УДК 004.932.72

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ АНАЛІЗУ РОЗМІРІВ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Малкіна В.М.[1], д.т.н. *e-mail*: *pavelvladik7@gmail.com*
Засипко В.П.[1] *e-mail*: *vira malkina@tsatu.edu.ua*
[1]*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Актуальність та постановка проблеми. У агротехнологічній сфері одним з важливих елементів наукових досліджень є розрахунок геометричних характеристик різних природних об'єктів сільськогосподарських культур і подальший статистичний аналіз отриманих даних. Внаслідок множинної вибірки вихідних даних і складності точного вимірювання діаметра черешні, виникає потреба в автоматизації процесу визначення геометричних розмірів плодів черешні, розробивши для цього завдання спеціальне програмне забезпечення.

Основні матеріали досліджень. Незважаючи на те, що комп'ютерний зір застосовується в багатьох сферах нашого життя і сьогодні існують багато різних програмних систем, що реалізують подібний функціонал, проте вони малоефективні у випадку, коли потрібно розрахувати діаметр округлого об'єкта на фотографії.

Так, наприклад, графічний редактор Adobe Photoshop містить ряд інструментів, за допомогою яких користувач може здійснити якісну обробку зображення, але не здатен досить точно визначити його геометричні розміри [3].

В системі Matlab, зокрема в пакеті прикладних програм Image Processing Toolbox, є найбільш потужним інструментом для моделювання і дослідження методів обробки зображень. Він включає велику кількість вбудованих функцій, що реалізують найбільш поширені методи обробки та аналізу зображень. За допомогою цього ПЗ можна визначити кількість пікселів в зображенні, обробити зображення(підвищити або знизити яскравість, розмити зображення, відфільтрувати зображення різними методами) і навіть розрахувати розміри конкретного об'єкта. Але ця система потребує спеціальної підготовки користувача в області програмування.

В програмному модулі, розробленому у роботі [4], є можливість розрахувати площу фото синтезуючої поверхні листа рослини. В роботі [5], представлена програма, яка здатна визначити площу листової поверхні льону. Але програмні модулі, представлені вище, не реалізовують функцію розрахунку такого лінійного параметра, як діаметр плоду черешні.

Метою досліджень є розробка спеціального програмного модулю для визначення геометричних характеристик плоду черешні шляхом аналізу їх цифрових зображень.

В якості методу визначення розмірів об'єкту використовується метод апроксимації. Геометричний контур об'єкту апроксимується окружністю, та на основі розрахованих розмірів визначаються відповідні геометричні характеристики.

Для визначення діаметра плода черешні ми використовуємо підхід порівняння з еталоном. У якості еталону виступає об'єкт, геометричні розміри якого відомі. Визначаючи кількість пікселів еталонного об'єкта, і знаючи його реальні геометричні розміри, ми можемо використовувати ці дані для визначення геометричних розмірів інших об'єктів на фотозображенні.

У зв'язку з наявністю похибки апроксимації необхідно, також, розрахувати, так званий, поправочний коефіцієнт. Поправочний коефіцієнт пропонується розраховувати на основі побудови регресійної залежності між показниками розмірів плоду черешні, експериментально визначеними для деякої дослідної вибірки (тренувальної вибірки), і відповідними показниками, які визначено за допомогою програмного модулю.

Програмний модуль розроблено на об'єктно-орієнтованій мові програмування C# в середовищі Microsoft Visual Studio на основі відкритої бібліотеки комп'ютерного зору OpenCVSharp.

Перш ніж приступати до процесу аналізу зображень, потрібно визначити так звану «тренувальну вибірку». В якості тренувальної вибірки, в нашому випадку, виступає набір цифрових зображень плодів черешні, розміри яких були визначені експериментально.

Процес аналізу зображення та розрахунок необхідних розмірів об'єкту (діаметр плоду черешні) проводиться за наступним алгоритмом.

Перший етап – підготовка зображень тренувальної вибірки та еталонного об'єкту, розташування об'єктів на рівномірному фоні, забезпечення рівномірного освітлення та мінімізація сторонніх ефектів.

Другий етап – попередня обробка фотозображення плодів черешні з дослідної тренувальної вибірки. Зображення коректується, з нього прибираються цифрові дефекти (різні шуми, тіні та інше) з метою підвищить точність аналізу. У якості операції попередньої обробки пропонується алгоритм верстки [6] – методу, який обчислює суму добутків значень елементів маски фільтра та значень пікселів, на які потрапляють відповідні елементи маски, для всіх точок зображення. Такий спосіб допоможе поліпшити якість зображення і зменшити похибку обчислень.

Третій етап – підготовка та зображення для розрахунку геометричних характеристик об'єкта. Щоб знайти площу об'єкту використовується метод контурного аналізу. Для виділення контуру спочатку вхідне зображення перетворюється у«відтінки сірого», а потім на бінарне(чорно-біле) зображення. Бінаризація [7] – це піксельна операція, значення пікселя якої порівнюється з фіксованим порогом

Операції «відтінки сірого» та «бінаризація» виконуються за допомогою функції CvFindContours() в бібліотеці OpenCV [2], що базується на основі алгоритмі SUZUKI85 [1]. Реалізація даного етапу зображена на рисунку 1.

