XÁC ĐỊNH MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG SINH TRƯỞNG CỦA CÂY ƯƠM TRONG MÔI TRƯỜNG CÓ KIỂM SOÁT BẰNG XỬ LÝ ẢNH

Determination of some Growth Characteristics of Seedlings in Controlled Environment by Image Processing

Lê Hồng Minh[1], Phạm Vũ Ban[1,*], Nguyễn Huy Hưng[1], Vũ Minh Thoại[1], Đoàn Hồng Quang[1], Nguyễn Huy Công[1]

Tóm tắt:

Việc phân tích sự sinh trưởng của cây ươm cho phép đánh giá sự thành công của các phương pháp nhân giống và xác định trực tiếp các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình ươm cây. Tuy nhiên, việc đánh giá chính xác sự sinh trưởng của cây ươm chủ yếu bằng việc ghi lại hàng ngày bằng giấy dẫn đến việc tiêu tốn nguồn lực về cả con người và thời gian. Bài báo trình bày phương pháp xử lý và kết quả đạt được về xác định một số đặc trưng sinh trưởng của cây ươm trong môi trường có kiểm soát bằng xử lý ảnh. Các đặc trưng của cây ươm trong nhà màng được xác định bao gồm định danh cây, chiều cao cây và số lá cây. Aruco marker được sử dụng để định danh cây, căn chỉnh ảnh và làm thước tham chiếu tính chiều cao cây. Các kỹ thuật phân tích ảnh, lọc màu được sử dụng để tách cây khỏi nền. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo YOLOv8 đã được huấn luyện tiếp với các ảnh lá cây được gán nhãn để đếm số lá cây.

Từ khóa: Điểm đánh dấu Aruco, Mạng nơ ron, Định danh cây, Tính chiều cao cây, Đếm lá cây.

Abstract:

Determinate the growth of nursery plants allows assessing the success of breeding methods and identifying factors that directly affect the nursery process. However, accurately assessing the growth of nursery plants mainly by recording daily by hand leads to a waste of resources in both man power and time. The paper presents the processing method and results achieved in determining some growth characteristics of seedlings in a controlled environment by image processing. The characteristics of seedlings in membrane houses determined include plant identification, plant height and number of leaves. Aruco marker is used to identify plants, align images and serve as a reference to calculate plant height. Image analysis and color filtering techniques are used to separate plants from the background. The YOLOv8 artificial neural network model has been further trained with labeled leaf images to count the number of leaves.

Keywords: Aruco marker, Neural network, Plant identification, Plant height Calculation, Plant leafs counting.

Article history:
Received: 26/8/2024
Accepted: 20/9/2024
Published: 01/10/2024

Authors' affiliations:
[1] Trung tâm Công nghệ Vi điện tử và tin học, Viện Ứng dụng Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam
[*] Địa chỉ e-mail tác giả liên hệ: phamvubanbk@gmail.com
[*] Số điện thoại tác giả liên hệ: +84 337018671

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quy trình nghiên cứu nhân giống các loại cây trồng sử dụng công nghệ nuôi cấy mô, tiếp sau giai đoạn nuôi cấy trong phòng thí nghiệm, cây con thường được ươm trong nhà màng, nơi các điều kiện môi trường, dinh dưỡng được kiểm soát chặt chẽ, đến khi các chỉ số sinh trưởng của cây đạt đến mức yêu cầu thì mới được đưa ra trồng ngoài tự nhiên.

Để có thể đưa ra quy trình và các điều kiện môi trường sinh trưởng tốt nhất khi ươm mỗi loại cây, các nhà nghiên cứu cần phải thu thập đặc trưng sinh trưởng của cây ươm như chiều cao, số lá … của cây con theo thời gian. Hệ thống nhà màng thông minh thường đã có thể tự động ghi nhận các thông số môi trường và dinh dưỡng trong quá trình ươm. Tuy nhiên, các đặc trưng sinh trưởng và phát triển của cây ươm như chiều cao, số lá thường vẫn phải thu thập thủ công.

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xây dựng giải pháp phần mềm có chức năng xác định một số đặc trưng sinh trưởng của cây ươm trong môi

trường có kiểm soát một cách tự động bằng xử lý ảnh. Ảnh của mỗi bầu hoặc chậu (gọi chung là bầu) cây ươm sẽ được phần mềm tự động nhận biết tên phân biệt của bầu cây, chiều cao cây và số lá của cây tại thời điểm chụp ảnh.

II. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

A. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng của nghiên cứu là ảnh của các cây con đang được ươm trong các bầu trong nhà màng có môi trường được kiểm soát.

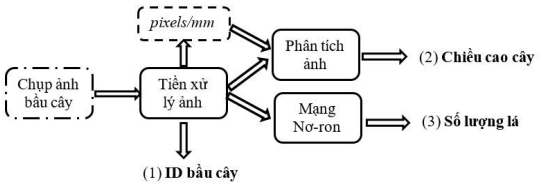
Mục tiêu của nghiên cứu là phát triển giải pháp xử lý ảnh cây con nói chung, được ươm trong nhà màng để xác định các thông số sinh trưởng của cây, không chỉ riêng loại cây nào. Cây con để chụp ảnh thường có chiều cao trong khoảng từ 10 mm đến 200 mm; số lá mỗi cây thường ít hơn 10 lá. Cây con được ươm trong các bầu chứa giá thể phù hợp với loại cây; mỗi bầu có thể chỉ ươm 1 cây, nhưng cũng có thể nhiều hơn. Các minh họa trong bài này được thực hiện với cây Mồng tơi, xử lý theo từng bầu nên kết quả về chiều cao và số lá là gộp chung cho tất cả các cây trong bầu, chiều cao chỉ chính xác nếu bầu chỉ có 1 cây.

B. Phương pháp nghiên cứu

Nhiều chỉ tiêu của cây con trong giai đoạn trong vườn ươm thường cần quan tâm như: chiều cao, số lá, diện tích lá, đường kính gốc….tuy nhiên, chỉ tiêu về đường kính gốc ít có sự sai khác trong giai đoạn ươm nên bài báo chỉ tập trung vào các chỉ tiêu như chiều cao và số lượng lá.

Nghiên cứu triển khai các kỹ thuật về chụp ảnh; các phương pháp xử lý, phân tích ảnh và các giải thuật về trí tuệ nhân tạo để tính chiều cao cây và đếm số lá cây từ các ảnh chụp mỗi bầu ươm.

Sơ đồ khối của quy trình của các công việc và kết quả của giải pháp xác định tên (ID), chiều cao và số lá của cây trong bầu có trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối quy trình và các bước xử lý.

Sơ đồ khối trên chỉ ra quy trình để phân tích, tính toán các mục tiêu: (1) ID bầu cây; (2) Chiều cao cây; và (3) Số lượng lá; ngoài ra, số pixels/mm cũng là kết quả trung gian, được sử dụng để tính chiều cao cây thành milimet. Mỗi bước xử lý của quy trình trên sử dụng các phương pháp, kỹ thuật khác nhau.

C. Chụp ảnh bầu cây

Đây là bước lấy dữ liệu, chất lượng ảnh chụp quyết định độ chính xác của kết quả của các bước xử lý, tính toán sau.

Máy chụp ảnh: là máy ảnh của điện thoại thông minh, máy ảnh cần phải được hiệu chuẩn (Calibrating Camera) [1]. Dữ liệu nghiên cứu sử dụng để căn chỉnh máy ảnh là ảnh bàn cờ 7x7 nút giao (Hình 2). Thông tin cần thiết để thực hiện căn chỉnh các ảnh được chụp bằng máy ảnh này theo phương pháp được cung cấp trong OpenCV là Ma trận máy ảnh (Camera matrix), có định dạng như sau:

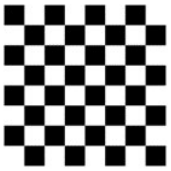
$$\text{Camera matrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

và véc tơ biến dạng (Distortion coefficients):

$$\text{Distortion coefficients} = (k1\ k2\ p1\ p2\ k3)$$

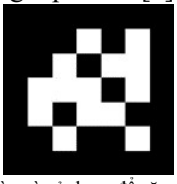
Giải thích về phương pháp hiệu chuẩn máy ảnh và ý nghĩa các hệ số f_x, f_y, c_x, c_y, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2 có tại [2].

Ma trận máy ảnh và Vec tơ biến dạng sử dụng trong nghiên cứu của mỗi máy ảnh được nghiên cứu tính toán với 50 ảnh chụp bàn cờ (Hình 2) với các góc chụp khác nhau của máy ảnh đó. Tính toán Ma trận máy ảnh và Vec tơ biến dạng sử dụng công cụ trong thư viện nguồn mở OpenCV [2].



