

підставі виявлених закономірностей розроблено модель для прогнозування рівня злочинності для таких злочинів, як напад, побої, викрадення. Для її проектування використовувалися алгоритми машинного навчання, які враховують як історичні дані про злочини, так й інші зовнішні фактори. Приведено порівняльний аналіз алгоритмів. Дані методи прогнозування рівня злочинності можуть бути корисні для його зниження, так як дозволяють передбачати несприятливі періоди.

### **Список використаних літературних джерел**

- [1] Шаталов А.С. Криминалистические алгоритмы и программы. Теория. Проблемы. Прикладные аспекты / – М.: Лига Разум, 2000. – 252 с.
- [2] Лузгин И.М. Моделирование при расследовании преступлений / – М.: Юрид. лит., 1981. – 152 с.
- [3] Колдин В.Я. Типовые модели и алгоритмы криминалистического исследования / – М.:, 1989. – 184 с.

**Віталій Підставський, Ігор Пірко\***

магістрант кафедри КН, НЛТУ України, Львів, Україна.

\*к.ф.-м.н., доцент кафедри комп'ютерних наук, НЛТУ України, Львів, Україна.

### **Інтелектуальна система виявлення захворювання листя рослин**

**Анотація** – Розроблено та реалізовано інформаційну систему для розпізнавання основних видів хворіб листя рослин по їх зображеннях. Розглянуто існуючі методи та запропоновано метод цифрової обробки зображень для діагностики хворіб рослин за цифровими зображеннями листя у видимому спектрі, розроблено та реалізовано класифікатор для визначення виду хвороби листя.

**Ключові слова** – класифікація зображень, згорткові нейронні мережі, захворювань рослин, бінаризація ключових ознак.

Питання діагностики стану сільськогосподарських культур та інформаційного забезпечення прийняття рішень щодо їх захисту є одними з основних проблем управління врожаєм. Розроблено модель для діагностики захворювань рослин щодо зображення їх листя. Основна ідея запропонованої моделі полягає

у розпізнаванні стану культур за їх діагностичними ознаками. При цьому формування діагностичних ознак спирається на обчислення різних статистичних характеристик кожного фрагмента вихідного зображення.

Більшість захворювань листя рослин породжує якийсь їх прояв у видимому спектрі. У переважній більшості випадків діагноз або припущення про захворювання здійснюється візуально. Проблема може бути вирішена за рахунок використання цифрових фотозображень, розпізнавання образів та автоматичними інструментами класифікації, один з яких і був розроблений в даній роботі.

Для навчання класифікатора необхідно мати набір даних зображень листя як хворих, так і здорових рослин (рис. 1). Для цього використано відкритий датасет “PlantVillage Dataset”, з якого було взято лише зображення листя помідорів. Це було зроблено для оцінки можливостей різних методів. Класифікація повинна бути багатокласовою, оскільки має визначатися, чи не тільки здорова рослина, а ще й до якого типу захворювань відноситься хвороба, що вразила її. Поділ вибірки на класи виглядає так: Healthy, Bacterial\_spot, Late\_blight, Septoria\_leaf\_spot, Target\_Spot, Tomato\_Yellow\_Leaf\_Curl\_Virus.

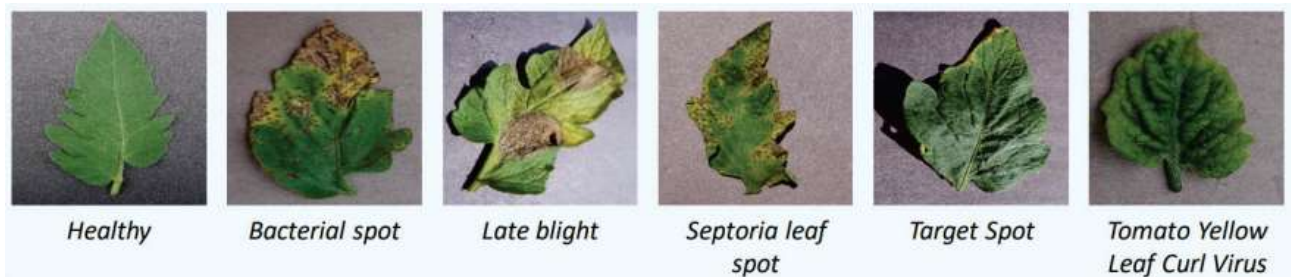


Рис. 1. Приклади типових представників класів хвороб рослин.

Основне завдання проведення експериментів – побудувати класифікатор захворювань рослин за RGB-зображеннями їх листя. Для побудови такого класифікатора використано методи машинного навчання. Вирішення цього завдання включало такі етапи: попередня обробка даних (автоматичне відокремлення листя від фону, отримання ознак (текстурних та статистичних), скорочення кількості ознак, навчання досліджуваного класифікатора на різних наборах ознак, оцінка якості роботи класифікатора, аналіз отриманих результатів.

В роботі використано дані RGB-зображень листя рослин (помідорів). Але крім самого листя на зображенні представлено фон. Тому потрібно було отримати зображення листків на чорному фоні. Для цього використано метод, щоб проводити автоматичну розмітку. Він ґрунтується на методі побудови ознак фону та листя. Сегментація листків має багатокроковий характер. Спочатку позбавляються від всіх кольорів, крім зеленого. Для цього по чергово позбавляються від білих, чорних та синіх областей, а потім застосовують поріг Оцу для різниці між індексами надлишкового зеленого та червоного кольорів.

В результаті видалення текстурного фону отримано маску листка з дефектами (дірами) усередині його області, які необхідно заповнити (рис. 2а). Для цього побудовано бінарне зображення маски дефектів (0 – фон та листок, 1 – дефект). Після цього бінарне зображення маски листка без дефектів отримано поєднанням масок (рис. 2с). Згладжування зайвої зашумленості меж реалізовано морфологічними операціями. Фіналом автоматичної сегментації є застосування отриманої маски до зображення (рис. 2е).