Рис. 1. Результат операцій «відтінки сірого» та «бінаризація»

На четвертому етапі користувач вибирає об'єкт, який вважається еталоном (в нашому випадку це фігура квадрата). Після чого користувачеві необхідно ввести площу еталона і в окреме поле реальне значення діаметра плоду черешні з тренувальної вибірки (рис. 2).

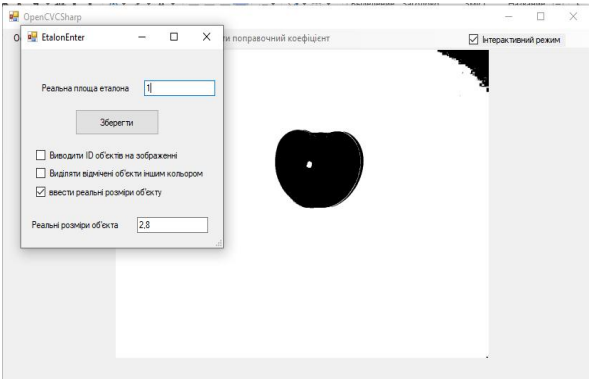

Рис. 2. Введення значення площі еталонного об'єкту

П'ятий етап – визначення на зображенні об'єкту плоду черешні,визначення на основі цих даних діаметру плоду, розрахованого за допомогою програми, і виведення цих даних у вигляді таблиці на екран користувача (рис. 3).

Реальна площа об'єкту визначається за формулою:

$$S_{реал} = \frac{S_{пікс} \cdot S_{ет.реал}}{S_{ет.пікс}} \quad (1)$$

де $S_{реал}$ – реальна площа об'єкту;

$S_{пікс}$ – кількість пікселів області зображення, що відповідає об'єкту;

$S_{ет.реал}$ – реальна площа еталону;

$S_{ет.пікс}$ – кількість пікселів області зображення, що відповідає еталону.

Так як об'єкти дослідження мають однотипну форму (наближену до форми окружності), пропонується для визначення геометричних розмірів плоду черешні використовувати інваріантні характеристики – площа [8] (це кількість пікселів обраної області) та периметр(кількість пікселів на кордоні цієї області). На основі значень площі та периметру об'єкту визначаються реальні розміри плоду черешні.

Як відомо, площа та периметр кола визначається формулами:

$$S = \pi \cdot r^2;$$
$$C = 2 \cdot \pi \cdot r, \quad (2)$$

де S – площа кола;

C - периметр кола

r – радіус кола.

Знаючи величину площі S можна визначити діаметр плоду черешні у випадку,

якщо апроксимувати форму зображення плоду черешні колом:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \tag{3}$$

де D – периметр кола

Щоб визначити значення діаметра в сантиметрах, потрібно визначити кількість пікселів в одному сантиметрі на даному зображенні. Для цього знаходимо значення сторони квадрата еталонного об'єкту за формулою:

$$a = P/4, \tag{4}$$

де a – сторона квадрата;
P – периметр квадрата.

Тоді, діаметр D окружності в пікселях переводимо в сантиметри, і визначаємо діаметр зображення плоду черешні:

$$D_{\text{пікс}} = \frac{D_{\text{см}}}{a}, \tag{5}$$

де $D_{\text{пікс}}$ – діаметр в піскелях;
$D_{\text{см}}$ – діаметр в сантиметрах.

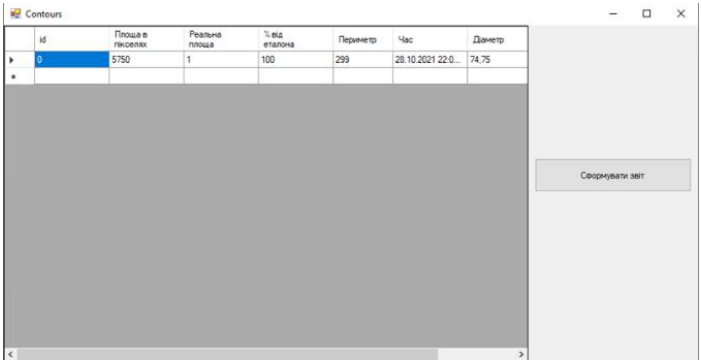

Рис. 3. Розрахунок геометричних розмірів об'єктів

На шостому етапі, після обробки фотографій з тренувальної вибірки, розраховуємо поправочний коефіцієнт, натиснувши на опцію "розрахувати поправочний коефіцієнт" (рис. 4).

Рис. 4. Розрахунок поправочного коефіцієнту

У зв'язку з тим, що форма плоду черешні не є ідеально круглою, необхідно визначити параметри (коефіцієнт поправки, як відношення діаметру апроксимуючої окружності до діаметру реального об'єкту. Поправочний коефіцієнт визначається

шляхом розрахунку даних, отриманих з тренувальної вибірки.

