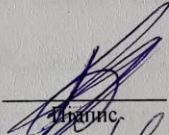
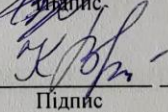
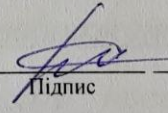


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

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  Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ
Курс, група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: викладач каф. КН  Валерія КЛІМЕНКО
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


Підпис

Олександр БАРМАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

18

серпня

2024 р.

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 нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями»

2. Завдання видано студенту Денису КЛОПОТІВСЬКОМУ
(Ім'я, прізвище)

3. Керівник роботи викладач кафедри КН Валерія КЛІМЕНКО
(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:

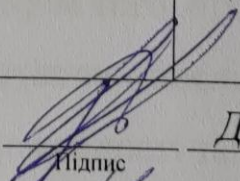
Мета роботи – спрощення виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях. Для досягнення мети слід виконати такі задачі: виконати аналіз предметної області виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, обрати підхід для подальшої реалізації; спроектувати інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображенням для реалізації створеного методу; створити програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи та дослідити її ефективність. Результатами роботи системи є діагностування хвороби картоплі за фотозображенням плодів картоплі та рекомендації щодо лікування та профілактики можливих причин захворювання плодів.

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	Проектування та розробка загальної архітектури програмного забезпечення, інтерфейсу користувача, вибір засобів реалізації програмного забезпечення	березень 2024	виконано
4	Створення та тестування програмного забезпечення	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

Курс, група виконавця

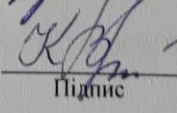

Підпис

Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: викладач каф. КН

Науковий ступінь, посада


Підпис

Валерія КЛІМЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями»

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студент групи КН-20-2
Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: викладач кафедри КН
Валерія КЛІМЕНКО

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
65	31	12	35	4

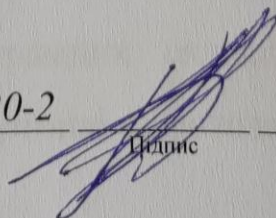
Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є спрощення виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях, що передбачає розробку методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та відповідного програмного забезпечення, яке буде використовувати розроблений метод. Для розробки інформаційної системи було використано мову програмування C# для реалізації інтерфейсу, мову Python для навчання та збереження нейромережевої моделі, а також систему керування базами даних SQLite.

Розроблений застосунок дозволяє оперативно виявляти захворювання, що сприяє фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин. Крім того, програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для наукових досліджень для розробки нових методів та технологій для підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю.

Ключові слова: фотозображення плодів картоплі, згорткова нейромережа, ResNet50.

Виконавець: студент групи КН-20-2

Курс, група виконавця



Підпис

Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Зміст

Перелік скорочень	4
Вступ.....	5
Розділ 1 Характеристика предметної області виявлення захворювань плодів картоплі	7
1.1 Аналіз інформаційних моделей для виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображенням	7
1.2 Огляд теоретичних підходів до розв’язку задачі виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображенням	12
1.3 Аналіз існуючих програмних рішень.....	14
1.4 Мета, задачі та вимоги до реалізації інформаційної системи	17
Розділ 2 Розробка методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями.....	19
2.1 Схема методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі .	19
2.2 Функціональна структура інформаційної системи.....	20
2.3 Проектування бази даних інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями	22
2.4 Підготовка робочих вхідних даних для інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі	26
2.5 Висновки до розділу 2	30
Розділ 3 Експериментальне дослідження методу на базі програмної реалізація інформаційної системи	32
3.1 Визначення шляхів дослідження та засобів створення інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі	32
3.2 Вибір засобів розробки інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями	32
3.3 Структура та функціональне призначення програмних складових системи	37
3.4 Особливості реалізації програмних складових інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями.....	39

	3
3.5 Тестування інформаційної системи та вимоги до розгортання	44
3.6 Результати досліджень	54
3.8 Висновки до розділу 3	57
Висновки	60
Перелік посилань.....	62
Додатки	

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
АПК	Аграрний промисловий комплекс
ВВП	Валовий внутрішній продукт
ІІІ	Штучний інтелект
NLP	Natural Language Processing
ES	Expert Systems,
CV	Computer Vision
ML	Machine Learning
CNN	Згорткові нейронні мережі
AI	Artificial intelligence
БД	База даних
СКБД	Система керування базами даних
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
ХНУ	Хмельницький національний університет
BARI	Інститут сільськогосподарських досліджень Бангладеш
IDE	Integrated Development Environment
MS	MicroSoft
SQL	Structured query language

Вступ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена спрощенню виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях, що включає розробку методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та відповідного програмного забезпечення, яке використовує розроблений метод.

Актуальність. Застосування нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями актуально як для фермерів, так і для сільськогосподарського сектору в цілому, адже дозволяє сприяючи підвищенню ефективності, екологічній стійкості та економічному зростанню.

Відсіювання заражених картопельних плодів дозволить підвищити якість продукції, що може мати позитивний вплив на конкурентоспроможність фермерських господарств на ринку, а завчасне виявлення захворювань може допомогти фермерам вживати вчасні заходи з лікування та контролю, що зменшить втрати у врожаї та підвищить загальну врожайність.

Водночас, використання нейромереж дозволить автоматизувати процес виявлення захворювань, що значно зменшить необхідність вручну проводити огляд кожної рослини, відкриваючи можливості для використання автономних дронів та роботів у сільському господарстві, а зменшення втрат у врожаї та зниження витрат на лікування рослин допоможе збільшити прибуток фермерів та зробить їх сільськогосподарські підприємства більш економічно стабільними.

Нейромережеве виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями дозволить оперативно виявляти захворювання, що сприятиме фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин. Крім того, таке програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для наукових досліджень та моніторингу стану рослин у сільському господарстві, а також для розробки нових методів та технологій з метою підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю. Відповідний застосунок може бути програмним компонентом систем

автоматичного контролю якості сільськогосподарської продукції та автоматичного сортування плодів картоплі.

Об'єкт дослідження – процес нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями.

Предмет дослідження – нейромережеві методи розпізнавання зображень.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – спрощення виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра – виконати аналіз предметної області виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями; виконати огляд теоретичних підходів щодо можливості виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та обрати підхід для подальшої реалізації; виконати огляд існуючих програмних рішень; створити метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описати його кроки; спроектувати інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображенням для реалізації створеного методу; створити програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи; виконати тестування створеного програмного застосунку; виконати дослідження ефективності методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями на основі інформаційної системи діагностування захворювань плодів картоплі.

Розділ 1 Характеристика предметної області виявлення захворювань плодів картоплі

1.1 Аналіз інформаційних моделей для виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображенням

Аграрна промисловість України є одним з ключових секторів економіки країни, який робить значний внесок у ВВП, зайнятість та продовольчу безпеку. Україна володіє значними земельними ресурсами, сприятливими кліматичними умовами та кваліфікованими кадрами, що робить її важливим гравцем на світовому аграрному ринку. Україна є одним з найбільших експортерів аграрної продукції в світі. За даними Державної служби статистики України, у 2022 році експорт аграрної продукції з України склав 27,8 млрд дол. США [1].

Структура АПК є доволі розгорнутою та включає в себе рослинництво, тваринництво та переробку сільськогосподарської продукції [2].

Останнім часом овочівництво в Україні демонструє стабільність, адже обсяги посівних площ та виробництва продукції залишаються на порівняно незмінному рівні. Це пояснюється кількома ключовими факторами. Уряд України вживає заходів для стимулювання розвитку овочівництва, пропонуючи субсидії, кредитування та програми розвитку сільських територій [3].

В Україні вирощують такі овочі (частка вирощування кожної з них показана на рисунку 1.1): капуста (білокачанна, червонокачанна, цвітна, броколі, брюссельська); коренеплоди (картопля, морква, буряк); цибуля; часник; помідори; огірки; перець; баклажани; бобові; салат.

Вище перераховані овочі добре адаптовані до українського клімату та ґрунту, мають стійкість до багатьох хвороб і шкідників. Їх вирощування не потребує значних затрат та спеціальних знань.

Особливе місце серед овочів у раціоні українців посідає картопля. Картопля є одним з найпопулярніших овочів не тільки в Україні, а й у світі. В Україні вона є одним з основних продуктів харчування, тому що її можна готувати багатьма різними способами: варити, смажити, пекти, тушкувати,

запекати, робити пюре, тощо. Вона також містить антиоксиданти, які можуть захищати від деяких хронічних захворювань. Ці фактори роблять її одним із основних овочів в раціоні людини, що збільшує попит на його вирощування [5].

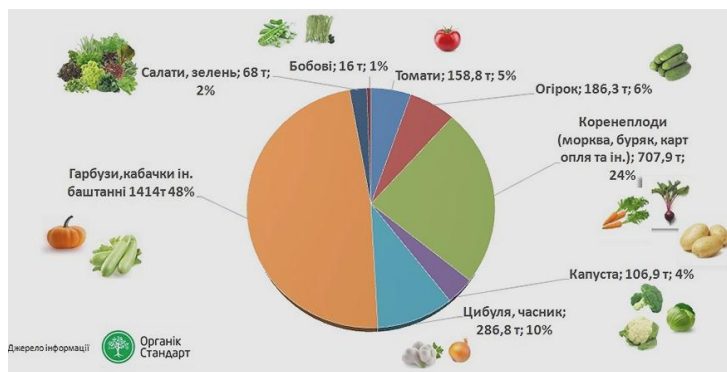


Рисунок 1.1 – Частка вирощування овочів в Україні [4]

В загальному вирощування картоплі не є складним, так як Україна має сприятливий клімат для вирощування. Найкраще вона росте при помірній температурі (18-20°C) та достатній кількості опадів (400-600 мм на рік). Невибагливою вона є і до ґрунтів – для вирощування картоплі підходять різні типи ґрунтів, але найкращими вважаються легкі суглинки та супіщані ґрунти з нейтральною або слабнокислою реакцією [6].

До шкідників картоплі відносяться колорадський жук, дротяники, павутинний кліщ, нематода [7].

Колорадський жук – жук з яскраво-жовтими надкрилами та чорними смужками є справжнім лихом для картопляних полів. Його личинки, товсті та червоно-оранжеві, здатні об'їдати листя картоплі дочиста, залишаючи лише голі стебла.

Дротяники – довгі, тонкі личинки жуків-коваликів живуть у ґрунті і шкодять бульбам картоплі, роблячи в них ходи. Їх тверде тіло робить їх стійкими до багатьох методів боротьби.

Для захисту картоплі від шкідників використовують комплексний підхід, який включає: сівозміну, глибоку оранку, прополку, збирання та знищення

шкідників, використання інсектицидів, акарицидів, нематоцидів, використання біологічних препаратів, ентомофагів [8].

Окрім шкідників, картоплю вражають різного роду захворювання. Захворювання картоплі є важливою проблемою для аграрного сектору, адже захворювання впливають на картоплю, що призводить до зменшення врожайності та погіршення якості врожаю. Для контролю та запобігання захворюванням картоплі, важливо використовувати сорти зі стійкістю до хвороб, дотримуватися відповідних агротехнічних заходів, вживати профілактичні обробки та вчасно виявляти та ізолювати заражені рослини. Під час вегетації картоплі та її зберігання можуть виникати різноманітні хвороби [9].

Захворювання картоплі можна поділити на деякі групи за різними ознаками. За типом збудника [10]:

- грибкові: фітофтороз, парша, ризоктоніоз, вертицильозне в'янення, фузаріоз;

- бактеріальні: чорна ніжка, кільцева гниль, мокра гниль;

- вірусні: вірусне скручування листя, мозаїка, веретеноподібність бульб.

За місцем локалізації:

- хвороби листя: фітофтороз, альтернаріоз, макроспоріоз;

- хвороби стебел: чорна ніжка, фомоз;

- хвороби бульб: парша, ризоктоніоз, фомоз, кільцева гниль, мокра гниль, фітофтороз.

За характером ураження:

- гнилі: мокра гниль, кільцева гниль, фузаріозна гниль;

- некрози: чорна ніжка, фомоз;

- плямистості: фітофтороз, альтернаріоз, макроспоріоз;

- деформації: парша, ризоктоніоз.

За ступенем шкодочинності:

- дуже шкідливі: фітофтороз, чорна ніжка, кільцева гниль;

- шкідливі: парша, ризоктоніоз, фомоз;

- слабо шкідливі: альтернаріоз, макроспоріоз.

Парша звичайна (*Alternaria solani*) – це хвороба картоплі, яка викликається грибом *Alternaria solani*. Ця хвороба може значно впливати на врожай картоплі, особливо при несприятливих умовах, таких як висока вологість та тепло [11].

Перші ознаки з'являються на нижніх листках у вигляді невеликих жовтих або буро-жовтих плям. Поступово ці плями розширюються та стають темно-коричневими з чорними краями. У середині плям можуть з'явитися білі або жовті центральні зони. Парша також може впливати на стебло та плоди. На стеблах формуються темні плями, а плоди можуть бути поразені, що призводить до їх втрати. При сприятливих умовах для гриба, таких як висока вологість та тепло, хвороба може швидко поширюватися в полі.

Суха гниль на картоплі – це хвороба, яка викликана грибом *Fusarium solani* або *Fusarium dry rot*. Це захворювання може призвести до значних втрат як під час зберігання, так і під час вегетації картоплі. Назва "суха гниль" походить від того, що хвороба призводить до формування сухих, глибоких поглиблень або гнилі усередині картоплі [12].

Симптоми під час зберігання проявляються починаючи зі шкірки, на ній формуються темні плями або западини. Ці глибокі поглиблення можуть простягатися глибоко всередину картоплі, призводячи до зменшення якості та терміну зберігання. Під час вегетації на рослинах схоже на загнивання кореневої системи, зменшення росту та жовтіння листя.

Рожева гниль, або фомоз – це грибкове захворювання, яке вражає бульби та стебла картоплі. Збудником захворювання є гриб *Fusarium oxysporum* f. sp. *tuberosi*.

На бульбах рожева гниль проявляється у вигляді м'яких, водянистих плям рожевого або бурого кольору. З часом плями розростаються, гниль стає сухою, пухкою, з білим нальотом. На стеблах рожева гниль проявляється у вигляді бурих плям, які з часом зливаються. Стебла можуть стати ламкими і загинути.

Чорна ніжка – це бактеріальне захворювання, яке вражає стебла та бульби картоплі. Збудником захворювання є бактерія *Dickeya solani* (раніше *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*) [14].

На стеблах чорна ніжка проявляється у вигляді потемніння та мокнути основи стебла. З часом стебла чорніють, загнивають і ламаються. На бульбах чорна ніжка може проявлятися у вигляді бурих плям, які з часом розростаються, а також у вигляді мокрої гнилі.

Чорна парша картоплі (*Rhizoctonia solani*) – грибкове захворювання, яке вражає бульби та пагони картоплі. Це поширена проблема в картоплярстві, яка може призвести до значних економічних втрат [15].

Діагностика захворювань картоплі є важливою для ефективного лікування та профілактики. Для діагностики використовуються наступні підходи [16]:

- лабораторні дослідження;
- консультація фахівців;
- візуальний огляд.

Лабораторні дослідження картоплі на предмет захворювань включають збір проб з різних ділянок поля на різних стадіях росту рослин. Проводять мікробіологічні, хімічні та генетичні аналізи для виявлення патогенних мікроорганізмів, токсинів та генетичних відхилень. Зібрані дані служать для ідентифікації захворювань, визначення їх поширення та розробки рекомендацій щодо подальшого управління та заходів для збереження врожаю та попередження поширення захворювань.

Візуальний огляд картоплі є швидким та ефективним методом діагностики захворювань рослин. Під час огляду фахівець аналізує зовнішній вигляд рослин, спостерігає за наявністю симптомів, таких як плями, гниль, висушування листків чи пухирці. Цей метод дозволяє оперативно виявляти ознаки захворювань та приймати швидкі рішення щодо подальших заходів контролю та захисту врожаю. Візуальний огляд картоплі є першим кроком у

визначенні стану рослин та вжитті необхідних заходів для збереження їхнього здоров'я та максимізації урожаю.

Для візуальної діагностики захворювань картоплі можна використовувати різноманітні засоби інформаційних технологій, що допомагають у зборі, обробці та аналізі візуальної інформації.

Візуальна діагностика захворювань картоплі може бути значно полегшена за допомогою різноманітних засобів інформаційних технологій. Мобільні додатки дозволяють фермерам зафіксувати та відправляти фотографії симптомів захворювань для аналізу. Штучний інтелект та машинне навчання використовуються для автоматизованого виявлення симптомів на зображеннях, а дрони можуть здійснювати повітряні зйомки полів для отримання обширної візуальної інформації [10].

Отже, інноваційні підходи сприяють швидкій та ефективній діагностиці захворювань, що дозволяє фермерам вчасно реагувати та впроваджувати ефективні стратегії контролю та захисту врожаю картоплі.

1.2 Огляд теоретичних підходів до розв'язку задачі виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображенням

Використання засобів інформаційних технологій в діагностиці захворювань плодів картоплі є актуальним та важливим напрямком для аграрної промисловості. Дані, зібрані за допомогою дронів та геоінформаційних систем, дозволяють проводити аналіз на великій площі, визначати розподіл захворювань та розробляти цільові стратегії боротьби. Такі технології не лише забезпечують ефективний моніторинг здоров'я рослин, але й допомагають підвищувати продуктивність та знижувати втрати врожаю шляхом швидкого реагування на захворювання та вчасного впровадження заходів з рослинного захисту. Такий підхід сприяє стійкості сільськогосподарського виробництва та забезпечує сталість урожаїв [17].

Машинне навчання (Machine Learning) – розробка алгоритмів та моделей, які дають комп'ютерам можливість вчитися з даних та вдосконалювати свою продуктивність без явного програмування [18].

Нейронні мережі входять до складу машинного навчання і є основою для алгоритмів глибокого навчання. Вони організовані у вигляді шарів вузлів, включаючи вхідний рівень, один чи кілька прихованих шарів і вихідний рівень. Кожен вузол взаємодіє з іншим, маючи свою вагу та поріг. Якщо вихід будь-якого вузла перевищує встановлене порогове значення, цей вузол активується, передаючи дані на наступний рівень мережі. В іншому випадку дані не переходять на наступний рівень мережі [19].

Існує різноманіття типів нейронних мереж, які застосовуються у різних сферах та для різних видів даних. Наприклад, рекурентні нейронні мережі часто використовуються для обробки природної мови та розпізнавання мовлення, у той час як згорткові нейронні мережі (ConvNets) частіше використовуються для завдань класифікації та комп'ютерного зору. Раніше для ідентифікації об'єктів на зображеннях використовувалися ручні та трудомісткі методи виділення ознак. Проте згорткові нейронні мережі тепер пропонують більш масштабований підхід до завдань класифікації зображень і розпізнавання об'єктів, використовуючи принципи лінійної алгебри, зокрема множення матриць, для виявлення шаблонів на зображенні. Незважаючи на це, вони можуть виявитися вимогливими до обчислень та потребувати використання графічних процесорів (GPU) під час навчання моделей [20].

Нейромережевий підхід до виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями використовує технології штучного інтелекту для створення моделей, які автоматично розпізнають симптоми захворювань на зображеннях. Для вирішення цієї задачі варто використовувати згорткові нейронні мережі.

Згорткові нейронні мережі використовуються для розпізнавання зображень та вирішення завдань комп'ютерного зору. Комп'ютерний зір представляє собою галузь штучного інтелекту, яка дозволяє комп'ютерам та системам отримувати суттєву інформацію з цифрових зображень, відео та інших

візуальних вхідних даних, а на основі цих даних вживати необхідні заходи. Ця здатність надавати рекомендації відрізняє її від завдань розпізнавання зображень [20].

Використання згорткових нейронних мереж для виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями є обґрунтованим та перспективним підходом. Ці мережі дозволяють ефективно обробляти великі обсяги даних, автоматично витягуючи значущі ознаки та забезпечуючи узагальнення навчальних знань до нових зображень. Їхня здатність працювати з локальною інформацією, стійкість до змін та можливості узагальнення роблять їх ефективними інструментами для раннього та точного виявлення захворювань, що допомагає фермерам вчасно вживати заходів з рослинного захисту та забезпечує стійкість урожаю.

1.3 Аналіз існуючих програмних рішень

В сільському господарстві використовуються різноманітні застосунки для покращення ефективності управління фермами, збільшення врожаю, виявлення хвороб та шкідників, а також для забезпечення докладного моніторингу різних аспектів вирощування рослин та утримання тварин. Зазвичай їх можна поділити на кілька категорій [21].

Діагностика захворювань рослин та тварин – застосунки, які використовують алгоритми машинного навчання для виявлення хвороб, шкідників та стресів у рослинах. Вони забезпечують раннє виявлення проблем та надають рекомендації щодо лікування [22].

На сьогоднішній день немає застосунків, які б діагностували захворювання за фотозображеннями плодів картоплі, проте є такі, що здійснюють діагностику за фотозображеннями листя, пагонів рослини. Такі застосунки здійснюють діагностику не тільки для картоплі, а й для інших рослин. Далі наведено та розглянуто детальніше деякі з них.

Plantix – це застосунок для мобільних пристроїв, який використовує технології розпізнавання зображень та штучного інтелекту для виявлення захворювань та шкідників у рослинах (рисунок 1.2). Цей застосунок став популярним інструментом для фермерів, садівників та агрономів, допомагаючи їм швидко визначати стан рослин та вживати відповідні заходи [23].

Користувачі можуть завантажити фотографії рослин, і Plantix аналізує ці дані, порівнюючи їх із великою базою даних про рослини та їх хвороби. Після розпізнавання захворювань чи шкідників, Plantix надає користувачам рекомендації щодо лікування та заходів контролю, щоб покращити стан рослин.

