

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THỊ GIÁC MÁY TRONG MÁY PHUN THUỐC BẢO VỆ THỰC VẬT

Hoàng Đức Liên*, Lê Vũ Quân

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: hdlien@vnua.edu.vn*

Ngày gửi bài: 17.07.2017

Ngày chấp nhận: 16.11.2017

TÓM TẮT

Nghiên cứu ứng dụng thị giác máy vào tự động hóa máy phun thuốc bảo vệ thực vật sẽ góp phần đẩy mạnh việc ứng dụng tự động hóa trong cơ giới hóa bảo vệ thực vật, nâng cao năng suất, hiệu quả sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, giảm thiểu các tác động xấu của thuốc hóa chất bảo vệ thực vật, bảo vệ môi trường sinh thái.

Bài viết này trình bày một số kết quả nghiên cứu ứng dụng lý thuyết và thực nghiệm về thị giác máy: xác định khoảng cách và định vị bằng xử lý ảnh, phân vùng ảnh, viết chương trình xử lý ảnh thu nhận được từ một và nhiều camera. Từ đó làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế chế tạo máy phun thuốc BVTV ứng dụng thị giác máy tự động hóa điều khiển chế độ làm việc của giàn phun.

Từ khóa: Thị giác máy, cơ khí, tự động hóa, bảo vệ thực vật

Application of Machine Vision in Pesticide Spraying Machine

ABSTRACT

The application of machine vision in automation of the pesticide spray machine will contribute to promotion of automatic applications in plant protection mechanization, improve productivity and efficiency of pesticide, minimize negative impacts of chemicals in pesticide, and protect environment. The article reported theoretical and experimental results of machine vision to determine the distance and location through image processing and image zone and to record image processing program received from one and more cameras. These parameters were used as a basis for the calculation, designing and manufacturing pesticide spraying machine vision applying automatic machine vision and controlling operating conditions of spraying systems.

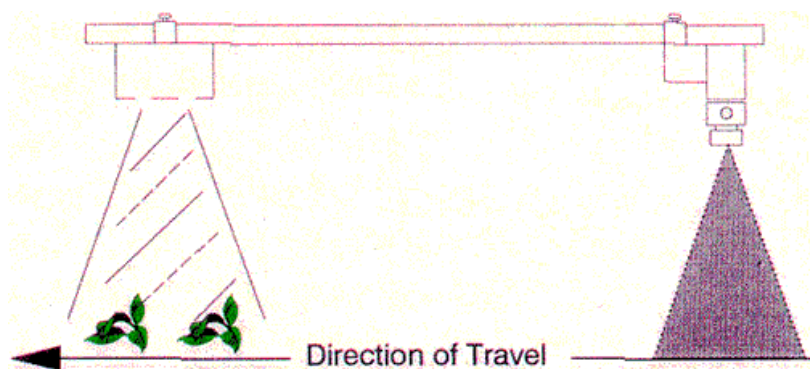
Keywords: Machine vision, mechanics, automation, plant protection.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thị giác máy tính (Computer vision) còn được gọi là thị giác máy (*Machine vision*), là dùng camera thu nhận hình ảnh từ thực tế, sau đó sử dụng máy tính tự động phân tích ảnh, qua đó nhận biết các đối tượng, miêu tả cảnh vật hoặc tiến hành điều khiển hoạt động hệ thống theo một số dữ kiện yêu cầu nào đó (Phạm Thế Bảo, 2001). Những năm gần đây, thị giác máy được nghiên cứu và ứng dụng rộng khắp trong nhiều lĩnh vực như công nghiệp, y học, quân sự, nông nghiệp...

Kỹ thuật thị giác máy (TGM) được nghiên cứu ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp từ thập kỷ 80, chủ yếu dùng trong giám định chủng loại thực vật, kiểm tra chất lượng sản phẩm và phân loại nông sản... (Lê Vũ Quân và Trịnh Gia Cường, 2010).

Trong lĩnh vực cơ khí bảo vệ thực vật (BVTV), ở các nước tiên tiến kỹ thuật TGM đã được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tiễn sản xuất. Robert *et al.* ứng dụng TGM trong nghiên cứu kỹ thuật phân biệt cỏ dại và cây trồng được ứng dụng trong hệ thống máy phun thuốc trừ cỏ dại Detectspray (Hình 1). Hệ thống này sử dụng hình ảnh thu nhận được từ



Hình 1. Hệ thống máy phun thuốc Detectspray

một camera hoặc thiết bị cảm biến xác định vị trí có cây trồng hoặc cỏ dại, để điều khiển một vòi phun phun thuốc vào, qua đó đã giảm được lượng thuốc phun thừa và có khả năng phát hiện và diệt cỏ dại ngoài thực địa đạt độ chính xác tới hơn 70%.

Ở Việt Nam, việc ứng dụng kỹ thuật TGM trong tự động hóa các máy canh tác ngoài đồng ruộng nói chung cũng như trong cơ khí hóa BVTV nói riêng hiện chưa có công trình nghiên cứu nào được công bố.

Trong khuôn khổ thực hiện nhiệm vụ hợp tác quốc tế về KH & CN theo nghị định thư Việt Nam - Trung Quốc, nhóm cán bộ thực hiện đề tài đề xuất sử dụng kỹ thuật TGM, làm nền tảng nghiên cứu, kết hợp với một số kỹ thuật tự động hóa, cơ khí hóa cho phép tự động điều khiển quá trình phun để thiết kế chế tạo mẫu máy phun thuốc BVTV trong điều kiện sản xuất ở Việt Nam, nhằm nâng cao năng suất lao động hiệu quả sử dụng thuốc, giảm thiểu các tác động xấu của thuốc hóa chất BVTV, bảo vệ môi trường sinh thái là nhu cầu mang tính cấp thiết và có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Phương pháp điều tra thống kê về thực trạng ứng dụng cơ khí hóa trong công tác BVTV ở Việt Nam;

- Phương pháp lý thuyết: Cơ sở lý thuyết về TGM bao gồm thu nhận hình ảnh, tiền xử lý ảnh, lọc bỏ nền, loại nhiễu hình ảnh, xác định vị trí trung tâm hàng cây...; Kỹ thuật về lập trình

điều khiển; Kỹ thuật số: sử dụng phần mềm mô phỏng phun thuốc BVTV.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Nghiên cứu Hệ thống thị giác và cân chỉnh camera

Muốn thực hiện việc phun thuốc chính xác thì bắt buộc phải xác định được các thông tin về mục tiêu cần phun như: kích thước, hình dạng, vị trí đường tâm của hàng cây,... Nếu chỉ tách mục tiêu cần phun ra khỏi bối cảnh nền thì sẽ không đủ, do đó cần thiết vận dụng lý thuyết thống kê để tiến hành thống kê những thông tin quan trọng từ hình ảnh thu được của cây trồng, sau đó căn cứ vào các công thức biến đổi hình ảnh của camera dựng lại hình ảnh của mục tiêu trong thế giới thực. Thông thường, vị trí một vật trong không gian ba chiều có thể được mô tả bằng thông tin 3 tọa độ, nhưng hình ảnh của cây trồng thu được từ camera được biểu diễn bằng hệ tọa độ 2 chiều. Muốn biết được quan hệ tương ứng giữa một điểm trong không gian và điểm ảnh tương ứng trong hình ảnh của camera thu nhận được thì cần phải xây dựng được một công thức chuyển đổi, áp dụng công thức sẽ có được vị trí của cây trồng trong không gian thực tế từ hình ảnh thu được qua camera. Để có thể xác định được công thức cần phải biết được mô hình tạo ảnh trong hệ thống camera, đồng thời tiến hành định chuẩn các tham số của nó, tức là cần xác định được đặc tính hình học quang học bên trong camera và các vị trí và tọa độ trong không gian 3 chiều, từ đó mới có thể có được các

thông tin chuẩn xác về vị trí của cây trồng mục tiêu và vị trí hàng cây thực tế. Từ các thông tin về hình ảnh của cây trồng, làm căn cứ để ra các quyết sách điều khiển các vòi phun khi cự ly hàng của cây trồng biến động. Ge Yufeng và Rao Honghui (2008) phân tích các cách định chuẩn tham số camera từ các tài liệu trong và ngoài nước, sau đó đưa ra cách định chuẩn riêng. Nghiên cứu này dựa trên cơ sở cách định chuẩn tham số của họ, kết hợp với đặc thù của đối tượng nghiên cứu đưa ra phương pháp định chuẩn mới.

