графіків та діаграм є ключовим елементом для забезпечення зрозумілості та доступності результатів дослідження. Це дозволить не лише оцінити ефективність запропонованого методу, але й продемонструвати його практичну цінність та переваги у порівнянні з традиційними підходами, які базуються на візуальному аналізі експертів. Таким чином, візуалізація результатів сприятиме поширенню розуміння і довіри до нових технологій у галузі моніторингу стану металевих конструкцій.

2.7 Висновки до розділу 2

У другому розділі реалізовано метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій. Визначено аспекти виявлення корозійних уражень за допомогою методів інтелектуального аналізу даних. Зокрема, було детально проаналізовано основні компоненти методу виявлення корозійних уражень, з урахуванням специфіки задачі та особливостей обраного підходу.

Виконано адаптацію методів ІАД для поставленого завдання, що включало налаштування алгоритмів і їх оптимізацію для виявлення корозії на металевих конструкціях. Імплементация методу інтелектуального аналізу даних для виявлення корозійних уражень включає розробку алгоритмів, їх програмну реалізацію та налаштування на реальні дані.

Розглянуто датасет для навчання моделей ІАД включно з його підбором й аналізом для забезпечення максимальної точності та надійності навчання моделей. Розглянуто процес машинного навчання моделей, який включав підбір архітектури моделей, їх навчання та налаштування параметрів для досягнення найкращих результатів.

Визначено спосіб порівняння розробленого методу з використанням

людей-експертів, що дозволило об'єктивно оцінити ефективність запропонованого підходу. Визначені критерії оцінки покращення результату, які використовувались для вимірювання успішності методів ІАД у порівнянні з традиційними підходами. Розроблено критерії оцінки ефективності розробленого застосунок у реальних умовах експлуатації. Застосунок повинен не лише правильно виявляв корозійні ураження, але і був зручним у використанні.

Розділ 3 Програмна реалізація методу

3.1 Визначення шляхів дослідження та засобів програмної реалізації

Після проведеного дослідження видів корозії та методів її виявлення, було визначено три основні типи корозійних уражень: поверхнева, неглибока та глибока корозія. Ця класифікація дозволяє точніше оцінити ступінь пошкодження металевих конструкцій і обрати відповідні методи для їхнього виявлення та подальшого контролю.

На основі проведених досліджень встановлено, що найефективнішим методом виявлення корозії є візуальний аналіз. Цей метод дозволяє точно ідентифікувати різні види корозійних уражень шляхом аналізу зображень поверхонь металевих конструкцій. Для програмної реалізації цього підходу, слід врахувати декілька важливих аспектів:

- використання алгоритмів обробки зображень для покращення якості та виділення корозійних областей;
- застосування методів кластеризації для розділення корозійних уражень за їхніми характеристиками;
- використання класифікаційних алгоритмів для оцінки ступеня корозії.

Розробка програмного забезпечення для виявлення корозії включає кілька важливих етапів, кожен з яких має бути ретельно опрацьований:

- проведення ретельного тестування всіх компонентів застосунку для забезпечення їхньої надійності та точності;
- використання тестових наборів зображень різних типів корозії для перевірки ефективності алгоритмів машинного навчання;
- розробка детальної інструкції користувача, яка описує всі етапи роботи з програмою: від запуску застосунку до інтерпретації результатів;
- проведення порівняння результатів, отриманих за допомогою створеної програми, з результатами, отриманими експертами в області візуального аналізу корозії;
- аналіз відмінностей та оцінка точності програмного забезпечення у

порівнянні з експертними оцінками;

- визначення можливих покращень та оптимізацій для підвищення ефективності програми.

Враховуючи результати проведених досліджень, було встановлено, що найефективнішим методом виявлення корозії є візуальний аналіз. Для успішної реалізації цього методу у вигляді програмного забезпечення необхідно врахувати особливості програмної реалізації, провести ретельне тестування, створити інструкцію користувача та здійснити порівняння результатів роботи програми з оцінками експертів. Такий підхід дозволить забезпечити високу точність та надійність виявлення корозійних уражень, що сприятиме збереженню та подовженню терміну експлуатації металевих конструкцій.

3.2 Вибір засобів програмної реалізації методу

Для розробки програми, яка визначає ділянки ураження корозією та ступінь корозійного ураження методами інтелектуального аналізу даних, необхідно використати наступні засоби розробки: платформу, середовище програмування, мову програмування, фреймворки, редактор програмного коду. Вибір кожного з цих компонентів базується на їх відповідності вимогам проєкту та можливостям ефективного вирішення поставлених завдань.

Python було обрано як основну мову програмування для розробки програми через її популярність, широке використання в області машинного навчання та аналізу даних, а також наявність багатого набору бібліотек та фреймворків. Python забезпечує швидкий розвиток прототипів та зручний синтаксис, що полегшує читання та підтримку коду. Переваги Python:

- широке використання в галузі машинного навчання;
- велика кількість бібліотек для аналізу даних (наприклад, NumPy, Pandas);
- простий синтаксис, який сприяє швидкому розробленню та тестуванню коду.

Фреймворк Scikit-learn обрано для реалізації алгоритмів класифікації та кластеризації завдяки його простоті у використанні та широкому набору готових до використання алгоритмів. Цей фреймворк підтримує багато популярних алгоритмів машинного навчання, що дозволяє швидко реалізувати та протестувати різні моделі. Переваги Scikit-learn:

- широкий спектр алгоритмів машинного навчання;
- інтуїтивно зрозумілий API;
- гарна інтеграція з іншими бібліотеками Python.

Jupyter Notebook обрано як середовище розробки завдяки його можливостям для інтерактивного програмування, що дозволяє швидко тестувати та візуалізувати результати роботи алгоритмів. Це середовище забезпечує зручний спосіб документування та презентації результатів дослідження.

Переваги Jupyter Notebook:

- інтерактивний режим роботи;
- можливість вбудовувати текстові пояснення та візуалізації прямо в код;
- підтримка багатьох мов програмування через відповідні ядра.

У підсумку можна сказати, що використання мови програмування Python, фреймворку Scikit-learn та середовища розробки Jupyter Notebook є оптимальним рішенням для вирішення поставленої задачі, а саме – для програмної реалізації методу виявлення корозійних уражень, використовуючи засоби ІАД. Обрані засоби розробки інформаційної системи забезпечують простоту створення застосунку, та його ефективну роботу.

3.3 Структура та функціональне призначення програмних складових

Програма для виявлення корозійних уражень металевих конструкцій, написана на мові Python, складається з кількох основних модулів, кожен з яких відповідає за певний етап обробки зображень, кластеризації та класифікації. Діаграма модулів застосунку, який є програмною реалізацією методу для виявлення корозійних уражень шляхом використання ІАД показано на рисунку 3.1.

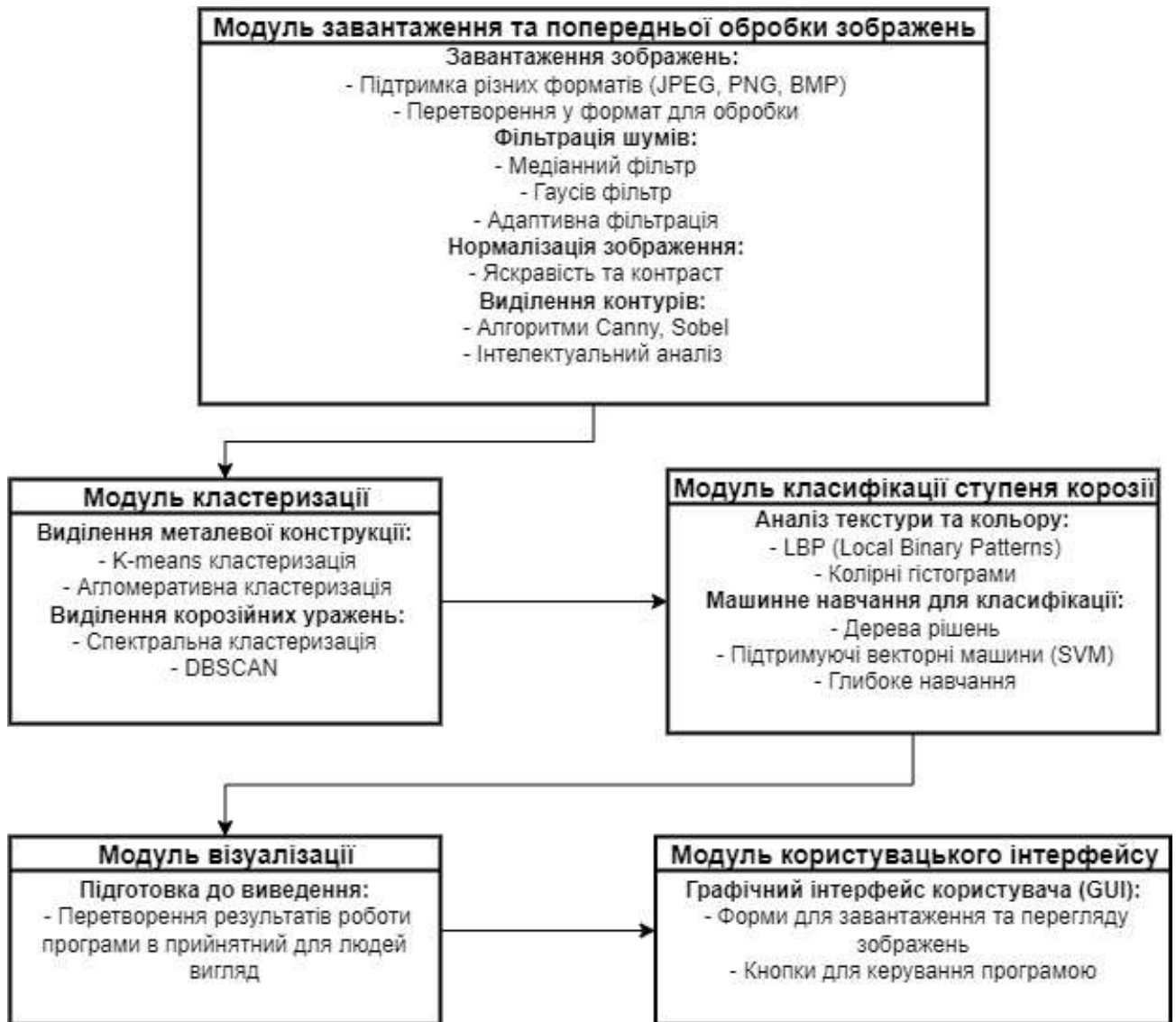


Рисунок 3.1 – Діаграма модулів інформаційної системи

Нижче наведено детальний опис кожного з цих модулів та їх основних функцій розробленої інформаційної системи.

Перший модуль – «Модуль завантаження та попередньої обробки зображень», він має субмодуль «Завантаження зображень», який відповідає за завантаження зображень металевих конструкцій, які потрібно аналізувати. Зображення можуть завантажуватися з локального диска користувача застосунку. Основні функції включають:

- завантаження файлів різних форматів (JPEG, PNG, BMP тощо);
- перетворення зображень у формат, придатний для подальшої обробки;

- фільтрація шумів.

«Попередня обробка зображень» включає в себе фільтрацію шумів для покращення якості зображень. Цей субмодуль використовує різні методи фільтрації:

- нормалізація зображення;
- медіанний фільтр – для видалення "соль-перцевих" шумів;
- гаусів фільтр – для зменшення гаусового шуму і збереження контурів;
- адаптивна фільтрація – для покращення зображень з неоднорідним шумом.

Субмодуль «Попередня обробка зображень» відповідає за нормалізацію яскравості та контрасту зображень. Основні функції включають:

- автоматичне налаштування рівнів яскравості;
- контрастування зображень для забезпечення однакових умов подальшої обробки.

«Виділення контурів металевої конструкції та корозійних уражень» є важливим етапом попередньої обробки. Цей субмодуль використовує:

- алгоритми Canny та Sobel для виявлення контурів;
- інтелектуальний аналіз даних для визначення меж об'єктів.

Наступний модуль – «Модуль кластеризації», а «Виділення металевої конструкції» – його субмодуль. Цей підмодуль використовує алгоритми кластеризації для розпізнавання та виділення областей, що відповідають металевій конструкції. Основні методи включають:

- k-means кластеризація – для групування пікселів за схожістю кольорів та інтенсивностей;
- агломеративна або ієрархічна кластеризація – для створення ієрархії кластерів та виділення металічних поверхонь.

Для виділення та ідентифікації корозійних уражень на поверхні металу використовуються:

- спектральна кластеризація – для визначення областей корозії за допомогою спектральних характеристик зображення;

– DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) – для виявлення щільно розташованих корозійних областей.

Наступний модуль – «Модуль класифікації ступеня корозії», субмодуль «Аналіз текстур та кольору» оцінює стан поверхні металу за допомогою аналізу текстур та кольору. Використовуються такі методи:

– LBP (Local Binary Patterns) – для аналізу текстурних візерунків на поверхні;

– колірні гістограми – для аналізу розподілу кольорів та виявлення корозії.