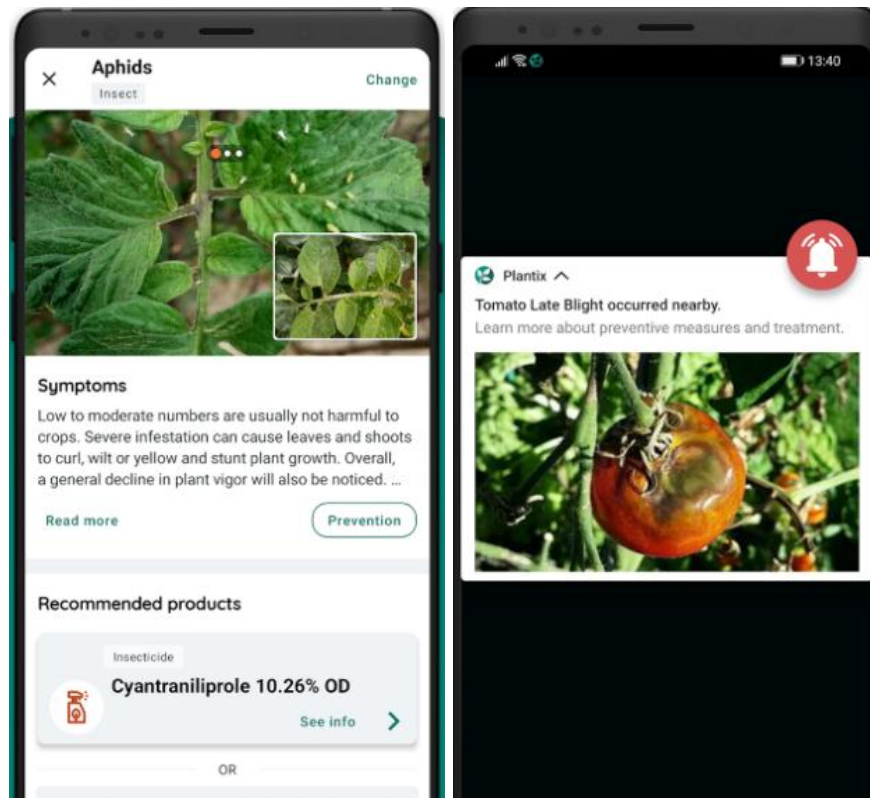


Рисунок 1.2 – Застосунок Plantix [23]

Plant Disease Diagnosis – це мобільний додаток, який допомагає користувачам діагностувати хвороби рослин. Він використовує штучний інтелект та машинне навчання для аналізу фотографій та симптомів, щоб визначити ймовірну причину проблеми. Додаток доступний безкоштовно на Android та iOS (рисунок 1.3) [24].

Для уточнення діагнозу необхідно обрати симптоми, які видно на рослині, щоб звужити коло можливих причин. Застосунок надає інформацію про різні хвороби рослин, включаючи їх симптоми, причини, а також рекомендує методи лікування та профілактики хвороб.



Рисунок 1.3 – Застосунок Plant Disease Diagnosis [24]

AI plant doctor – це застосунок, який допомагає визначати та лікувати хвороби та шкідників рослин за допомогою штучного інтелекту (рисунок 1.4). Застосунок створений компанією BOM Software у співпраці з науковцями CABi, які працюють у Південно-Східній Азії [25].

Цей застосунок дозволяє визначати та лікувати хвороби та шкідників рослин за допомогою штучного інтелекту. Він використовує технологію глибокого навчання для аналізу фотографій рослин, які користувач завантажує в застосунок. Застосунок порівнює фотографії з базою даних, яка містить понад 500 видів хвороб та шкідників, і надає діагноз та рекомендації щодо лікування.

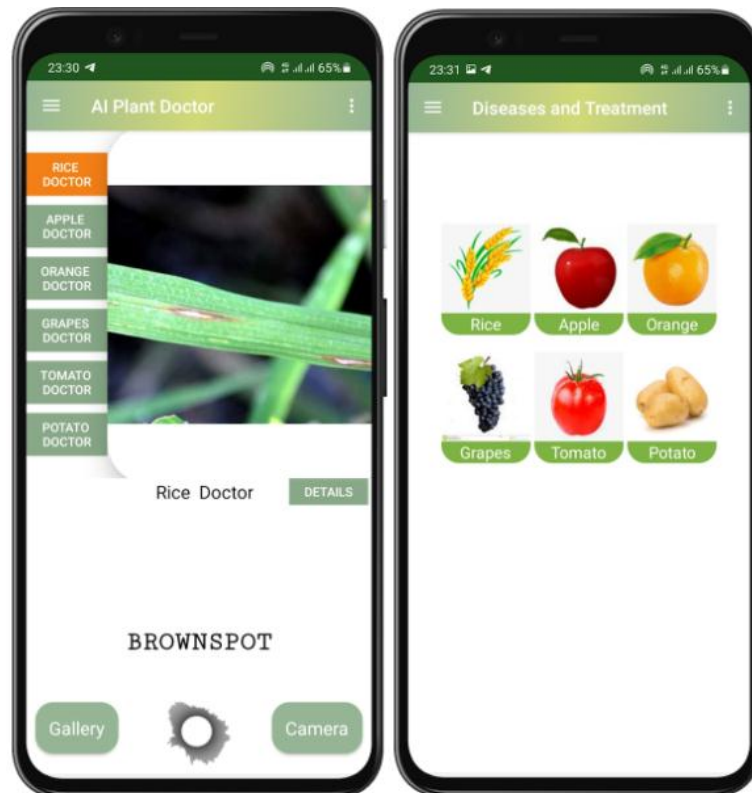


Рисунок 1.4 – Застосунок AI plant doctor [25]

Отож, візуальний огляд картоплі є швидким та ефективним методом діагностики захворювань рослин. З огляду існуючих програмних рішень було зроблено висновок, що розробка застосунку для діагностики захворювань плодів картоплі за фотозображеннями є актуальною та перспективною. Розглянуті застосунки для діагностики хвороб рослин мають свої недоліки, такі як не завжди точна діагностика та необхідність підключення до інтернету. Також вони не діагностують захворювання плодів картоплі за їх фотозображеннями, проводячи діагностику лише за фотозображеннями листя та пагонів рослини.

1.4 Мета, задачі та вимоги до реалізації інформаційної системи

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в спрощенні виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях. Мета передбачає розробку методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та відповідного програмного забезпечення, яке буде використовувати розроблений метод.

Для досягнення поставленої мети слід виконати такі задачі:

- виконати аналіз предметної області виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями;
- виконати огляд теоретичних підходів щодо можливості виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та обрати підхід для подальшої реалізації;
- виконати огляд існуючих програмних рішень;
- створити метод неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описати його кроки;
- спроектувати інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображенням для реалізації створеного методу;
- створити програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи;
- виконати тестування створеного програмного застосунку;
- виконати дослідження ефективності методу неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями на основі інформаційної системи діагностування захворювань плодів картоплі.

Розділ 2 Розробка методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

2.1 Схеми методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі

Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями призначений для перетворення вхідних даних у вигляді фотозображення плодів картоплі та натренованої нейромережі ResNet50 у вихідні дані у вигляді імовірного захворювання плодів картоплі та рекомендації щодо боротьби з ідентифікованим захворюванням. Схеми методу наведена на рисунку 2.1. Вхідними даними методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями є фотозображення плодів картоплі та попередньо натренована нейромережа ResNet50.

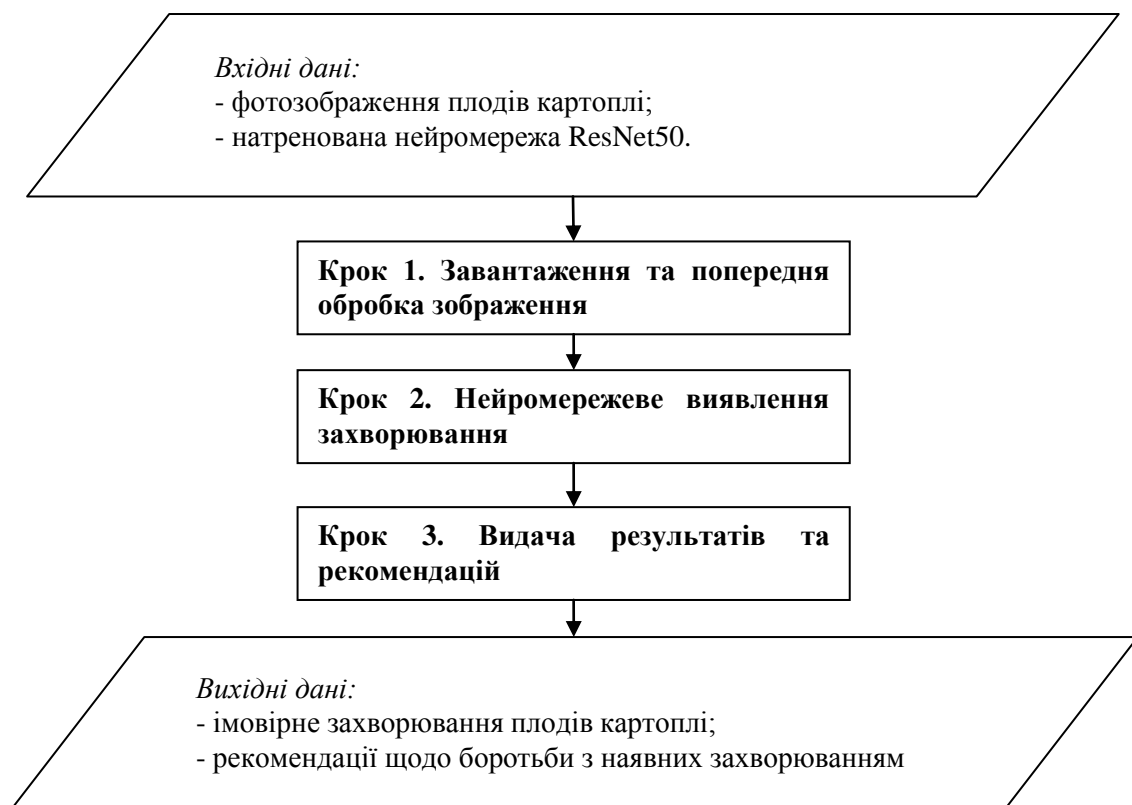


Рисунок 2.1 – Схеми методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Метод працює у три основні кроки, першим з яких є завантаження та попередня обробка зображення. Зображення для подальшого опрацювання неймережею проходить етап масштабування до розміру 224 на 224 пікселів.

Другим кроком є неймережеве виявлення захворювання, для цього попередньо оброблене зображення подається на вхід неймережі ResNet50, яка і проводить етап класифікації.

Третім кроком є видача результатів та рекомендацій за неймережевою оцінкою наявного захворювання. Для найбільш вірогідного захворювання користувачу будуть надані рекомендації по усуненню та шляхам покращення результату.

Вихідними даними методу є імовірне захворювання плодів картоплі та рекомендації щодо боротьби з наявних захворюванням.

Отже, було розроблено та описано основні кроки методу неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, що призначений для автоматизованого виявлення уражень та надання рекомендацій щодо боротьби з виявленим захворюванням за фотозображенням плодів картоплі.

2.2 Функціональна структура інформаційної системи

Інформаційна система виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями складатиметься із двох модулів, бази даних та навченої неймережевої моделі для визначення захворювання за вхідним зображенням. Схема взаємозв'язку модулів наведена на рисунку 2.2.

Модуль для роботи із базою даних виконуватиме наступні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;
- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД.

Цей функціонал дозволить користувачеві в повній мірі ознайомитись із вмістом датасету та додавати нові зображення й дані про плоди картоплі.

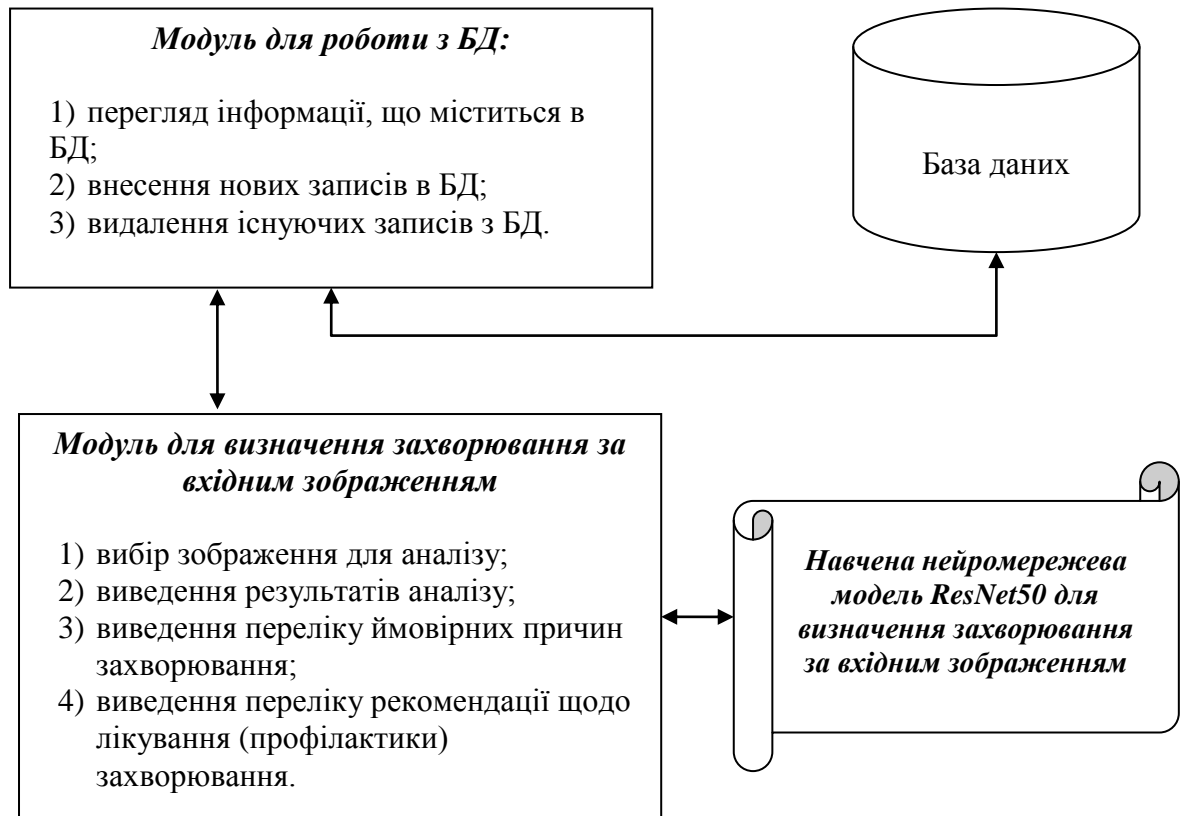


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії модулів інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Модуль для визначення захворювання за вхідним зображенням призначений для взаємодії користувача із неймережевою моделлю та визначенням ймовірної хвороби плоду картоплі за зображенням. Зокрема, в підсистемі реалізовані наступні функції:

- вибір зображення для аналізу;
- виведення результатів аналізу;
- виведення переліку ймовірних причин захворювання;
- виведення переліку рекомендації щодо лікування (профілактики) захворювання.

Отже, таким чином описано основний функціонал та наведено структуру інформаційної системи неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, яка реалізовує однойменний метод, що призначений для перетворення вхідних даних у форматі фотозображення плодів

картоплі та натренованої неймережі ResNet50 у вихідні дані у форматі імовірного захворювання плодів картоплі та рекомендації щодо боротьби з ідентифікованим захворюванням.

2.3 Проектування бази даних інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Важливою складовою будь-якого інформаційного застосунку є належно структурована база даних, яка відображає і зберігає інформацію, необхідну для його функціонування. На рисунку 2.3 наведено даталогічну модель бази даних застосунку на базі методу неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі на основі аналізу фотозображень.

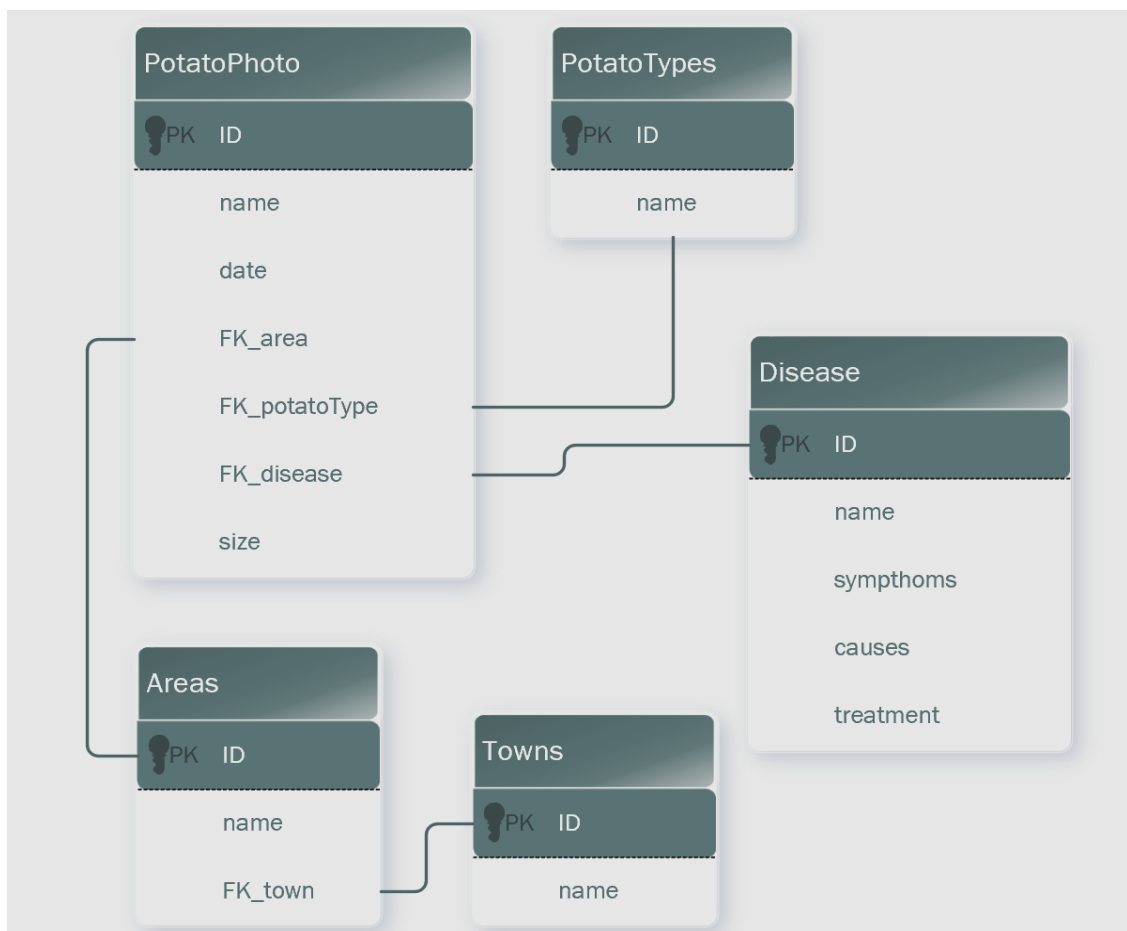


Рисунок 2.3 – Даталогічна модель бази даних для інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Таблиця «PotatoPhoto» (таблиця 2.1) зберігатиме дані про зображення плодів картоплі, а саме міститиме поля для назви фото, дати й часу зйомки, ділянки, на якій вирощували картоплю, сорт картоплі, діагностовану хворобу та розмірність зображення.

Таблиця 2.1 – Атрибути таблиці «PotatoPhoto»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ. Унікальний ідентифікатор фотозображення плодів картоплі
2.	name	varchar(255)	Назва файлу фотозображення
3.	date	datetime	Дата й час зйомки фото плодів картоплі
4.	FK_area	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Areas» для співставленням із відповідним записом про ділянку, на якій зростала картопля
5.	FK_potatoType	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «PotatoTypes» для співставленням із відповідним записом про сорт картоплі
6.	FK_disease	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Diseases» для співставленням із відповідним записом про хворобу плодів картоплі
7.	size	int	Розмірність фотозображення плодів картоплі

Таблиця «PotatoTypes» (таблиця 2.2) призначена для збереження назв сортів картоплі.

Таблиця 2.2 – Атрибути таблиці «PotatoTypes»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ. Унікальний ідентифікатор назви сорту картоплі
2.	name	varchar(255)	Назва сорту картоплі

Таблиця «Areas» (таблиця 2.3) призначена для збереження назв та координат ділянок, на яких вирощують картоплю.

Таблиця 2.3 – Атрибути таблиці «Areas»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ. Унікальний ідентифікатор земельної ділянки, на якій вирощується картопля
2.	name	varchar(255)	Назва сорту картоплі
3.	FK_Town	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Towns» для співставлення із відповідним записом про місто, в якому знаходиться ділянка

Таблиця «Towns» (таблиця 2.4) призначена для збереження назв міст, в яких знаходяться земельні ділянки.

Таблиця «Disease» (таблиця 2.5) призначена для збереження інформації щодо захворювань, що можуть бути діагностовані при дослідженні.

Таблиця 2.4 – Атрибути таблиці «Towns»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ. Унікальний ідентифікатор назви сорту картоплі
2.	name	varchar(255)	Назва міста

Таблиця 2.5 – Атрибути таблиці «PotatoPhoto»

№ п/п	Назва	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ. Унікальний ідентифікатор фотозображення плодів картоплі
2.	name	varchar(255)	Назва захворювання
3.	symptoms	text	Опис симптомів, що можуть зустрічатись при даному захворюванні
4.	causes	text	Опис причин, що можуть провокувати захворювання
5.	treatment	text	Опис рекомендацій щодо лікування при даному захворюванні

Таблиця містить поля для запису назви захворювання плодів картоплі, причин цього захворювання, симптомів та рекомендацій щодо лікування.

Створення БД для застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі на основі аналізу фотозображень, є важливим етапом у процесі розробки. Ця БД включає в себе дані про зображення картоплі, мітки класів захворювань, результати аналізу та інші важливі параметри. Створення структури БД відповідно до вимог застосунку дозволить забезпечити ефективно зберігання, організацію та швидкий доступ до даних, що є критичним для правильної роботи системи.

Таким чином, було реалізовано БД для інф інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, що дозволить ефективно та швидко отримувати доступ до необхідної інформації при роботі користувача із застосунком.

2.4 Підготовка робочих вхідних даних для інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі

У якості навчальних та валідаційних даних було використано набір даних, що було зібрано з численних веб-сайтів і перевірено Інститутом сільськогосподарських досліджень Бангладеш (BARI) [26]. Датасет можна вільно використовувати та посилатися на набір даних про хворобу картоплі у своєму власному дослідженні. Приклад зображень з захворюванням чорна гниль наведено на рисунку 2.4.