3.2. Xác định khoảng cách và định vị bằng xử lý ảnh

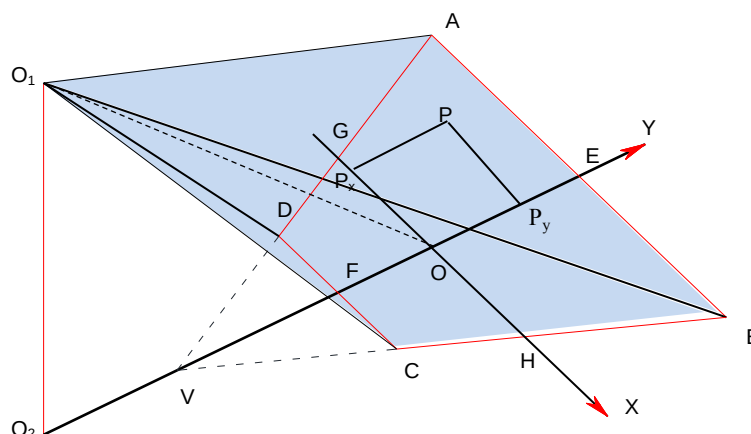
Hình ảnh cây trồng được hình thành thông qua việc ánh xạ các điểm trên cây trồng trong ruộng bằng camera lên trên hệ tọa độ ảnh, do đó chắc chắn phải tồn tại một quan hệ đối ứng giữa cây trồng trong hình ảnh nguyên bản và cây trồng thực tế trên đồng ruộng. Giả thiết rằng các hàng cây trồng trong thực tế nằm trên cùng một mặt phẳng (bỏ qua độ cao của cây trồng), lấy điểm giao giữa quang trục của camera và mặt phẳng đất làm gốc tọa độ của hệ tọa độ trên mặt phẳng sinh trưởng của cây trồng, lấy hướng của camera làm chiều dương của trục tọa độ Y, chiều dương của trục X hợp với chiều dương của trục Y một góc 90° , mặt phẳng sinh trưởng của

cây trồng hợp với camera thành một không gian 2 chiều như hình 2 thể hiện.

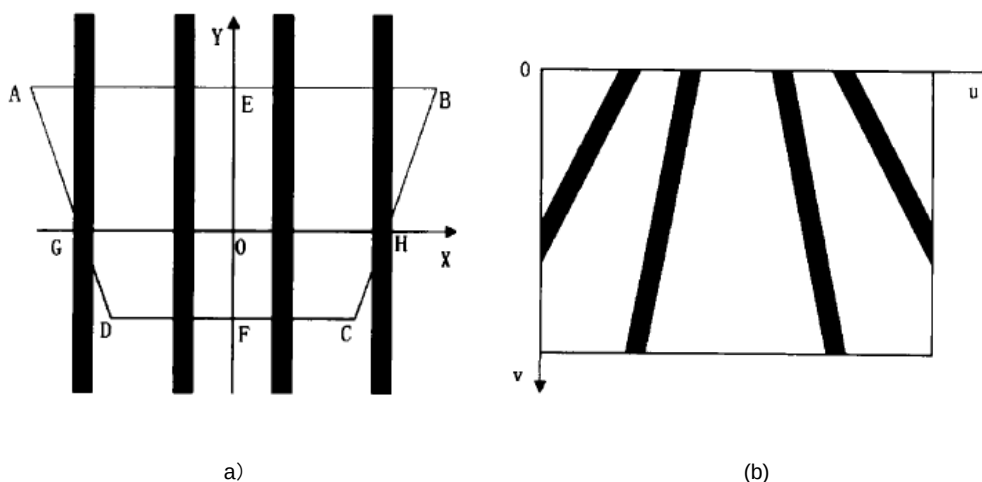
O_1O_2 là độ cao lắp đặt camera, O_1 là điểm lắp đặt camera, O_2 là hình chiếu của O_1 trên mặt phẳng đất. Hình thang ABCD là vùng tạo ảnh của camera. Điểm O là giao điểm của quang trục O_1O và mặt đất, trục X và hình thang ABCD lần lượt cắt nhau ở điểm G, H; trục Y và hình thang ABCD lần lượt cắt nhau ở điểm E, F. V là điểm giao giữa CB và AD.

Giả thiết có một điểm P trong vùng quay của camera, hình chiếu của nó trên hệ tọa độ đất lần lượt là P_x, P_y , tọa độ là (X,Y) , hình chiếu của P trên mặt phẳng ảnh lần lượt là P'_x, P'_y , tọa độ là (x,y) , tọa độ tương ứng của P trên hệ tọa độ ảnh là (u,v) . Công thức tính X và Y như dưới đây.

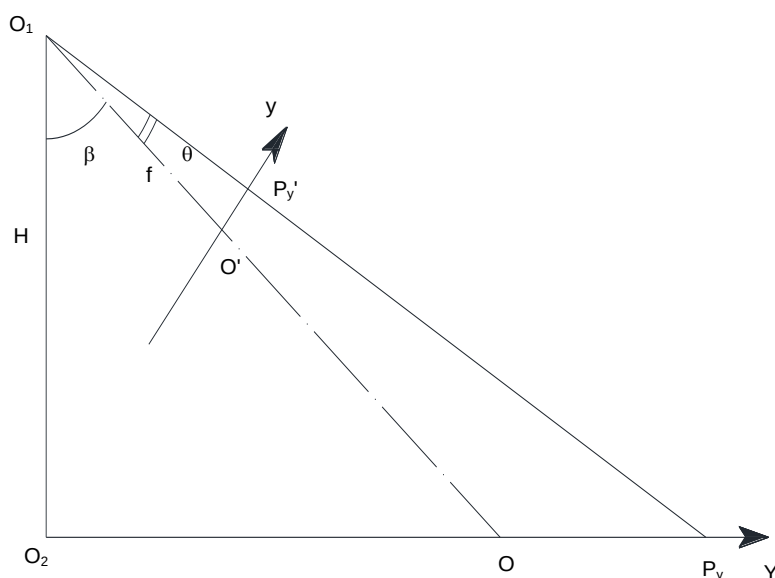
Hình 3a, thể hiện hệ trục tọa độ trên mặt phẳng sinh trưởng của cây trồng và hệ tọa độ ảnh: 4 đường màu đen tượng trưng cho 4 hàng cây trồng, mặt phẳng được tạo bởi 4 điểm A, B, C, D trong hệ tọa độ XY là vùng mà camera có thể nhìn được trong thực tế khi camera được lắp nghiêng, trong đó AD và BC là đường biên của vùng nhìn thấy của camera; Hình 3b là hình ảnh thực tế trên máy tính của các hàng cây trồng thu nhận được từ camera, hệ tọa độ uv là hệ tọa độ của máy tính hiển thị hình ảnh.