Hình 2. Ảnh bàn cờ sử dụng để căn chỉnh máy tính.

Thẻ định danh cây: nghiên cứu sử dụng công nghệ arUco Marker [3] làm thẻ định danh, thước đo tham chiếu và thước căn chỉnh cho ảnh cây. Nghiên cứu đã tạo sẵn các thẻ aruco loại 5x5 với id phân biệt (Hình 3), sử dụng thư viện aruco được tích hợp trong OpenCV [2].



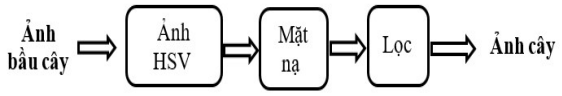
Hình 2. Ảnh bàn cờ sử dụng để căn chỉnh máy tính.

Chụp ảnh bầu cây: Mỗi bầu cây được gắn thẻ 02 thẻ aruco marker: 1 thẻ cho hướng chụp ảnh cây theo chiều đứng; 1 thẻ cho hướng chụp ảnh cây theo chiều trên xuống. Thẻ đánh dấu aruco được chụp cùng với mỗi bầu cây sao cho thẻ ngay ngắn với chiều đứng của cây, thẻ không che khuất cây, cây không che khuất thẻ; mỗi hướng chụp thì cây và thẻ có độ nét tương đồng. Aruco marker còn đồng thời được sử dụng làm vật tham chiếu để tính kích thước các đối tượng khác trong ảnh, khi này cần đo trước kích thước aruco bằng mm. Để tính chiều cao cây, cần phải chụp ít nhất 1 ảnh chiều đứng; khoảng cách giữa máy ảnh và cây giữ ngay ngắn; chụp ít nhất 1 ảnh trên xuống để đếm lá.

Để áp dụng thực tế cho một loài cây cụ thể, tùy theo đặc tính sinh trưởng của cây, tần suất chụp ảnh cây để đưa vào phân tích có thể sẽ khác nhau. Cây sinh trưởng nhanh có thể 3 ngày chụp một lần; còn với loài cây phát triển chậm có thể 5 ngày hoặc 1 tuần mới cần chụp ảnh một lần.

D. Phân tích ảnh

Mục tiêu của bước "Phân tích ảnh" là định vị được riêng cây trong bức ảnh. Quy trình phân tích, tính hình chữ nhật bao riêng phần ảnh thuộc về cây của nghiên cứu được tiến hành như Hình 4.



Hình 4. Quy trình phân tích ảnh.

Trong quy trình trên, ảnh bầu cây (sau khi đã tiền xử lý) thường là ở không gian màu RGB (Red, Green, Blue) được chuyển sang không gian màu HSV (Hue, Saturation, Value). Một mặt nạ (mask) được tạo bằng cách xác định các điểm trong ảnh nằm trong khoảng các giá trị min(H,S,V) và max(H,S,V) được gán giá trị 1; các điểm ngoài khoảng được gán giá trị 0. Áp dụng mặt nạ trên với ảnh bầu cây RGB ban đầu ta được ảnh chỉ còn riêng cây.

Mấu chốt của bước phân tích cây là xác định được các giá trị min(H,S,V) và max(H,S,V) để tạo mặt nạ. Nghiên cứu đã xây dựng công cụ để tinh chỉnh trực quan các ảnh mẫu để xác định các giá trị này.

Sau khi đã có ảnh riêng cây, xác định hình chữ nhật bao quanh cây ta có chiều cao cây theo pixel. Từ tỷ lệ pixels/mm tính được chiều cao cây bằng mm.

Chiều cao cây (mm) = Chiều cao cây (pixels) / Tỷ lệ pixels-mm.

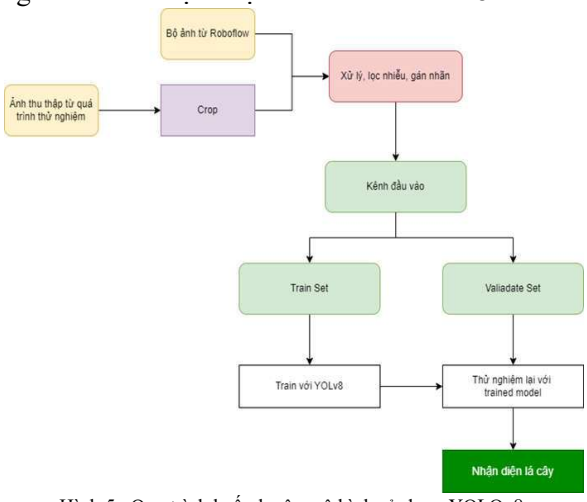
E. Mạng nơ ron

Mạng nơ ron được sử dụng để đếm số lá của cây trong ảnh chụp hướng từ trên xuống mỗi bầu cây.