Дані, отримані з тренувальної вибірки, будуть сформовані в масив, що зберігає значення програмних і реальних даних. На підставі цієї інформації, ми розраховуємо поправочний коефіцієнт k, який потім використовується при визначенні розмірів черешні.

Для розрахунку поправочного коефіцієнта, спочатку необхідно побудувати модель лінійної регресії, де у якості залежної змінної виступає x – значення діаметру плоду черешні, яка визначена за допомогою програмного модуля, а у якості незалежної змінної виступає y – реальні значення діаметру плоду черешні:

$$y = b_0 + b_1 x \tag{6}$$

Параметри регресії визначаються за формулами:

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2} \tag{7}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \cdot \bar{x} \tag{8}$$

де b_1, b_0 – параметри регресії;
n – кількість даних у виборці;
$\bar{x}$ – середнє значення x;
$\bar{y}$ – середнє значення y;

Тоді значення поправочного коефіцієнту розраховується за формулою $k = b_0 + b_1 x$.

Сьомий етап – обробка зображень досліджуваної вибірки і розрахунок скоригованого діаметра плоду черешні з урахування коефіцієнту поправки (рис. 5).

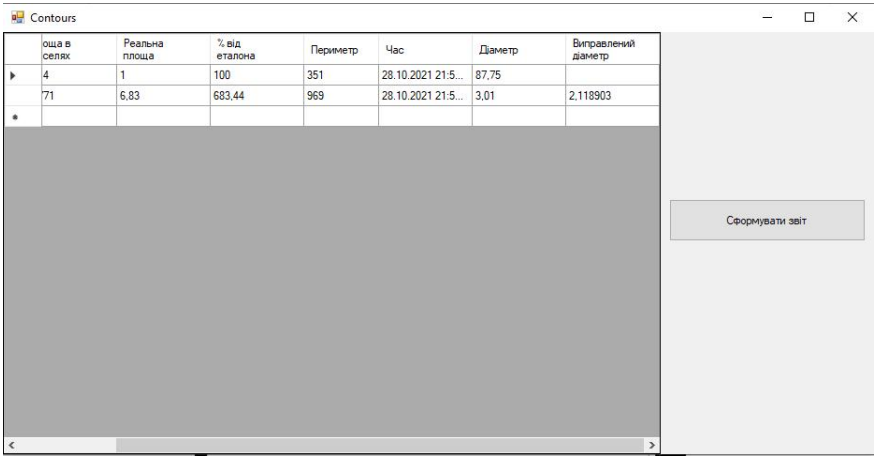

Рис. 5. Визначення геометричних розмірів плодів черешні з урахуванням коефіцієнту поправки

Отримані дані в автоматичному режимі заносяться до спеціальної таблиці та виводяться на екран. Було проведено обробку 150 зображень. Як показало дослідження, максимальна похибка обчислень не перевищує 2,14%.

Висновок. Система, що була розроблена в рамках даної роботи, дозволяє визначати діаметр плоду черешні використовуючи метод контурного аналізу. Принцип дії цього методу ґрунтується на підрахунку пікселів, які знаходяться в межах попередньо виділеного об'єкту. Для визначення діаметра плоду черешні в якості порівняльного об'єкта використовується, так званий, еталонний об'єкт з відомою площею та периметром. Для уточнення значення діаметра реальних об'єктів використовується, так званий, поправочний коефіцієнт, розрахований на основі значень, отриманих з експериментальних даних. Автоматизація розрахунку таких параметрів, як діаметр плоду черешні,дозволяє скоротити часові витрати проведення наукових досліджень і підвищити точність всіх проаналізованих даних.

Список використаних джерел:

1. Suzuki S., Abe K. Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by order Following. Computer Vision, Graphics, and Image Processing. 1985. Volume 30, Issue 1. С. 32-46.

2. Finding contours in your image. URL: https://docs.opencv.org/3.4.15/df/d0d/tutorial _find_contours.html.

3. Покращення зображення за допомогою коригування балансу кольорів. URL: https://helpx.adobe.com/ua/photoshop/using/applying-color-balance-adjustment.html.

4. Малкіна В.М., Мозговенко А.А. Визначення геометричних характеристик плодів черешні на основі технологій комп'ютерного зору. Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матер. І Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф., 7-25 груд. 2020. С. 49-52.

5. Малкіна В.М., Білоус Н.В. Методика вимірювання показників вибірки насіння соняшнику на основі класифікації за ознаками геометричних інваріантів. Системи обробки інформації. Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба. 2015. №2(127). С. 118-120.

6. Гонзалес Р.С., Вудс Р.Е. Цифровая обработка изображений. 3-е изд. исправл. и доп. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.

7. Малкіна В.М., Еременко О.А. Методика определения площади листовой поверхности льна масличного (Linum usitatissimum L.) на основе методов обработки и анализа изображений. Stiinta agricola. 2017. №2. С. 36-40.

8. Малкіна В.М. Методика аналізу зображень однотипних об'єктів на основі класифікаційних ознак геометричних інваріантів. Мелітополь: ТДАТУ, 2016. №6. С. 276-281.