Hình 2. Sơ đồ thể hiện vùng giới hạn chụp được bằng camera



Hình 3. Sơ đồ hệ thống tọa độ trên bề mặt ruộng thực tế và trên ảnh thu nhận được qua camera



Hình 4. Mặt cắt theo phương trục Y

Công thức tính tọa độ Y

Từ hình 4 có thể có được quan hệ:

$$Y = OP_y = O_2P_y - O_2O \quad (1)$$

Trong $\Delta O_1O_2P_y$, ΔO_1O_2O

$$O_2P_y = O_1O_2 \tan(\beta + \theta) \quad (2)$$

$$O_2O = O_1O_2 \tan(\beta) \quad (3)$$

Trong $\Delta O_1O'P'_y$:

$$\theta = \arctan\left(\frac{O'P'_y}{O_1O'}\right) = \arctan\left(\frac{y}{f}\right) \quad (4)$$

Trong đó: β - Góc nghiêng lắp đặt camera;

θ - Góc giữa quang trục của camera và điểm ảnh theo phương trục Y.

Kết hợp công thức (1) (4), có thể suy ra mối quan hệ giữa tọa độ Y của điểm P và hệ tọa độ mặt phẳng sinh trường của cây trồng như sau:

$$Y = H \left[\tan\left(\beta + \arctan\left(\frac{y}{f}\right)\right) - \tan(\beta) \right] \quad (5)$$

Hệ tọa độ hình ảnh và hệ tọa độ mặt phẳng ảnh có mối quan hệ như dưới đây:

$$\begin{cases} u = x + u_0 \\ v = -y + v_0 \end{cases} \quad (6)$$

Kết hợp (5) và (6), có thể suy ra mối quan hệ giữa tọa độ Y của điểm P và hệ tọa độ mặt phẳng sinh trưởng của cây trông như sau:

$$Y = H \left[\tan \left(\beta + \arctan \left(\frac{v_0 - v}{f} \right) \right) - \tan(\beta) \right] \quad (7)$$

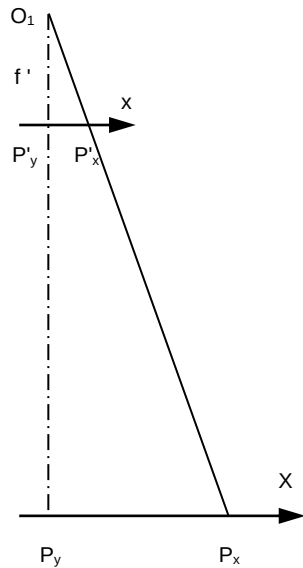
Nếu $\beta = 0^\circ$ thì:

$$Y = \frac{(v_0 - v)H}{f} \quad (8)$$

Công thức tính tọa độ X

Như mặt cắt theo hướng X trong hình 5, tồn tại mối quan hệ đồng dạng giữa $\Delta O_1 P'_y P'_x$ và $\Delta O_1 P_y P_x$:

$$\frac{P_y P_x}{P'_y P'_x} = \frac{X}{x} = \frac{O_1 P_y}{O_1 P'_y} \quad (9)$$



Hình 5. Mặt cắt theo phương trục X

Kết hợp hình 4 có thể tính được:

$$O_1 P_y = O_1 O_2 \frac{1}{\cos(\beta + \theta)} \quad (10)$$

$$O_1 P'_y = O_1 O' \frac{1}{\cos(\theta)} \quad (11)$$

Thay (10) và (11) vào (9) có được:

$$\frac{X}{x} = \frac{O_1 O_2 \frac{1}{\cos(\beta + \theta)}}{O_1 O' \frac{1}{\cos(\theta)}} = \frac{H \frac{1}{\cos(\beta + \theta)}}{f \frac{1}{\cos(\theta)}} \quad (12)$$

Thay (4) vào (12) có thể suy ra mối quan hệ giữa tọa độ X của điểm P và hệ tọa độ mặt phẳng sinh trưởng của cây trông như sau:

$$X = \frac{xH \frac{1}{\cos \left[\beta + \arctan \left(\frac{y}{f} \right) \right]}}{f \frac{1}{\cos \left[\arctan \left(\frac{y}{f} \right) \right]}} = \frac{xH \cos \left[\arctan \left(\frac{y}{f} \right) \right]}{f \cos \left[\beta + \arctan \left(\frac{y}{f} \right) \right]} \quad (13)$$

Kết hợp (6), có thể suy ra mối quan hệ giữa tọa độ X của điểm P và hệ tọa độ mặt phẳng sinh trưởng của cây trông như sau:

$$X = \frac{(u - u_0)H \cos \left[\arctan \left(\frac{v_0 - v}{f} \right) \right]}{f \cos \left[\beta + \arctan \left(\frac{v_0 - v}{f} \right) \right]} \quad (14)$$

Nếu $\beta = 0^\circ$ thì

$$X = \frac{(u - u_0)H}{f} \quad (15)$$

3.3. Phân vùng ảnh cây trồng và tách đường trung tâm hàng cây

3.3.1. Phân vùng ảnh cây trồng

Phân vùng ảnh là việc quan trọng trong việc tiến hành điều khiển phun thuốc cho cây trồng trên đồng ruộng dựa trên TGM, tức là phải tách được cây trồng ra khỏi bối cảnh nền một cách chuẩn xác. Phân vùng ảnh tức là kỹ thuật chia hình ảnh thành các vùng có đặc tính riêng (như độ xám, màu sắc, vân...), rồi tách những đối tượng cần thiết ra (một hoặc nhiều vùng). Vùng là tập hợp liên thông các điểm ảnh

có cùng một thuộc tính nào đó. Trong tập hợp đó, luôn tồn tại 2 điểm bất kỳ mà giữa chúng tồn tại một được liên thông thuộc tập đó. Liên thông lại có thể phân thành 4 liên thông hoặc 8 liên thông. Bốn liên thông tức là nếu xuất phát từ một điểm, thông qua tổ hợp các dịch chuyển theo 4 phía (trên, dưới, trái, phải), với điều kiện không vượt ra ngoài vùng đó mà có thể nối với bất kỳ một điểm ảnh nào trong vùng; Tương tự, tám liên thông tức là nếu xuất phát từ một điểm, thông qua tổ hợp các dịch chuyển theo 8 phía (trên, dưới, trái, phải, trên trái, trên phải, dưới trái, dưới phải), với điều kiện không vượt ra ngoài vùng đó mà có thể nối với bất kỳ một điểm ảnh nào trong vùng (Hình 6).



Hình 6. Bốn điểm và tám điểm liên thông

Phân vùng ảnh là bước quan trọng từ xử lý ảnh đến phân tích ảnh, bởi vì phân vùng ảnh, phân ly đối tượng, tách đặc trưng và đo lường tham số làm trườ tượng hơn gọn nhẹ hơn hình ảnh nguyên thủy, từ đó có thể phân tích hình ảnh từ các lớp cao hơn. Phương pháp phân vùng ảnh thông thường chia thành 3 loại: phân vùng hình ảnh theo miền, phân vùng hình ảnh theo ngưỡng biên độ, và phân vùng hình ảnh theo vùng biên.