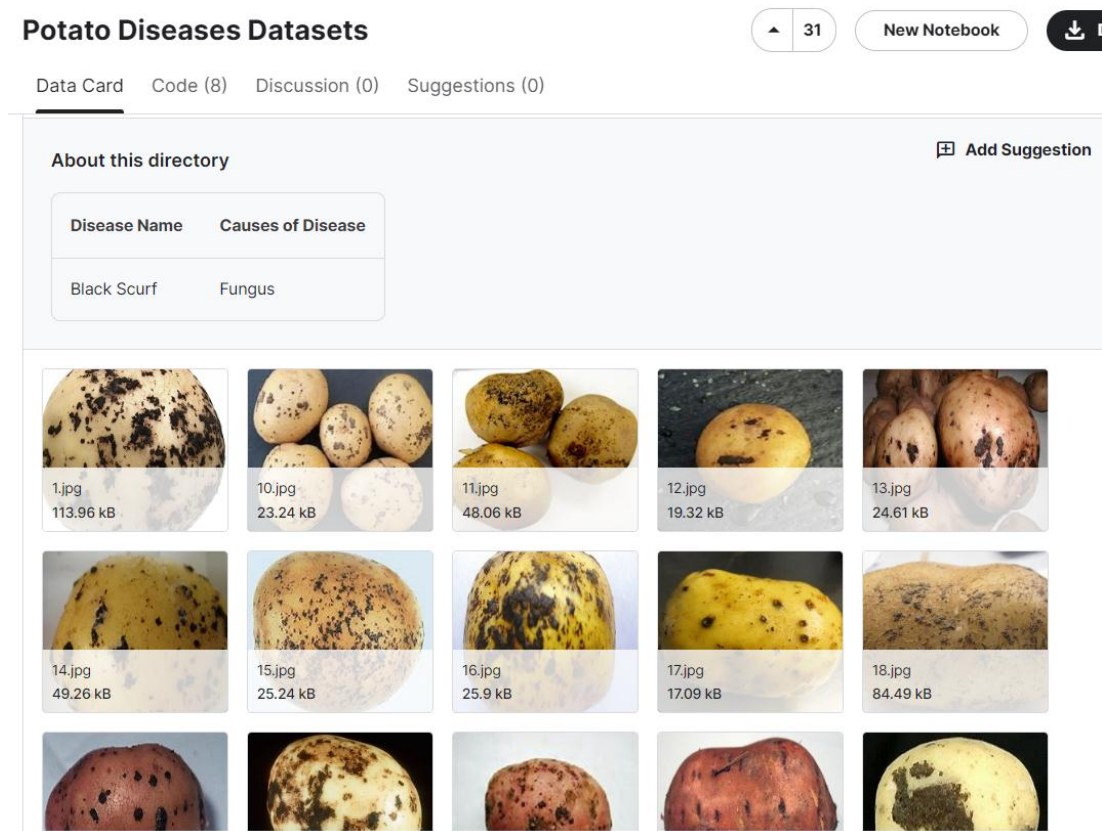


Рисунок 2.4 – Приклад зображень датасету захворюванням чорна гниль

Датасет «Potato Diseases Datasets» налічує 7 класів: чорна гниль (Black Scurf), в'ялена ніжка (Blackleg), звичайна парша (Common Scab), суха гниль (Dry Rot), здорова картопля (Healthy Potatoes), різне (Miscellaneous), рожева гниль (Pink Rot).

Приклад зображень датасету для класу в'ялена ніжка наведено на рисунку 2.5.

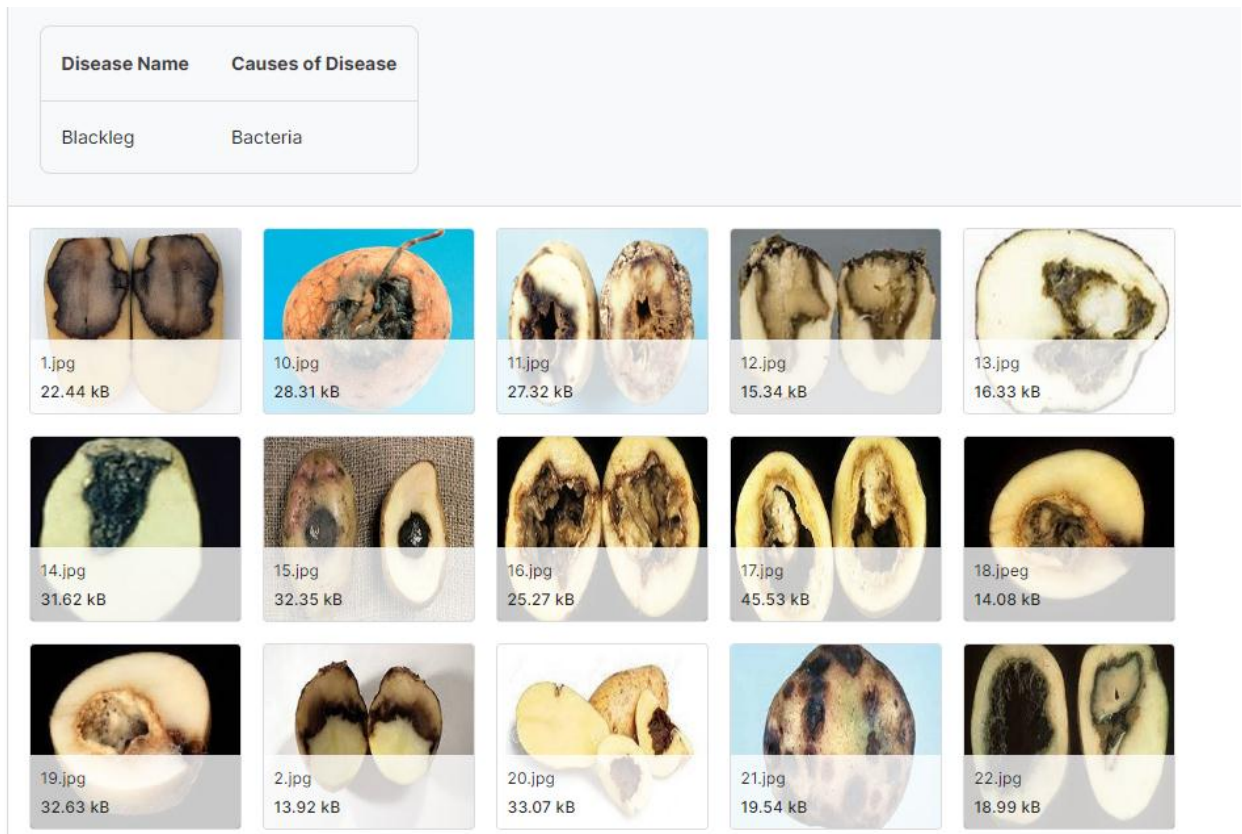


Рисунок 2.5 – Приклад зображень датасету захворюванням в'ялена ніжка

Приклад зображень датасету для класу звичайна парша наведено на рисунку 2.6.

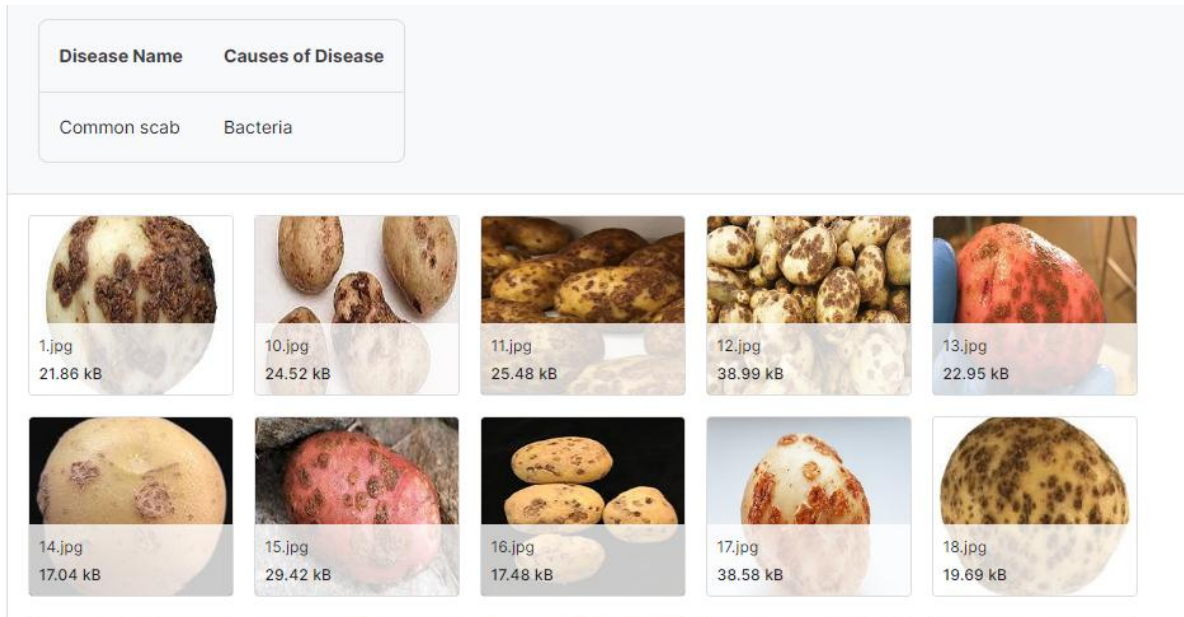


Рисунок 2.6 – Приклад зображень датасету захворюванням звичайна парша

Приклад зображень датасету для класу суха гниль наведено на рисунку 2.7.

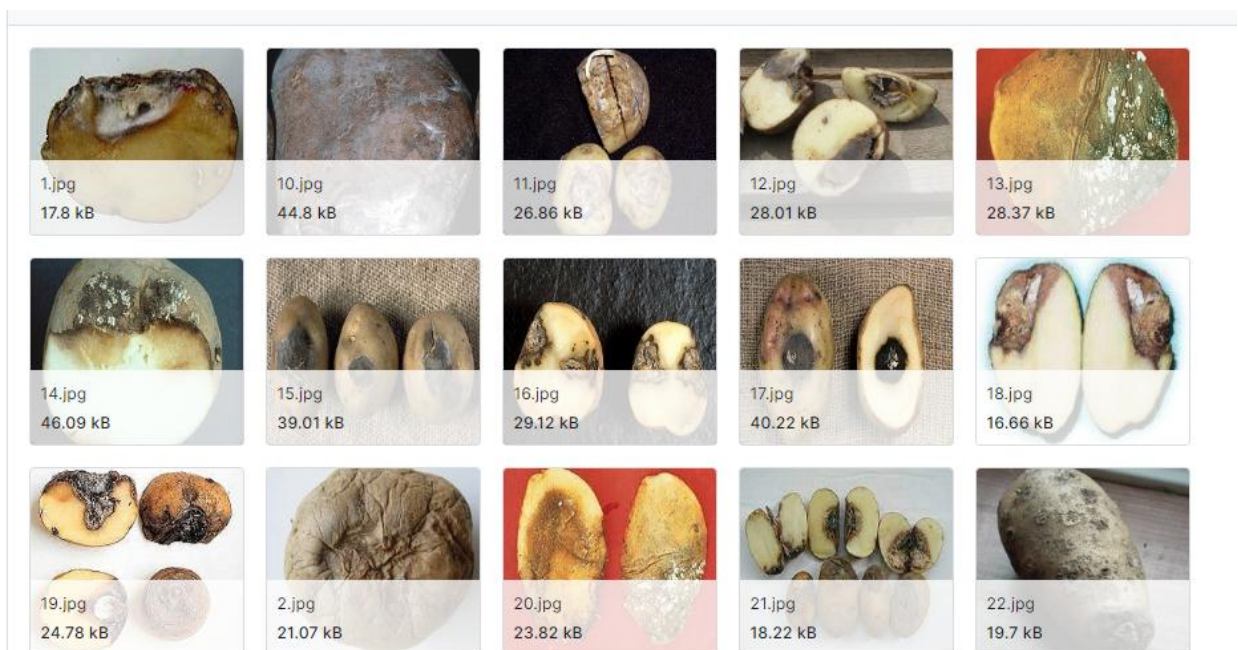


Рисунок 2.7 – Приклад зображень датасету захворюванням суха гниль

Приклад зображень датасету для класу здорова картопля наведено на рисунку 2.8.

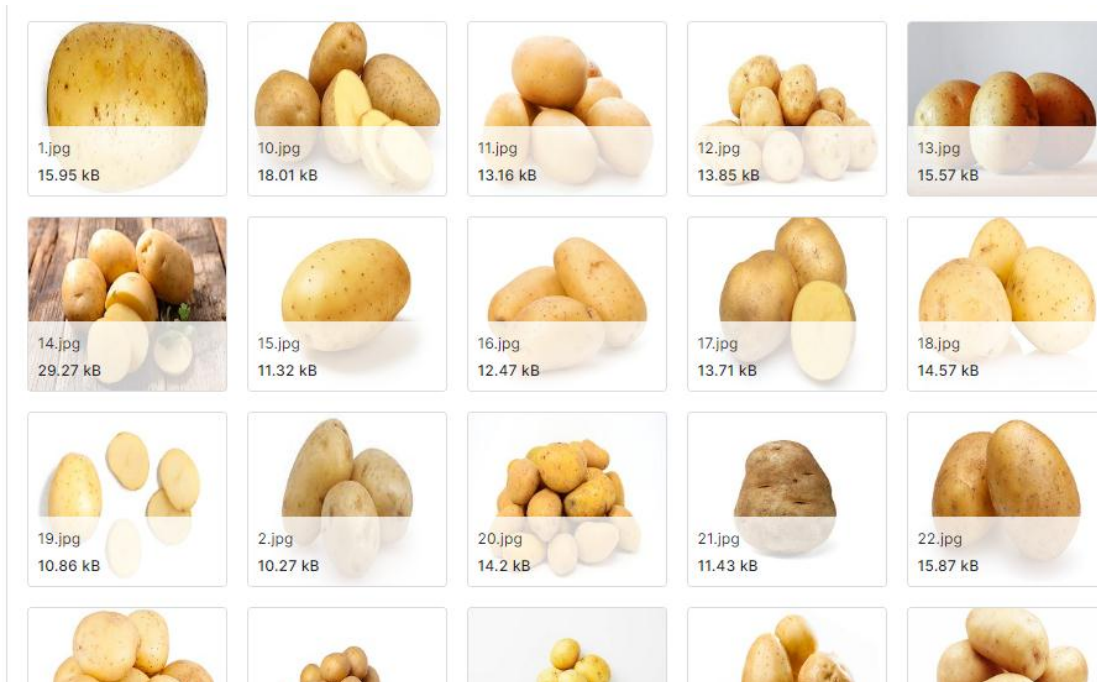


Рисунок 2.8 – Приклад зображень датасету класу здорова картопля

Приклад зображень датасету для класу різне наведено на рисунку 2.9.

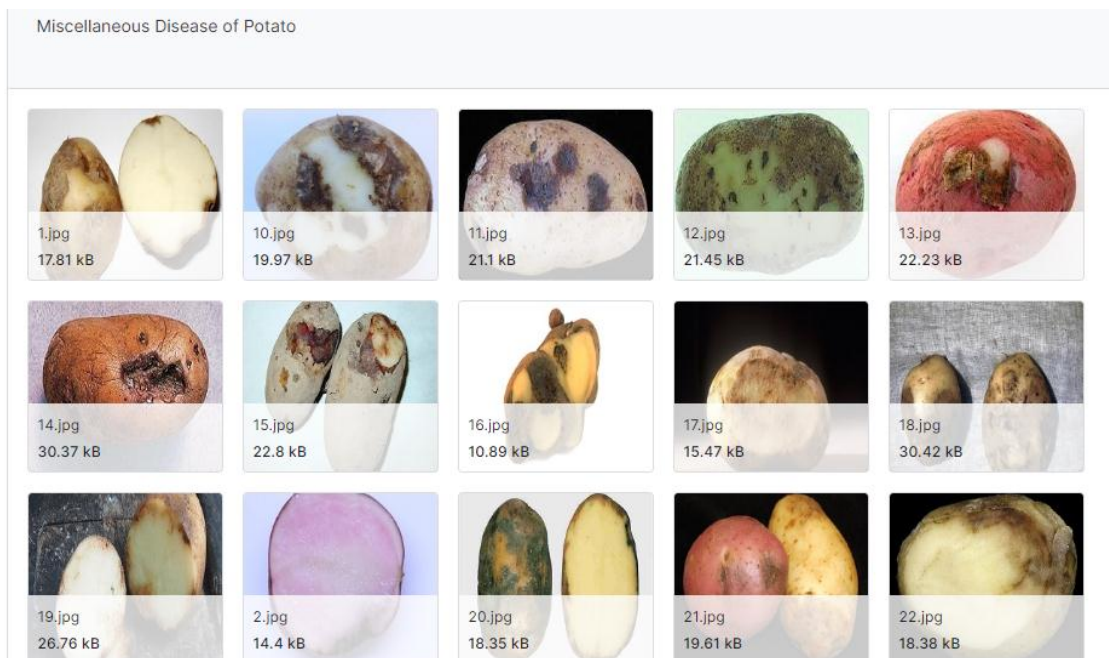


Рисунок 2.9 – Приклад зображень датасету захворюванням різне

Приклад зображень датасету для класу рожева гниль наведено на рисунку 2.10.

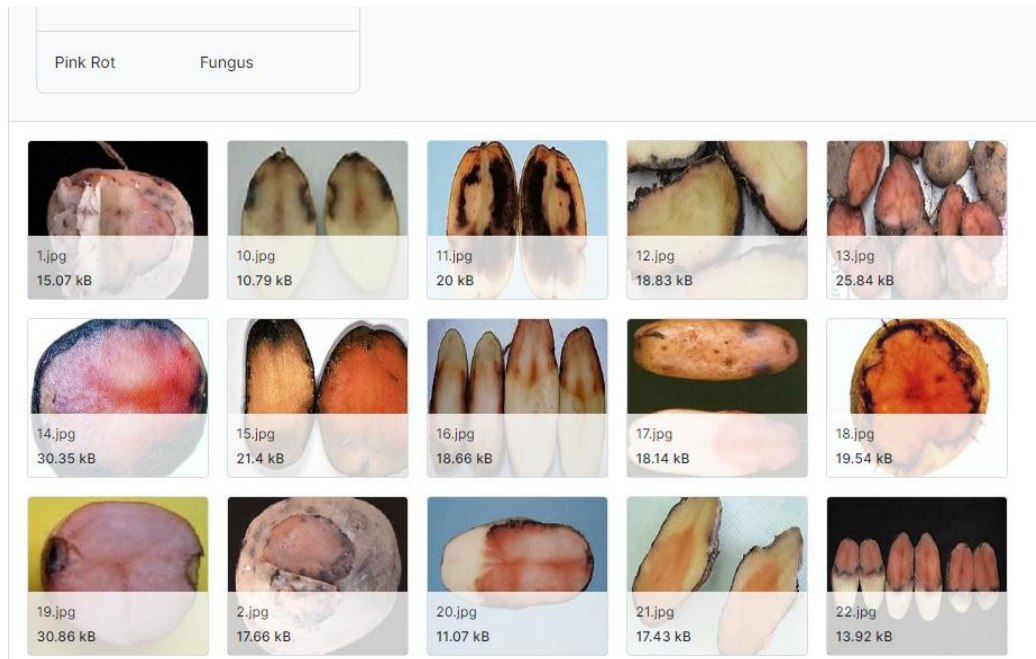


Рисунок 2.10 – Приклад зображень датасету захворюванням рожева гниль

Отже, датасет налічує 451 зображення картоплі, у такому розподілі: чорна гниль (58), в'ялена ніжка (60), звичайна парша (62), суха гниль (60), здорова картопля (80), різне (74), рожева гниль (57). Набір даних є збалансованим та буде використано для навчання неймережі ResNet50, яка призначена для автоматизованого виявлення захворювань картоплі за фотозображенням плодів.

2.5 Висновки до розділу 2

Під час виконання другого розділу було розроблено та описано основні кроки методу неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, що призначений для автоматизованого виявлення уражень та надання рекомендацій щодо боротьби з виявленим захворюванням за фотозображенням плодів картоплі.

Описано основний функціонал та наведено структуру інформаційної системи неймережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, яка реалізовує однойменний метод, що призначений для перетворення вхідних даних у форматі фотозображення плодів картоплі та

натренованої нейромережі ResNet50 у вихідні дані у форматі імовірного захворювання плодів картоплі та рекомендації щодо боротьби з ідентифікованим захворюванням.

Інформаційна система виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями буде виконувати такі основні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;
- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД;
- вибір зображення для аналізу;
- виведення результатів аналізу;
- виведення переліку ймовірних причин захворювання;
- виведення переліку рекомендації щодо лікування (профілактики)

захворювання.

Реалізовано базу даних для інформаційної системи на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі на основі аналізу фотозображень, що дозволить ефективно та швидко отримувати доступ до необхідної інформації при роботі користувача із застосунком.

Було обрано набір даних «Potato Diseases Datasets», який налічує 7 класів, та містить 451 зображення картоплі, у такому розподілі: чорна гниль (58), в'ялена ніжка (60), звичайна парша (62), суха гниль (60), здорова картопля (80), різне (74), рожева гниль (57). Набір даних є збалансованим та буде використано для навчання нейромережі ResNet50, яка призначена для автоматизованого виявлення захворювань картоплі за фотозображенням плодів.

За спроектованою функціональною структурою інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями в подальшому необхідно розробити застосунок, за допомогою якого буде досліджено ефективність розробленого методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Для доведення коректності результатів застосунок потрібно окремо функціонально дослідити й протестувати.

Розділ 3 Експериментальне дослідження методу на базі програмної реалізація інформаційної системи

3.1 Визначення шляхів дослідження та засобів створення інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі

Відповідно до поставленої мети, необхідно створити програмний віконний застосунок на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, що виконуватиме наступні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;
- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД;
- вибір зображення для аналізу;
- виведення результатів аналізу;
- виведення переліку ймовірних причин захворювання;
- виведення переліку рекомендації щодо лікування (профілактики)

захворювання.

Для перевірки правильності роботи методу необхідно перевірити її функціонал, а саме правильність визначення ймовірного захворювання плоду картоплі, а при проведенні навчання нейромережі необхідно дослідити та визначити оптимальне число епох навчання, точність, функцію втрат та побудувати матрицю сплутувань.

