Автоматичне виявлення та аналіз дефектів на модулюючих дисках

Розроблено програмне забезпечення системи збору даних для модуляційних дисків. Забезпечено автоматизований процес накопичення та збереження інформації, необхідної для подальшого аналізу.

У рамках виконання завдання конкурсу було розроблено програмне забезпечення для автоматизованого виявлення та класифікації дефектів на поверхні модуляційних дисків. Система базується на використанні попередньо навченої нейронної мережі, що забезпечує розпізнавання різних типів дефектів у режимі реального часу. Програмний комплекс не лише ідентифікує дефекти, а й виконує їх візуалізацію, збереження зображень для подальшого аналізу та формування статистичних звітів. Це дозволяє підвищити об’єктивність і швидкість контролю якості, а також створює підґрунтя для подальшої оптимізації технологічних процесів

- У головному меню програмного додатку (рис. 1) передбачено використання попередньо навченої моделі для розпізнавання класів дефектів, а також вибір джерела даних — відеозапис, отриманий під час перевірки диска-енкодера, або сигнал із камери для контролю у режимі реального часу. Крім того, інтерфейс містить інформаційні блоки, необхідні для подальшого аналізу результатів розпізнавання.

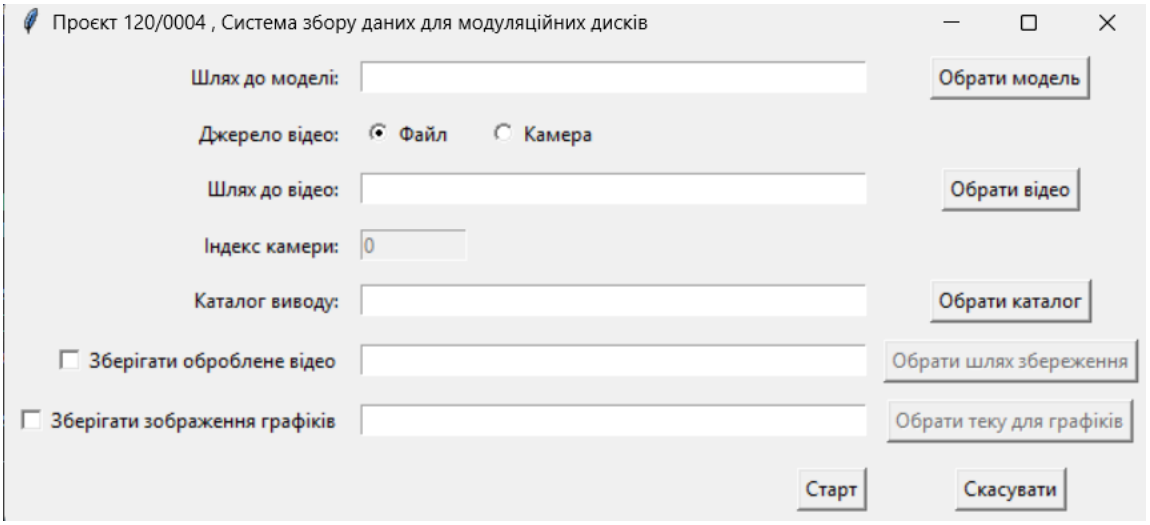


Рис. 1. Головне меню розробленого програмного забезпечення

Приклад розпізнавання у реальному часі за допомогою імплементованої у програмний код системи штучного інтелекту наведено на рис. 2. Алгоритм здійснює автоматичне виявлення дефектів на поверхні модуляційного диска з подальшою візуалізацією результатів. Зокрема, для кожного виявленого дефекту формується рамка, що відображає його просторові координати, а

також визначаються кількісні характеристики, такі як лінійні розміри та загальна площа дефекту.