Nghiên cứu đã xây dựng mạng nơ ron chuyên dụng cho mục đích đếm lá cây bằng cách huấn luyện tiếp mô hình YOLOv8 [4].

Dataset về lá cây để huấn luyện sử dụng thư viện ảnh lá cây tại Roboflow[5] và ảnh nghiên cứu tự tập hợp trong đó số lượng dành cho việc huấn luyện là 498 ảnh (79,04%) và số lượng để đối chứng là 132 ảnh (chiếm 20,96%).

Trong Hình 5, Mô hình YOLOv8 dự đoán một đối tượng mới bằng cách dự đoán độ tương đồng của đối tượng đó đối với các đối tượng đã được học và được coi là phát hiện đối tượng không dùng anchor [6]. Việc huấn luyện trên các bộ dữ liệu lớn như là COCO và ImageNet cho phép YOLO có khả năng cung cấp dự đoán có độ chính xác cao đối với các lớp đã được huấn luyện và khả năng học các lớp mới một cách dễ dàng. Việc nhận dạng, phân đoạn và phân loại được thực hiện sử dụng năm mô hình của YOLOv8: YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l và YOLOv8x [7]. Đối với đối tượng ở đây là lá cây nên nhóm nghiên cứu đã lựa chọn mô hình YOLOv8m.



Hình 5. Quy trình huấn luyện mô hình sử dụng YOLOv8.

III. KẾT QUẢ

Mục này sẽ trình bày các kết quả đạt được của nghiên cứu về xác định ID của cây, tính chiều cao cây và đếm số lá của cây

A. Xác định ID và tính chiều cao cây

Để đánh giá khả năng, độ tin cậy của giải pháp

về chức năng xác định ID và tính chiều cao cây từ ảnh, nghiên cứu chuẩn bị 1 bầu cây con và 1 thẻ aruco với thông tin như sau:

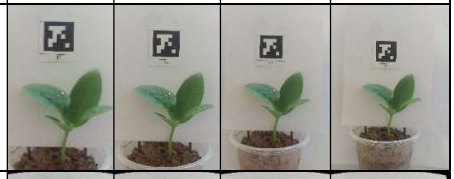
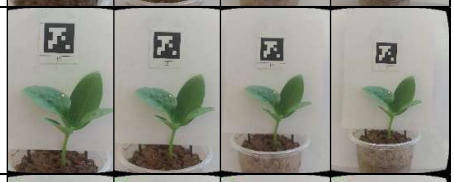
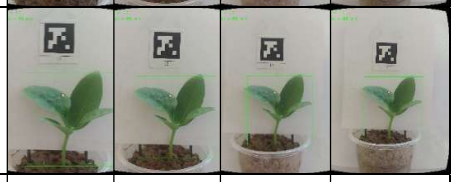
- Chiều cao cây con (tính từ mặt đất đến đuôi của lá cao nhất theo phương thẳng đứng): 89 mm
- Aruco Id là 12
- Kích thước của aruco là 28 mm
- Chiều cao cây con và kích thước thẻ aruco được đo bằng thước kẻ có chia milimet
- Chụp 4 ảnh bầu cây với góc chụp giống nhau (máy ảnh để vuông góc với mặt đất; hướng camera vuông góc với mặt phẳng gắn aruco, chiều cao camera tương đương với tâm bức ảnh); khoảng cách từ máy ảnh đến bầu cây thay đổi.
- Ảnh được chụp là ảnh màu RGB với độ phân giải (WxH) là 1920 x 2560 (pixels), được lưu dạng file jpg

Quy trình tính chiều cao cây trong thử nghiệm là:

- Căn chỉnh ảnh gốc theo ma trận và véc tơ biến dạng của camera
- Đọc aruco trên ảnh đã căn chỉnh, nhận được ID, kích thước bằng pixel của aruco. - Phân tích ảnh để xác định cây
- Tính chiều cao cây theo tỷ lệ kích thước của aruco