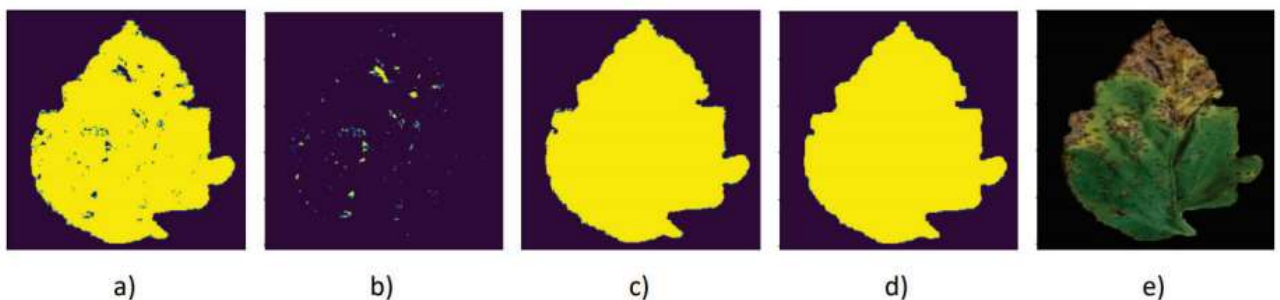


Рис. 2. Зображення: а) маска листка з дефектами; б) маска дефектів; с) маска листка після об'єднання масок; д) маска листка після згладжування операціями морфології; е) результат сегментації листка.

В якості ознак отримано статистичні ознаки зображень, які одержані на основі різних статистик. Для формування статистичних ознак спочатку обчислено базові статистичні ознаки для кожного каналу RGB зображень листка в межах його маски (фон ігнорується). Далі на їх основі можуть конструюватися ознаки другого рівня. Як базові статистичні характеристики RGB-зображення листка використано: середнє значення яскравості для кожного каналу зобра-

ження, стандартне відхилення яскравості кожного каналу зображення, максимальне та мінімальне значення яскравості кожного каналу зображення [1].

Поєднавши текстурні та статистичні ознаки, отримано ознаки для кожного зображення. Для уніфікації аналізу всі ознаки переведені до діапазону  $[0, 1]$ . Кількість ознак зменшували за допомогою методу головних компонент. При його використанні отримано менший набір нових ознак, кожна з яких є лінійною комбінацією вихідних.



Рис. 3. Алгоритм виявлення захворювання рослин.

На рис. 3 показана основна процедура запропонованого алгоритму виявлення захворювання рослин. Зображення різних листків отримано за допомогою цифрової камери. Потім використовуються методи обробки зображень, щоб отримати корисні характеристики, необхідні для подальшого аналізу.

При аналізі зображень важливою їх характеристикою служить текстура, яка є у всіх зображеннях. Один із аспектів текстури пов'язаний із просторовим розподілом та просторовою взаємозалежністю значень яскравості локальної області зображення. Статистики просторової взаємозалежності значень яскравості обчислюються за матрицями переходів значень яскравості між найближчими сусідніми точками [2]. Обчислюючи ознаки різних зображень, можна отримати багатовимірний вектор ознак текстур. Такі ознаки чітко пов'язані з візуальними особливостями текстури та використовуються для пошуку подібних зображень.

На виході класифікатора формується вектор ймовірностей приналежності вхідного зображення до кожного класу. Клас із найвищим значенням ймовірності буде результатом розв'язку задачі класифікації. Представлено етапи ство-

рення та розгортання для загального користування моделі згорткової архітектури, що вирішує завдання багатокласової класифікації стану рослин за кольоровими зображеннями їх листя.

**Висновки.** Дослідження проведено з метою вирішення задачі діагностики хвороб рослин. Як вхідні дані використано датасет, що включає зображення здорових рослин і зображення для п'яти видів захворювань рослин. Розроблено інформаційну систему, що включає такі етапи: автоматичну сегментацію, отримання ознак, класифікацію методами машинного навчання. Проведено попередню обробку вхідних зображень з метою забезпечення повноти сегментації листя та ознак, що характеризують їх аномалії, які пов'язані з захворюванням рослин. Розроблена модель може бути використана при проектуванні програмних комплексів, які будуть орієнтовані на вирішення задач класифікації об'єктів, що задані у вигляді зображень.

#### **Список використаних літературних джерел**

- [1] Акинин М.В., Никифоров М.Б., Таганов А.И. Нейросетевые системы искусственного интеллекта в задачах обработки изображений / – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 152 с.
- [2] Содем Ян. Программирование компьютерного зрения на языке Python / – Москва: ДМК Пресс, 2016. – 312 с.

**Дмитро Квик, Світлана Яцишин\***

магістрант кафедри КН, НЛТУ України, Львів, Україна. [kvyk@nltu.edu.ua](mailto:kvyk@nltu.edu.ua).

\* завідувач кафедри ІПЗ, НЛТУ України, Львів, Україна.

<https://orcid.org/0000-0001-5200-4837>, [yatsyshyn@nltu.edu.ua](mailto:yatsyshyn@nltu.edu.ua).

#### **Мобільний застосунок для формування зображення за ескізом з використанням методів штучного інтелекту**

**Анотація** – У результаті виконання проекту було охарактеризовано метод генерування зображень з вихідного нарису та досліджені доступні підходи та алгоритми для програмної реалізації. На основі цього був розроблений програмний продукт, який здатен виконувати генерацію зображень на основі вхідних нарисів. Проведене тестування підтвердило правильність та ефективність