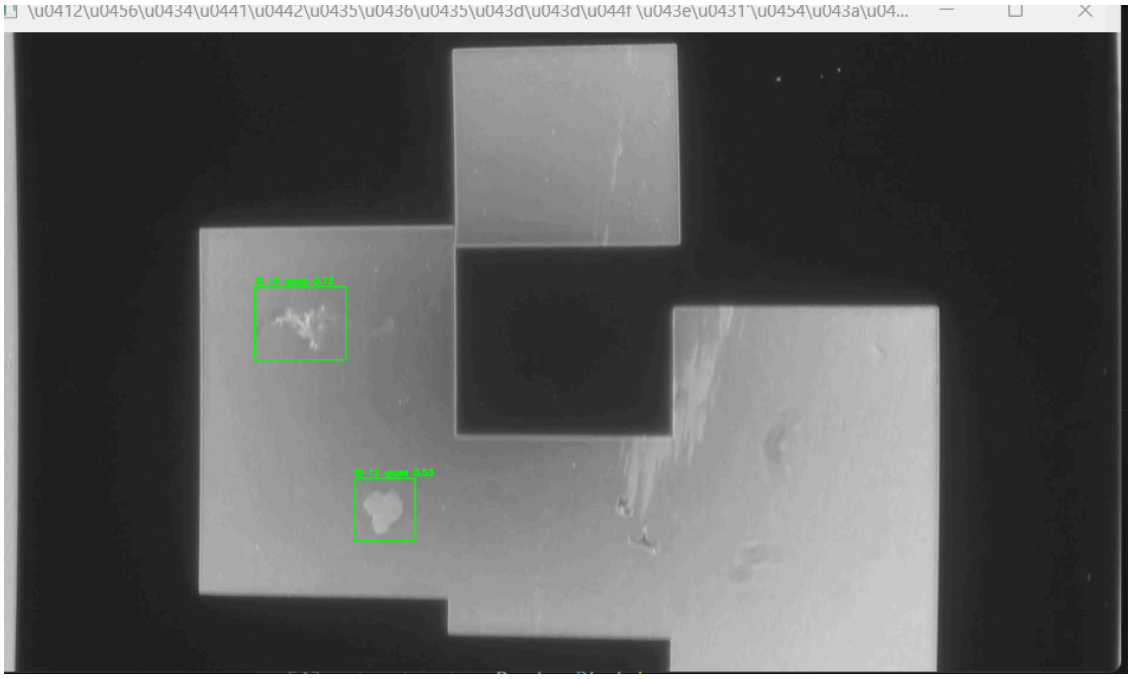


Рис. 2. Розпізнавання дефектів у режимі реального часу

Розроблене програмне забезпечення не лише виконує автоматичне розпізнавання дефектів, але й забезпечує їхнє виділення на зображенні з подальшою локалізацією. Для кожного виявленого дефекту створюється окремий фрагмент зображення, який зберігається у базі даних для подальшого аналізу та формування вибірки (рис. 3). Такий підхід дає змогу проводити детальні дослідження характеристик дефектів, здійснювати їхню класифікацію за типами й параметрами, а також використовувати накопичений матеріал для повторного навчання моделей штучного інтелекту з метою підвищення точності розпізнавання.



Рис. 3. Виділення окремих дефектів і їх збереження

Крім функцій розпізнавання та збереження зображень дефектів, у програмному забезпеченні реалізовано модуль статистичного опрацювання результатів (рис. 4). Система автоматично узагальнює дані щодо кількості, розподілу та типів виявлених пошкоджень, що дозволяє отримати комплексне уявлення про стан поверхні модуляційного диска. Наявність такого інструментарію створює можливість для проведення подальшого порівняльного аналізу між різними зразками та виробничими партіями, а також формування бази знань для удосконалення алгоритмів контролю якості.

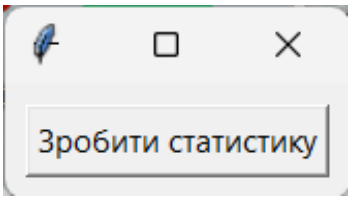


Рис. 4. Інтерфейс виклику функції формування статистики дефектів

Після первинного аналізу та збереження результатів система формує узагальнену статистику за всіма виявленими дефектами (рис. 5). У цьому режимі представлено кількість дефектів, розподіл їх за класами, а також основні параметри — площа та периметр. Для кожної категорії наводяться мінімальні, максимальні та середні значення, що дозволяє здійснювати порівняльну оцінку між різними типами пошкоджень. Такий формат подання інформації є важливим для виявлення закономірностей у виникненні дефектів, оцінки їхнього впливу на функціональні властивості модуляційних дисків та прийняття рішень щодо оптимізації виробничого процесу.