Phân vùng hình ảnh theo miền là phương pháp tự lớp phân chia các điểm ảnh vào các vật thể các vùng tương ứng, hoặc cũng chính là chia hình ảnh thành các vùng không chồng lấn có đặc trưng tương đồng. Phương pháp phân vùng hình ảnh theo miền thường dùng các thuật toán miền sinh trưởng, miền phân liệt và tổ hợp của 2 miền trên. Miền sinh trưởng là phương pháp tập hợp các điểm ảnh có tính chất tương đồng thành một miền; hợp miền thông thường được sử dụng cùng với miền sinh trưởng và miền phân liệt, dùng để gộp các miền con tương đồng thành các miền lớn hơn, trong thực tế thường

vận dụng kết hợp 2 phương pháp này, như phương pháp kết hợp giữa miền sinh trưởng và hợp miền của Tremeau A. đưa ra để phân vùng ảnh màu, và phương pháp phân vùng phân tầng do Chen H.D (2008) đưa ra. Ưu điểm của phương pháp phân vùng theo miền là khi chuẩn tắc tính đồng nhất của miền ảnh được định nghĩa dễ dàng, thì chất lượng phân vùng khá tốt, không bị ảnh hưởng nhiều. Tuy nhiên, nhược điểm cố hữu của miền sinh trưởng là hiệu quả phân vùng phụ thuộc vào điểm hạt giống và thứ tự sinh trưởng; kỹ thuật miền phân liệt có nhược điểm có thể phá vỡ biên. Bởi vì tính tương đồng thông thường được xác định bằng phương pháp thống kê, do đó các phương pháp này không nhạy cảm với nhiễu.

Phương pháp phân vùng ảnh theo ngưỡng biên độ tức là đặt một mức xám nào đó làm giá trị ngưỡng, toàn bộ những điểm ảnh có mức xám lớn hơn hoặc bằng giá trị ngưỡng được phân thành vật thể (hoặc bối cảnh), còn những điểm ảnh có mức xám nhỏ hơn giá trị ngưỡng thì bị phân thành bối cảnh (hoặc vật thể). Nó thường thích hợp với việc phân tách vật - bối cảnh trong trường hợp vật và bối cảnh có độ tương phản tương đối rõ rệt, như trong trường hợp lược đồ xám biểu thị mức xám của đối tượng và bối cảnh nền phân bố theo dạng 1 đỉnh hoặc 2 đỉnh. Lấy giá trị ngưỡng căn cứ vào lược đồ xám biểu thị mức xám của hình ảnh là phương pháp thường dùng. Đối với dạng lược đồ có hai đỉnh, thì lấy điểm thấp nhất giữa 2 điểm đó làm giá trị ngưỡng biên độ sẽ rất dễ tách được đối tượng ra khỏi bối cảnh nền. Nhưng trong thực tế, rất ít có hình ảnh nào có lược đồ xám có dạng 2 đỉnh rõ rệt, thông thường phải chia hình ảnh thành nhiều vùng con nhỏ, sau đó thiết lập các giá trị ngưỡng biên độ trên mỗi vùng con đó, hoặc căn cứ vào không gian và thông tin màu sắc sử dụng ngưỡng biên độ động. Làm cách nào để xác định giá trị ngưỡng tốt nhất đang là vấn đề cốt yếu trong nghiên cứu thuật toán phân vùng ảnh. Hiện tại có thuật toán biến đổi hình ảnh theo lược đồ xám và dựa trên phương pháp biến đổi lược đồ xám, phương pháp phương sai lớn nhất, phương pháp sai số nhỏ nhất và phương pháp

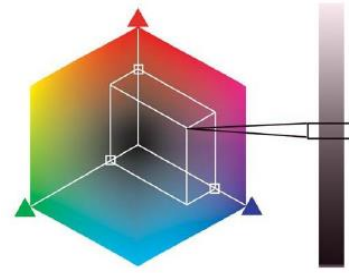
sai số đều, phương pháp ma trận cộng sinh, phương pháp thống kê đơn giản và phương pháp đặc trưng cục bộ, phương pháp xác suất, phương pháp tập mờ, phương pháp tụ lớp không gian đặc trưng và phương pháp lựa chọn giá trị ngưỡng biên độ dựa trên vùng quá độ (Hu Tianxiang, 2009).

Phương pháp phân vùng biên: đầu tiên kiểm tra được điểm ảnh biên, sau đó nối các điểm biên lại tạo thành phân vùng. Biên dạng hình ảnh bao gồm những đặc trưng quan trọng và thông tin nội tại phong phú (phương hướng, tính chất nhảy tầng, hình dạng...), là sự phản ánh tính không liên tục của đặc trưng cục bộ của hình ảnh, nó đánh dấu sự kết thúc của một vùng và bắt đầu một vùng khác. Đặc tính của biên là biến đổi điểm ảnh theo đường biên rất trơn, nhưng biến đổi của điểm ảnh theo hướng vuông góc với biên rất mạnh.

3.3.2. Phân vùng đặc trưng sử dụng màu nền cây xanh

Trong cây trồng và phân khúc nền kỹ thuật, thường được đặc trưng bởi việc sử dụng các phân đoạn màu cây trồng. Hình 7 cho thấy mô hình không gian màu RGB. Lý thuyết tam sắc, bất kỳ màu sắc trực quan có thể có thể cảm nhận được màu đỏ (R), xanh lá cây (G), xanh da trời (B) 3 màu cơ bản thu được bằng cách trộn. Một hình ảnh màu sắc có thể được chia thành ba R, G và B thành phần của mỗi thành phần hình ảnh.

Cây trồng trong điều kiện ánh sáng khác nhau, R, G và giá trị thành phần B của mỗi điểm ảnh trên ảnh cũng sẽ được thay đổi. Vì vậy, RGB hình ảnh màu của điểm ảnh màu xám, tỷ lệ phần lớn phụ thuộc vào cường độ ánh sáng, các giá trị RGB trực tiếp đến phân khúc sẽ dẫn đến kết quả sai. Việc sử dụng các phép tính số học đơn giản được kết hợp để tạo thành một màu sắc tương đối yếu tố thành phần RGB có thể làm giảm đáng kể tác động của cường độ ánh sáng hoặc các yếu tố khác. Đối với môi trường tăng trưởng cây trồng khác nhau với các yếu tố phân khúc khác nhau, kết quả này được dựa trên số lượng lớn các bài kiểm tra trên cơ sở.



Hình 7. Mô hình không gian màu RGB

Sử dụng thuật toán phân vùng mức tối ưu dựa vào hình ảnh màu sắc có thể được chuyển đổi từ mô hình RGB HSI mô hình:

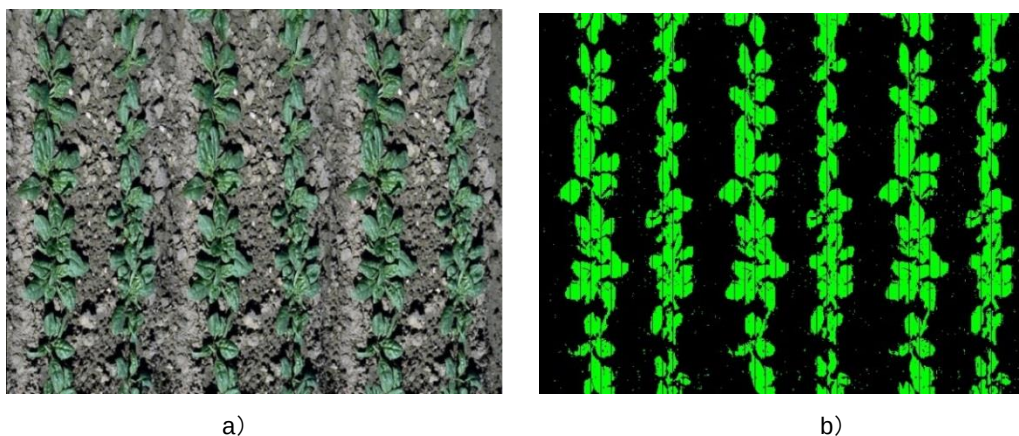
$$\begin{cases} I = \frac{(R+G+B)}{3} \\ S = 1 - \frac{3[\min(R,G,B)]}{(R+G+B)} \\ H = \arccos \left\{ \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} \end{cases} \quad (16)$$