Số liệu kết quả của thử nghiệm trình bày trong Bảng 1

Bảng 1. Kết quả tính chiều cao cây

Lần chụp	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4
Khoảng cách chụp	115 mm	130 mm	150 mm	175 mm
Ảnh gốc				
Ảnh căn chỉnh				
Ảnh kết quả				
ID	12	12	12	12
Kích thước aruco (pixels)	628	553	492	428
Chiều cao cây (mm)	89	89	88	88

Bảng thống kê trên cho thấy, mặc dù chụp ảnh bầu cây với khoảng cách khác nhau nhưng chiều cao cây tính toán khá chính xác. Sai số của các ảnh chụp ở khoảng cách xa là do bước phân tích ảnh để tách cây, phần đuôi của lá cao nhất hơi bị mờ và cũng là do phép làm tròn số. Đây sẽ là điểm cần quan tâm cải thiện để tăng độ chính xác khi áp dụng thực tế.

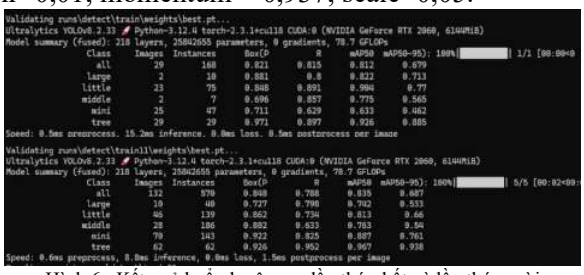
B. Đếm số lá cây

Việc huấn luyện mô hình đếm số lá cây bắt đầu với việc chạy bộ dataset (độ phân giải (WxH) là 640 x 640 (pixels)) sử dụng mô hình yolov8m sau đó sử dụng mô hình máy tìm được ở đây sẽ được lưu vào file best.pt để làm mô hình huấn luyện cho lần huấn luyện tiếp theo và lặp lại chu trình cho đến khi các chỉ số đánh giá đạt yêu cầu.

Bảng 2. Huấn luyện mô hình

Số lần huấn luyện	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tổng số
Số vòng Epoch	337	85	154	103	182	182	125	101	101	405	1775

Các trọng số khi chạy YOLOv8 bao gồm: lr=0,01; momentum = 0,937; scale=0,05.

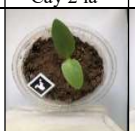
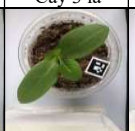
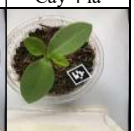
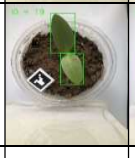
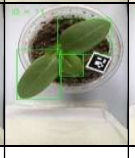


Hình 6. Kết quả huấn luyện sau lần thứ nhất và lần thứ mười

Quy trình tính số lá cây trong thử nghiệm bao gồm:

- Thu thập mẫu dữ liệu để bổ sung cho mỗi lần huấn luyện
- Tiến hành huấn luyện sử dụng mô hình
- Tính số lá cây

Bảng 3. Kết quả tính số lá

Mẫu	Cây 2 lá	Cây 3 lá	Cây 4 lá	Cây 4 lá
Ảnh gốc				
Ảnh căn chỉnh				
Số lá đếm thủ công	2	3	4	4
Số lá tính	2	3	4	3

bằng mạng nơ ron				

Bảng 3 thống kê kết quả trên cho thấy, với các bầu cây có số lá khác nhau, mạng nơ ron đã khoanh vùng phần lá khá chính xác. Tuy nhiên, đối với trường hợp bầu cây có lá non hơi nhỏ như cây 4 lá cuối trên thì mạng nơ ron bỏ sót lá nhỏ - đây là điểm cần lưu ý để chuẩn bị dữ liệu và tiếp tục huấn luyện kỹ hơn.

IV. BÀN LUẬN

Sử dụng xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo để xác định một số tham số sinh trưởng của cây ươm từ ảnh là giải pháp tốt để tự động hóa việc giám sát sự sinh trưởng của cây ươm. Bài viết đã trình bày kết quả nghiên cứu, xây dựng giải pháp để xác định ID cây, tính chiều cao cây, đếm số lá cây. Quá trình thử nghiệm nhận thấy: xác định ID cây bằng aruco marker đạt độ chính xác cao; trong khi tính chiều cao cây và đếm số lá cây vẫn còn sai số.

