THIẾT LẬP MÔ HÌNH PHÂN LOẠI TRÁI XOÀI SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ ẢNH TRÊN HỆ THỐNG NHÚNG

Đỗ Chí Tâm*, Nguyễn Vĩnh Thành và Lê Tấn Mỹ
Khoa Kỹ thuật-Công nghệ, Trường Đại học Tây Đô
*(*Email: dctam@tdu.edu.vn)*

Ngày nhận: *15/3/2021*
Ngày phản biện: *01/5/2021*
Ngày duyệt đăng: *01/7/2021*

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm phát triển hệ thống phân loại tự động trái xoài sau khi đã thu hoạch. Trái xoài được đưa vào buồng chụp ảnh nhằm trích rút các đặc trưng phân loại: Chu vi, diện tích, độ chín. Chọn ra những trái xoài đạt các tiêu chí được đặt trước, ảnh kết quả được hiển thị lên màn hình và LED báo phân loại. Hệ thống được xây dựng trên máy tính nhúng Raspberry Pi 3 B+ với tốc độ xử lý 1.4 GHz được cài đặt trên hệ điều hành Debian, Camera Logitech C920 với độ phân giải 15 MegaPixel được dùng để thu thập ảnh đầu vào, ảnh kết quả được hiển thị thông qua màn hình 7 inch HDMI LCD. Thử nghiệm trên 40 mẫu trái xoài cát Hòa Lộc với 80 ảnh trái xoài một mặt. Kết quả hệ thống đã trích rút thành công các thông số vật lý: Chu vi, diện tích… Độ chín của trái xoài được xác định thông qua màu sắc được trích rút từ diện tích vùng trái. Nghiên cứu đã xây dựng thành công hệ thống phân loại trái xoài với tốc độ xử lý là 2.3 s cho mỗi mẫu ảnh trái xoài.

Từ khóa: *Đặc trưng vật lý, độ chín trái xoài, hệ thống phân loại tự động, phân loại trái xoài*

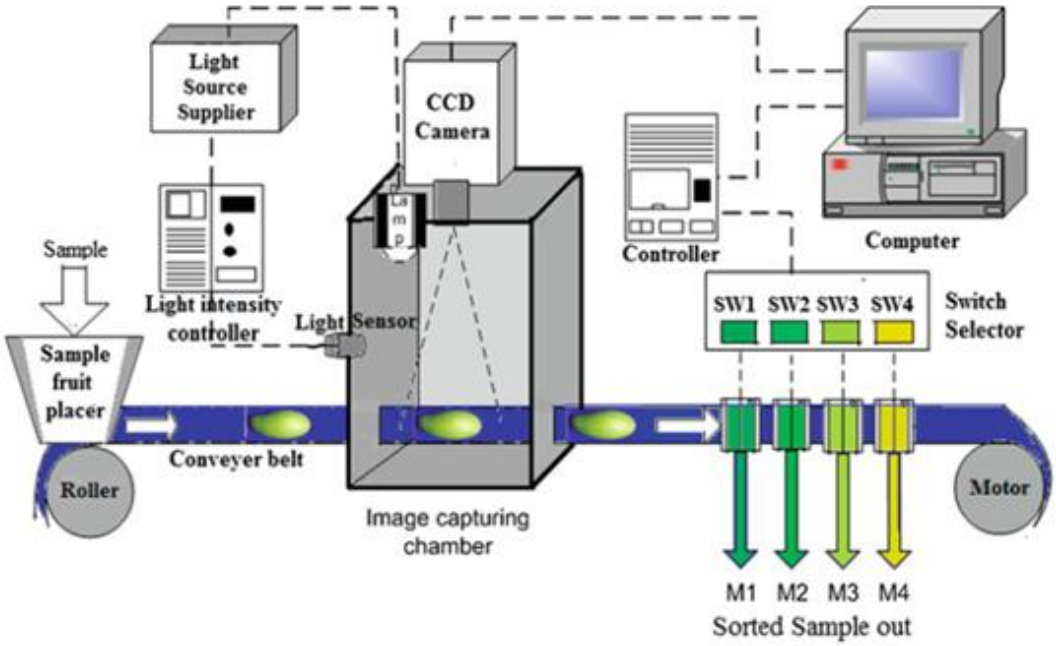
Trích dẫn: Đỗ Chí Tâm, Nguyễn Vĩnh Thành và Lê Tấn Mỹ, 2021. Thiết lập mô hình phân loại trái xoài sử dụng công nghệ ảnh trên hệ thống nhúng. Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Phát triển kinh tế Trường Đại học Tây Đô. 12: 321-346.