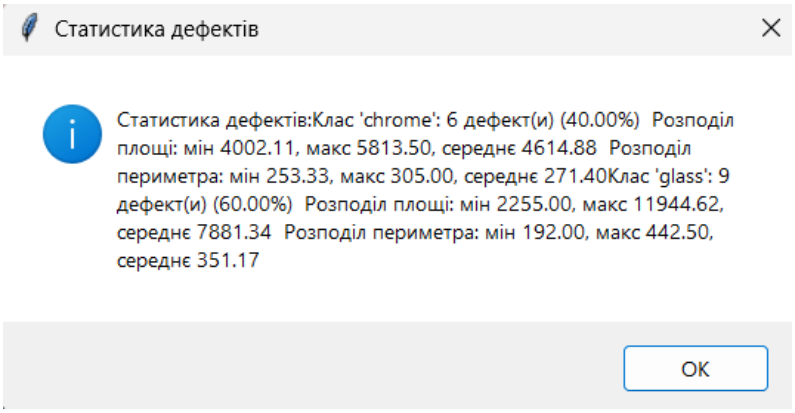


Рис. 5. Вікно відображення узагальненої статистики дефектів за класами та геометричними параметрами.

Для підвищення інформативності результатів у програмному забезпеченні реалізовано можливість візуалізації розподілу дефектів за класами (рис. 6).

Діаграма відображає відсоткове співвідношення між виявленими категоріями пошкоджень, що дозволяє швидко оцінити домінуючі типи дефектів у вибірці. Такий підхід забезпечує більш глибоке розуміння структури пошкоджень, виявляє тенденції у виникненні дефектів різного походження та може бути використаний для подальшої оптимізації процесів і контролю якості.

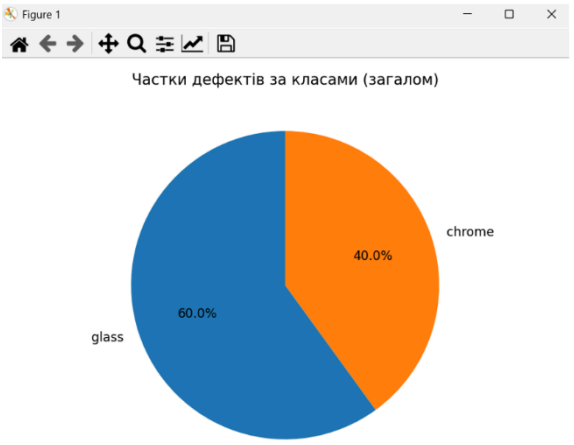
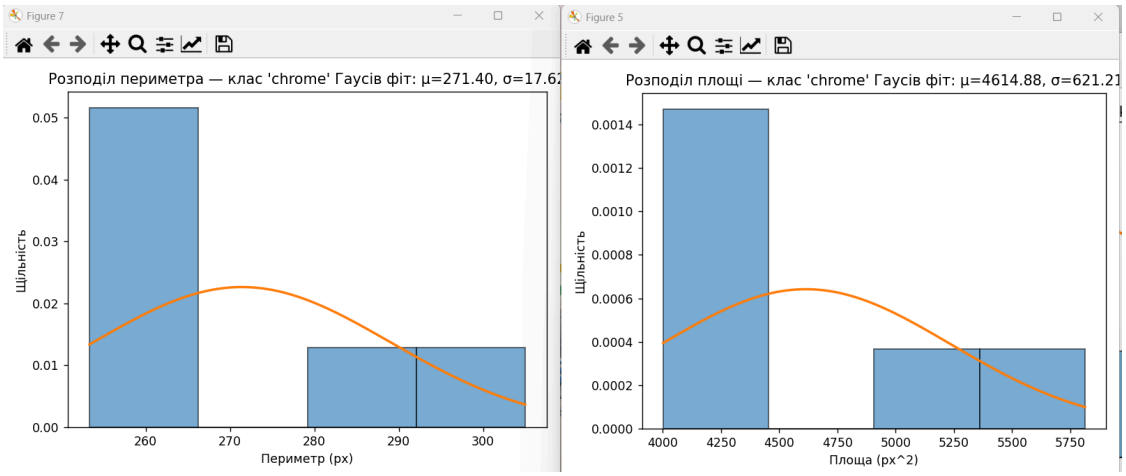