Nhưng chuyển đổi mô hình màu sắc là rất tốn thời gian cho việc áp dụng các mục tiêu cao hơn trong các yêu cầu thời gian thực thông minh của việc phun này không phải là dịp thích hợp. Bối cảnh của cây xanh và phân khúc, bài viết này được chia thành ba yếu tố tương đối tốt để so sánh.

Một là yếu tố phân khúc màu (2G-RB), trong yếu tố phân chia này trong việc tăng trọng lượng của cây xanh nền, làm nổi bật các đặc điểm của cây xanh, thông qua một số lượng lớn các thí nghiệm cho thấy các yếu tố phân chia thể loại cây xanh phân chia tốt hơn và nền. Phương pháp này có thể được thay đổi bằng cách sử dụng công thức sau:

$$Threshold = \frac{Green + 1}{Red + Blue + 1} \quad (17)$$

Hình 8a là một loại cây trồng lý tưởng mô phỏng trong lô hình ảnh thực tế, mục đích là để kiểm tra tính chính xác của phần mềm chia nhỏ gói và thử nghiệm; Hình 8b là việc sử dụng



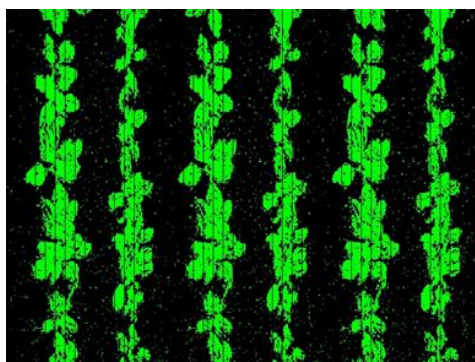
Hình 8. Ảnh nguyên thủy (a) và ảnh kết quả sau khi sử dụng phương pháp (2G-R-B) để lọc nền ảnh (b)

phân chia phần mềm sử dụng hình ảnh yếu tố phân chia nhỏ phân đoạn, cây xanh từ các hình nền được tất cả chia tay, nhưng vì cây xanh bằng cách xáo trộn đất, hình ảnh phân đoạn có chứa rất nhiều "nhiều". Phương pháp khác là để tách các giá trị R, G, B bình thường để cung cấp cho r, g, b sau, biến đổi sau đó 2g-rb. R, G, B, và r, g, b có mối quan hệ tương quan:

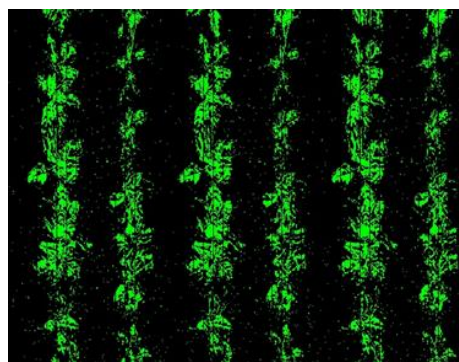
$$\begin{cases} r = \frac{R}{R+G+B} \\ g = \frac{G}{R+G+B} \\ b = \frac{B}{R+G+B} \end{cases} \quad (18)$$

Công thức (18) cũng được chuyển đổi từ không gian RGB để các mối quan hệ chuyển đổi không gian màu, sau khi chuyển đổi, độ sáng của hình ảnh được lọc thông tin, ta có thể làm giảm

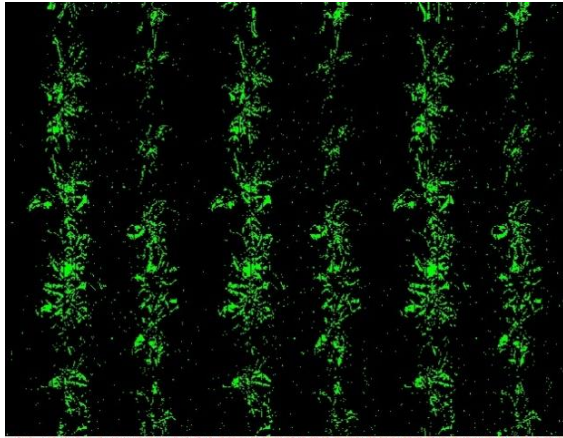
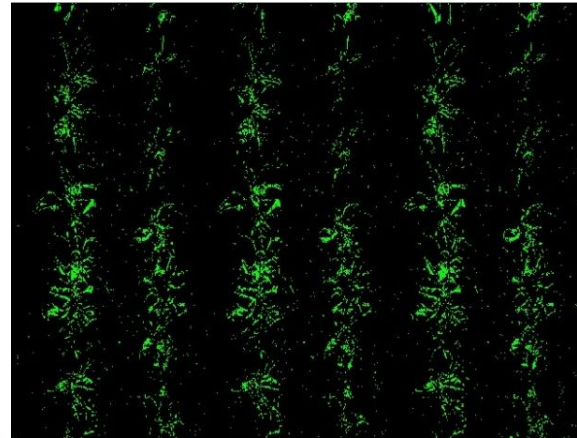
tác động của những thay đổi về độ sáng gây ra bởi các phân tích màu sắc. Zhao và Zhang (2009) sử dụng trong hình ảnh quá trình nghiên cứu phân đoạn cây con R, thành phần màu sắc thay vì các màu thành phần gốc G, và các giá trị B sau khi bình thường, được tìm thấy để khắc phục có hiệu quả tác động của ánh sáng và thay đổi bóng. Thông thường, các nền (đất) cắt hình ảnh trên r và b có giá trị cao hơn, trong khi giá trị g nhỏ hơn cây g. Hình 9 cho thấy việc sử dụng các yếu tố màu (còn gọi là giá trị riêng qua màu xanh lá cây) chia cho các loại cây trồng hiện trường và trả lại nền màu xanh lá cây, qua những phân tích đó, như giá trị của 2g-rb phát triển, được chia các hiệu ứng hình ảnh là ít hơn và ít lý tưởng, và (2G-RB) so với các thuật toán, được chiết xuất từ các hàng cây trồng cây hàng nền "nhiều" lớn hơn, và hình dạng và hình dạng thực sự của sự khác biệt giữa các hàng cây trồng hơn.



(a) $(2g - r - b) \geq 0,15$



(b) $(2g - r - b) \geq 0,25$

(c) $(2g-r-b) \geq 0,35$ (d) $(2g-r-b) \geq 0,45$ **Hình 9. Kết quả lọc nền ảnh bằng phương pháp 2g-r-b**

3.4. Chương trình và kết quả xử lý ảnh thu nhận được từ một và nhiều camera

Trong phạm vi nghiên cứu sử dụng hình ảnh đã được tiến hành xử lý nhị phân, từ đó xác định ra vùng có nhiều điểm xanh nhất, lấy đó làm đường trung tâm của hàng cây.