Субмодуль «Класифікація» застосовує методи машинного навчання для класифікації ступеня корозійного ураження. Основні техніки включають:

– дерева рішень – для створення моделі на основі навчальних даних;

– підтримуючі векторні машини (SVM) – для класифікації на основі аналізу текстурних та кольорових характеристик;

– глибоке навчання – для складних випадків класифікації, що вимагають високої точності.

«Модуль візуалізації» – цей модуль відповідає за візуалізацію результатів аналізу зображень. Основна його функція – перетворення результатів роботи програми у прийнятний для людей вигляд, та підготовка їх до виведення.

Останній модуль – «Модуль користувачького інтерфейсу», або графічний інтерфейс користувача (GUI). Програма має зручний графічний інтерфейс, який дозволяє користувачам взаємодіяти з системою. Основні компоненти включають:

– форми для завантаження та перегляду зображень;

– кнопки для запуску обробки, кластеризації та класифікації;

– панелі для відображення результатів та візуалізацій.

Розроблений застосунок є комплексним рішенням для виявлення та аналізу корозійних уражень на металевих конструкціях. Вона складається з модулів, що відповідають за завантаження та попередню обробку зображень, кластеризацію, класифікацію, візуалізацію результатів та взаємодію з користувачем. Кожен модуль виконує важливу роль у забезпеченні високої точності та надійності результатів аналізу.

Програмна реалізація методу виявлення корозійних уражень складається з семи класів:

- клас «ImageLoader» відповідає за завантаження зображень металевих конструкцій з локального диска, перетворення їх у формат, придатний для подальшої обробки, та фільтрацію шумів;

- клас «ImagePreprocessor» виконує фільтрацію шумів, нормалізацію зображення, регулювання яскравості та контрасту, а також виділення контурів;

- клас «Clusterizer» використовує різні алгоритми кластеризації для розпізнавання та виділення областей металевої конструкції та корозійних уражень;

- клас «CorrosionClassifier» аналізує текстурні та колірні характеристики зображень, використовуючи методи машинного навчання для класифікації ступеня корозійного ураження;

- клас «Visualizer» відповідає за візуалізацію результатів аналізу, накладання результатів на вихідні зображення та генерацію звітів;

- клас «GUI» забезпечує зручний графічний інтерфейс для взаємодії користувача з програмою, включаючи форми для завантаження та перегляду зображень, кнопки для запуску обробки, кластеризації та класифікації, та панелі для відображення результатів.

- клас «TrainWindow» забезпечує графічний інтерфейс для вибору наборів даних для процесу навчання моделей класифікації та кластеризації.

Діаграма класів розробленої інформаційної системи показана на рисунку 3.2. Кожен з цих класів, з яких складається програмна реалізація методу, виконує чітко визначену функцію, що дозволяє системі ефективно аналізувати та класифікувати зображення металевих конструкцій з точністю та швидкістю, необхідними для вирішення завдань виявлення корозійних уражень.

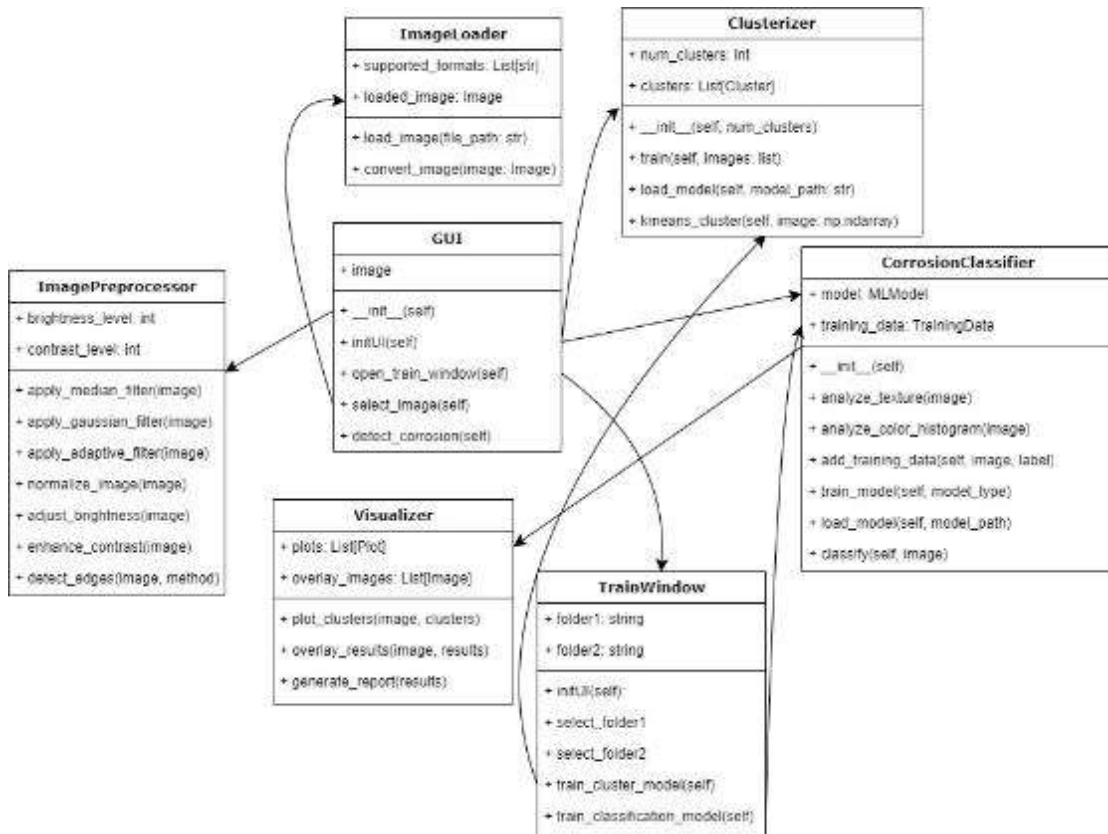


Рисунок 3.2 – Діаграма класів

За допомогою створеної програмної реалізації методу для виявлення корозійних уражень металевих конструкцій, реалізованої на мові Python, є можливість проведення комплексного аналізу зображень з метою виявлення та класифікації корозійних уражень.

Завдяки графічному інтерфейсу користувача, програма є зручною для взаємодії користувача з програмою, що дозволяє швидко та ефективно обробляти та аналізувати зображення. Отже, програмна реалізація методу для виявлення корозійних уражень є комплексним рішенням, яке дозволяє автоматизувати процес аналізу зображень корозійних уражень на металевих конструкціях.

3.4 Особливості реалізації програмних складових системи

Розробка програмного продукту для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях використовуючи ІАД включала в себе використання різноманітних бібліотек та інструментів, які надали необхідні засоби для

реалізації функціональності програми. Основні бібліотеки та інструменти, які були задіяні в процесі розробки, включають:

- PyQt5 – було обрано для створення графічного інтерфейсу користувача програми, ця бібліотека надає різноманітні віджети та інструменти для побудови інтерактивних застосунків, що дозволило зручно представити функціональні можливості програми користувачу;

- NumPy – використовувався для ефективною обробки та маніпуляції масивами даних, що стали необхідним для обробки зображень та роботи з числовими даними, що використовуються в алгоритмах програми;

- scikit-learn – був використаний для реалізації алгоритмів машинного навчання, таких як кластеризація та класифікація, ця бібліотека містить широкий спектр імплементованих алгоритмів, що дозволило з легкістю використовувати їх у програмі для виявлення корозійних уражень;

- OpenCV – використовувалася для роботи з зображеннями та обробки зображень у програмі, вона надає інструменти для роботи з візуальними даними, такими як фільтрація, виявлення контурів та обробка зображень, що стало важливим у процесі виявлення корозійних уражень;

- PIL (Python Imaging Library) – використовувалася для роботи з зображеннями, також, доповнюючи можливості OpenCV, ця бібліотека дозволяє зручно працювати з різними форматами зображень та виконувати різноманітні операції з ними.

Використання вище перерахованих бібліотек та інструментів дозволило забезпечити необхідні функціональність та ефективність програмного продукту для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за допомогою інтелектуального аналізу даних. Кожна з цих бібліотек внесла свій внесок у різні аспекти розробки, допомагаючи досягти успішного результату.

Створений та програмно реалізований метод для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях з використанням ІАД представляє інноваційний підхід до діагностики та моніторингу стану різноманітних металевих конструкцій. Ця програма здатна ефективно аналізувати зображення

металевих конструкцій та автоматично виявляти ураження корозією.

З використанням передових технологій обробки зображень та машинного навчання програма здатна реалізувати ряд функцій, що значно полегшують процес діагностики корозії. Спочатку, завдяки вбудованим інструментам попередньої обробки зображень, програма здійснює фільтрування шумів та нормалізацію зображення, що дозволяє підвищити точність подальшого аналізу. Алгоритми кластеризації дозволяють ефективно виявляти бажані елементи на зображеннях, які можуть свідчити про наявність корозійних пошкоджень. Однією з ключових функцій програми є автоматична класифікація ступеня ураження корозією. Шляхом навчання класифікатора на базі зображень із відомими рівнями корозії, програма може ефективно оцінювати стан металевих конструкцій та надавати оперативні рекомендації щодо необхідності обслуговування або ремонту.

Інтерфейс користувача програми розроблений з урахуванням зручності та простоти використання. Користувач може легко вибрати зображення для аналізу, а результати діагностики відображаються зрозуміло та доступно. Крім того, програма має можливість навчання моделей на основі нових даних, що дозволяє покращувати її ефективність та адаптувати до змінних умов експлуатації.

На рисунку 3.3 показано початкове вікно створеного застосунку. Використання бібліотеки PyQt5 значно спростило процес розробки графічного інтерфейсу користувача застосунку.

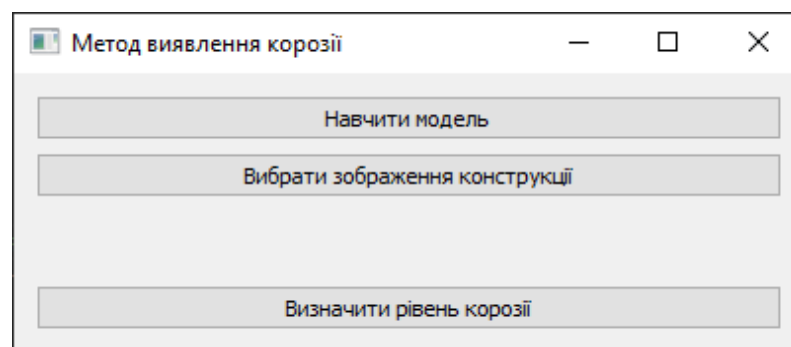
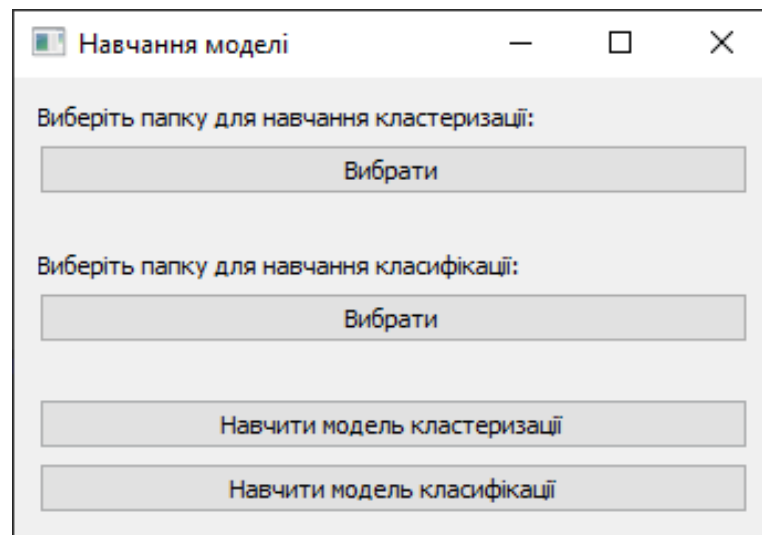


Рисунок 3.3 – Початкове вікно

Також, було створено вікно для вибору навчальних даних, для навчання моделей кластеризацій та класифікації. Графічний інтерфейс користувача,

показаний на рисунках 3.3 та 3.4 є максимально простим та зрозумілим для користувачів застосунку.



Навчання моделі

Виберіть папку для навчання кластеризації:

Вибрати

Виберіть папку для навчання класифікації:

Вибрати

Навчити модель кластеризації

Навчити модель класифікації

Рисунок 3.4 – Форма для навчання моделей ІАД

Зображення, яке було вибрано для аналізу застосунком відображається на головному вікні так, як це показано на рисунку 3.5:



Рисунок 3.5 – Вибрано зображення

Після запуску процесу аналізу зображення, відбувається реалізація створеного методу для виявлення корозійних уражень. Першим етапом

розробленого методу є нормалізація зображення, результат цього процесу виводиться на екран так, як це показано на рисунку 3.6.