3.2 Вибір засобів розробки інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Для реалізації програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями необхідно обрати засоби для розробки, що забезпечать правильне навчання нейромережевої моделі та реалізацію зручного та зрозумілого інтерфейсу. Для написання програмного коду для навчання нейромережі було обрано мову програмування Python.

Python – це високорівнева мова програмування, яка набула широкої популярності завдяки своїй простоті, ефективності та розширюваності. Вона має чистий та лаконічний синтаксис, що робить її дуже привабливою для початківців, а також для досвідчених програмістів [27]. Однією з головних переваг Python є його читабельність, що дозволяє легко розуміти код навіть людям, які з ним тільки починають працювати.

Python (рисунок 3.1) має величезне співтовариство користувачів та активну екосистему бібліотек і фреймворків, що забезпечують широкі можливості для розвитку різноманітних проектів. Ця мова підтримує різні парадигми програмування, включаючи процедурне, об'єктно-орієнтоване, функціональне програмування та інші, що робить її універсальним інструментом для вирішення різноманітних задач.



Рисунок 3.1 – Логотип мови програмування Python [28]

У контексті нейромереж Python має ряд переваг, наприклад доступ до ряду потужних бібліотек для машинного навчання та глибокого навчання, таких як TensorFlow, PyTorch, Keras, scikit-learn та інших. Ці бібліотеки дозволяють легко створювати, навчати та застосовувати різноманітні типи нейромереж для вирішення завдань у галузі штучного інтелекту, комп'ютерного зору, обробки природної мови та інших областях.

Загалом, Python є потужним інструментом для розробки нейромереж та виконання експериментів у галузі штучного інтелекту та машинного навчання, завдяки своїй простоті, гнучкості та великому співтовариству користувачів.

Для написання програмного коду навчання нейромережевої моделі було обрано мову програмування Python, а середовище розробки – PyCharm, інтегроване

середовище розробки (IDE) для мови програмування Python, розроблене компанією JetBrains [29]. Його функціональність охоплює широкий спектр інструментів, спрямованих на полегшення розробки програмного забезпечення на Python, включаючи проекти нейромереж.

PyCharm (рисунок 3.2) пропонує інтеграцію з важливими бібліотеками машинного навчання, такими як TensorFlow, PyTorch, Keras, та scikit-learn. Це робить розробку нейромереж більш зручною та ефективною.

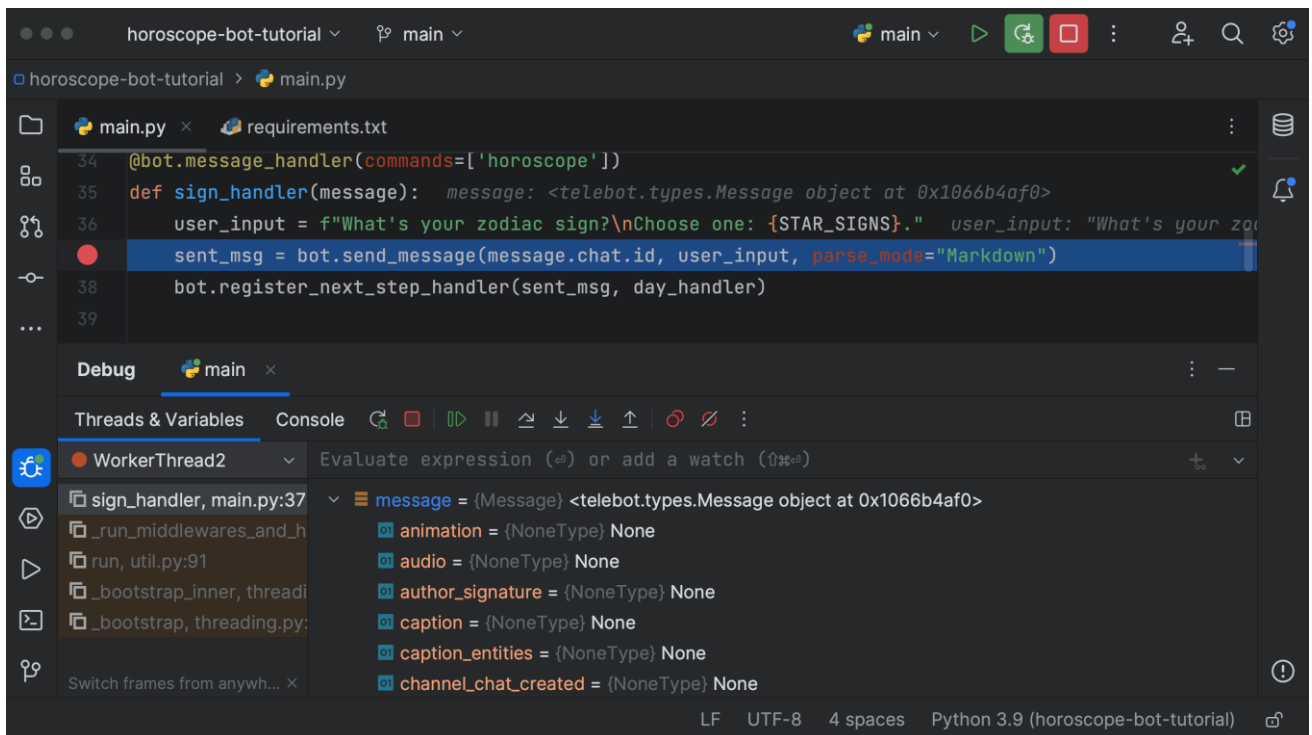


Рисунок 3.2 – Інтерфейс середовища розробки PyCharm [30]

Іншою перевагою PyCharm є його інтеграція з системами керування версіями, такими як Git, що дозволяє зручно вести роботу з кодом, стежити за змінами та спільно працювати над проектами.

Крім того, PyCharm має розуміння синтаксису Python та здатність до виявлення помилок та надання порад з рефакторингу коду, що допомагає покращити продуктивність та якість програмного забезпечення. Інтеграція візуалізації даних допомагає в аналізі результатів роботи нейромереж та візуалізації даних.

Отже, PyCharm є потужним інструментом для розробки нейромереж та навчання машинного навчання завдяки своїм функціональним можливостям, інтеграції з ключовими бібліотеками та зручному інтерфейсу користувача.

Після проведення навчання нейромережі та її збереження, для створення інтерфейсу було обрано MS Visual Studio, а саме Windows Forms.

MS Visual Studio – це інтегроване середовище розробки (IDE) від Microsoft, що дозволяє створювати різноманітні програмні продукти на різних мовах програмування, включаючи C++, C#, Visual Basic та інші.

Це середовище наділене великим набором інструментів для розробки інтерфейсів, включаючи редактори дизайну, інструменти для роботи з графікою та компонентами інтерфейсу користувача (рисунок 3.3). Крім того, MS Visual Studio підтримує різні платформи, включаючи Windows, Android, iOS та веб-платформи [31].

Важливою перевагою є наявність шаблонів проектів, що дозволяють швидко створювати стандартні типи інтерфейсів та додатків. Також MS Visual Studio легко інтегрується з іншими сервісами, такими як Azure, що дозволяє розгорнути та тестувати додатки безпосередньо з IDE.

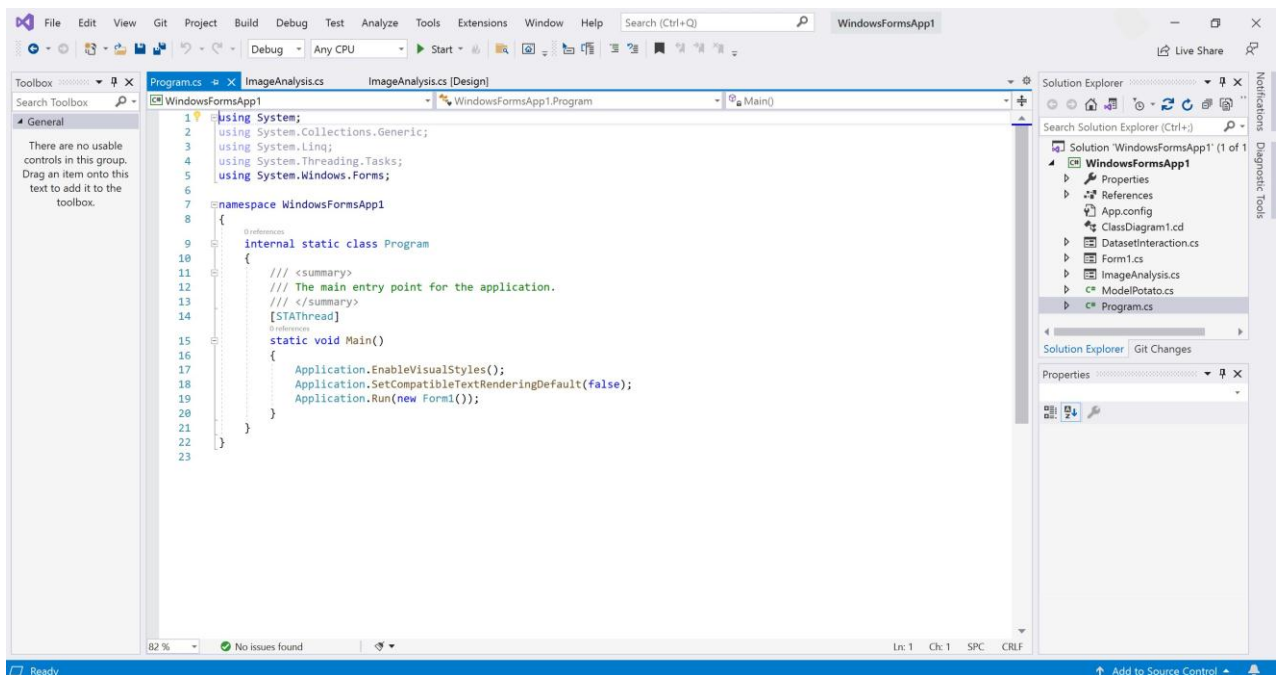


Рисунок 3.3 – Інтерфейс середовища розробки MS Visual Studio [32]

Також при роботі над програмним застосунком було створено базу даних для збереження і взаємодії із необхідною інформацією. Для реалізації БД було обрано MS SQL Server (рисунок 3.4), що є потужною реляційною системою управління базами даних (RDBMS), яка надає надійний та ефективний механізм для зберігання, управління та доступу до даних. Однією з головних переваг MS SQL Server є його надійність та безпека. Вона надає широкий спектр засобів для забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, включаючи механізми автентифікації, авторизації та захисту даних [33].

Ще однією ключовою перевагою MS SQL Server є його швидкодія та продуктивність. Він має оптимізований двигун обробки запитів, що дозволяє забезпечувати швидкий доступ до даних та оптимізувати роботу з базою даних. Це особливо важливо в сучасних умовах, коли швидкість доступу до даних визначає конкурентоспроможність бізнесу.

Крім того, MS SQL Server надає розширені можливості для аналізу даних, звітності та бізнес-інтелекту. Він має інструменти для створення складних запитів, OLAP-кубів, звітів та інших аналітичних відомостей, що дозволяють здійснювати глибокий аналіз та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

MS SQL Server є важливим інструментом для будь-якої організації, яка працює з великим обсягом даних. Його надійність, продуктивність та розширені можливості аналізу даних роблять його чудовим вибором для створення та управління базами даних будь-якої складності.



Рисунок 3.4 – Логотип MS SQL Server [34]

Таким чином, для реалізації програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями було визначено комплекс засобів для розробки, а саме мову програмування Python для проведення навчання нейромережевої моделі та середовище розробки PyCharm, в якості середовища для реалізації інтерфейсу користувача MS Visual Studio та Microsoft SQL Server для створення та взаємодії із базою даних.

3.3 Структура та функціональне призначення програмних складових системи

Задачі кваліфікаційної роботи бакалавра передбачають реалізацію програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Реалізація програмного застосунку починається з проєктування структури та визначення функціонального призначення складових. На рисунку 3.5 наведено діаграму класів програмного застосунку.

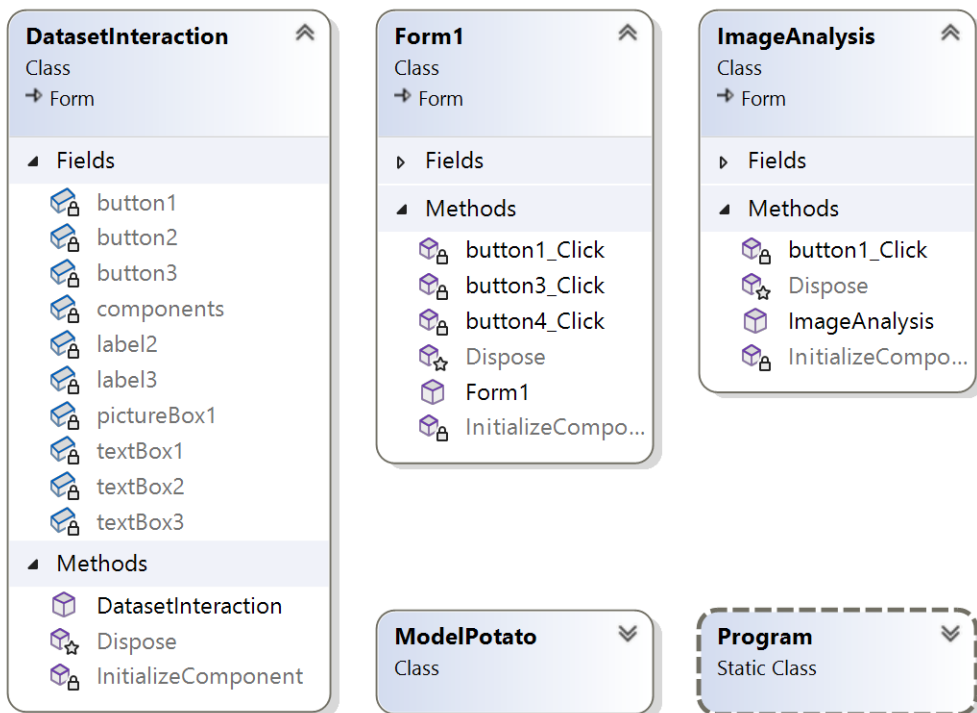


Рисунок 3.5 – Діаграма класів інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Для перегляду ймовірних причин захворювання та рекомендацій щодо лікування, попередньо, до бази даних було додано необхідну інформацію, приклад структуризації інформації наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Подання інформації щодо захворювання плодів картоплі

№	Назва захворювання	Причини захворювання	Рекомендації
1	Суха гниль	Причиною захворювання може бути недостатня вентиляція під час зберігання, низька температура, надмірна вологість або травмування картоплі під час збирання та обробки	Для запобігання захворюванню важливо вживати заходи збереження картоплі, такі як належна вентиляція, контроль температури та вологості, а також уникання травмування під час обробки.
2	Парша звичайна	Грибок <i>Phytophthora infestans</i> . Головною причиною поширення парші звичайної є волога та тепла погода, яка сприяє розвитку гриба. Інфекція може поширюватися швидко в умовах високої вологості повітря. Грибок може також зберігатися в заражених залишках картоплі та в ґрунті, що також сприяє поширенню захворювання в наступних сезонах.	Посів сортів картоплі, які є менш схильними до захворювання. Вирощування картоплі на добре дренованих ділянках. Збирання та видалення заражених рослин для запобігання подальшому поширенню інфекції. Використання хімічних засобів захисту рослин за необхідності, таких як фунгіциди, згідно з рекомендаціями відповідних організацій та експертів.

Таким чином, користувач матиме змогу переглянути не лише висновок щодо ймовірного захворювання плоду картоплі, а й отримати пояснення щодо причин захворювання й рекомендації з лікування.

Клас «DatasetInteraction» призначений для роботи із базою даних та оснащений функціоналом, що виконуватиме наступні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;
- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД.

Наступний клас, «ImageAnalysis» зберігає методи для роботи із визначенням ймовірного захворювання плоду картоплі за вхідним зображенням. В класі реалізовано функції для виведення ймовірного діагнозу та інформації щодо причини захворювання та переліку рекомендацій.

«ModelPotato» – попередньо навчена нейромережева модель для виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями.

Таким чином, було розроблено та описано структуру та функціональне призначення програмних складових програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Програма складатиметься із двох модулів, бази даних та навченої нейромережевої моделі для визначення захворювання картоплі за вхідним зображенням.

3.4 Особливості реалізації програмних складових інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Реалізація програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями передбачає не лише навчання нейромережевої моделі, а й створення інтерфейсу користувача, що дозволить правильно використовувати модель й отримувати коректні результати.

Схема процесу навчання наведена на рисунку 3.6. Для проведення навчання першим кроком є підготовка даних.

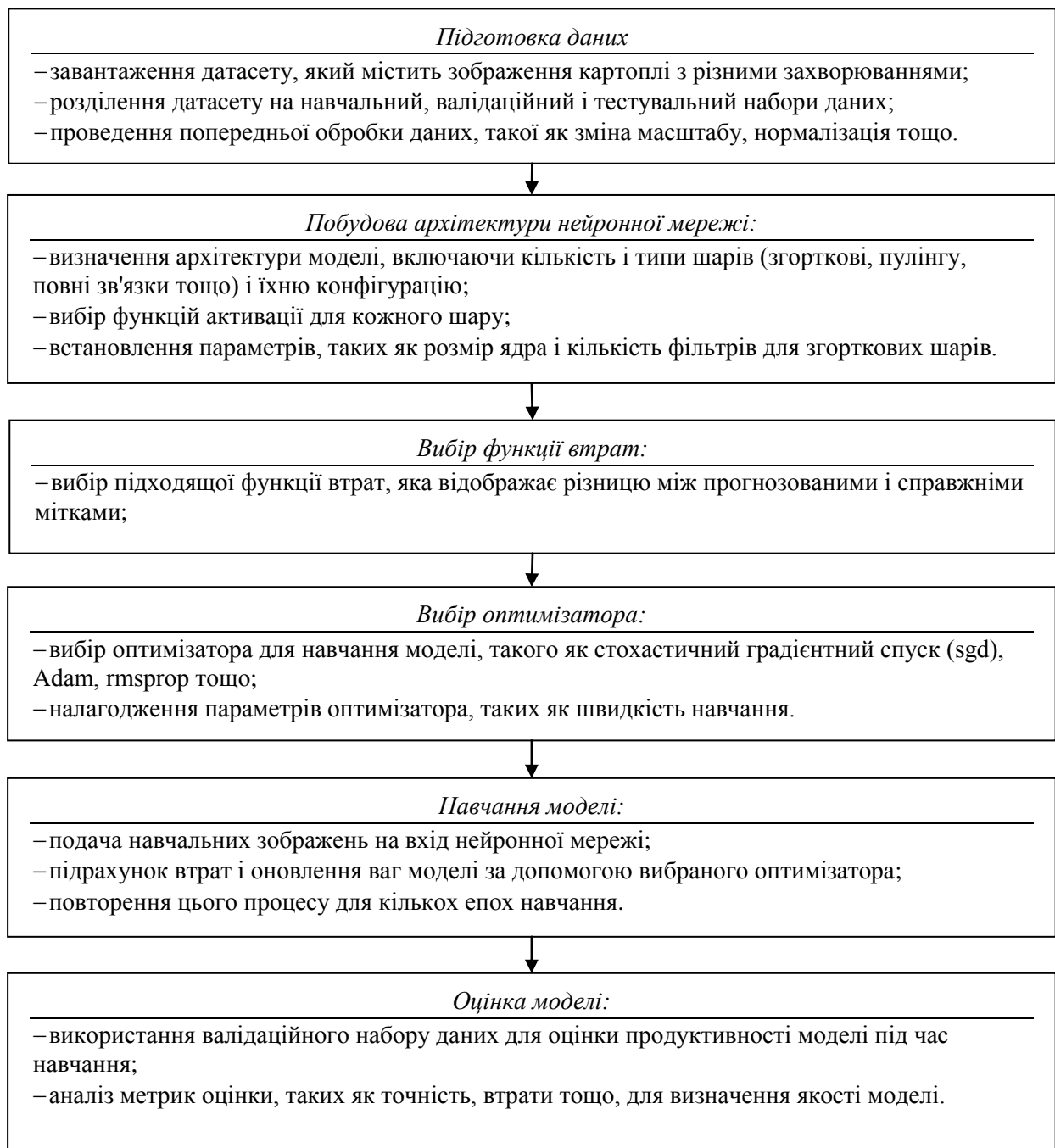


Рисунок 3.6 – Процес побудови та навчання нейромережі для виявлення захворювання плодів картоплі

Необхідно провести завантаження набору даних, який містить зображення картоплі з різними захворюваннями. Це може бути у форматі, такому як JPEG або PNG. Далі було розділено набір даних на навчальний,

валідаційний і тестувальний набори даних, у відношенні 80% навчальних даних, 10% валідаційних і 10% тестувальних. Наступний крок – попередня обробку даних, а саме зміна масштабу (resizing), нормалізація (normalization) значень пікселів тощо. Це допомагає полегшити навчання мережі та забезпечити стабільність в процесі навчання.

Наступний крок – побудова архітектура нейронної мережі. Для роботи було обрано мережу ResNet50. Далі було обрано функції активації для шарів, а саме: ReLU, softmax, оптимізатор Adam та функцію втрат categorical_crossentropy.

Далі навчену нейромережеву модель було збережено та конвертовано у формат .onnx для можливості подальшої роботи з MS Visual Studio. Для взаємодії із БД було реалізовано форму DatasetInteraction, де користувач зможе переглянути записи датасету та завантажити нові дані (рисунок 3.7).