Ở đây chia ra làm 2 tình huống để phân tích:

3.4.1. Bố trí vị trí của camera song song với mặt phẳng sinh trưởng của cây trồng ($\beta = 0^\circ$)

Tiến hành phân chia phạm vi biến động của hàng cây đối (sử dụng hình ảnh đồng ruộng sau khi đã xử lý phân tách nhị phân), tạo thành n hàng ứng với chiều vuông góc với hướng chuyển động của máy, và m hàng theo chiều dọc, như hình 10a.

Phân chia bề mặt ruộng theo cách trên, sau đó lần lượt tính tổng số điểm xanh trong các ô 1-1, 1-2, 1-3,... từ đó xác định được ô nào có số các điểm màu xanh nhiều nhất, lấy ô đó làm trung tâm của hàng cây nằm ngang thứ nhất (ở đây “hàng” dùng để chỉ một hàng trong số m hàng được phân ra từ trên hình ảnh của hàng cây trồng hàng đơn, ví dụ như một hàng trong 6 hàng ở hình 10). Sau đó xử lý tương tự đối với các ô còn lại, có thể đạt được đường trung tâm gần đúng của hàng cây. Trên lý thuyết, nếu chia thành càng nhiều ô nhỏ, thì độ chính xác sẽ càng cao, tức là giá trị m và n càng lớn thì vị trí

đường trung tâm hàng cây sẽ được xác định càng chuẩn xác. Nhưng trên thực tế, nếu giá trị m và n quá lớn, sẽ gây ra rất nhiều khó khăn cho việc điều chỉnh các vòi phun dịch chuyển chính xác đến các vị trí. Do đó, căn cứ vào khả năng điều khiển khác nhau mà lựa chọn số lượng ô khác nhau, thực hiện được mục tiêu vừa bảo đảm độ chính xác lại vừa đảm bảo khả năng có thể điều khiển được. Trong nghiên cứu này lựa chọn $m = 6$, $n = 8$, kết quả xử lý như hình 10b thể hiện, trong 8 ô hàng ngang, các ô 1-4, 2-5, 3-4, 4-5, 6-4 lần lượt là các ô có số lượng các điểm xanh nhiều nhất, từ đó xác định được đường trung tâm hàng cây.

Từ lưu đồ thuật toán (Hình 11), tiến hành viết chương trình xử lý ảnh thu nhận được từ 1 và nhiều camera có thể xác định được vị trí trung tâm của hàng cây này.

3.4.2. Trường hợp góc lắp camera $\beta \neq 0^\circ$

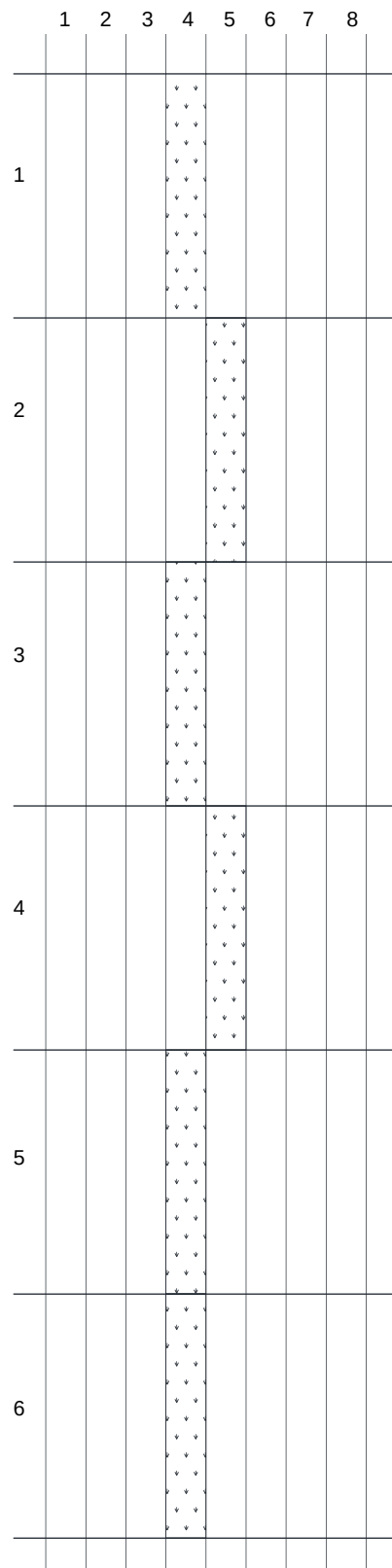
Như hình 11a thể hiện, gắn hệ tọa độ Ouv lên hình ảnh đã được xử lý nhị phân; các tham số đã biết bao gồm:

H - Khoảng cách từ mặt phẳng sinh trưởng của cây trồng tới camera;

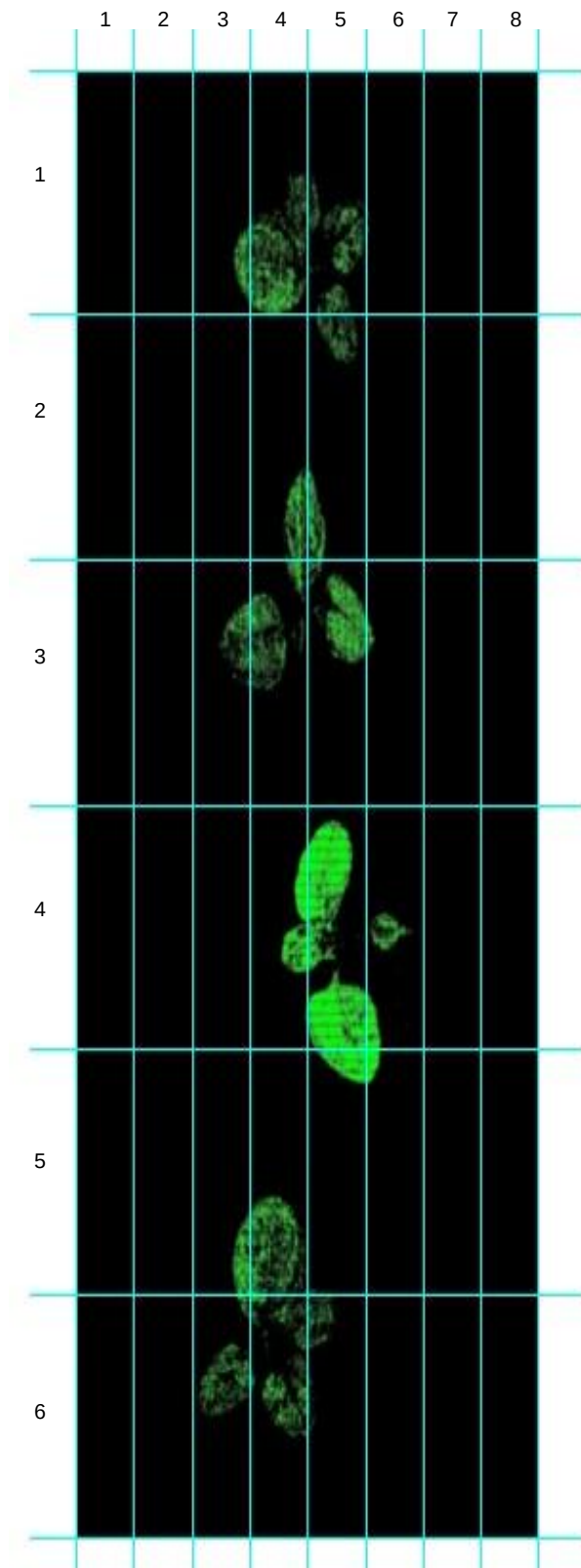
β - Góc lắp camera;

f - Tham số camera;

u_0 v_0 - Điểm trung tâm của ảnh.