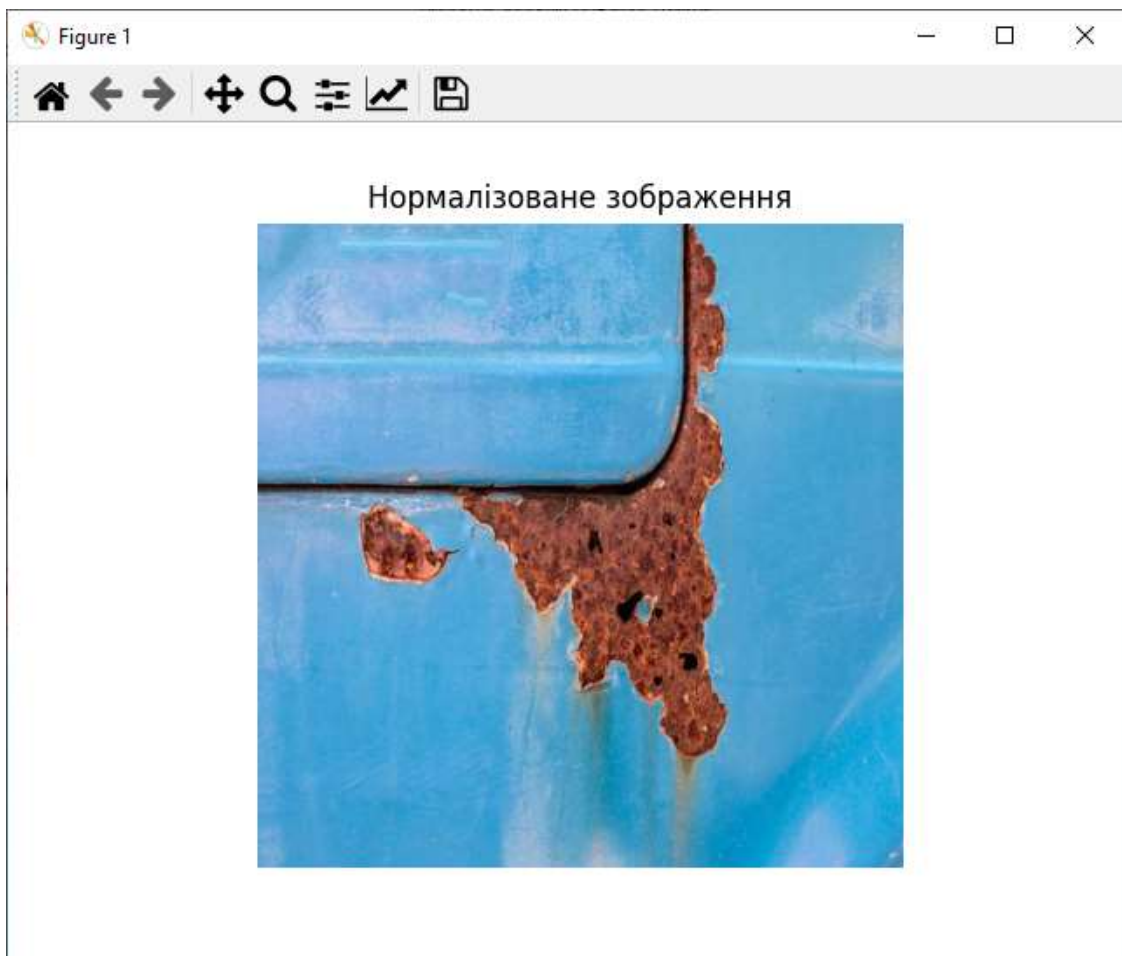


Рисунок 3.6 – Вивід нормалізованого зображення

Також на екран користувача виводиться зображення металевої конструкції після процесу виявлення корозії на ньому. Виявлені, за допомогою створеного методу корозійні ураження позначаються на зображенні, яке також виводиться на екран користувача застосунку. Розроблений метод здійснює підрахунок відношення площі корозійних уражень до площі металевої конструкції, ці данні також виводяться на екран користувача. Ділянка конструкції, уражена корозією виділяється чотирикутником так, як це показано на рисунку 3.7:

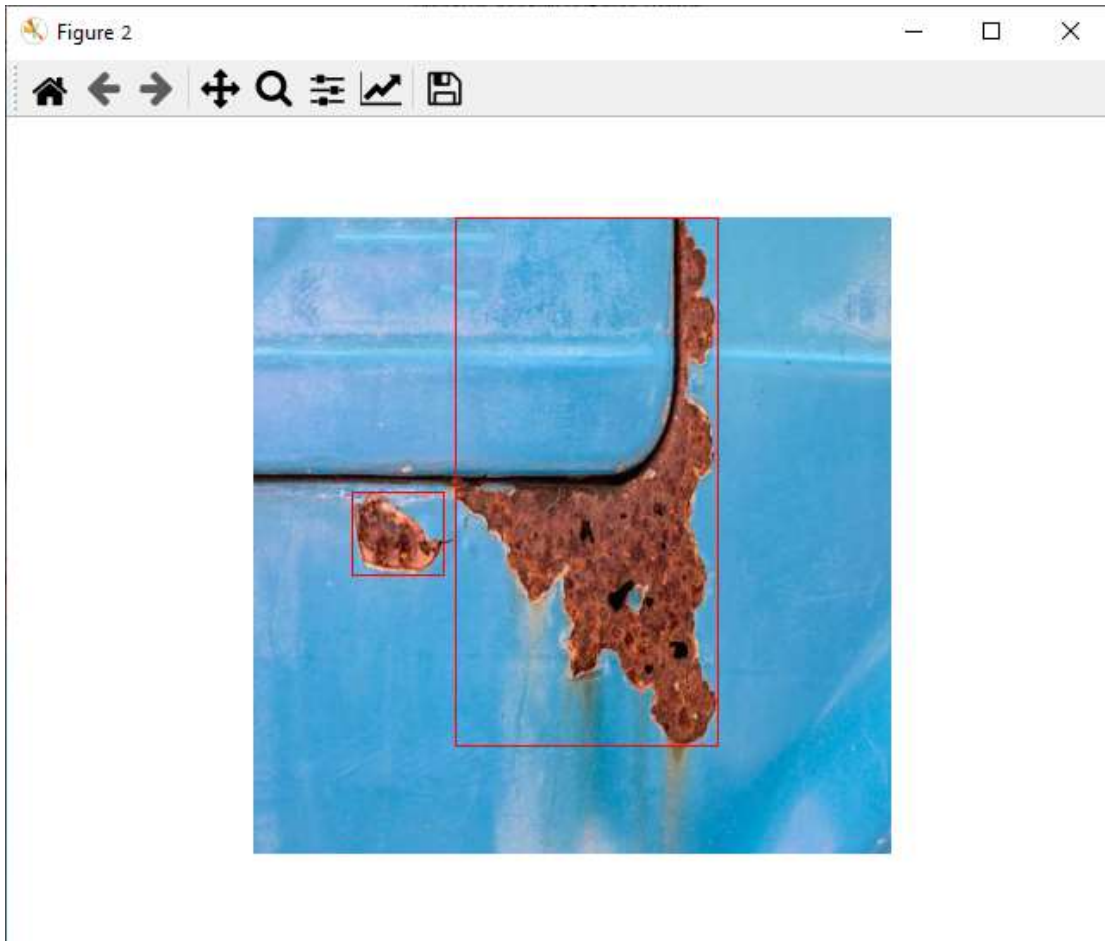


Рисунок 3.7 – Виділено корозію

Відношення площі корозійного ураження до площі металевої конструкції, як тип корозійного ураження виводиться на екран користувача.

Узагальнюючи, можна сказати, що програма є потужним інструментом для діагностики та моніторингу корозії на металевих конструкціях, який поєднує в собі передові технології обробки зображень та машинного навчання з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом користувача.

3.5 Тестування інформаційної системи та вимоги до розгортання

Для тестування працездатності та можливості комфортного користування розробленого застосунку, який є програмною реалізацією створеного методу виявлення корозійних уражень було створено декілька тест-кейсів, результати проходження яких наведено нижче.

Таблиця 3.1 – Тест-кейс 1

Тест-кейс 1	Пріоритет 1	Створено 03.05.2024 Б.А. Вонсович
Назва: Тестування перевірки коректності формату файлу		
Вхідні дані: Файл з неправильним форматом		
Кроки		Очікуваний результат
Передумова: користувач вибрав файл який не є зображенням, або має неправильний формат.		
1. Запустити програму		Відображення початкового вікна
2. Натиснути на кнопку для вибору файлу		Вікно файлового менеджера для вибору файлу
3. Натиснути кнопку для визначення ступеня корозійного ураження		Виведення попередження про неправильний тип файлу
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат проходження тест-кейсу показано на рис. 3.9

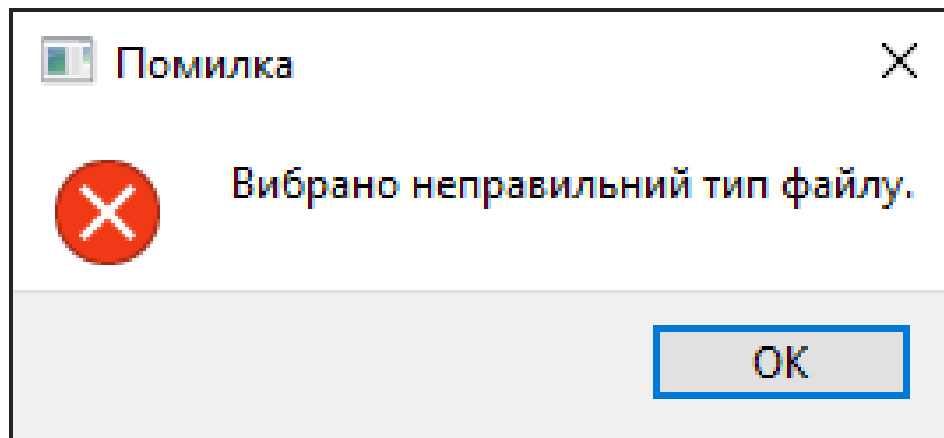


Рисунок 3.9 – Повідомлення про неправильний тип файлу

Тест-кейс 1 (Таблиця 3.1) відображає ситуацію, при якій користувач застосунку замість зображення металевої конструкції вибирає файл, який не є зображенням, або має формат, який не підтримує програмна реалізація методу. Як можна побачити на рисунку 3.9 – у такому випадку застосунок виводить на екран

користувача відповідне повідомлення про помилку, і користувач може продовжити роботу з застосунком.

Таблиця 3.2 – Тест-кейс 2

Тест-кейс 2	Пріоритет 1	Створено 03.05.2024 Б.А. Вонсович
Назва: Тестування перевірки коректності датасету для кластеризації		
Вхідні дані: Папка, яка не містить датасету		
Кроки		Очікуваний результат
<p>Передумова: користувач вибрав папку, для навчання моделі кластеризації, яка не містить датасету</p> <ol style="list-style-type: none"> Запустити програму Натиснути на кнопку для навчання моделей машинного навчання Натиснути на кнопку для вибору навчальних даних для кластеризації Вибір папки, яка не містить датасету Натиснути кнопку для початку навчання моделі кластеризації 		<p>Відображення початкового вікна</p> <p>Форма для вибору даних для навчання моделей ІАД</p> <p>Вікно файлового менеджера для вибору файлу</p> <p>Виведення попередження про відсутність навчальних даних</p>
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат проходження тест-кейсу показано на рис. 3.10

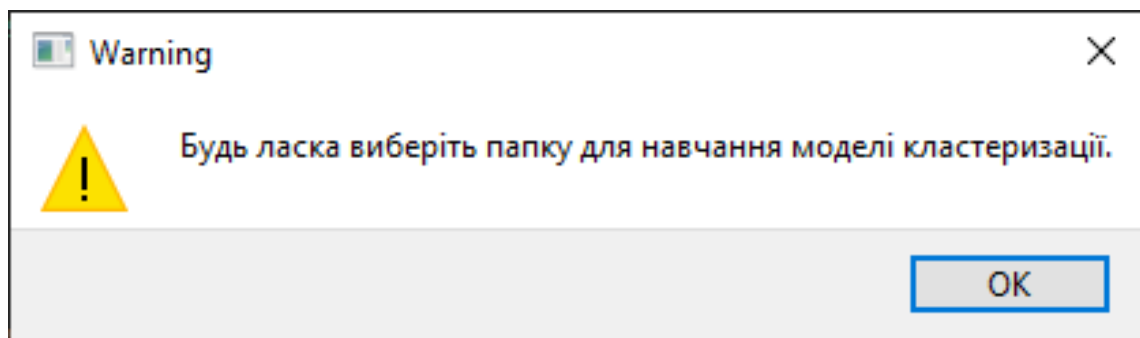


Рисунок 3.10 – Повідомлення про відсутність датасету для кластеризації

Таблиця 3.3 – Тест-кейс 3

Тест-кейс 3	Пріоритет 2	Створено 03.05.2024 Б.А. Вонсович
Назва: Тестування перевірки коректності датасету для класифікації		
Вхідні дані: Папка, яка не містить датасету		
Кроки		Очікуваний результат
<p>Передумова: користувач вибрав папку, для навчання моделі класифікації, яка не містить датасету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити програму 2. Натиснути на кнопку для навчання моделей машинного навчання 3. Натиснути на кнопку для вибору навчальних даних для класифікації 4. Вибір папки, яка не містить датасету 5. Натиснути кнопку для початку навчання моделі класифікації 		<p>Відображення початкового вікна</p> <p>Форма для вибору даних для навчання моделей ІАД</p> <p>Вікно файлового менеджера для вибору файлу</p> <p>Виведення попередження про відсутність навчальних даних</p>
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат проходження тест-кейсу показано на рис. 3.11

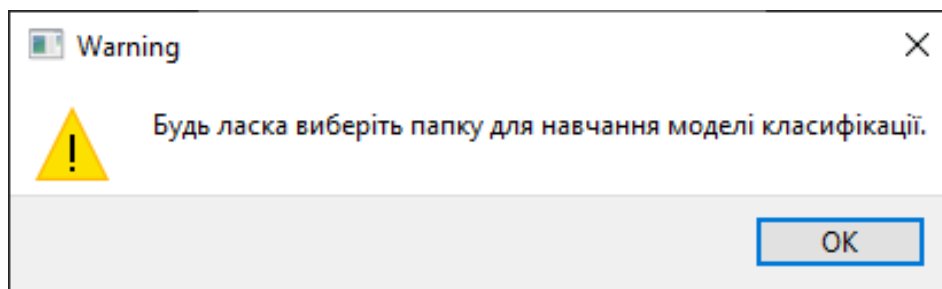


Рисунок 3.11 – Повідомлення про відсутність датасету для класифікації

Тест-кейси 2 та 3 (табл. 3.2 – 3.3) відображають схожі ситуації, в яких користувач застосунку допускає помилку при виборі навчальних даних для моделей ІАД, як можна побачити на рисунках 3.10 та 3.11 – на екран користувача

буде виведено відповідне повідомлення.