**Ths. Đỗ Chí Tâm – P. Trưởng Khoa Kỹ thuật-Công nghệ, Trường Đại học Tây Đô*

1. MỞ ĐẦU

Việt Nam, xoài được trồng khắp cả nước từ Nam tới Bắc, vùng trồng xoài tập trung từ Bình Định trở vào, và được trồng nhiều nhất ở các tỉnh Đồng bằng Sông Cửu Long như Tiền Giang, An Giang, Đồng Tháp, Vĩnh Long, Cần Thơ, Bến Tre… Ngoài ra, xoài còn được trồng ở Khánh Hoà, Đồng Nai, Bà Rịa Vũng Tàu, Sơn La, Lạng Sơn và khu vực đồng bằng Sông Hồng. Diện tích trồng xoài của cả nước khoảng 87.000 ha, sản lượng hơn 969.000 tấn/năm. Việt Nam đứng thứ 13 về sản xuất xoài trên thế giới nhưng số lượng xuất khẩu thì còn khiêm tốn và không thuộc 10 nước xuất khẩu xoài. Những nước có nhu cầu lớn nhất đối với trái xoài là Mỹ và Liên Minh Châu Âu (EU) - hai thị trường được xem là khó trên tính thế giới. Để có thể xuất khẩu hoặc tiêu thụ trong nước thì việc đánh giá và phân loại trái xoài là một công đoạn quan trọng và ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị thị trường của trái xoài thương phẩm. Tuy nhiên, quá trình phân loại trái xoài ở Việt Nam hiện nay chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp thủ công bởi người lao động phổ thông. Trong quá trình này, trái xoài được phân loại dựa trên các tiêu chí như độ chín, kích thước, và hình dạng, v.v. Thông qua đánh giá chủ quan của con người dựa trên các giác quan. Đây là công việc đòi hỏi rất nhiều thời gian và công sức. Không những thế, việc phân loại trái xoài dựa trên thị giác của con người thường có những hạn chế như tính khách quan trong phân loại không cao, năng suất làm việc thấp và không thể đáp ứng được những yêu cầu phân loại đòi hỏi độ chính xác và đồng nhất cao để có thể xuất khẩu sang nước ngoài, đặc biệt là các thị trường khó tính.

Trong những năm gần đây, công nghệ thị giác máy và xử lý ảnh ngày càng phát triển và được ứng dụng nhiều trong hầu hết các lĩnh vực khoa học và đời sống xã hội và đặc biệt là trong việc thay thế vai trò của con người trong các dây chuyền phân loại tự động và giám sát. Nguyễn Văn Vững (2014) đã sử dụng thuật toán Valley – Emphasis cũng như là mạng nơ - ron nhân tạo để phân tích, nhận dạng và phân loại thành công khuyết điểm trên ảnh chụp một mặt của 219 mẫu ảnh trái xoài đầu vào. Tomas (2014) cũng đã tiến hành nghiên cứu xử lý ảnh chụp một mặt trái xoài và đề xuất ba tiêu chí dùng để phân loại là diện tích bề mặt và khuyết điểm của vỏ, độ tròn của trái. Năm 2014, Ankur đã thực hiện phân loại 400 mẫu ảnh chụp một mặt trái xoài đầu vào dựa trên màu sắc và các đặc trưng kích thước với độ chính xác trung bình là 90.57%. Các nghiên cứu này có một điểm chung là đều chỉ dừng lại ở mức độ xử lý và mô phỏng trên phần mềm dựa trên một tập hợp dữ liệu ảnh đầu vào lý tưởng vì thế vẫn chưa thể ứng dụng được vào thực tế để giải quyết yêu cầu phân loại trái xoài của thực tiễn sản xuất đặt ra. Nandi et al. (2014) đã đề xuất xây dựng mô hình hệ thống phân loại tự động và mô phỏng thành công giải thuật phân loại trái xoài dựa trên kích thước của trái và mức độ trưởng thành của vỏ sử dụng phần mềm MATLAB và LabVIEW.