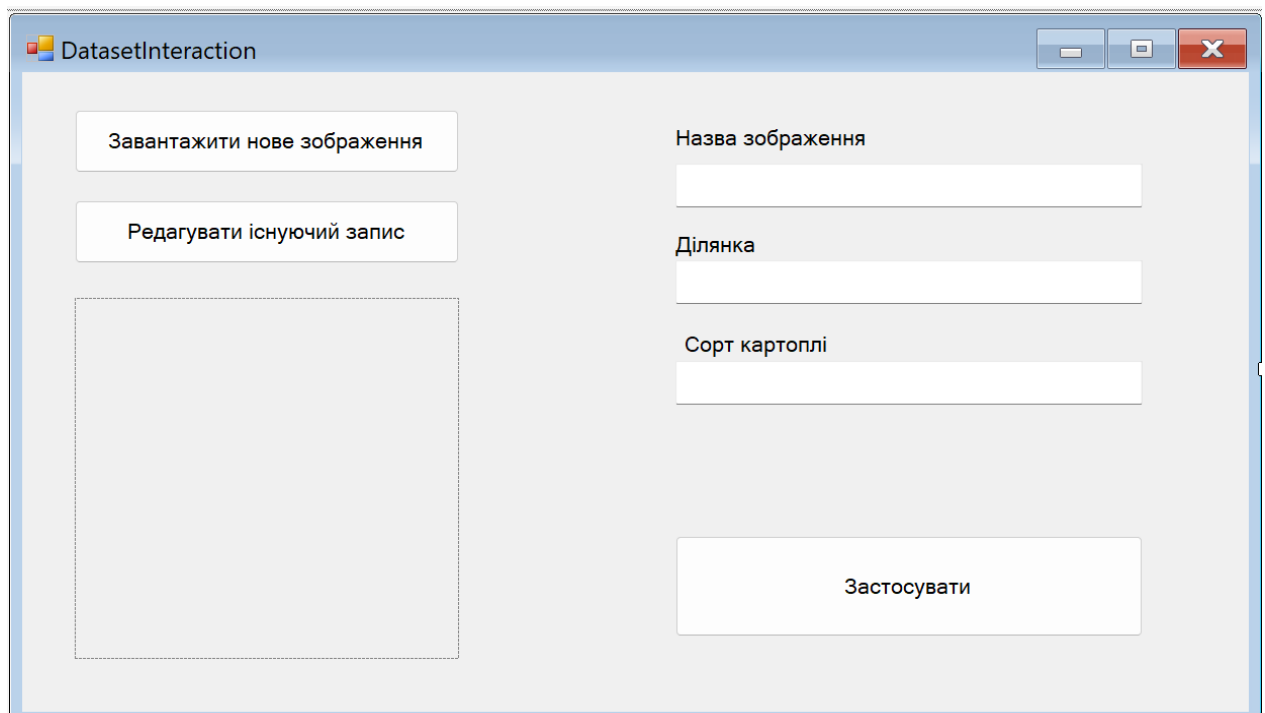


Рисунок 3.7 – Форма для взаємодії з датасетом інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

На цій формі користувач може переглянути назву зображення, ділянки, сорту картоплі, відповідне зображення з існуючих записів та додати новий.

При запуску застосунку відкривається форма «Робота із зображеннями» (рисунок 3.8), де користувач може вибрати необхідну дію, наприклад «Вибрати зображення», «Додати нове зображення» чи «Перейти до аналізу зображення».

При натисненні кнопки «Вибрати зображення» відкривається вікно файлового провідника, де користувач може обрати конкретне зображення, з яким необхідно працювати.

Якщо користувачеві необхідно перейти до аналізу зображення, потрібно натиснути на кнопку «Перейти до аналізу зображення».

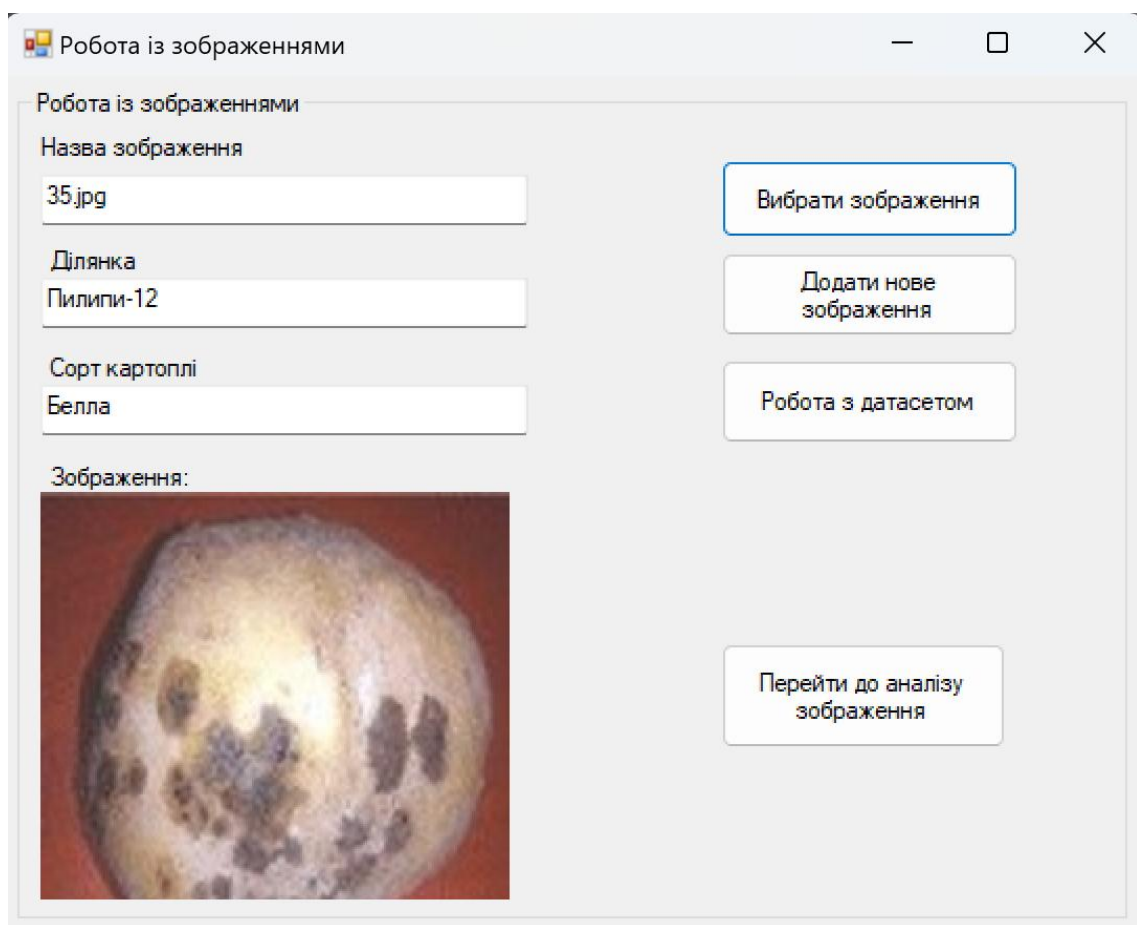


Рисунок 3.8 – Форма «Робота із зображеннями» інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Головна форма застосунку – «ImageAnalysis», де відбувається взаємодія із нейронною мережею моделлю для розпізнавання захворювань плодів картоплі (рисунок 3.9). На цій формі користувач може працювати із попередньо обраним фото на формі «Робота із зображеннями» або ж обрати інше. Для цього

необхідно натиснути на кнопку «Вибрати зображення», після чого відкриється вікно файлового провідника. Обравши необхідне зображення можна перейти до його аналізу, натиснувши кнопку «Аналізувати».

При виборі зображення до текстових полів «Назва зображення», «Ділянка» та «Сорт картоплі» завантажуються відповідні дані з БД, при натисненні кнопки «Аналізувати» відбувається запуск нейромережевої моделі та дослідження зображення на захворювання. При поверненні назви ймовірної хвороби, до полів «Причина захворювання» та «Рекомендації» також завантажуються дані з БД.

Аналіз зображень

Вибір зображення

Вибрати зображення

Назва зображення
13.jpg

Ділянка
Пилипи-12

Сорт картоплі
Біла Роса

Аналіз зображення

Аналізувати

Ймовірне захворювання
Парша звичайна

Причина захворювання
Причиною захворювання може бути недостатня вентиляція під час зберігання, низька температура, надмірна вологість або травмування картоплі під час збирання та обробки

Рекомендації
Для запобігання захворюванню важливо вживати заходи збереження картоплі, такі як належна вентиляція, контроль температури та вологості, а також уникання травмування під час обробки.

Вірогідність інших захворювань

	Хвороба	Відсоток
▶	Парша звичайна	83
	Чорна ніжка	17
*		

Рисунок 3.9 – Приклад роботи із формою «ImageAnalysis» інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Таким чином, було реалізовано програмний застосунок на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

та описано особливості реалізації програмних складових системи. В ході роботи було створено та навчено нейромережеву модель для розпізнавання захворювань плодів картоплі та створено зручний та зрозумілий інтерфейс користувача для подальшої роботи.

3.5 Тестування інформаційної системи та вимоги до розгортання

Тестування ПЗ є невід'ємною частиною розробки програмного забезпечення, адже воно гарантує його якість, надійність та відповідність поставленим вимогам. Завдяки тестуванню можна виявити та виправити помилки, а також оцінити рівень готовності ПЗ до випуску. Необхідно оцінити та верифікувати отриманий програмний продукт на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Для цього було створено ряд тест-кейсів.

Перший тест-кейс (таблиця 3.2) присвячено для перевірки роботи методів для роботи із базою даних. Для тестування було введено некоректний шлях до БД.

Таблиця 3.2 – Тест-кейс АА-0001

Тест-кейс ID: АА-0001	Пріоритет: 1	Створено: 19.02.2024
Назва: Тест-кейс для перевірки підключення до БД		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> Запустити програмний застосунок; На формі «Робота із зображеннями» натиснути кнопку «Вибрати зображення»; Порівняти отриманий результат з очікуваним 		Вікно із відповідним попередженням про помилку підключення до БД.
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Тест-кейс перевіряє, чи правильно методи реагують на некоректний шлях до БД. Для цього в тестовому коді вказується неіснуючий шлях до БД. Далі викликається метод, який повинен підключитися до БД. Очікується, що метод поверне виняток, що свідчить про неможливість підключення. Якщо виняток не виник, то тест вважається невдалим.

Цей тест є важливим, адже він гарантує, що методи правильно реагують на помилки при підключенні до БД. Це може допомогти запобігти несанкціонованому доступу до даних, а також втраті даних.

Результат виконання тест-кейсу наведено на рисунку 3.10.

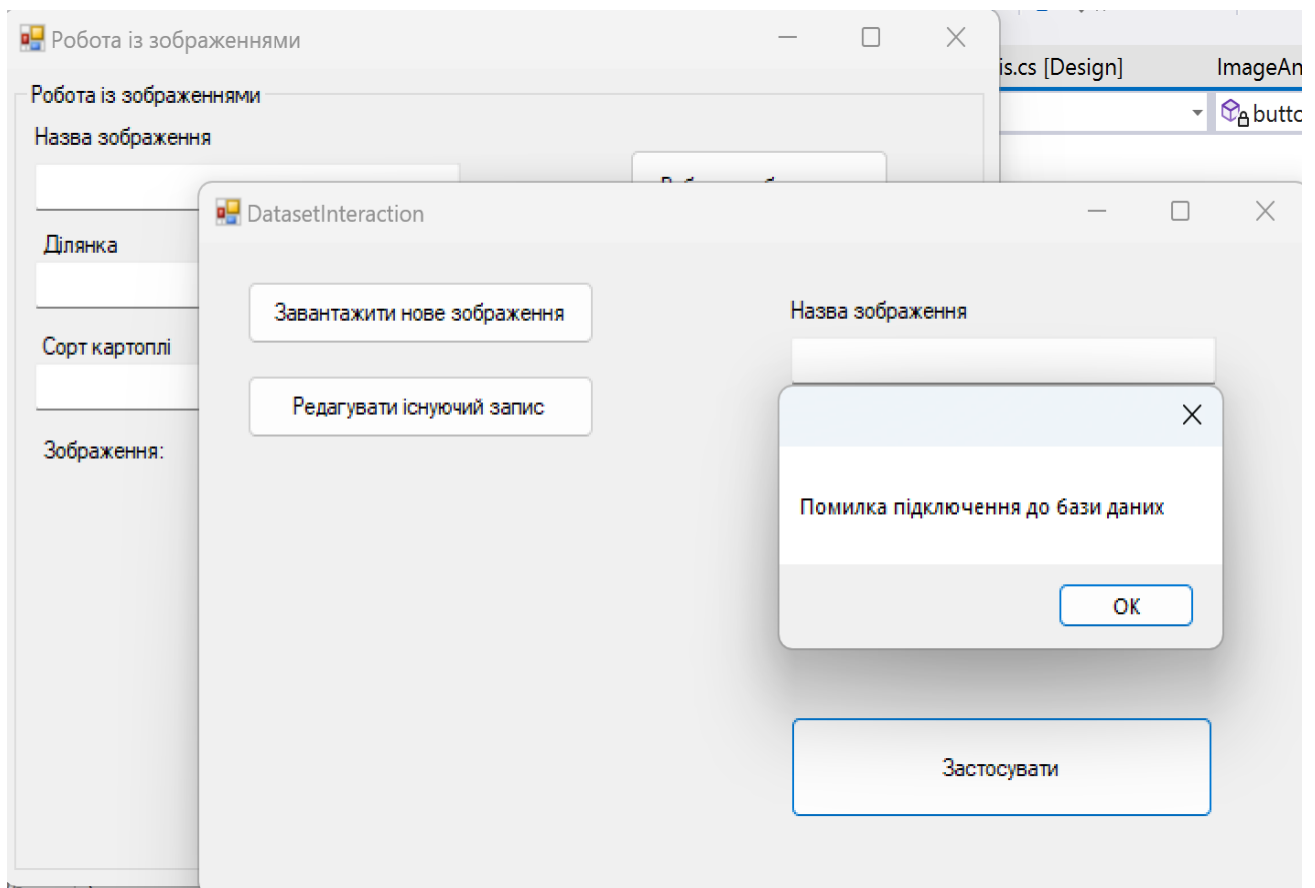


Рисунок 3.10 – Результат виконання тест-кейсу

Наступний тест-кейс (таблиця 3.3) створений для перевірки роботи методів передачі зображення в застосунок виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Для цього в тестовому коді завантажуються зображення у форматі JPEG.

Далі викликається метод, який повинен передати зображення в застосунок виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Очікується, що зображення буде успішно передано і візуалізовано в інтерфейсі користувача. Якщо зображення не було передано або не візуалізовано, то тест вважається невдалим.

Таблиця 3.3 – Тест-кейс АА-0002

Тест-кейс ID: АА-0002	Пріоритет: 1	Створено: 19.02.2024
Назва: Тест-кейс для перевірки завантаження картинки в застосунок		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Завантажити тестове зображення у форматі JPEG. 2. Переконатися, що тестове зображення візуально коректне. 3. Запустити програмний застосунок; 4. Вкажіть шлях до тестового зображення. 5. Натисніть кнопку для передачі зображення. 6. Перевірте, чи зображення візуалізовано в інтерфейсі користувача. 7. На формі «Робота із зображеннями» натиснути кнопку «Вибрати зображення»; 8. Порівняти отриманий результат з очікуваним 		Зображення успішно виведено на форму
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат виконання тест-кейсу наведено на рисунку 3.11.

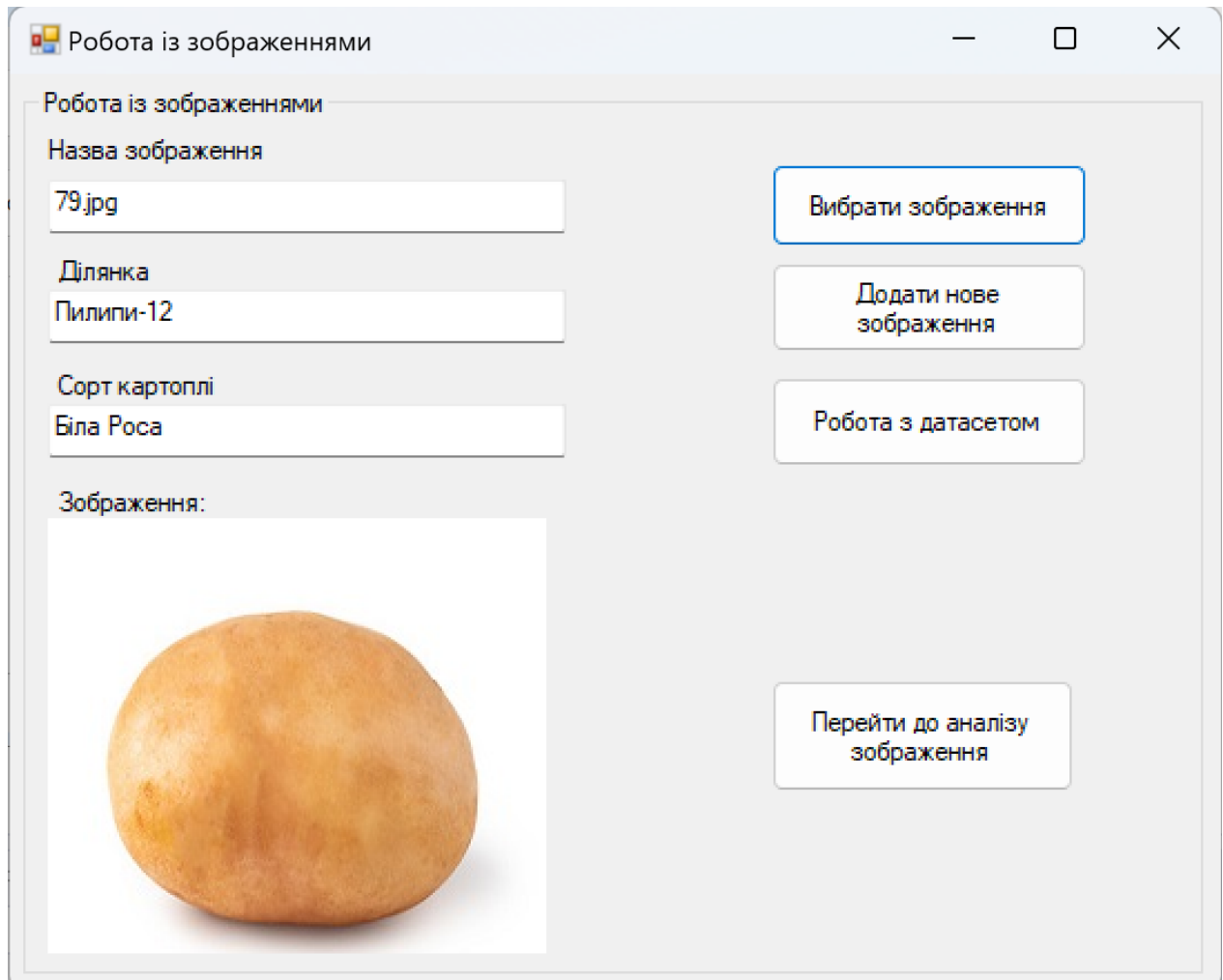


Рисунок 3.11 – Результат виконання тест-кейсу

Наступний тест-кейс (таблиця 3.4) розроблений з метою перевірки коректності функціонування нейромережевої моделі в поєднанні з користувацьким інтерфейсом.

Цей тест-кейс дозволяє перевірити всі аспекти взаємодії користувача з програмою, включаючи введення даних, обробку їх нейромережевою моделлю та правильність відображення результатів на інтерфейсі.

Якщо всі кроки виконані успішно та очікувані результати співпадають з фактичними, це підтверджує правильність роботи програми. У випадку виникнення помилок на будь-якому етапі, їх можна відстежити та виправити для покращення функціональності програмного забезпечення.

Таблиця 3.4 – Тест-кейс АА-0003

Тест-кейс ID: АА-0003	Пріоритет: 1	Створено: 19.02.2024
Назва: Тест-кейс для перевірки коректності функціонування нейромережевої моделі в поєднанні з користувацьким інтерфейсом		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити програмний застосунок, переконавшись, що він успішно завантажується і користувацький інтерфейс відображається коректно. 2. На формі "Робота із зображеннями" знайти та натиснути кнопку "Перейти до аналізу зображення", яка повинна бути доступна для вибору. 3. Перехід до форми "Image Analysis" здійснюється після натискання кнопки "Перейти до аналізу зображення". 4. На формі "Image Analysis" знайти та натиснути кнопку "Вибрати зображення", щоб відкрити файловий провідник для вибору зображення плоду картоплі, яке необхідно дослідити. 5. У файловому провіднику обрати потрібне зображення плоду картоплі та після завантаження фотографії та даних на форму, переконатися, що вони коректно відображаються. 6. Натиснути кнопку "Аналізувати", щоб запустити процес аналізу зображення. 7. Порівняти результат з очікуваним. 		В полі «Ймовірне захворювання» відображається коректна назва захворювання, а саме <i>суха гниль</i>
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Результат виконання тест-кейсу наведено на рисунку 3.12.

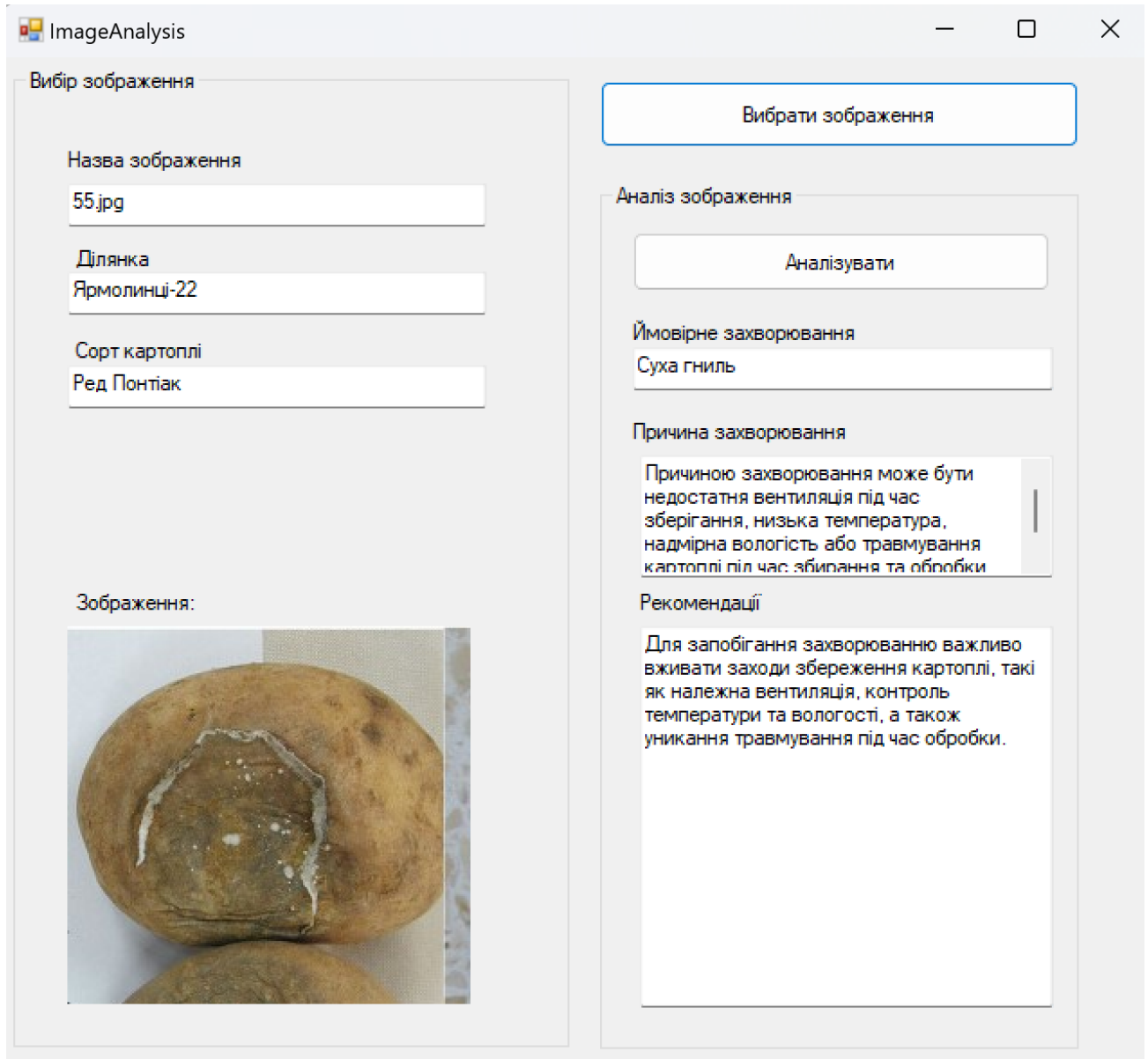


Рисунок 3.12 – Результат виконання тест-кейсу

Тест-кейс АА-0004 (таблиця 3.5) створений для перевірки роботи системи при поданні на вхід для аналізу файлу, відмінного від формату, що підтримує застосунок.