Також була змодельована ситуація, у якій користувач застосунку намагається визначити ступінь корозійного ураження металевої конструкції, при тому, що не виконано навчання моделей машинного навчання.

Таблиця 3.4 – Тест-кейс 4

Тест-кейс 4	Пріоритет 1	Створено 03.05.2024 Б.А. Вонсович
Назва: Тестування перевірки коректності формату файлу		
Вхідні дані: Файл з неправильним форматом		
Кроки		Очікуваний результат
<p>Передумова: користувач вибрав файл який не є зображенням, або має неправильний формат.</p> <ol style="list-style-type: none"> Запустити програму Натиснути на кнопку для вибору файлу Натиснути кнопку для визначення ступеня корозійного ураження 		<p>Відображення початкового вікна</p> <p>Вікно файлового менеджера для вибору файлу</p> <p>Виведення попередження про неправильний тип файлу</p>
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат проходження тест-кейсу показано на рис. 3.12

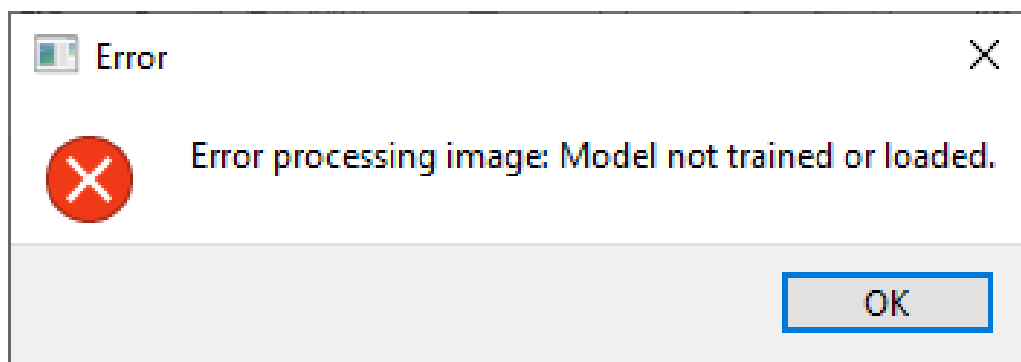


Рисунок 3.12 – Повідомлення про невиконане навчання моделей класифікації або кластеризації

На рисунку 3.12 можна побачити, повідомлення, яке виводиться на екран користувача застосунку при спробі запустити аналіз зображення металевої конструкції, у випадку, коли не виконано навчання моделей ІАД.

Після проведення ретельного тестування застосунку, яке відображена в вище наведених тест-кейсах можна зробити висновок, що програмна реалізація методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях має захист від всіх можливих не правильних варіантів використання застосунку.

3.6 Результати досліджень

Для підтвердження доцільності використання використаного розробленого методу для визначення рівня корозійного ураження металевих конструкцій було проведено порівняння ефективності використання експертів – людей та програмно реалізованого методу. Нижче, в таблиці 3.5 наведено результати порівняння ефективності визначення ступеню ураження легкою (поверхневою) корозією.

На таблиці 3.5 показано результати порівняння експертного та автоматизованого методів виявлення та оцінки корозійних уражень. Порівняння виконано за такими параметрами, як час (у секундах), та відхилення (у відсотках) від фактичного значення корозійного ураження металевої конструкції, яке було визначено шляхом попиксельного аналізу зображення. Для порівняння двох методів виявлення корозійного ураження і визначення його ступеня було підготовлено чотири зображення металевих конструкцій, які уражені легкою корозією. Використані зображення наведено на рисунках 3.13 – 3.16. Перші два зображення містять лише зображення поверхні металу, ураженого корозією.

Проаналізувавши дані з таблиці 3.5 можна зробити висновки, що використання створеного та програмно реалізованого методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях займає на багато менше часу – близько трьох секунд для аналізу одного зображення, тоді як використання людей-експертів потребує від двох до десяти хвилин для аналізу одного

зображення. Також варто звернути увагу на те, що відхилення визначеного значення рівня корозійного ураження від фактичного, при використанні людей-експертів становить 5 до майже 300 відсотків, тоді як програмно реалізований метод показує результати з відхиленням до двох відсотків.

Таблиця 3.5 – Порівняння експертного та автоматизованого методу

№ фото	Експертний метод						Автоматизований метод						
	Експерт 1		Експерт 2		Експерт 3		Розроблений метод						
	Час (сек.)	Результат (%)	Відхилення (%)	Час (сек.)	Результат (%)	Відхилення (%)	Час (сек.)	Результат (%)	Відхилення (%)				
	Фактичне значення (%)												
1	327	9	50,50	439	10	67,22	235	5	16,39	3	6.12	2,34	5.98
2	512	5	293,70	287	3	136,22	374	2	57,48	3	1.32	3,94	1.27
3	189	35	11,93	148	28	10,45	561	33	5,53	3	30.58	2,21	31.27
4	479	16	10,65	575	12	17,01	162	18	24,48	3	13.93	3,67	14.46



Рисунок 3.13 – Перше зображення



Рисунок 3.14 – Друге зображення

Два фото (рисунок 3.15, 3.16) містять не лише зображення поверхні металевої конструкції:



Рисунок 3.15 – Третє зображення



Рисунок 3.16 – Четверте зображення

Для кращої візуалізації даних з таблиці 3.5, їх подано у вигляді діаграм, які показано на рисунках 3.17 – 3.20.

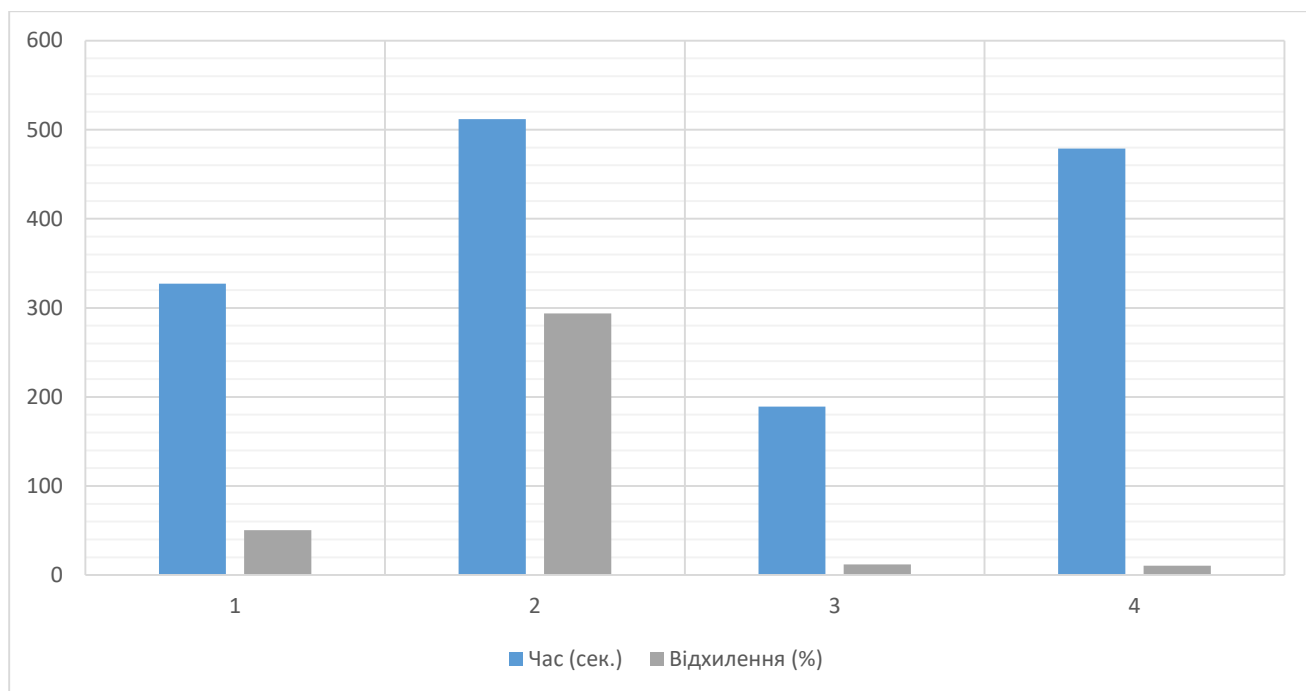


Рисунок 3.17 – Результати роботи першого експерта

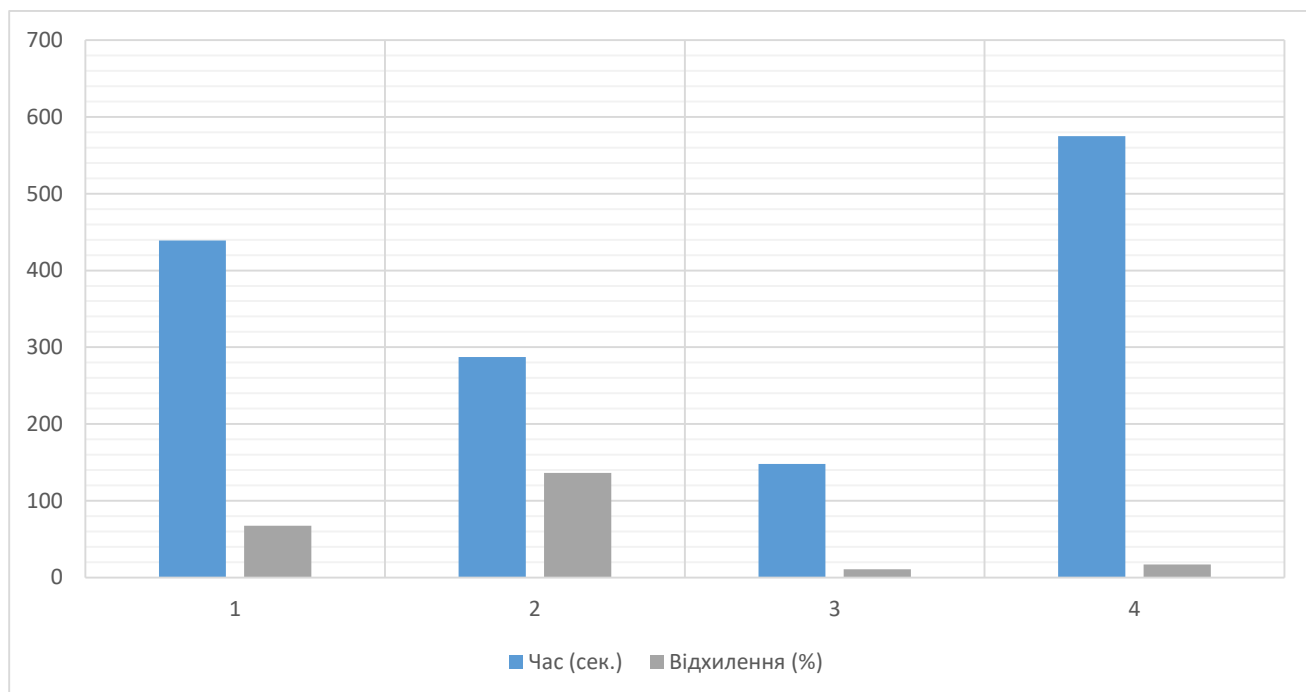


Рисунок 3.18 – Результати роботи другого експерта

На рисунках 3.17 – 3.18 можна побачити як відрізняються значення часу

роботи з кожним з чотирьох зображень, також можна побачити, що відхилення набуває різних значень.