Рис. 6. Розподіл дефектів за класами у відсотковому співвідношенні

Окрім загальної статистики, система надає можливість аналізу геометричних параметрів виявлених дефектів. Зокрема, розглядається розподіл значень периметра для вибраного класу пошкоджень (рис. 7). Отримані гістограми дозволяють оцінити характерні діапазони змін даного параметра, а також порівняти їх із теоретичним розподілом, апроксимованим функцією Гауса. Це дає змогу робити висновки щодо однорідності чи різноманітності дефектів усередині одного класу та використовувати результати для подальшої класифікації й прогнозування впливу дефектів на експлуатаційні характеристики модуляційних дисків.

Додатковим інструментом аналізу є статистична оцінка площі дефектів (рис. 8). Побудовані гістограми демонструють частотний розподіл значень для конкретного класу пошкоджень із подальшою апроксимацією кривою Гауса. Такий підхід дозволяє не лише визначати середні параметри дефектів, але й оцінювати ступінь варіативності їхніх геометричних характеристик. Отримані результати є корисними для виявлення закономірностей у формуванні дефектів, а також для подальшої валідації моделі штучного інтелекту, що використовується для автоматизованого контролю.



- *Рис. 7. Розподіл дефектів за периметром з апроксимацією функцією Гауса*

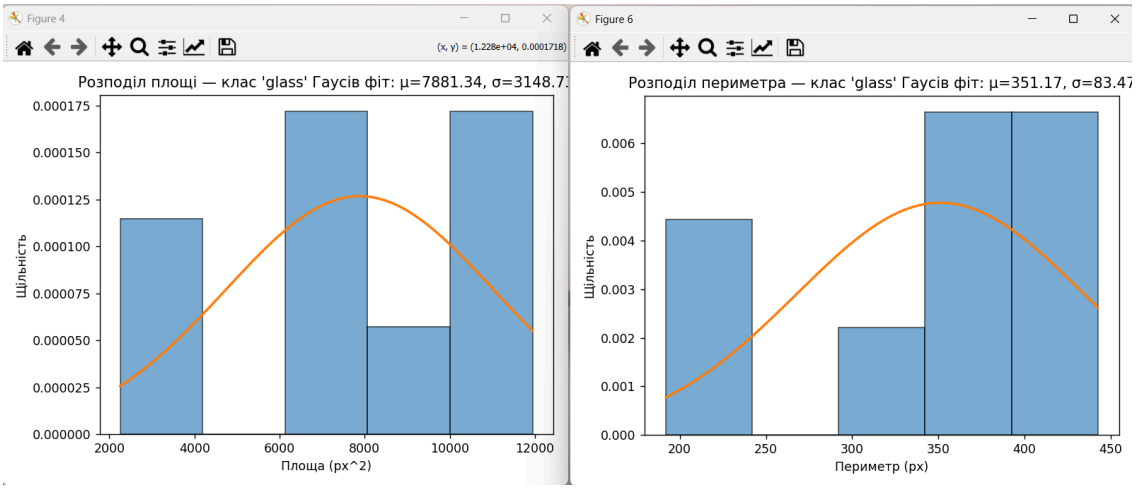


Рис. 8. Розподіл дефектів за площею з апроксимацією функцією Гауса

Робота програмного забезпечення організована у вигляді поетапного алгоритму (рис. 9). На початковому етапі користувач задає основні параметри, зокрема вибір моделі YOLOv8, джерело даних (відеофайл або камера реального часу), а також опції збереження результатів. Після ініціалізації моделі виконується обробка відеопотоку, що включає детекцію об’єктів, формування координатних рамок, визначення класів та рівня достовірності. Далі алгоритм здійснює відстеження виявлених об’єктів за допомогою методу найближчого сусіда (nearest neighbor) та оновлення траєкторій.

Робота була проведення завдяки гранту НДФУ у рамках проєкту 2023.04/0004