Щоб запустити програмний застосунок, необхідно переконатись, що він успішно завантажується і користувацький інтерфейс відображається коректно. На формі "Робота із зображеннями" потрібно натиснути кнопку "Перейти до аналізу зображення", щоб перейти до форми "Image Analysis". На новій формі натиснути кнопку "Вибрати зображення", щоб відкрити файловий провідник, та

обрати файл із розширенням .txt і натиснути "Аналізувати", щоб запустити процес аналізу зображення, після чого порівняйте результат з очікуваним.

Таблиця 3.5 – Тест-кейс АА-0004

Тест-кейс ID: АА-0004	Пріоритет: 1	Створено: 19.02.2024
Назва: Тест-кейс для перевірки коректності функціонування застосунку при виборі файлу із непідтримуваним розширенням		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити програмний застосунок, переконавшись, що він успішно завантажується і користувацький інтерфейс відображається коректно. 2. На формі "Робота із зображеннями" знайти та натиснути кнопку "Перейти до аналізу зображення", яка повинна бути доступна для вибору. 3. Перехід до форми "Image Analysis" здійснюється після натискання кнопки "Перейти до аналізу зображення". 4. На формі "Image Analysis" знайти та натиснути кнопку "Вибрати зображення", щоб відкрити файловий провідник для вибору зображення плоду картоплі, яке необхідно дослідити. 5. У файловому провіднику обрати файл із розширенням .txt 6. Натиснути кнопку "Аналізувати", щоб запустити процес аналізу зображення. 7. Порівняти результат з очікуваним. 		Виведення повідомлення про помилку
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

На рисунку 3.13 наведено результат виконання тест-кейсу.

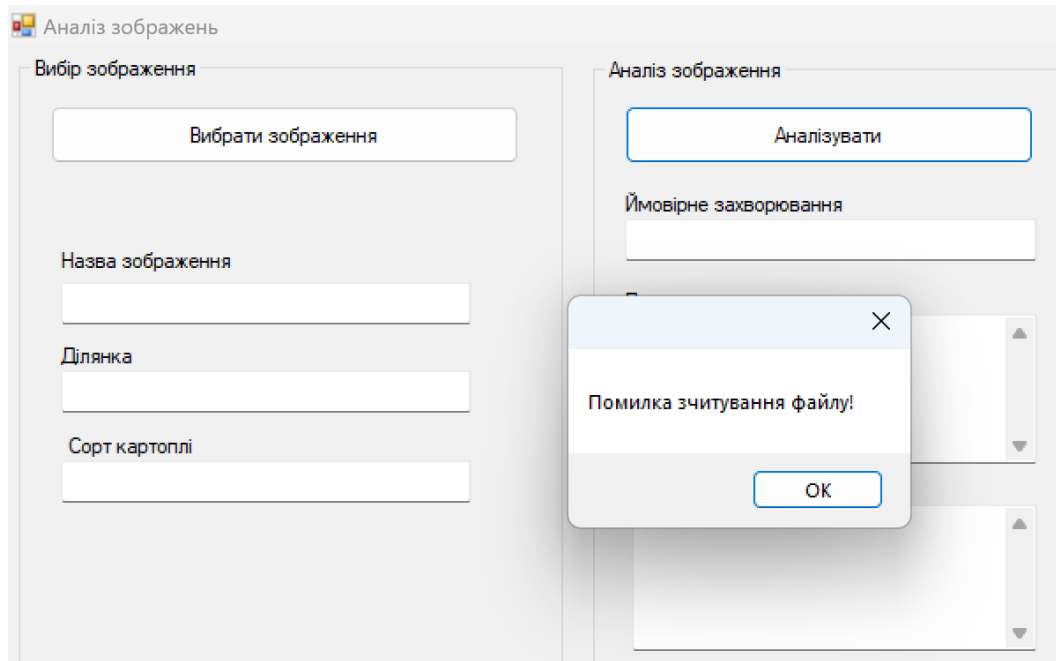


Рисунок 3.13 – Результат виконання тест-кейсу AA-0004

Наступний тест-кейс AA-0005 (таблиця 3.6) призначений для перевірки роботи системи при подачі на вхід для аналізу хибного зображення. На рисунку 3.14 наведено результат виконання тест-кейсу AA-0005.

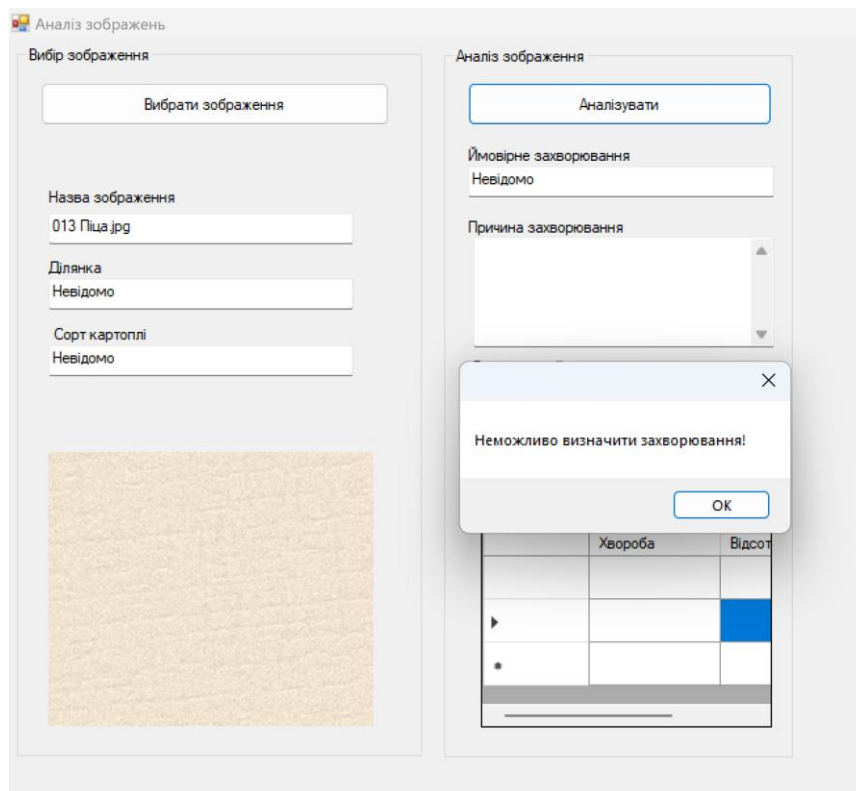


Рисунок 3.14 – Результат виконання тест-кейсу AA-0005

Таблиця 3.6 – Тест-кейс АА-0005

Тест-кейс ID: АА-0005	Пріоритет: 2	Створено: 19.02.2024
Назва: Тест-кейс для перевірки коректності функціонування застосунку при виборі хибного зображення		
Кроки		Очікуваний результат
<p>1. Запустити програмний застосунок, переконавшись, що він успішно завантажується і користувацький інтерфейс відображається коректно.</p> <p>2. На формі "Робота із зображеннями" знайти та натиснути кнопку "Перейти до аналізу зображення", яка повинна бути доступна для вибору.</p> <p>3. Перехід до форми "Image Analysis" здійснюється після натискання кнопки "Перейти до аналізу зображення".</p> <p>4. На формі "Image Analysis" знайти та натиснути кнопку "Вибрати зображення", щоб відкрити файловий провідник для вибору зображення плоду картоплі, яке необхідно дослідити.</p> <p>5. У файловому провіднику обрати хибне зображення.</p> <p>6. Натиснути кнопку "Аналізувати", щоб запустити процес аналізу зображення.</p> <p>7. Порівняти результат з очікуваним.</p>		Виведення повідомлення про можливе некоректне зображення
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно		

Після успішного тестування програмного застосунку і перевірки його коректності, виникає необхідність визначення вимог до апаратних та програмних

засобів для ефективного розгортання інформаційної системи. Це важливий крок у забезпеченні оптимальної роботи програми та задоволення потреб користувачів. Для коректної роботи отриманого програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями було описано вимоги до апаратних та програмних засобів.

Вимоги до апаратних засобів:

- Процесор: мінімальний 4-ядерний процесор з тактовою частотою не менше 2.0 ГГц.
- Оперативна пам'ять: мінімум 4 ГБ оперативної пам'яті.
- Диск: вільне місце на жорсткому диску не менше 20 ГБ для зберігання програмних файлів та даних.
- Графічна підтримка: відповідна графічна карта з підтримкою OpenGL 2.0 або вище.
- Монітор: роздільна здатність екрану не менше 1280x800 пікселів.
- Мережеві можливості: Підтримка мережевого з'єднання для доступу до онлайн-ресурсів та оновлень програмного забезпечення.

Вимоги до програмних засобів:

- Операційна система: операційна система Windows 10 або Ubuntu 20.04 LTS або сумісна.
- Програмне забезпечення для виконання аналізу зображень: наявність програмного забезпечення для роботи з зображеннями, яке підтримує роботу з форматами JPEG, PNG тощо.
- Інтернет-з'єднання: постійне або періодичний доступ до Інтернету для отримання оновлень моделей машинного навчання та звітів про аналіз зображень.

Таким чином, було проведено тестування ПЗ на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Для цього було створено ряд тест-кейсів, що показали коректну та надійну роботу системи, також було створено ряд апаратних та програмних вимог для розгортання програмного застосунку.

3.6 Результати досліджень

У цьому розділі наведено огляд результатів роботи інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Також було проведено дослідження під час навчання нейромережі, змінюючи параметри кількості епох. Було отримано наступні результати (таблиця 3.7).

На цьому графіку представлено дві криві, що описують поведінку моделі машинного навчання протягом процесу тренування. Крива точності показує, наскільки добре модель прогнозує дані з валідаційного набору даних. Зростання кривої з кількістю епох тренування свідчить про те, що модель стає все більш влучною у своїх прогнозах.

Крива функції втрат, навпаки, демонструє, наскільки модель відхиляється від реальних значень у своїх прогнозах. Зменшення кривої з кількістю епох тренування свідчить про те, що модель стає все більш точною, адже різниця між прогнозами та реальними значеннями стає меншою.

Таблиця 3.7 – Результати при зміні кількості епох навчання

Кількість епох	Точність	Функція втрат	Час навчання, секунд
10	0,54	0,46	180
25	0,68	0,32	370
50	0,87	0,13	740
100	0,96	0,04	1450

На базі отриманих значень було сформовано графік (рисунок 3.15).

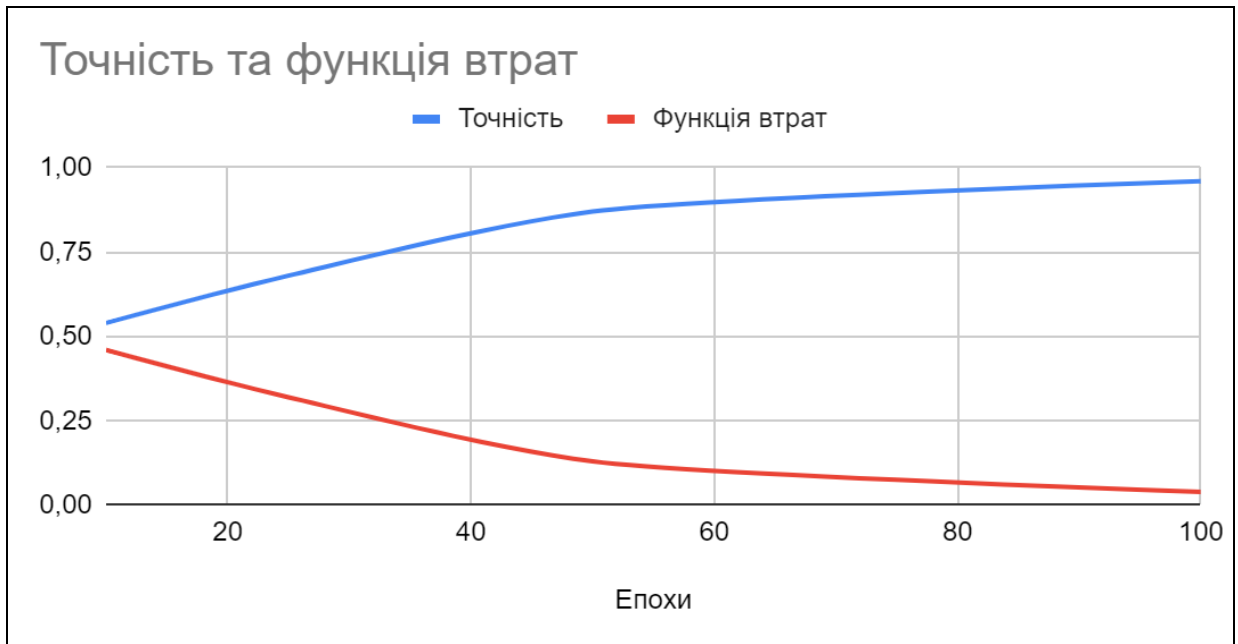


Рисунок 3.15 – Результати точності та втрат при зміні кількості епох

Аналіз цих двох кривих дозволяє зробити висновок про те, як модель веде себе протягом тренування, та чи сходиться вона до оптимального стану. На даному графіку криві стають все більш плоскими, що свідчить про наближення моделі до свого оптимального стану.

При навчанні моделі було прийнято рішення не збільшувати кількість епох у навчальному процесі нейромережевої моделі. Це обумовлено тим, що в попередніх експериментах з використанням більшої кількості епох спостерігалось явище перенавчання, що призводило до зниження точності моделі на валідаційному наборі даних.

Також для дослідження було створено матрицю сплутувань (рисунок 3.16). Матриця сплутувань відображає результати класифікації моделі на валідаційному наборі даних. Вона має розмірність 7×7 , що відповідає семи класам класифікації. Діагональні значення показують кількість прикладів, які були правильно класифіковані моделлю, тоді як значення поза нею вказують на кількість неправильно класифікованих прикладів.

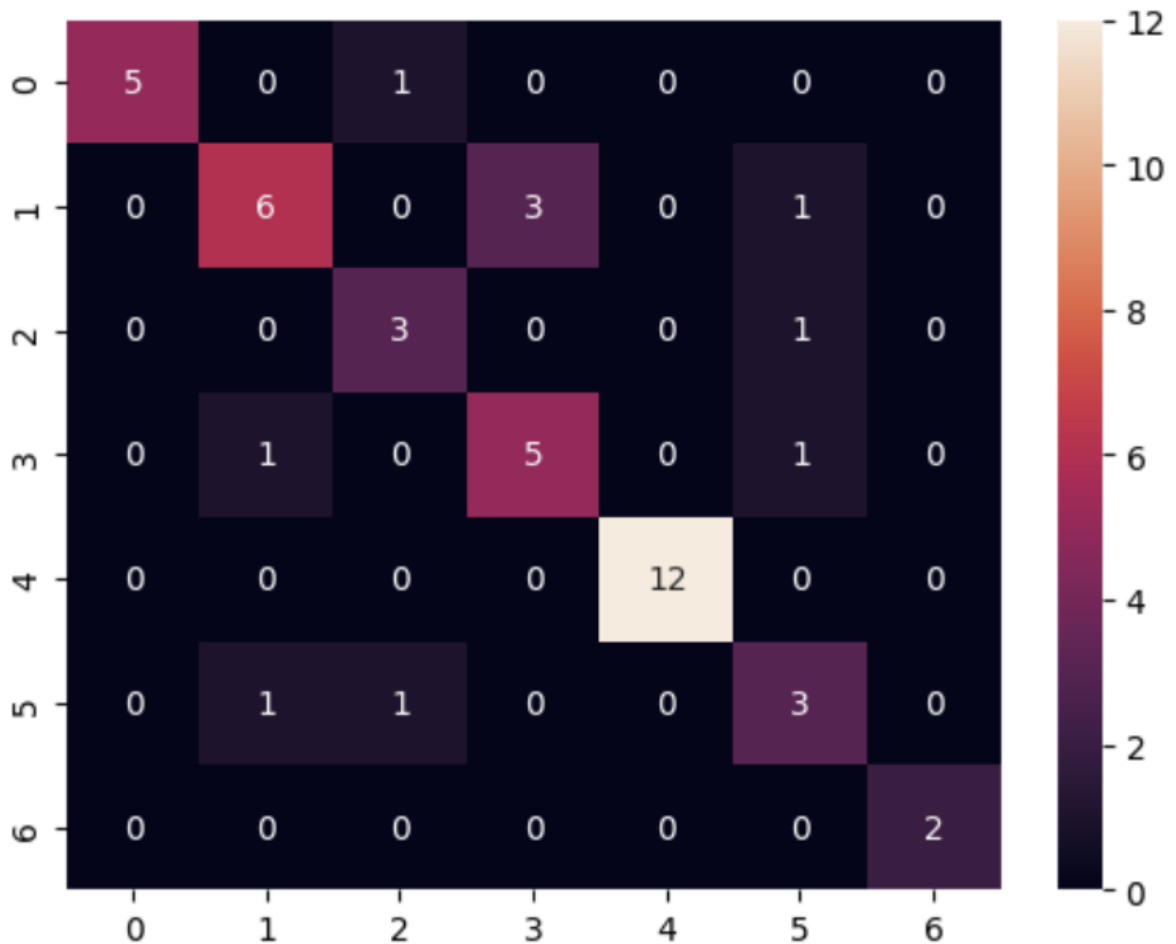


Рисунок 3.16 – Матриця сплутувань

Модель демонструє найкращі результати у класах 1, 3 та 4, що відображається високими діагональними значеннями у відповідних рядках та стовпцях. Проте, найгірше модель справляється з класом 6, що підтверджується низьким діагональним значенням у відповідному рядку та стовпці. Також варто зазначити, що модель часто плутає класи 1 та 3, що відображається високими значеннями у відповідних рядках та стовпцях.

Також було встановлено, що необхідно звернути увагу на класи 1 та 3 і можливо, розглянути можливість отримання додаткових даних для цих класів або доопрацювати модель для кращого їх розрізнення.

Також на рисунку 3.17 наведено результати роботи навчено нейромережі. На рисунку виведено зображення, клас до якого належить зображення та визначений моделлю клас.

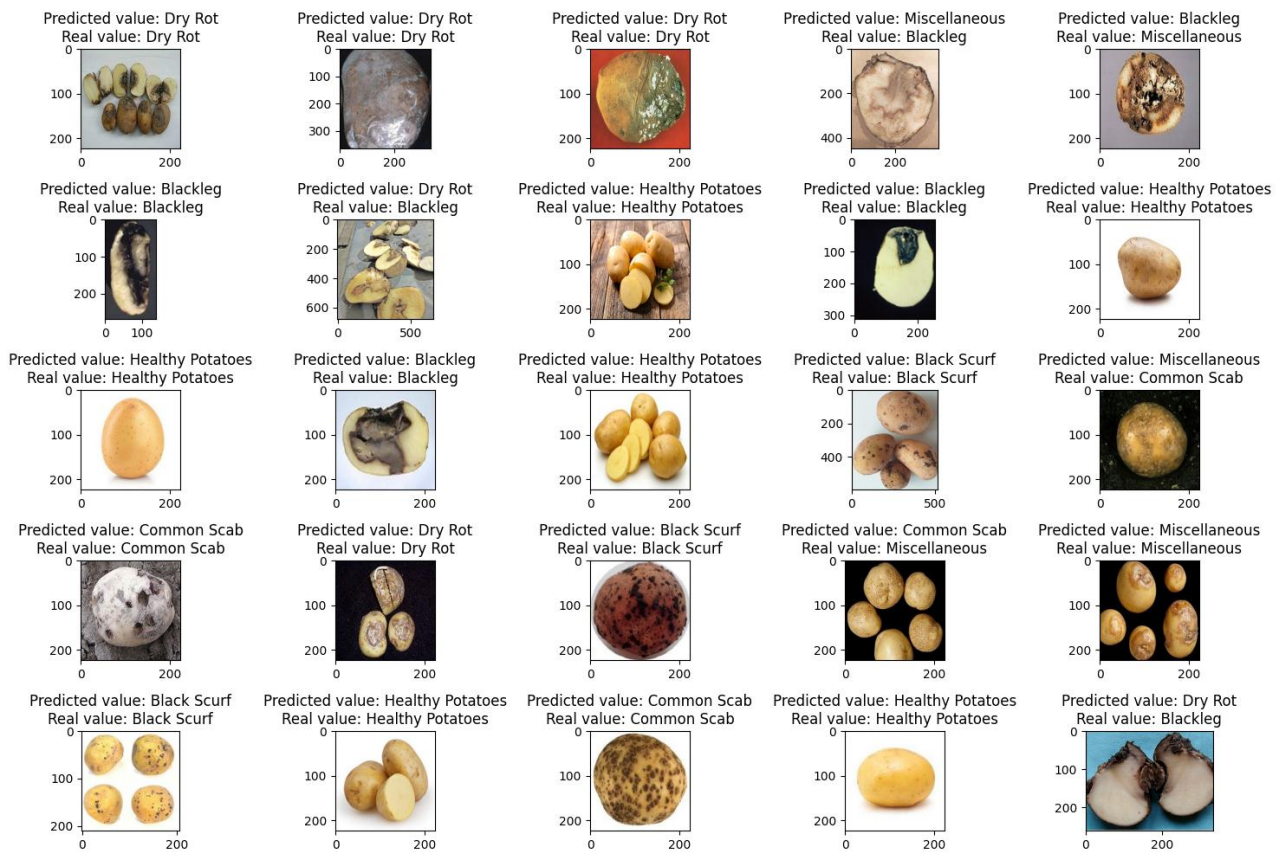


Рисунок 3.17 – Результати роботи навченої нейромережі

У ході реалізації програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі на основі аналізу фотозображень було досягнуто результатів в автоматизації та покращенні процесів діагностики захворювань у сільському господарстві. Застосунок дозволяє вчасно виявляти захворювання, що допомагає фермерам приймати ефективні рішення щодо застосування заходів контролю та захисту рослин. Крім того, враховуючи його точність та надійність, програмний застосунок може бути використаний як інструмент для досліджень та моніторингу стану рослин у сільському господарстві, а також у галузі розвитку нових методів та технологій для покращення врожаю та зниження втрат врожаю.