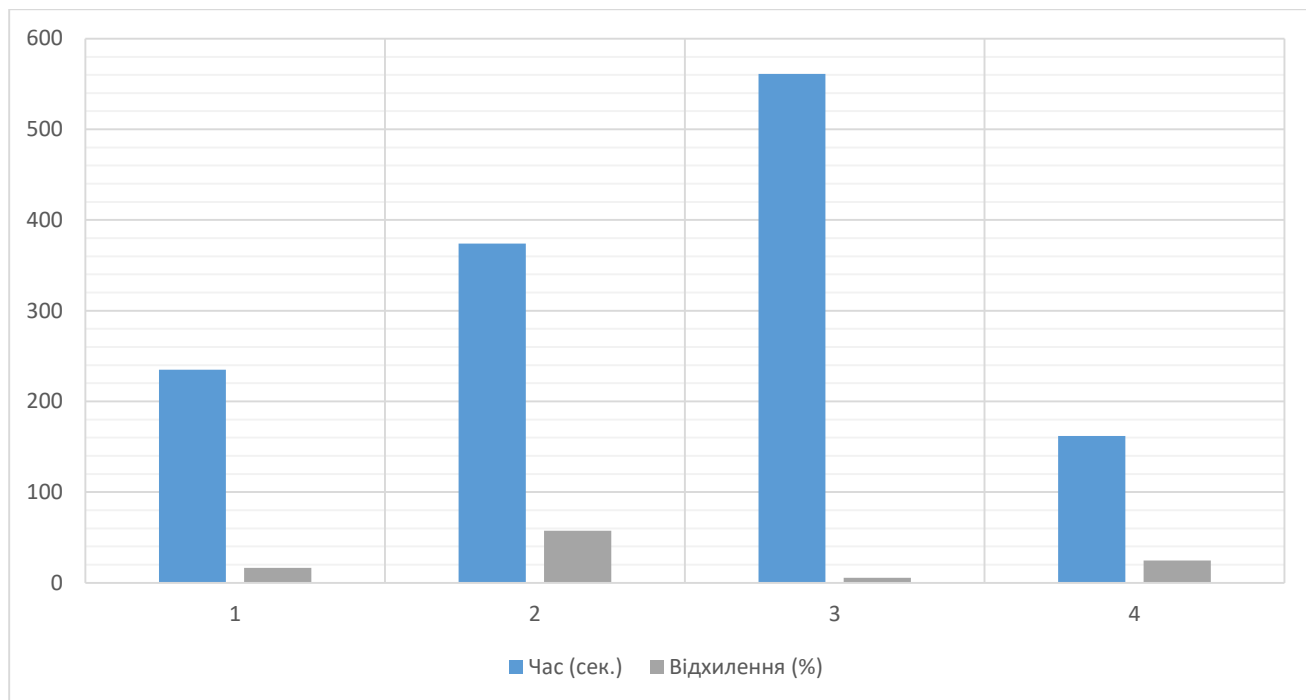


Рисунок 3.19 – Результати роботи третього експерта

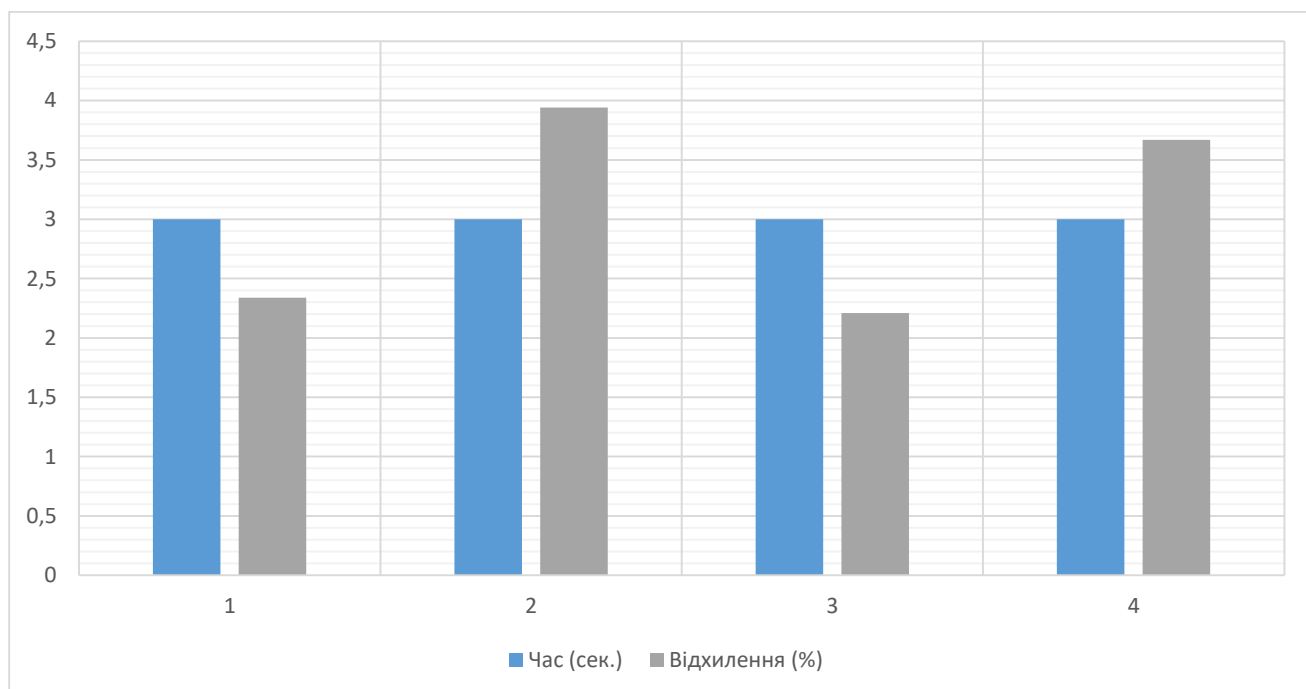


Рисунок 3.20 – Результати роботи розробленого методу

Порівнявши дані, які відображені на рисунках 3.17 – 3.19 та на рисунку

3.20 можна побачити, що при використанні розробленого методу виявлення та визначення ступеня корозійного ураження металевих конструкцій відбувається значне скорочення часу, який потрібний для обробки одного зображення та значно зменшується відхилення від фактичного значення рівня корозійного ураження. Нижче наведено графіки порівняння результатів роботи з зображеннями.