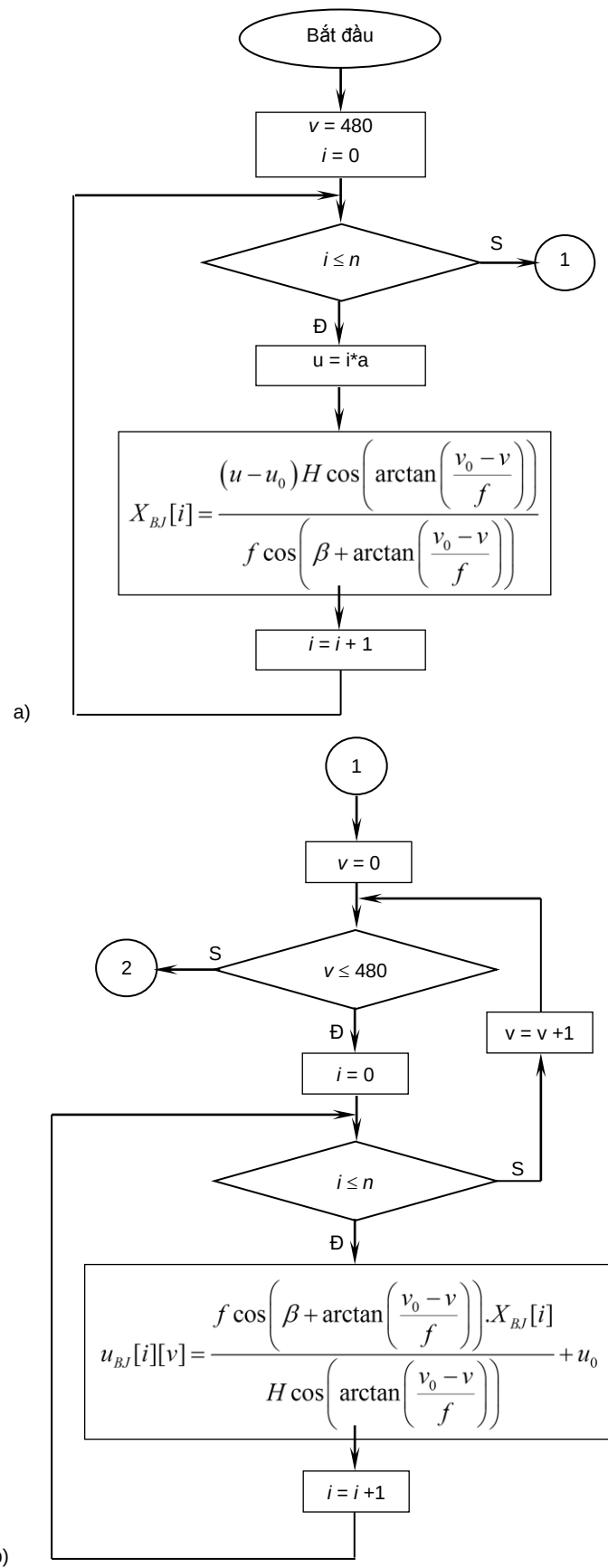


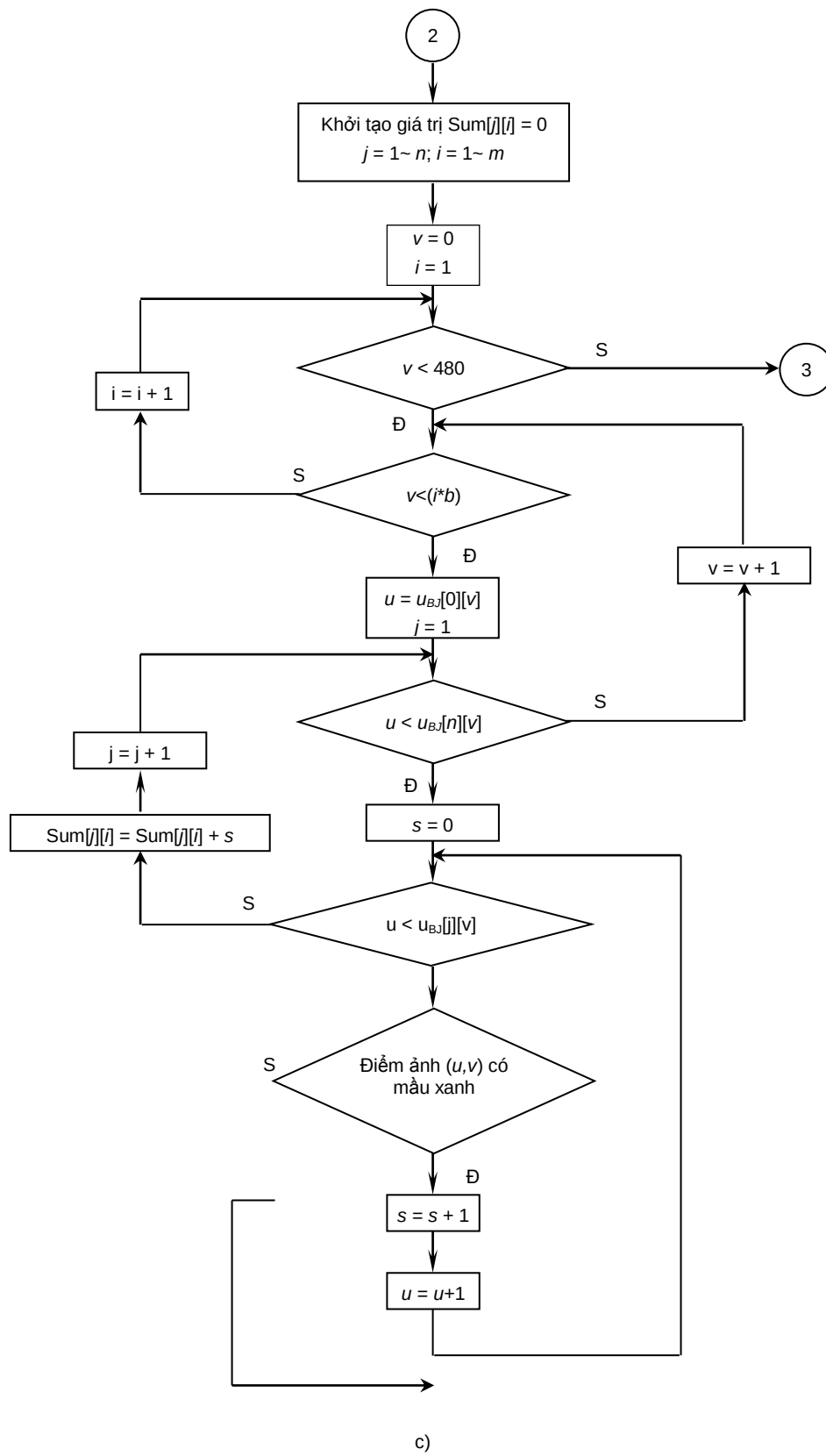
a) Hình ảnh Binarized



b) Kết quả sau khi xử lý

Hình 10. Xác định trung tâm hàng cây khi $\beta = 0^\circ$





Hình 11. Lưu đồ thuật toán xác định vị trí trung tâm hàng cây khi $\beta \neq 0^\circ$

Căn cứ vào các tham số này, chia bề mặt ruộng ra làm nhiều cột vuông góc với hướng chuyển động của máy nhưng không song song với nhau; sau đó chia thành các hàng theo hướng nằm ngang, như hình 12b thể hiện.