Sai số khi tính chiều cao hay đếm lá cây sẽ cần có phương án cải thiện khác nhau, vấn đề thách thức là tìm phương pháp phù hợp để tăng độ chính xác khi xử lý, tính toán các chỉ số này với đối tượng trong bài:

• Về tính chiều cao cây, vấn đề là phương án chụp ảnh bầu cây bằng điện thoại thông minh luôn gây ra rất nhiều vấn đề ảnh hưởng đến sự chính xác của quy trình xử lý, tính toán. Bản chất gây nên sự không chính xác là bầu cây vốn là đối tượng 3D, nhưng ảnh chụp của nó là 2D. Khoảng cách camera và cây khác nhau, góc chụp khác nhau, ánh sáng khác nhau, độ phân giải ảnh khác nhau… đều có thể gây ra các sai số của quá trình tính toán. Để khắc phục nguyên nhân, tăng độ chính xác tính toán thì có thể có nhiều hướng:

- Chụp ảnh cây bằng hệ thống chụp ảnh 3D, xây dựng giải pháp xử lý ảnh 3D: phương án này sẽ có kết quả tin cậy, tuy nhiên sẽ cần đầu tư hệ thống chuyên dụng với chi phí cao.

- Chụp nhiều ảnh 2D ở các góc độ khác nhau, tìm kiếm các điểm chung trên các ảnh để tính toán các hệ số méo, sai lệnh để hiệu chỉnh kết quả tính toán. Nghiên cứu đang tiếp tục theo hướng này.

• Về đếm lá cây bằng mạng nơ ron, độ chính xác kết quả sẽ tăng lên khi dữ liệu huấn luyện mạng nơ ron được thu thập phong phú hơn. Tuy nhiên, phải xác định rằng, phải chấp nhận sai số vì độ chính xác của các giải thuật trí tuệ nhân tạo chưa thể đạt được 100%. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng mạng nơ ron để tách cây từ ảnh chung thay cho kỹ thuật phân tích ảnh đang sử dụng, nghiên cứu đang triển khai theo hướng này.

V. KẾT LUẬN

Để tự động giám sát sự sinh trưởng của cây ươm trong môi trường có kiểm soát có thể dùng xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo để xác định định danh của cây, tính chiều cao cây và đếm số lá từ các ảnh chụp bầu cây.

Aruco marker có thể sử dụng để làm thẻ định danh cây, thước chuẩn để căn chỉnh ảnh và tính chiều cao cây.

Mô hình mạng nơ ron YOLOv8 khi huấn luyện tiếp với bộ dữ liệu lá cây, có khả năng xác định các lá cây từ ảnh, là căn cứ để đếm được số lá của cây. Xác định cây trong ảnh có thể sử dụng các kỹ thuật phân tích, lọc ảnh. Tuy nhiên, sử dụng mạng nơ ron để xác định cây có thể sẽ là giải pháp phù hợp hơn.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu nghiên cứu của đề tài cấp Bộ 2023-2024: “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống giám sát, điều khiển và xây dựng quy trình ươm cây Nghệ trắng trong nhà màng sử dụng công nghệ IoT, BigData”, do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý; đơn vị chủ trì thực hiện là Trung tâm Công nghệ Vi điện tử và Tin học – Viện Ứng dụng công nghệ. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] OpenCV Documentation (2024), Hiệu chuẩn camera (Camera Calibration).
Link: https://docs.opencv.org/4.x/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html, cập nhật ngày 09/02/2021, truy cập ngày 10/07/2024

[2] OpenCV (2024), Thư viện xử lý ảnh nguồn mở OpenCV.
Link: https://opencv.org/, cập nhật ngày 09/02/2021, truy cập ngày 10/07/2024

[3] OpenCV Documentation (2024), Aruco Marker.

Link: https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html, cập nhật ngày 09/02/2021, truy cập ngày 10/07/2024

[4] Ultralytics (2024), YOLO Link: https://docs.ultralytics.com/, cập nhật ngày 12/11/2023, truy cập ngày 10/07/2024

[5] Roboflow (2024), Roboflow Universe Link: https://universe.roboflow.com/, cập nhật ngày 27/03/2023, truy cập ngày 10/07/2023

[6] Talaat, F. M., & ZainEldin, H. (2023), "An improved fire detection approach based on YOLO-v8 for smart cities", *Neural Computing and Applications*, 35 (28), 20939-20954.

[7] Chitraningrum, N., Banowati, L., Herdiana, D., Mulyati, B., Sakti, I., Fudholi, A., ... & Andria, A. (2024), "Comparison Study of Corn Leaf Disease Detection based on Deep Learning YOLO-v5 and YOLO-v8", *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56 (1), 61-70.