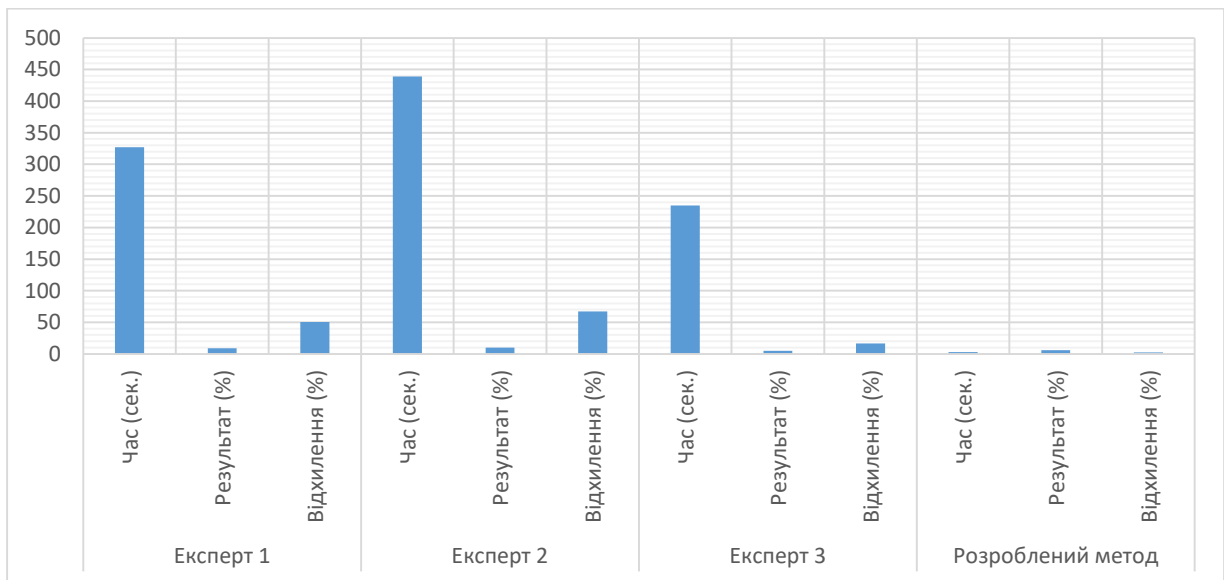


Рисунок 3.21 – Результати обробки зображення №1

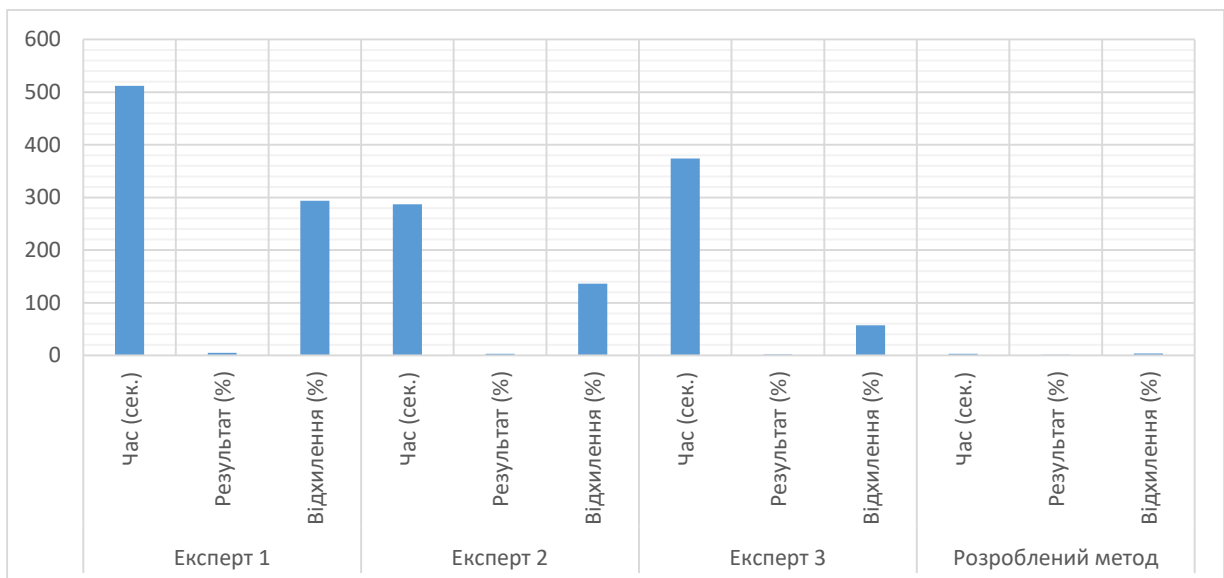


Рисунок 3.22 – Результати обробки зображення №2

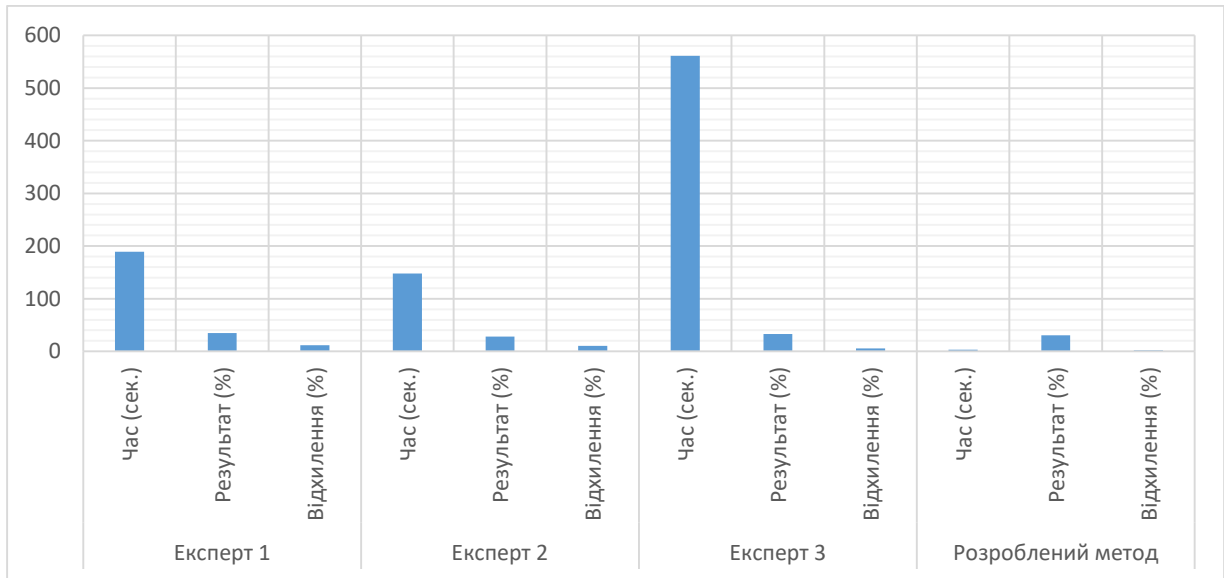


Рисунок 3.23 – Результати обробки зображення №3

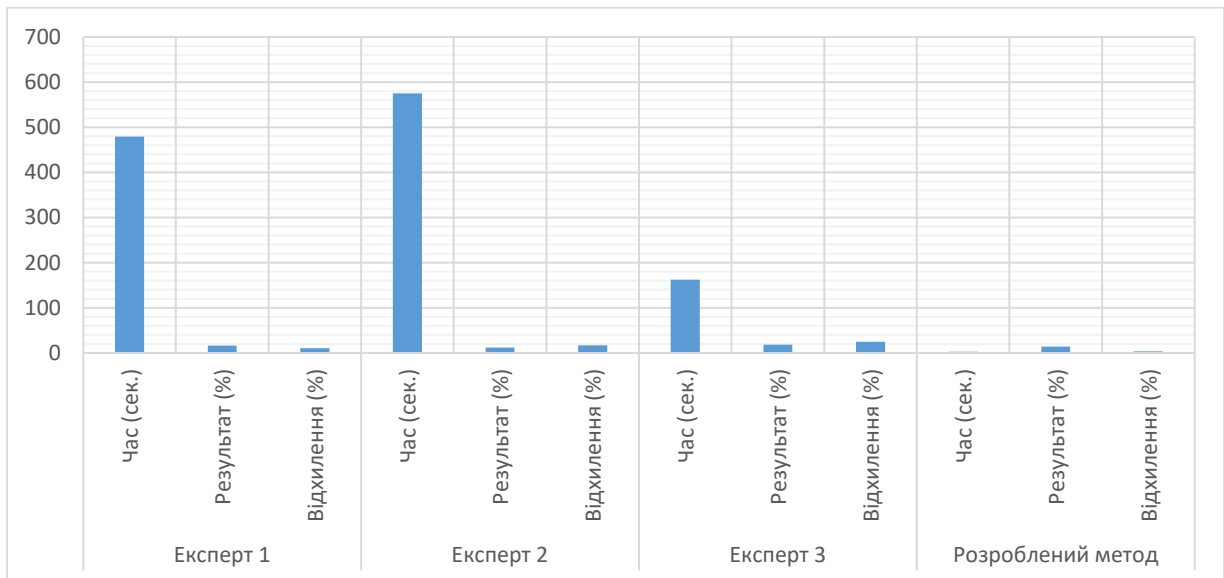


Рисунок 3.24 – Результати обробки зображення №4

На рисунках 3.21 – 3.24 візуалізовано результати роботи з кожним з чотирьох зображень корозійних уражень металевих конструкцій, кожного з трьох експертів та розробленого методу. На рисунках 3.21 – 3.24, також, можна побачити, що розроблений метод забезпечує значне зниження витрат часу та відхилення отриманого результату роботи від фактичного.

Після проведення порівняння ефективності використання експертного методу виявлення та оцінки корозійних уражень та розробленого і програмно реалізованого методу, виявлено значне зменшення часу, потрібного для аналізу

зображення, та підвищення точності, з якою виявляється корозійне ураження. Розроблений та програмно реалізований метод виявлення корозійних уражень показав себе, як швидкий та надійний спосіб обробки зображень, з метою виявлення корозійних уражень.

3.7 Висновки до розділу 3

Виконано програмну реалізацію методу виявлення корозійних уражень з використанням мови програмування Python та середовище розробки Jupyter Notebook. Програмна реалізація методу для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях дозволяє проводити комплексний аналіз зображень з метою виявлення та класифікації корозійних уражень. Завдяки інтегрованому графічному інтерфейсу, програма забезпечує зручну взаємодію з користувачем, що дозволяє швидко та ефективно обробляти та аналізувати зображення.

Проведено тестування програмної реалізації методу виявлення корозійних уражень з метою виявлення можливих некоректних варіантів використання та помилок з боку користувача за стосунку та захист від них.

Виконано порівняння розробленого методу з традиційним експертним методом.

Розроблений метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій забезпечує високий рівень точності, з відхиленням результатів до двох відсотків, що значно перевищує точність оцінок людей-експертів, у яких відхилення від фактичного значення може бути значно більшим.

Програмно реалізований метод виявлення корозійних уражень значно скорочує час аналізу одного зображення, що на багато швидше, ніж використання людей для вирішення подібної задачі, це значно підвищує ефективність процесу діагностики та моніторингу корозії на металевих конструкціях.

Загальні висновки

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та досягнуто поставлену мету, яка полягає у спрощенні процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за допомогою використання методів ІАД за аналізом зображень.

Було проведено аналіз методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях за допомогою аналізу їх зображень; проведено аналіз можливостей, переваг та недоліків методів інтелектуального аналізу даних для ідентифікації корозійних уражень металевих конструкцій; реалізовано метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій; виконано програмну реалізацію методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій; проведено експериментальне тестування програмної реалізації методу. виконано дослідження спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображень.

Виконано програмну реалізацію методу виявлення та оцінки корозійних уражень на металевих конструкціях, яка використовує методи інтелектуального аналізу даних для виконання аналізу, із функціями завантаження та попередню обробку зображень металевих конструкцій; кластеризацію зображення на фрагменти для виділення металевих конструкцій та корозійних уражень; класифікацію ступеня корозійного ураження на основі аналізу текстурних та кольорових характеристик зображень; візуалізацію результатів аналізу; забезпечення зручного графічного інтерфейсу для взаємодії користувача з програмою.

Результати роботи повністю відповідають поставленому завданню. Було реалізовано всі етапи обробки зображень, кластеризації та класифікації

корозійних уражень, а також забезпечено високу точність та надійність системи.

Експериментальне тестування показало, що використання програмно реалізованого методу виявлення корозійних уражень займає значно менше часу – близько трьох секунд для аналізу одного зображення. Відхилення визначеного значення рівня корозійного ураження від фактичного при використанні програмного методу становить до двох відсотків.

Перелік посилань

1. Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions | SN Computer Science. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-021-00592-x>
2. Wikipedia. Web Mining. URL: <https://www.alexanderthamm.com/en/blog/data-mining-method-basics-and-practical-examples/>
3. What is Data Intelligence? Definition and FAQs | HEAVY.AI URL: <https://www.heavy.ai/technical-glossary/data-intelligence>
4. What is Data Mining? | IBM URL: <https://www.ibm.com/topics/data-mining>
5. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/nov/6688/1049-58.pdf>
6. Інтелектуальний аналіз даних | NURE.UA URL: <https://cn.nure.ua/wp-content/uploads/2020/06/intelektualnyj-analiz-danih.pdf>
7. Що таке data mining (аналіз даних)? URL: <https://futurenow.com.ua/shho-take-data-mining-analiz-danyh/Wikipedia>
8. What is Data Intelligence? Definition and FAQs | HEAVY.AI URL: <https://www.heavy.ai/technical-glossary/data-intelligence>
9. What is Computer Vision? | IBM URL: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision>
10. Clustering in Machine Learning – GeeksforGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/clustering-in-machine-learning/>
11. What Is Clustering, and How Does It Work? URL: <https://jpt.spe.org/what-is-clustering-and-how-does-it-work>
12. What is clustering? | IBM URL: <https://www.ibm.com/topics/clustering#Applications+of+clustering>
13. What Is Cluster Analysis? (Examples + Applications) | Built In URL: <https://builtin.com/data-science/cluster-analysis>
14. Why Do We Use Clustering? 5 Benefits and Challenges In Cluster Analysis URL: https://datarundown.com/why-clustering/#5_Image_and_Text_Analysis

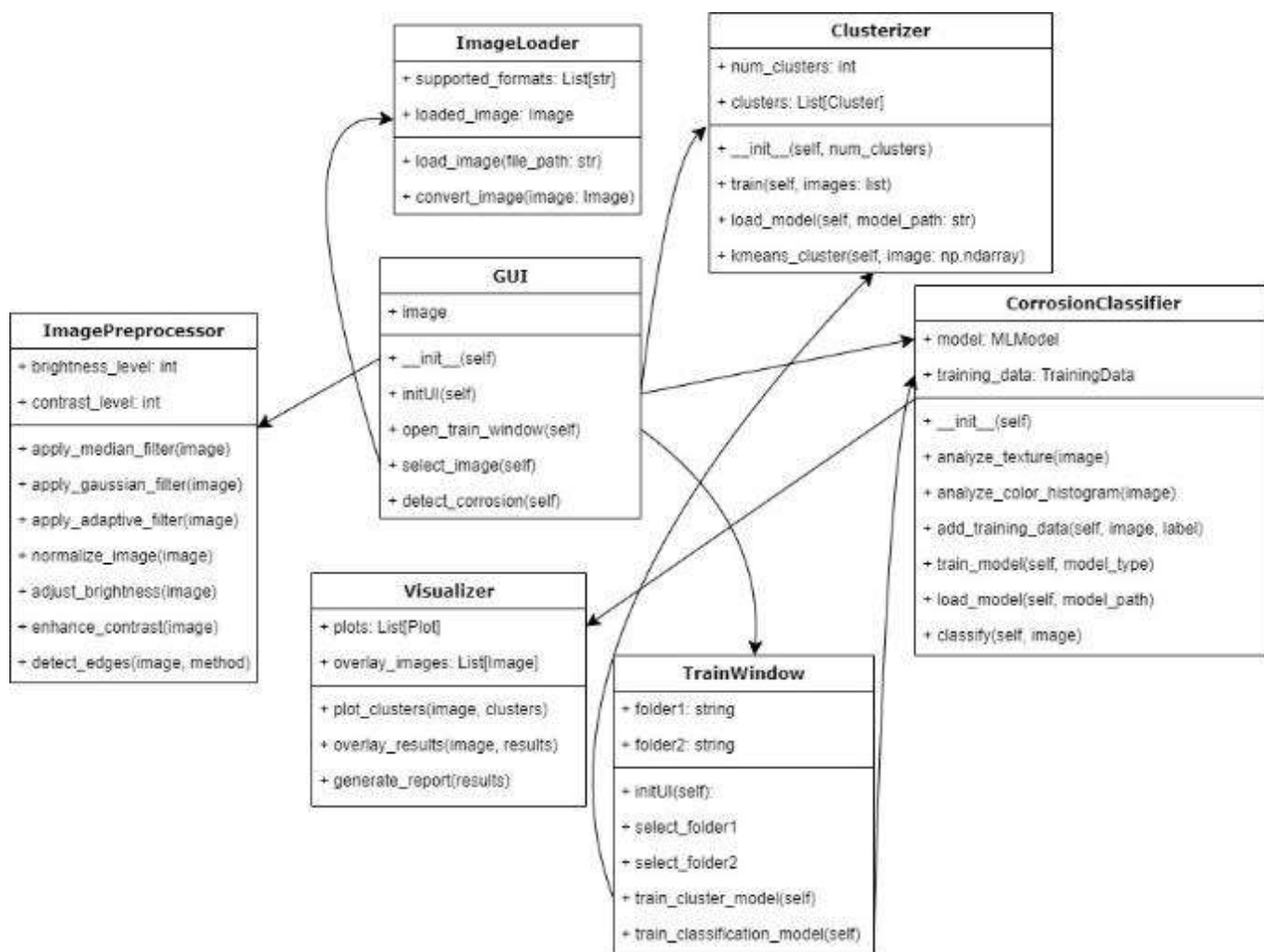
15. Getting started with Classification – GeeksforGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/clustering-in-machine-learning>
16. 4 Types of Classification Tasks in Machine Learning - MachineLearningMastery.com URL: <https://machinelearningmastery.com/types-of-classification-in-machine-learning/>
17. Classification of Data - GeeksforGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/classification-of-data/>
18. Classification vs Regression in Machine Learning – GeeksforGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/ml-classification-vs-regression/>
19. What is Machine Learning? | IBM URL: <https://www.ibm.com/topics/machine-learning>
20. Metallurgy in Daily Life...URL: <https://www.linkedin.com/pulse/metallurgy-daily-life-akshay-pratap-singh>
21. Anti-corrosion coatings: Prevent damage with barriers and inhibitors URL: <https://www.ulprospector.com/knowledge/7145/pc-corrosion-protection-chemistry-and-anti-corrosion-coatings/>
22. The complete guide to corrosion protection in industrial settings - DST-CHEMICALS URL: <https://dstchemicals.com/resources/knowledge/the-complete-guide-to-corrosion-protection-in-industrial-settings>
23. Loss of Material from the Surface of a Steel Beam Due to Corrosion | Download Scientific Diagram URL: https://www.researchgate.net/figure/Loss-of-Material-from-the-Surface-of-a-Steel-Beam-Due-to-Corrosion_fig1_289545078
24. Corrosion and Monetary Losses URL: <https://www.linkedin.com/pulse/corrosion-monetary-losses-suprabha-protective-products-pvt-ltd>
25. The Dangers of Corrosion: Human Safety and Equipment URL: <https://www.haydencorp.com/the-dangers-of-corrosion-how-it-can-harm-both-human-safety-and-equipment>
26. Environmental Impact of Corrosion: Mitigating Ecological Consequences | by Mihir S | Medium URL: <https://medium.com/@corrosafeofficial/environmental-impact-of-corrosion-mitigating-ecological-consequences-d133141be60e>