3.8 Висновки до розділу 3

В результаті виконання розділу для реалізації інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями було визначено

комплекс засобів для розробки, а саме мову програмування Python для проведення навчання нейромережевої моделі та середовище розробки PyCharm, в якості середовища для реалізації інтерфейсу користувача MS Visual Studio та Microsoft SQL Server для створення та взаємодії із базою даних.

Також було розроблено та описано структуру та функціональне призначення програмних складових програмного застосунку на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Програма складатиметься із двох модулів, бази даних та навченої нейромережевої моделі для визначення захворювання за вхідним зображенням, та буде виконувати такі основні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;
- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД;
- вибір зображення для аналізу;
- виведення результатів аналізу;
- виведення переліку ймовірних причин захворювання;
- виведення переліку рекомендації щодо лікування (профілактики)

захворювання.

В ході виконання розділу було реалізовано програмний застосунок на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описано особливості реалізації програмних складових системи. В ході роботи було створено та навчено нейромережеву модель для розпізнавання захворювань плодів картоплі та створено зручний та зрозумілий інтерфейс користувача для подальшої роботи.

Також було проведено тестування ПЗ на базі методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями. Для цього було створено ряд тест-кейсів, що показали коректну та надійну роботу системи, також було створено ряд апаратних та програмних вимог для розгортання програмного застосунку.

Під час розробки інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, заснованої на методі нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі через аналіз фотозображень, були досягнуті значні вдосконалення у процесах діагностики хвороб у сільському господарстві. Розроблений застосунок дозволяє оперативно виявляти захворювання, що сприяє фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин. Крім того, з урахуванням його високої точності та надійності, програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для наукових досліджень та моніторингу стану рослин у сільському господарстві, а також для розробки нових методів та технологій з метою підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю.

Висновки

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягала в спрощенні виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях, що передбачало розробку методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та відповідного програмного забезпечення, яке буде використовувати розроблений метод.

Для досягнення поставленої мети були поставлені та виконані такі задачі:

- виконано аналіз предметної області щодо виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями;

- виконано огляд теоретичних підходів щодо можливості виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та обрано підхід для подальшої реалізації у вигляді згорткової нейромережі;

- виконано огляд існуючих програмних рішень;

- створено метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описано його основні кроки;

- спроектовано інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображенням, що реалізовує створений метод, яка складається з двох підсистем, навченої нейромережевої моделі та бази даних;

- створено програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи;

- виконано тестування створеного програмного застосунку засобами функціонального тестування та тест-кейсів;

- виконано дослідження ефективності методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями на основі розробленої інформаційної системи діагностування захворювань плодів картоплі.

Створена інформаційна система виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями спроможна виконувати такі основні функції:

- перегляд інформації, що міститься в БД;

- внесення нових записів в БД;
- видалення існуючих записів з БД;
- вибір зображення для аналізу;
- виведення результатів аналізу;
- виведення переліку ймовірних причин захворювання;
- виведення переліку рекомендації щодо лікування (профілактики)

захворювання.

Розроблений застосунок дозволяє оперативно виявляти захворювання, що сприяє фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин. Крім того, з урахуванням його високої точності (0,96 на 100 епохах навчання), програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для наукових досліджень та моніторингу стану рослин у сільському господарстві, а також для розробки нових методів та технологій з метою підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю. Запропонований метод може бути програмним компонентом систем автоматичного контролю якості сільськогосподарської продукції та автоматичного сортування плодів картоплі.

Для розробки інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями було використано мову програмування C# для реалізації інтерфейсу, мову Python для навчання та збереження нейромережевої моделі, а також систему керування базами даних SQLite.

Результат роботи повністю відповідає поставленим завданням. За темою кваліфікаційної роботи бакалавра виконано наукову публікацію [35], основні наукові й практичні результати доповідалися у доповіді «Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services» на XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects» (May 8-10, 2024. Oslo, Norway).

Перелік посилань

1. Федерація роботодавців України. Українська промисловість показала фантастичний запас міцності! Все це дало нам змогу втримати виробництва та стабілізувати роботу. URL: <https://fru.ua/ua/media-center/blog/illichov/ukrajinska-promislovist-tsogo-roku-mozhe-zbilshiti-obsyagi-na-100-mlrd-grn>
2. Buklib. Структура агропромислового комплексу і сутність аграрної політики держави у період становлення ринкових відносин. URL: <https://buklib.net/books/28779/>
3. Агробізнес. Ефективне овочівництво в Україні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/13931-efektyvne-ovochivnytstvo-v-ukraini.html>
4. Agravery.com.. Органічне овочівництво. Ринок на низькому старті, або тренди 2021. URL: <https://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=organicne-ovocivnictvo-rinok-na-nizkomu-starti-abo-trendi-2021>
5. Klopotenko. Корисна чи ні: що варто знати про картоплю. URL: <https://klopotenko.com/korysna-chy-ni-shho-varto-znaty-pro-kartoplyu/>
6. Superagronom. Другий хліб. Технологія вирощування картоплі від А до Я. URL: <https://superagronom.com/articles/349-drugiy-hlib-tehnologiya-viroschuvannya-kartopli-vid-a-do-ya>
7. Superagronom. Шкідники картоплі. Виявити та побороти. URL: <https://superagronom.com/articles/374-shkidniki-kartopli-viyaviti-ta-poboroti>
8. Agronom. Захист картоплі від основних шкідників і хвороб. URL: <https://www.agronom.com.ua/zahyst-kartopli-vid-osnovnyh-shkidnykiv-i-hvorob/>
9. Головне управління Держпродспоживслужби в Дніпропетровській області. Хвороби бульб картоплі у період зберігання в овочесховищах. URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/hvorobi-bulb-kartopli-u-period-zberigannya-v-ovocheshovishchah>

10. Syngenta. Морфологія і біологія основних збудників хвороб картоплі та їх контроль. URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/ovochi-ta-kartoplya/morfologiya-i-biologiya-osnovnih-zbudnikiv-hvorob-kartopli-ta-yih-kontrol>
11. Superagronom. Звичайна парша (картопля). URL: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/zvichayna-parsha-kartoplya-id16396>
12. Superagronom. Гниль суха (картопля). URL: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/gnil-suha-kartoplya-id16400>
13. Інститут живлення рослин. Фомоз картоплі. URL: <https://pni.com.ua/фомоз-картоплі/>
14. Аграрії разом. Чорна ніжка картоплі. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plant-diseases/chorna-nijka-kartopli/>
15. Cash-Flow. Як боротися з паршею на картоплі і як лікувати від неї землю? URL: <https://cash-flow.com.ua/yak-borotisyaz-parsheyu-na-kartopli-i-yak-likuvati-vid-ne%D1%97-zemlyu/>
16. Фермер. Хвороби картоплі фото: діагностика та лікування. URL: <https://valest.com.ua/khvorobi-kartopli-foto-diagnostika-ta-likuvannya/>
17. Mckinsey. What is AI?. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-ai>
18. Linkedin. Exploring the Branches of Artificial Intelligence: A Global Perspective. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/exploring-branches-artificial-intelligence-global-perspective-jha>
19. Investopedia. What Is a Neural Network?. URL: <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp>
20. IBM. What are convolutional neural networks?. URL: <https://www.ibm.com/topics/convolutional-neural-networks>
21. Medium. How to Build Farm Management Application For Successful Agriculture? URL: <https://medium.com/@josephinebaker090/how-to-build-farm-management-application-for-successful-agriculture-81eb3d940dac>

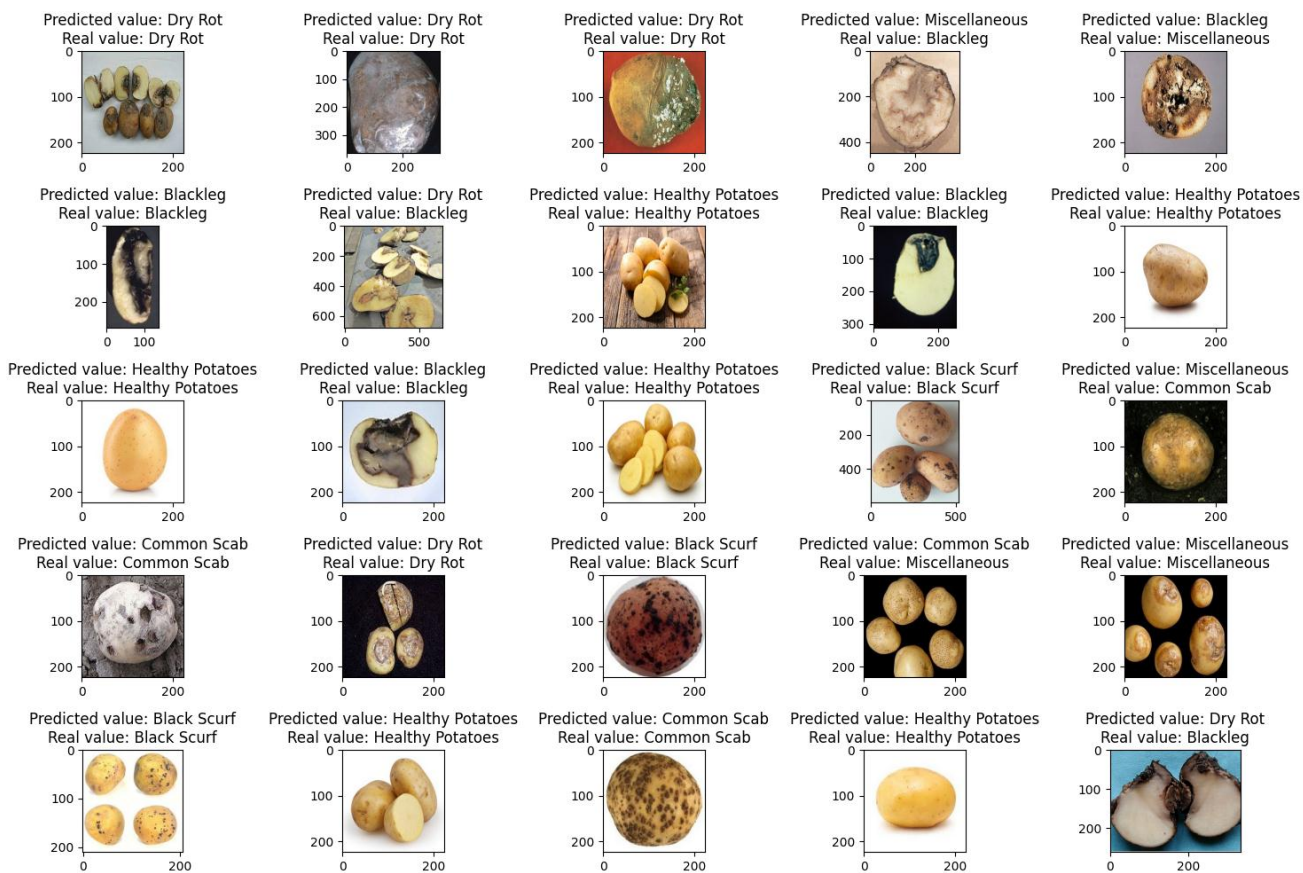
22. Quicktrials. Agricultural Field Trial Management. URL: https://www.quicktrials.com/?gclid=Cj0KCQiAoKeuBhCoARIsAB4WxtfcS59_P9CL1wxfr4uvwLhFyJP4KTAEwU6i8dsr-bvD34crT0hAGgwaAvdYEALw_wcB#home
23. Google Play. Plantix – your crop doctor. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peat.GartenBank&hl>
24. App Store Preview. Plant Disease Diagnosis App. URL: <https://apps.apple.com/us/app/plant-disease-diagnosis-app/id1616385118>
25. Google Play. AI plant doctor. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.smilextech.aiplantdoctor&hl=en&gl=US>
26. Potato Diseases Datasets. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/mukaffimoin/potato-diseases-datasets>
27. What is Python. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Python>
28. Why Use Python for Machine Learning. URL: <https://inoxoft.com/blog/why-use-python-for-machine-learning/>
29. What is PyCharm? How is it Useful for Python Development. URL: <https://emeritus.org/blog/coding-what-is-pycharm/>
30. Start Studying Machine Learning With PyCharm. URL: <https://blog.jetbrains.com/pycharm/2022/06/start-studying-machine-learning-with-pycharm/>
31. Using Microsoft Visual Studio to Create a Graphical User Interface. URL: https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring15/group11/doc/AppNote/EC E480_AppNotes_JoshuaFolks.pdf
32. User Interface. URL: <https://code.visualstudio.com/docs/getstarted/userinterface>
33. What is Microsoft SQL Server and what is it for? URL: <https://intelequia.com/en/blog/post/what-is-microsoft-sql-server-and-what-is-it-for>
34. What is MSSQL Server? URL: <https://hasura.io/learn/database/microsoft-sql-server/what-is-mssql/>

35. Mazurets O., Molchanova M., Klimenko V., Klopotivskyi D. Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services. Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects». May 8-10, 2024. Oslo, Norway. 2024. Pp. 64-68.

ДОДАТКИ

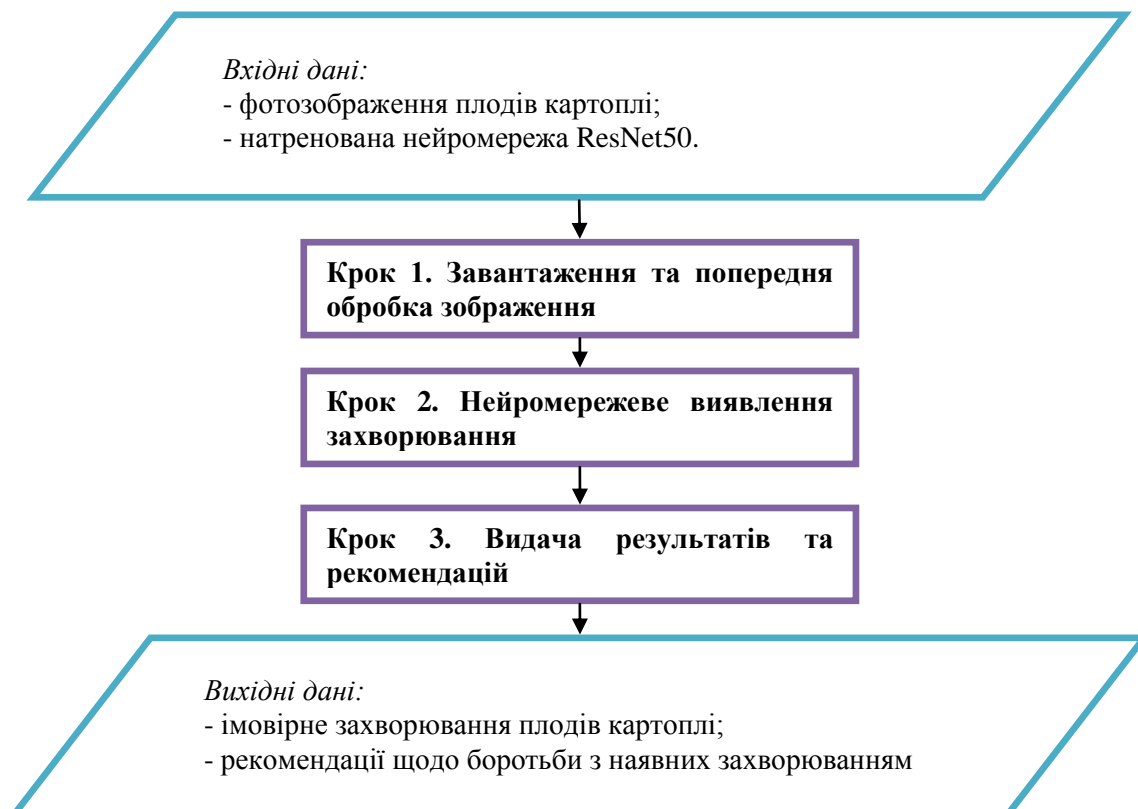
Додаток А

Результати роботи навченої неймережі



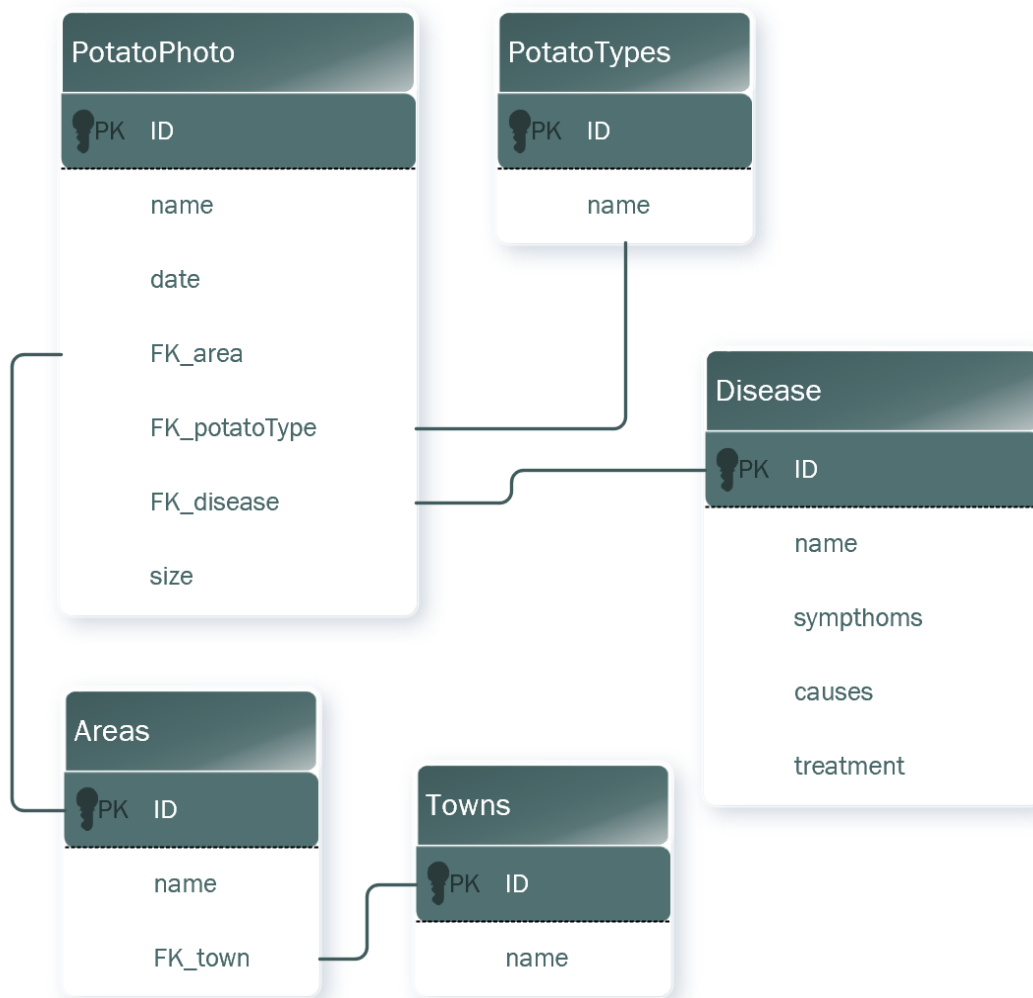
Додаток Б

Схема методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями



Додаток В

Даталогічна модель бази даних для інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями



Додаток Г

Презентаційний матеріал

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

МЕТОД НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ПЛОДІВ КАРТОПЛІ ЗА ФОТОЗОБРАЖЕННЯМИ



Виконав:
студент групи КН-20-2
Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ



Керівник:
викладач кафедри КН
Валерія КЛІМЕНКО

Актуальність

Застосування нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями актуально як для фермерів, так і для сільськогосподарського сектору в цілому, адже **дозволяє сприяти підвищенню ефективності, екологічній стійкості та економічному зростанню.**

Нейромережеве виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями дозволить **оперативно виявляти захворювання, що сприятиме фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин.**

Крім того, таке програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для наукових досліджень та моніторингу стану рослин у сільському господарстві, а також для розробки нових методів та технологій з метою **підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю.**

Відповідний застосунок може бути програмним компонентом систем **автоматичного контролю якості сільськогосподарської продукції та автоматичного сортування плодів картоплі.**

Мета і задачі роботи

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – спрощення виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра – виконати аналіз предметної області виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями; виконати огляд теоретичних підходів щодо можливості виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та обрати підхід для подальшої реалізації; виконати огляд існуючих програмних рішень; створити метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описати його кроки; спроектувати інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображенням для реалізації створеного методу; створити програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи; виконати тестування створеного програмного застосунку; виконати дослідження ефективності методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями на основі інформаційної системи діагностування захворювань плодів картоплі.