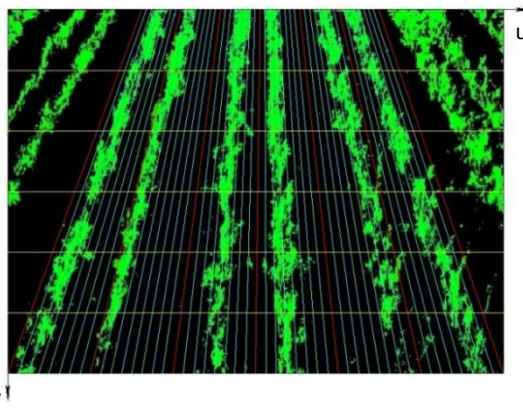
Để chia bề mặt ruộng ra làm nhiều cột sẽ phải sử dụng phương pháp dưới đây để xác định

vị trí biên của từng cột:

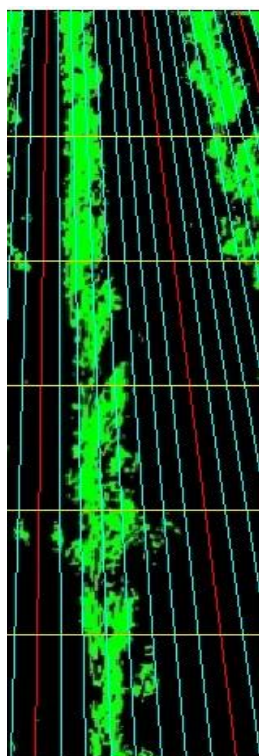
1) Lấy $v = 480$, u lần lượt lấy $0, a, 2a, 3a, \dots$ Trong đó a là giới hạn dưới của độ rộng của cột, giá trị của a phụ thuộc vào số lượng cột muốn chia và độ rộng của ảnh, sau đó thay vào công thức (13), sẽ có thể tính được giá trị X_{BJ} tương ứng (X_{BJ} là giá trị thực tế của biên trên phương X).



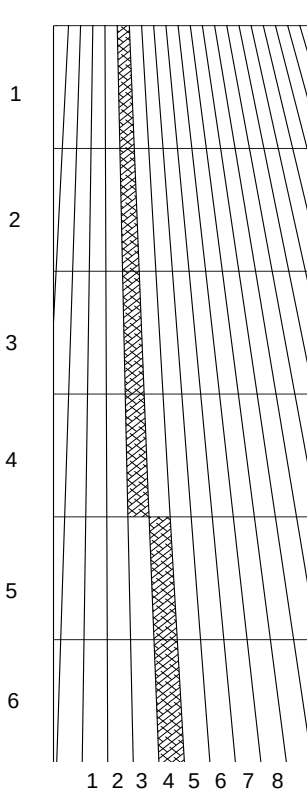
a) Bề mặt ruộng



(b) Ảnh thu được



(c) Hình ảnh 1 hàng



(d) Kết quả xác định vị trí trung tâm hàng

Hình 12. Xác định vị trí trung tâm hàng cây khi $\beta \neq 0^\circ$

2) Với các giá trị v khác nhau, giá trị u của biên trong mỗi một cột có thể được tính theo công thức dưới đây:

$$u_{BJ} = \frac{X_{BJ} f \cos \left[\beta + \arctan \left(\frac{v_0 - v}{f} \right) \right]}{H \cos \left[\arctan \left(\frac{v_0 - v}{f} \right) \right]} + u_0 \quad (19)$$

Hình 12c là một hàng cây được tách ra từ 6 hàng cây ở hình 12b, hình 12d là hình thực tế khi tách trung tâm hàng cây. Sau khi phân chia bề mặt ruộng, lần lượt tính tổng số điểm xanh trong các ô 1-1, 1-2, 1-3,..., từ đó xác định được ô nào có tổng số điểm màu xanh lớn nhất, rồi lấy ô đó làm trung tâm của hàng ngang đầu tiên. Sau đó xử lý tương tự đối với các ô còn lại, có thể đạt được đường trung tâm gần đúng của hàng cây. Hình 12d, vị trí trung tâm của các hàng 1, 2, 3, 4 sau khi tính toán là cột 3; cột số 4 là trung tâm của hàng 5, 6. Từ đó nhận thấy vị trí trung tâm của hàng cây là cột số 3.

Toàn bộ các chương trình trên vi điều khiển động cơ bước được viết bằng phần mềm Microsoft Visual C++ 6.0 và chương trình giao tiếp giữa mạch điều khiển với máy tính được cài đặt trên máy tính điều khiển hoạt động giàn phun qua cổng COM với các giao diện trên.

Với kết quả thực nghiệm công bố trong bài "Khảo nghiệm đánh giá một số thông số làm việc của Máy phun thuốc bảo vệ thực vật ứng dụng thị giác máy" (Tạp chí Công nghiệp Nông thôn, số 22/2016) so nghiên cứu lý thuyết trên, cho thấy phù hợp và sai số trong phạm vi cho phép có thể chấp nhận được.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về TGM, đã xác định khoảng cách và định vị bằng xử lý ảnh: phân vùng ảnh, viết

chương trình xử lý ảnh thu nhận được từ 1 và nhiều camera. Từ đó làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế chế tạo máy phun thuốc BVTV ứng dụng thị giác máy tự động hóa điều khiển chế độ làm việc của giàn phun.

Điều quan trọng và ý nghĩa hơn ở đây là đẩy mạnh việc ứng dụng những nghiên cứu về tự động hóa trong việc chế tạo máy phun thuốc BVTV ở Việt Nam, góp phần nâng cao năng suất, cải thiện điều kiện lao động nông nghiệp và hiệu quả việc sử dụng thuốc BVTV, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Hướng nghiên cứu tiếp là tiếp tục khảo nghiệm thực tế trên diện rộng, từ đó đánh giá và hiệu chỉnh chương trình xử lý ảnh, nâng cao độ chính xác sự làm việc của vòi phun thuốc bảo vệ thực vật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phạm Thế Bảo (2001). Thị giác máy tính, Đại học Khoa học tự nhiên TP. Hồ Chí Minh.
- Lê Vũ Quân, Trịnh Gia Cường, Châu Hồng Bình (2010). Ứng dụng kỹ thuật thị giác máy tính trong sản xuất nông nghiệp. Tạp chí Khoa học và Phát triển, 8(2): 327-234.
- Honghui Rao, Changying Ji (2008). Research on spray precisely toward crop-rows based on machine vision. IFIP International Federation for Information Processing, Volume 259; Computer and Computing Technologies in Agriculture, Vol. 2; Daoliang Li; (Boston: Springer), pp. 1435-1439.
- Chen Yuehua, Yang Fang (2008). Research Advances of Insect Pest Identification Technology Using Machine Vision. Journal of Agricultural Mechanization Research, 1: 209-211.
- Hu Tianxiang (2009). Design and Integration of Software System for Intelligent Toward-target Sprayer. Doctor's dissertation. Nanjing Forestry University.
- Zhao Conghui, Zhang Shujuan (2009). Research Progress of the Computer Vision and Spectrum Technology on Detecting Crop Diseases. Journal of Agricultural Mechanization Research, 11: 230-234.