27. Corrosion and Its Far-reaching Impact on Society – Definition & Prevention URL:
<https://www.lingayasvidyapeeth.edu.in/corrosion-and-its-far-reaching-impact-on-society/>
28. Uniform Corrosion – an overview | ScienceDirect Topics URL:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/uniform-corrosion>
29. Pitting Corrosion - AMPP URL: <https://www.ampp.org/pitting-corrosion>
30. Crevice Corrosion: Causes and Avoidance Tips – Unified Alloys URL:
<https://www.unifiedalloys.com/blog/crevice-corrosion-causes>
31. Erosion Corrosion – an overview | ScienceDirect Topics URL:
<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/erosion-corrosion>
32. Основні методики контролю якості зварних з'єднань, їх плюси та мінуси URL:
<https://zvaruka.info/osnovni-metodiki-kontrolyu-yakosti-zvarnih-zyednan-yih-plyusi-ta-minusi/>
33. Комплексний вступ до ультразвукового контролю URL:
<https://www.purenickel.com/uk/comprehensive-introduction-to-ultrasonic-testing.html>
34. Fluorescence in the life sciences – Wikipedia URL:
https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence_in_the_life_sciences
35. Car Damage Detection using AI: Methodology and Approach for High Accuracy | Inspektlabs URL: <https://inspektlabs.com/blog/car-damage-detection-using-ai-methodology-and-approach-for-high-accuracy/>
36. Roof Report Software – BuildOps URL: <https://buildops.com/commercial-construction/roof-report-software/>

ДОДАТКИ

Додаток А

Розгорнута структура класів



Додаток Б

Презентаційний матеріал

Хмельницький національний університет

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій

Виконав:

Студент групи КН-20-2

Вонсович Богдан Андрійович

Керівник:

к.т.н., доц. каф. КН

Пасічник Олександр Анатолійович

Актуальність

- Корозійне ураження є суттєвою глобальною цивілізаційною проблемою обумовленою величезними обсягами використання металоконструкцій. Корозія може призвести та часто призводить до серйозних пошкоджень металевих конструкцій, що негативно впливає на рівень безпеки та ефективності їх використання. З корозійним ураженням металевих конструкцій пов'язані значні матеріальні витрати задля підтримування їх у належному технічному стані. Точасне виявлення та оцінка ступеня корозійного ураження дозволить попередити негативні наслідки та прийняти відповідні оперативні заходи щодо їх ремонту чи заміни.
- У сучасному світі цифрові технології відіграють ключову роль у різних галузях, сприяючи підвищенню ефективності та точності процесів. Застосування цифрових технологій для оцінки корозійних уражень металевих конструкцій є не лише можливим, але й надзвичайно доцільним рішенням. Завдяки методам інтелектуального аналізу даних, можливо автоматизувати процеси виявлення корозії, що забезпечує своєчасне реагування та запобігання руйнуванням.
- Методи інтелектуального аналізу даних, які включають машинне навчання, класифікацію, кластеризацію та комп'ютерний зір, мають величезний потенціал для автоматизації процесу виявлення корозії. Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних, отриманих з різних джерел, таких як камери, дрони та супутникові знімки, і виявляти корозійні ураження на ранніх стадіях. Використання цих методів може значно підвищити точність і ефективність моніторингу стану металевих конструкцій. Інтелектуальний аналіз даних, також, може бути застосований для роботи з зображеннями, методи інтелектуального аналізу даних можуть бути застосовані для виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях, лише за їх зображенням.

Мета

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях шляхом виконання аналізу зображень, використовуючи моделі машинного навчання.

Завдання

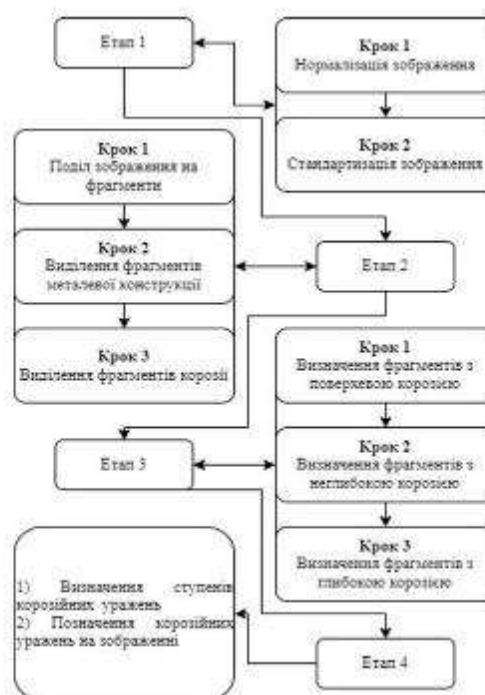
Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

- провести аналіз методів виявлення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях шляхом аналізу їх зображень;
- провести аналіз можливостей, переваг та недоліків методів інтелектуального аналізу даних для ідентифікації корозійних уражень металевих конструкцій;
- реалізувати метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- виконати програмну реалізацію методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій;
- провести експериментальне тестування програмної реалізації методу;
- виконати дослідження спрощення процесу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображень.

Метод виявлення корозійних уражень, шляхом використання ІАД

Метод, виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях ґрунтується на поетапній обробці зображень з використанням алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Перший етап полягає у зборі даних – зображення, які відображають стан металевих конструкцій. Наступним етапом є попередня обробка даних, яка включає фільтрацію шумів, нормалізацію та інші техніки підготовки даних для аналізу. Визначення рівня корозійного ураження відбувається за допомогою навчених моделей машинного навчання.

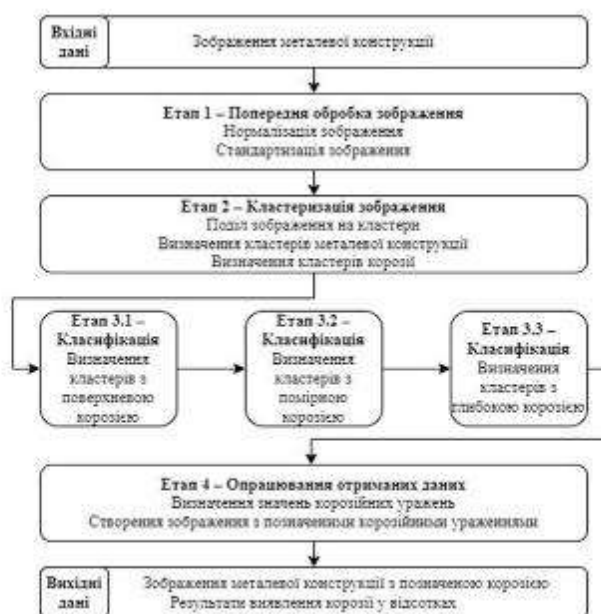
Етапи виконання методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях



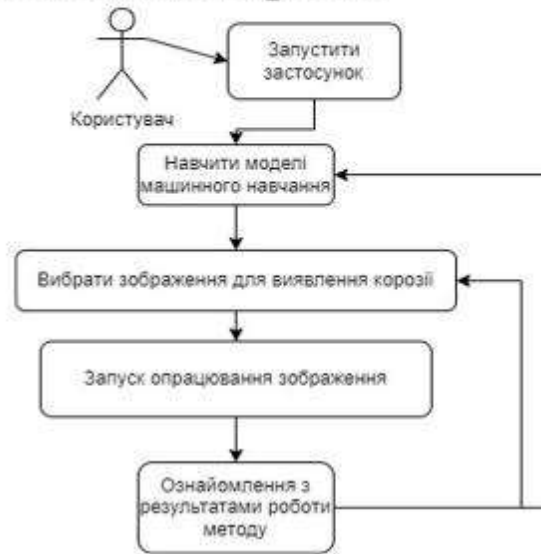
Послідовність методу виявлення корозійних уражень на металевих конструкціях



Схема методу визначення ступеню корозійного ураження



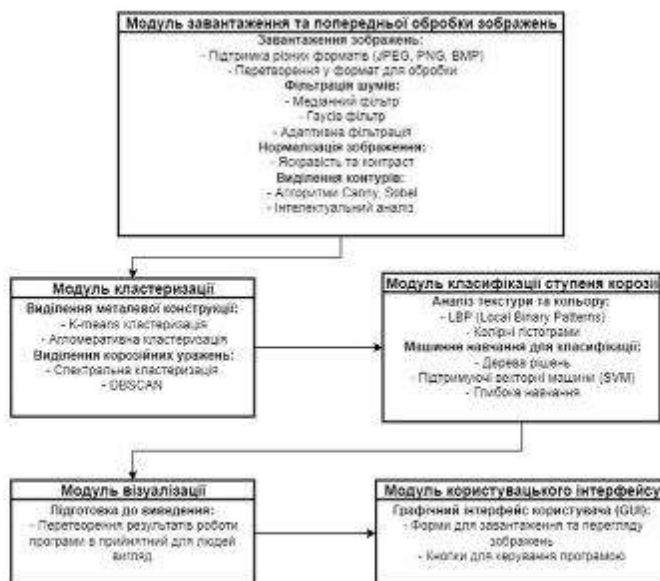
Функції користувача програмної реалізації методу виявлення корозії



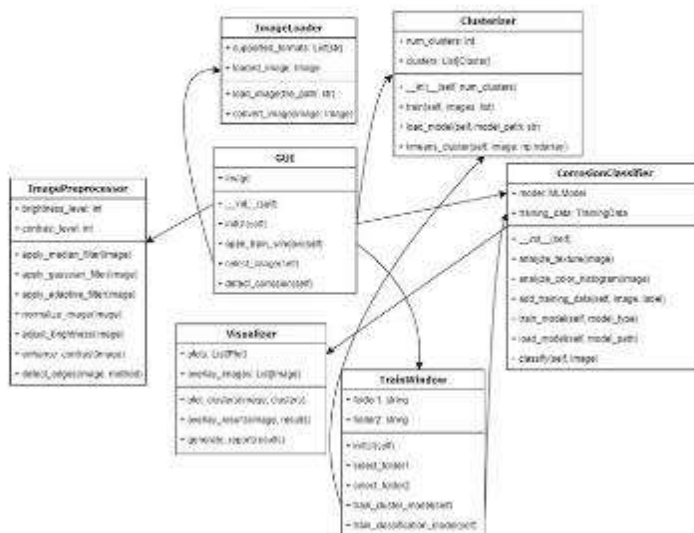
Створений метод забезпечує:

- збір та аналіз даних про стан металевих конструкцій для виявлення корозійних уривень;
- використання методів інтелектуального аналізу даних для ефективного виявлення та оцінки корозії;
- інтеграція існуючих баз даних та датасетів для забезпечення доступу до повної інформації про стан конструкцій;
- застосування сучасних методів машинного навчання для підвищення точності аналізу;
- підтримка масштабування для обробки великих обсягів даних;
- зручний інтерфейс для взаємодії з системою.

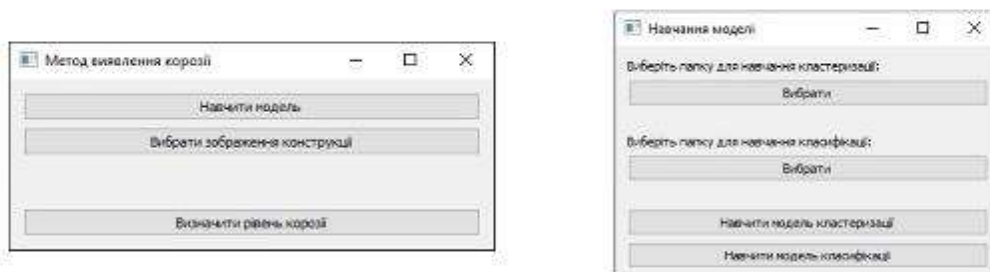
Схема роботи модулів програмної реалізації методу виявлення корозійних уражень