Схема методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

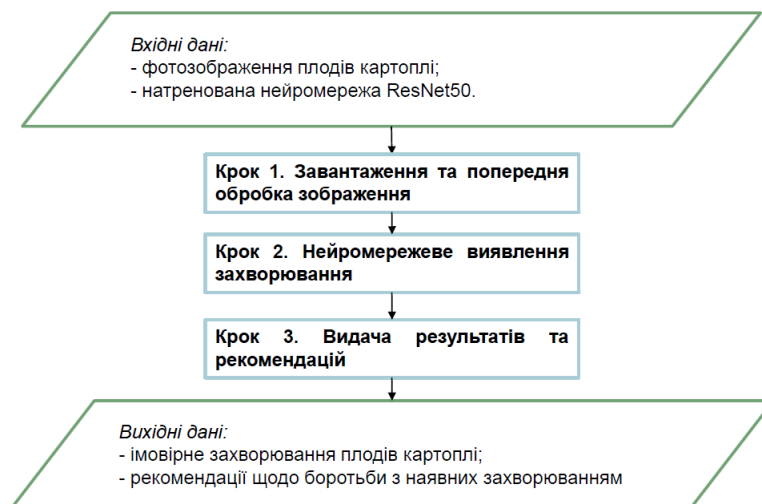
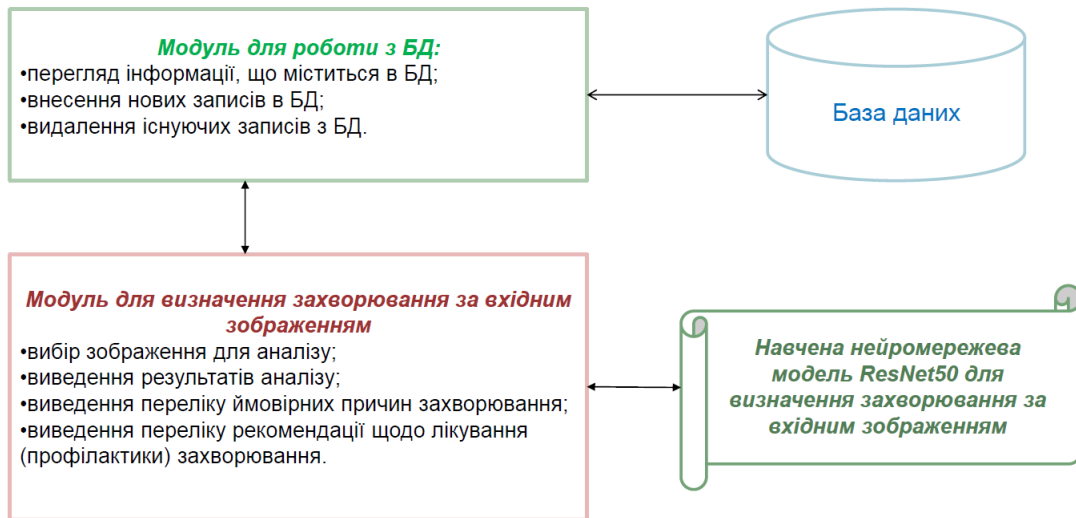
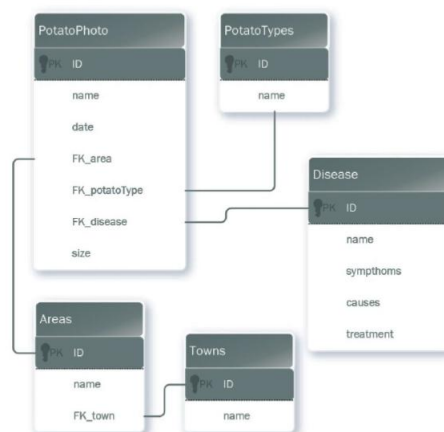


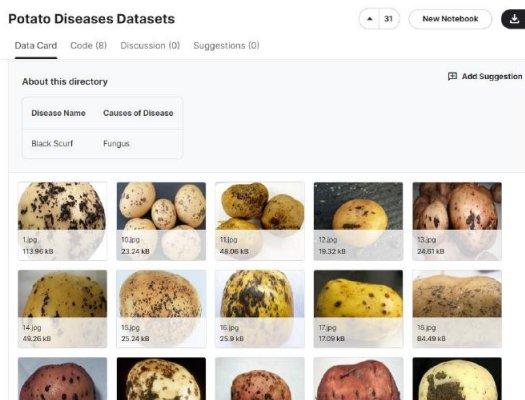
Схема взаємодії модулів інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі



Даталогічна модель бази даних для інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі



Підготовка робочих вхідних даних

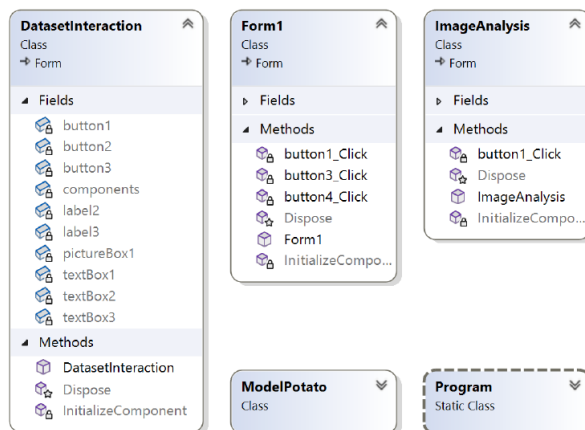


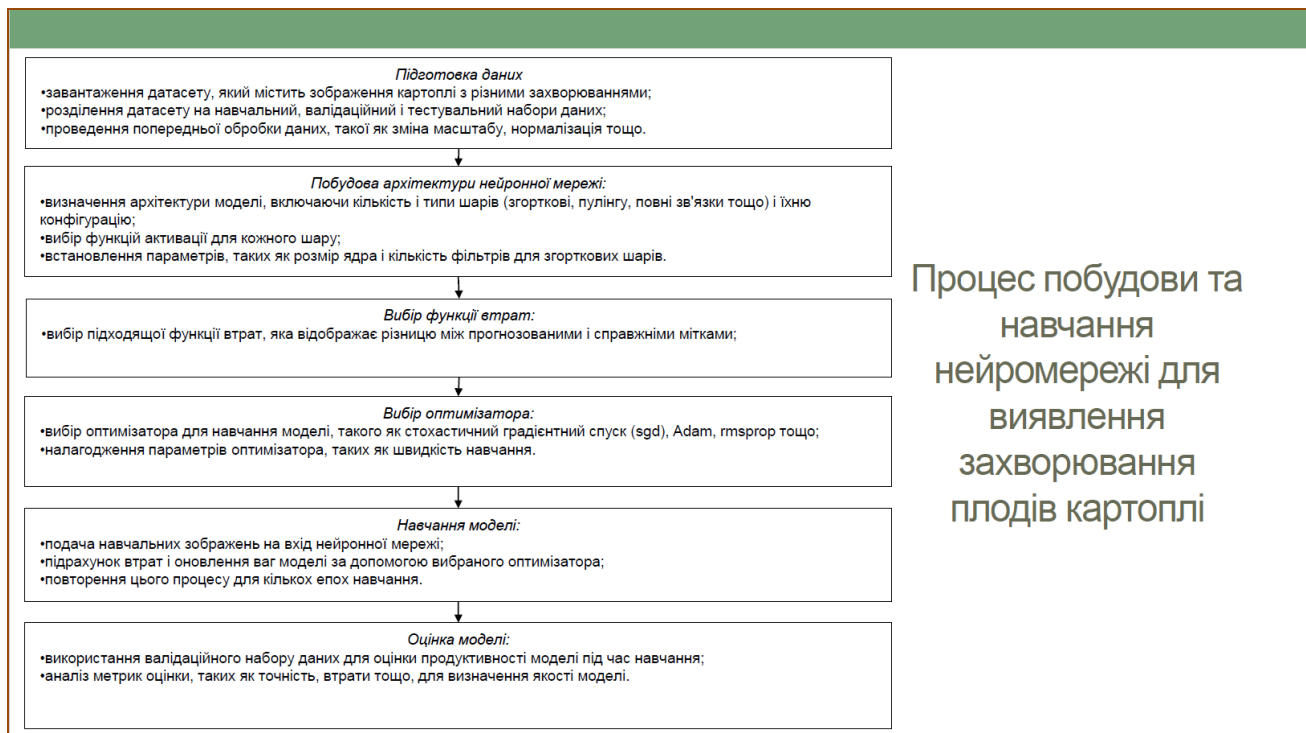
У якості навчальних та валідаційних даних було використано набір даних, що було зібрано з численних веб-сайтів і перевірено Інститутом сільськогосподарських досліджень Бангладеш (BARI). Датасет можна вільно використовувати та посилатися на набір даних про хворобу картоплі у своєму власному дослідженні.

Датасет «Potato Diseases Datasets» налічує 7 класів: чорна гниль (Black Scurf), в'ялена ніжка (Blackleg), звичайна парша (Common Scab), суха гниль (Dry Rot), здорова картопля (Healthy Potatoes), різне (Miscellaneous), рожева гниль (Pink Rot).

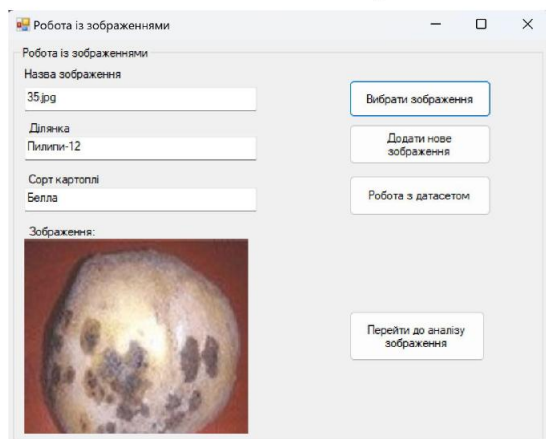
Загалом датасет налічує 451 зображення картоплі, у такому розподілі: чорна гниль (58), в'ялена ніжка (60), звичайна парша (62), суха гниль (60), здорова картопля (80), різне (74), рожева гниль (57). Набір даних є збалансованим та буде використано для навчання неймережі ResNet50, яка призначена для автоматизованого виявлення захворювань картоплі за фотозображенням плодів.

Діаграма класів інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

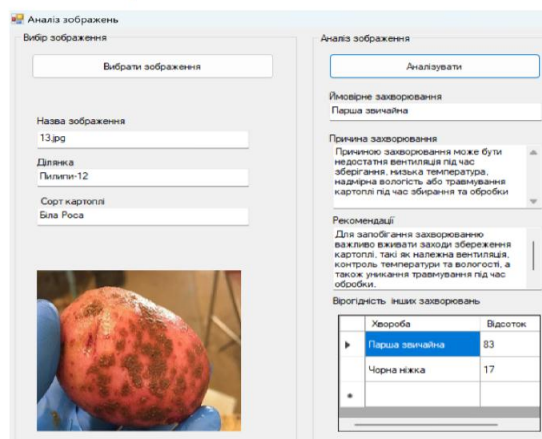




Інформаційна система виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями



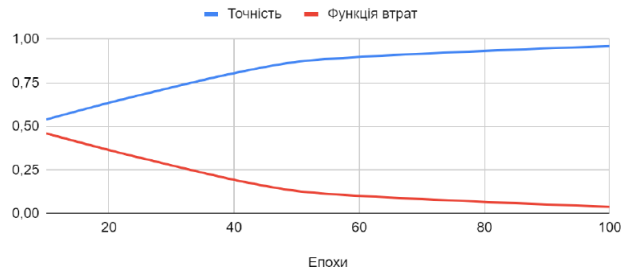
Форма «Робота із зображеннями» інформаційної системи виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями



Приклад роботи із формою виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

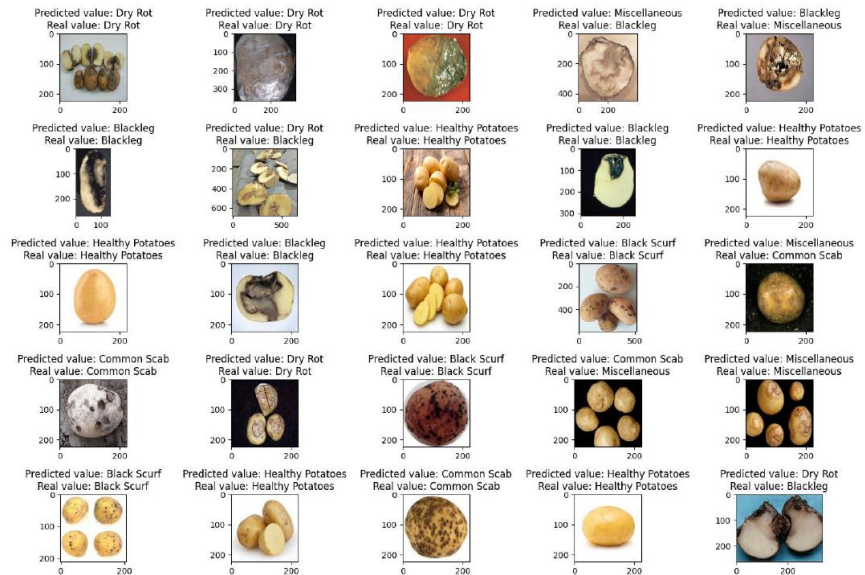
Дослідження під час навчання нейромережі, змінюючи параметри кількості епох

Точність та функція втрат



Кількість епох	Точність	Функція втрат	Час навчання, секунд
10	0,54	0,46	180
25	0,68	0,32	370
50	0,87	0,13	740
100	0,96	0,04	1450

Результати роботи навченої нейромережі



Висновки

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягала в спрощенні виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях, що передбачало розробку методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та відповідного програмного забезпечення, яке буде використовувати розроблений метод.

Для досягнення поставленої мети були поставлені та виконані такі задачі:

- виконано аналіз предметної області щодо виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями;
- виконано огляд теоретичних підходів щодо можливості виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та обрано підхід для подальшої реалізації у вигляді згорткової нейромережі;
- виконано огляд існуючих програмних рішень;
- створено метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та описано його основні кроки;
- спроектовано інформаційну систему діагностування захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, що реалізує створений метод, яка складається з двох підсистем, навченої нейромережевої моделі та бази даних;
- створено програмну реалізацію за спроектованою структурою інформаційної системи;
- виконано тестування створеного програмного застосунку засобами функціонального тестування та тест-кейсів;
- виконано дослідження ефективності методу нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями на основі розробленої інформаційної системи діагностування захворювань плодів картоплі.

Висновки

Розроблений застосунок дозволяє оперативно виявляти захворювання, що **сприяє фермерам у прийнятті ефективних рішень щодо застосування контрольних заходів та захисту рослин.**

Крім того, з урахуванням його високої точності (0,96 на 100 епохах навчання), програмне забезпечення може використовуватися як інструмент для моніторингу стану рослин у сільському господарстві з метою **підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю.**

Запропонований метод може бути програмним компонентом систем автоматичного контролю якості сільськогосподарської продукції та автоматичного сортування плодів картоплі.

Результат роботи повністю відповідає поставленим завданням.

За темою кваліфікаційної роботи бакалавра виконано наукову публікацію у матеріалах конференції.



Ім'я користувача:
Кафедра КН

ID перевірки:
1016369785

Дата перевірки:
17.06.2024 22:02:20 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
17.06.2024 22:41:29 EEST

ID користувача:
100005671

Назва документа: КН-20-2 Клопотівський_ЗАПИСКА

Кількість сторінок: 69 Кількість слів: 10448 Кількість символів: 85198 Розмір файлу: 3.04 MB ID файлу: 1016176694

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

9.74% Схожість

Найбільша схожість: 4.89% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1016172604)

6.76% Джерела з Інтернету

638

Сторінка 71

6.84% Джерела з Бібліотеки

141

Сторінка 76

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

1

Підозріле форматування

14
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 131178 Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями Додано в БД: 2024-06-17 Автора: Денис КЛОПОТІВСЬКИЙ Керівники: Валерія КЛІМЕНКО Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	65135	963	4561 (7%)	72 (7%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ 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 нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

Автор: студент групи КН-20-2 Денис Клопотівський

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: викладач каф. КН Валерія Кліменко

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, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

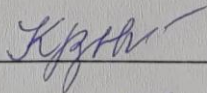
Запозичення, виявлені в роботі Денис Клопотівського, не є плагіатом, оскільки: запозичення розміщені в розділі огляду існуючих підходів, не описують безпосередньо авторську роботу і не стосуються її результатів; усі запозичення фрагментарні; до запозичень входять фрагменти програмного коду, що не мають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

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

- за системою Anti-Plagiarism: 4%;

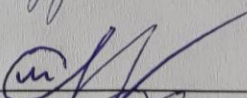
- за системою Unicheck: 9.74 %.

Керівник роботи



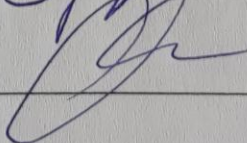
Валерія КЛІМЕНКО

Гарант ОП



Олександр МАЗУРЕЦЬ

Завідувач кафедри КН



Олександр БАРМАК



ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА
на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента гр. КН-20-2 Клопотівського Дениса Леонідовича

за темою Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

1. Актуальність теми

Актуальність виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями є надзвичайно високою. У сучасному аграрному секторі своєчасна діагностика захворювань має велике значення для забезпечення високої якості врожаю та мінімізації втрат. Використання фотозображень і нейромережевих технологій дозволяє швидко і точно ідентифікувати проблеми, що сприяє оперативному прийняттю заходів з контролю та лікування.

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

Відповідно до стандарту спеціальності, об'єктом дослідження є процес нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями, а предметом дослідження – нейромережеві методи розпізнавання зображень. Метою цієї роботи є спрощення виявлення захворювань плодів картоплі за рахунок автоматизованої ідентифікації на фотозображеннях. Таким чином, результати кваліфікаційної роботи бакалавра повністю відповідають стандарту бакалавра спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

3. Професійні та особистісні якості бакалавра

При роботі над кваліфікаційною роботою бакалавра Клопотівський Денис Леонідович проявив себе як відповідальний і кваліфікований фахівець. Він своєчасно та якісно виконував всі етапи дослідження, демонструючи глибоке розуміння теми. В процесі написання пояснювальної записки та розробки прикладного програмного забезпечення виявив високий рівень технічних знань і компетентностей, необхідних для досягнення успішного результату.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Клопотівський Денис Леонідович самостійно виконував кваліфікаційну роботу бакалавра, провівши аналіз літературних джерел і реалізуючи програмне забезпечення для розробленого методу.

5. Ступінь оволодіння методами дослідження

У процесі виконання кваліфікаційної роботи студент проявив високий рівень компетентності та глибоке розуміння предметної області комп'ютерних наук.

6. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема роботи була обґрунтована і розкрита на достатньому рівні. В ході дослідження був проведений аналіз предметної області та існуючих наукових робіт у цій галузі. Задачі, поставлені в роботі, були чітко сформульовані і успішно виконані. Є наукова публікація.

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

Викладення матеріалу є логічним, послідовним і аргументованим, враховуючи актуальні наукові джерела та існуючі методи. Весь матеріал роботи висвітлюється з врахуванням сучасних наукових підходів і методів.

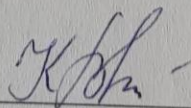
8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин

Виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями значно спрощує процес контролю за станом рослин. Цей метод дозволяє швидко та точно ідентифікувати хвороби, що сприяє оперативному вжиттю заходів для їх лікування та попередження поширення заражень.

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

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

Керівник



викладач каф. КН Валерія КЛІМЕНКО



РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента гр. КН-20-2 Клопотівського Дениса Леонідовича

за темою: Метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями

1. Актуальність обраної теми

Використання нейромереж для виявлення захворювань картоплі за фотозображеннями є актуальним як для фермерів, так і для аграрного сектору загалом, оскільки сприяє підвищенню ефективності, екологічній стійкості та економічному зростанню. Відбір заражених плодів картоплі покращить якість продукції, що позитивно вплине на конкурентоспроможність фермерських господарств на ринку. Завчасне виявлення захворювань допоможе фермерам своєчасно вживати заходи для лікування та контролю, що зменшить втрати врожаю та підвищить загальну врожайність.

2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

Автор кваліфікаційної роботи бакалавра розкрив мету роботи повністю, адже виконав усі поставлені в роботі завдання. було проведено дослідження, а саме в роботі в повному обсязі проведено аналіз предметної області, детально описано кроки запропонованого методу, розроблено інформаційну систему для дослідження ефективності методу.

3. Зміст кожного розділу роботи

Усі розділи кваліфікаційної роботи бакалавра розкриті в повному обсязі, містять посилання на джерела останніх років, що вказує на те, що використана в роботі інформація є актуальною. У розділі 1 наведено характеристику предметної області виявлення захворювань плодів картоплі. У розділі 2 розроблено метод нейромережевого виявлення захворювань плодів картоплі за фотозображеннями та структуру інформаційної системи. У розділі 3 проведено експериментальне дослідження методу на базі програмної реалізації інформаційної системи.

4. Оцінка розробленої інформаційної системи, її практична цінність

Розроблений метод забезпечує швидке виявлення захворювань, допомагаючи фермерам приймати ефективні рішення щодо застосування контрольних заходів і захисту рослин. Крім того, програмне забезпечення може слугувати інструментом для наукових досліджень, спрямованих на розробку нових методів і технологій для підвищення врожайності та зменшення втрат урожаю.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра відзначається достатньою якістю. Всі необхідні розділи представлені в повному обсязі, а для кращого розуміння інформації використано таблиці та графіки. Посилання на використану літературу забезпечують наукову обґрунтованість роботи. Чітка структура і логічна послідовність викладу матеріалу сприяють легкому сприйняттю та розумінню змісту роботи.

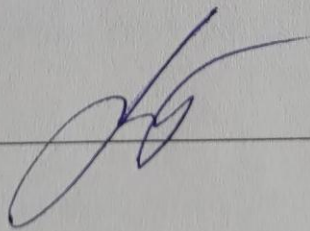
6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

Не наведено параметри (формат, розміри тощо) та інші вимоги до зображень, із якими працює створений програмний продукт. Нерівномірний розподіл контенту пояснювальної записки по пунктах, наприклад п.1.1 занадто великий, його варто було розділити на кілька окремих пунктів. Втім наведене не впливає на якість одержаного результату.

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 «добре».

Рецензент _____



Говорунченко Т.О.