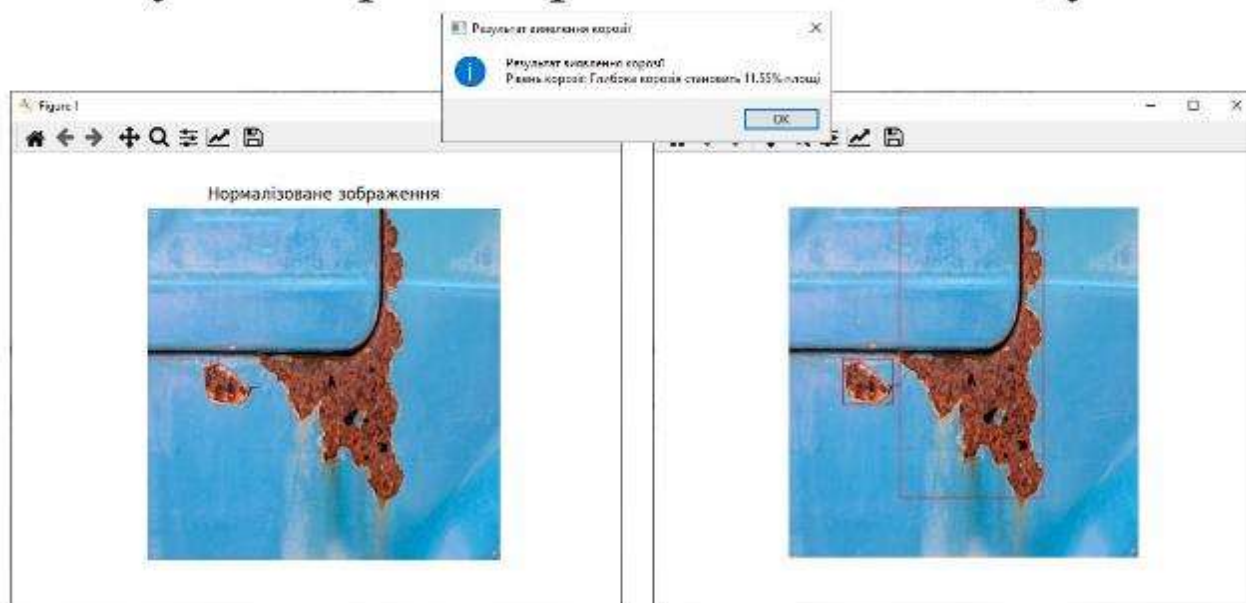
Діаграма класів застосунку



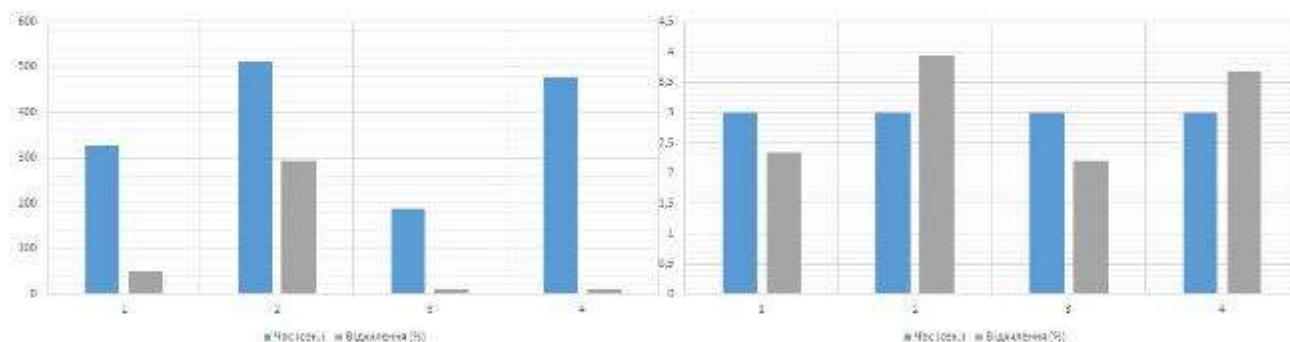
Інтерфейс користувача



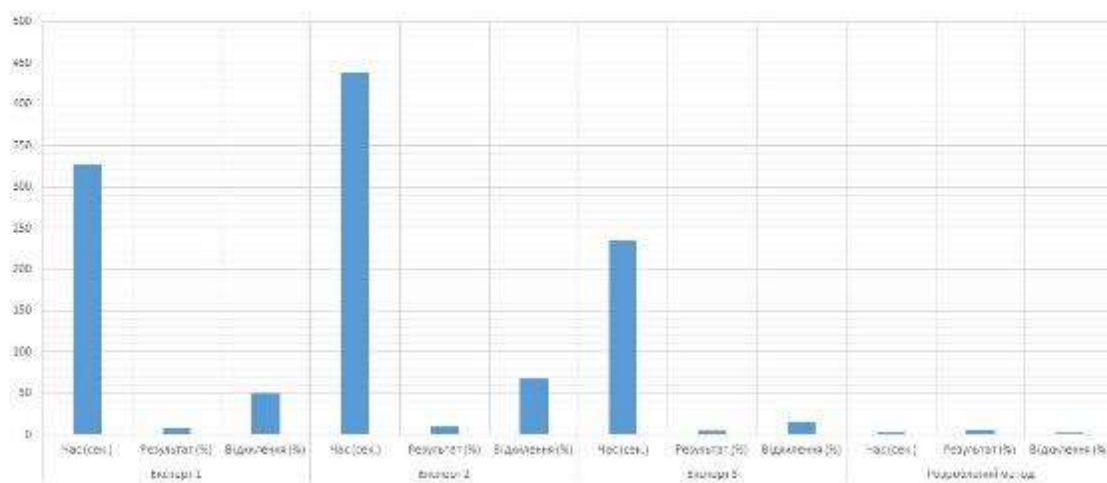
Результати роботи реалізованого методу



Порівняння роботи людини-експерта та розробленого методу



Порівняння роботи людей та програмно реалізованого методу



Висновки

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено метод визначення корозійних уражень металевих конструкцій за допомогою інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та досягнуто поставлену мету, яка полягає у спрощенні процесу визначення корозійних уражень на металевих конструкціях за допомогою використання методів ІАД за аналізом зображень.

Було проведено аналіз методів визначення корозійних пошкоджень на металевих конструкціях за допомогою аналізу їх зображень, проведено аналіз можливостей, перш ніж впровадити метод інтелектуального аналізу даних для ідентифікації корозійних уражень металевих конструкцій, реалізовано метод визначення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій; виконано програмну реалізацію методу визначення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій, проведено експериментальне тестування програмної реалізації методу визначення корозійних уражень на металевих конструкціях за аналізом зображень.

Виконано програмну реалізацію методу визначення та оцінки корозійних уражень на металевих конструкціях, яка використовує методи інтелектуального аналізу даних для визначення аналізу із функціями завантаження та попередньої обробки зображень металевих конструкцій; класифікацію зображення на фрагменти для визначення металевих конструкцій та корозійних уражень; класифікацію ступеня корозійного ураження на основі аналізу текстурних та кольорових характеристик зображень; візуалізацію результатів аналізу; забезпечення зручного графічного інтерфейсу для взаємодії користувача з програмною.

Результати роботи повністю відповідають поставленому завданню. Було реалізовано всі етапи обробки зображень, класифікації та класифікації корозійних уражень, а також забезпечено якість роботи та надійність системи.

Експериментальне тестування показало, що використання програмно реалізованого методу визначення корозійних уражень займає значно менше часу – близько трьох секунд для аналізу одного зображення. Віддалена визначення значення рівня корозійного ураження від фактичного при використанні програмного методу становить до двох хвилин.

20.06.24, 15:54

result_5583846816802617519.html

Thu Jun 20 15:00:37 EEST 2024, Петровський Сергій Степанович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257**Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%**

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 7%

ID: 131791 Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій Додано в БД: 2024-06-20 Автора: Богдан ВОНСОВИЧ Керівники: Олександр ПАСІЧНИК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	79628	1143	3845 (5%)	51 (4%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

file:///C:/Users/PETROV-1/AppData/Local/Temp/result_5583846816802617519.html

1/1



Ім'я користувача:
Кафедра КН

Дата перевірки:
20.06.2024 16:07:32 EEST

Дата звіту:
20.06.2024 16:08:42 EEST

ID перевірки:
1016378389

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005671

Назва документа: КН-20-2 Вонсович_ЗАПИСКА

Кількість сторінок: 73 Кількість слів: 11876 Кількість символів: 99206 Розмір файлу: 1.96 МВ ID файлу: 1016186937

7.83% Схожість

Найбільша схожість: 3.39% з джерелом з бібліотеки (ID файлу: 1016133152)

4.75% Джерела з Інтернету 689 Сторінка 75

3.57% Джерела з Бібліотеки 214 Сторінка 79

0% Цитат

Вилучення цитат викинено

Вилучення списку бібліографічних посилань викинено

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи 7

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій

Автор: студент групи КН-20-2 Богдан Вонсович

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: к.т.н., доцент Олександр Пасічник

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі Богдана Вонсовича, не є плагіатом, оскільки: запозичення розмінені в розділі огляду існуючих підходів, не описують безпосередньо авторську роботу і не стосуються її результатів; усі запозичення фрагментарні; до запозичень входять фрагменти програмного коду, що не мають авторства і містять поширені конструкції; серед запозичень знаходяться загальновідомі терміни, скорочення та визначення.

Обсяг запозичень, визначений системами виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає:

- за системою Anti-Plagiarism: 3%;

- за системою Unichesk: 7,83 %,

що є допустимими запозиченнями.

Керівник роботи



Олександр ПАСІЧНИК

Гарант ОП



Олександр МАЗУРЕЦЬ

Завідувач кафедри КН



Олександр БАРМАК



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МОН УКРАЇНИ

Кафедра комп'ютерних наук



ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КН-20-2 Вансовича Богдана*

за темою Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій

1. Актуальність теми

Корозійне ураження є суттєвою глобальною цивілізаційною проблемою обумовленою величезними обсягами використання металоконструкцій. Корозія може призвести та часто призводить до серйозних пошкоджень металевих конструкцій, що негативно впливає на рівень безпеки та ефективності їх використання. З корозійним ураженням металевих конструкцій пов'язані значні матеріальні витрати задля підтримкування їх у належному технічному стані. Вчасне виявлення та оцінка ступеня корозійного ураження дозволить попередити негативні наслідки та прийняти відповідні оперативні заходи щодо їх ремонту чи заміни. У сучасному світі цифрові технології відіграють ключову роль у різних галузях, сприяючи підвищенню ефективності та точності процесів. Застосування цифрових технологій для оцінки корозійних уражень металевих конструкцій є не лише можливим, але й надзвичайно доцільним рішенням.

2. Відповідність роботи предметній області Стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки

За стандартом, а саме описом предметної області, об'єктами вивчення та діяльності є математичні, інформаційні, імітаційні моделі реальних явищ, об'єктів, систем і процесів та методи і технології отримання, зберігання, обробки, передачі та використання інформації. Метою роботи саме є розробка методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій. При вирішенні поставленої задачі використано відповідні математичні моделі, методи та алгоритми розв'язання теоретичних і прикладних задач. Тому результати виконання кваліфікаційної роботи бакалавра відповідають стандарту бакалавра спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

3. Професійні та особистісні якості бакалавра

При роботі над кваліфікаційною роботою бакалавра Богдан Вансович проявив себе кваліфікованим фахівцем та дисциплінованим студентом, вчасно виконуючи

поставлені етапи дослідження. Як в процесі написання пояснювальної записки, так і при розробці методу виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій та його програмній реалізації, тестування та експериментальній перевірці проявив достатні для одержання успішного результату компетентності та результати навчання. Опанував професійні скіли за напрямком «Комп'ютерні науки» та достатньо значний софт скіл.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Одержані в роботі результати є наслідком особистої діяльності студента, який самостійно виконував всі поставлені задачі.

5. Ступінь оволодіння методами дослідження

При реалізації кваліфікаційної роботи показав достатній рівень компетентностей та володіння необхідними інструментами та обладнанням, методами, методиками та технологіями предметної області комп'ютерних наук.

6. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема роботи в повній мірі обґрунтована й розкрита, проведено аналіз актуальності та відомих досліджень в межах обраної теми, поставлені завдання, які у роботі виконані, та виконано програмну реалізацію для валідації та верифікації запропонованого методу.

7. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладення матеріалу

Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин

Розроблений у роботі метод та його програмна реалізація може бути використана для спрощення виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій.

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

Враховуючи високий рівень виконання та забезпечення всіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Керівник



к.т.н., доцент каф. КН Олександр ПАСІЧНИК



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МОУ УКРАЇНИ

Кафедра комп'ютерних наук



РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КН-20-2 Вонсовича Богдана*

за темою: Метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій

1. Актуальність обраної теми

Корозійне ураження є суттєвою глобальною цивілізаційною проблемою обумовленою величезними обсягами використання металоконструкцій. З корозійним ураженням металевих конструкцій пов'язані значні матеріальні витрати задля підтримання їх у належному технічному стані. Вчасне виявлення та оцінка ступеня корозійного ураження дозволить попередити негативні наслідки та прийняти відповідні оперативні заходи. Застосування технологій для оцінки корозійних уражень металевих конструкцій є не лише можливим, але й надзвичайно доцільним рішенням.

2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

Мета роботи розкрита повністю, всі завдання виконані.

3. Зміст кожного розділу роботи

В 1-му розділі виконано аналіз сучасних підходів до виявлення корозійних уражень та сучасних тенденцій покращення їх роботи. Визначено мету роботи та виконано постановку завдань. В 2-му розділі реалізовано метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій. Визначено критерії оцінки спрощення. В 3-му розділі виконано програму реалізацію методу та її тестування. Виконано оцінку спрощення виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій за запропонованими критеріями.

4. Оцінка розробленої інформаційної системи, її практична цінність

Розроблений метод виявлення корозійних уражень методами інтелектуального аналізу даних для рекомендаційної системи визначення стану металевих конструкцій може бути використаний аналізу технічного стану металоконструкцій різноманітного призначення.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

В роботі не зазначено чи є якісь особливості отримання зображень та вимоги до такого роду зображень.

7. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), та оцінка на яку заслуговує кваліфікаційна робота.

Враховуючи рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Рецензент *доц.кадр. АКТІГар Кофенська Л.О.*