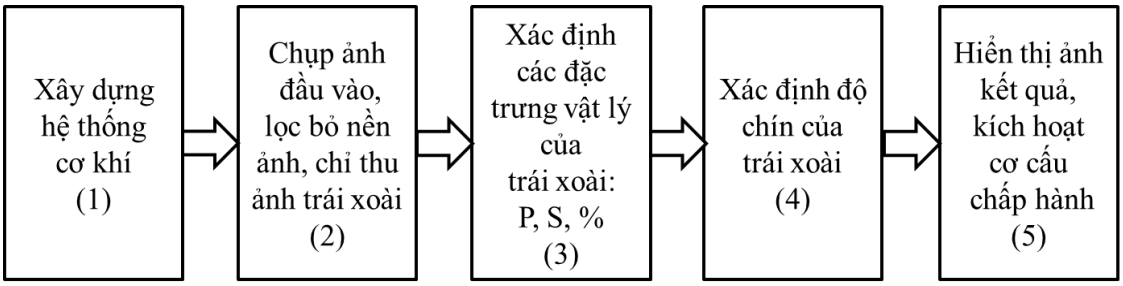
Hình 1. Mô hình phân loại chất lượng trái xoài

Hệ thống nhúng và Điều khiển tự động là lĩnh vực nghiên cứu, thiết kế và phát triển các hệ thống phần cứng và phần mềm tích hợp. Hệ thống nhúng và Điều khiển tự động được ứng dụng rộng rãi: từ việc thiết kế mạch điện tử đơn giản đến thiết kế vi xử lý, hệ thống nhúng, hệ thống điều khiển PLC.

Vì vậy, việc nghiên cứu và xây dựng thành công một mô hình hệ thống nhúng dùng để phân loại chất lượng trái xoài dựa trên các kết quả cũng như khắc phục các hạn chế của các công trình nghiên cứu trước đây có ý nghĩa quan trọng trong việc xây dựng hệ thống có khả năng giải quyết yêu cầu phân loại trái xoài cho xuất khẩu của Việt Nam.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

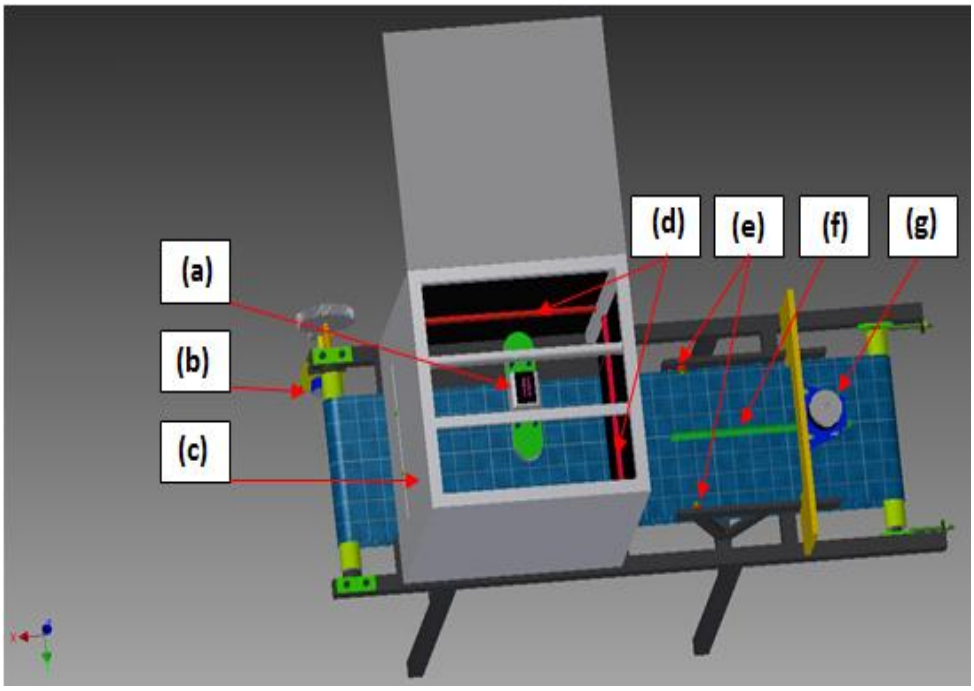
Các bước thực hiện của nghiên cứu được trình bày qua biểu đồ dưới đây:



Hình 1. Các bước thực hiện của nghiên cứu

2.1. Mô hình hệ thống

Hệ thống phần cứng của bài báo được trình bày cụ thể qua hình bên dưới:



Hình 2. Bản vẽ kỹ thuật của hệ thống: (a) Camera; (b) động cơ DC; (c) buồn chụp ảnh; (d) đèn chiếu sáng; (e) công tắc hành trình; (f) cơ cấu phân loại

Để giải quyết bài toán "Nghiên cứu mô hình phân loại chất lượng trái xoài một mặt sử dụng công nghệ ảnh trên hệ thống nhúng" trong bài báo này được chia nhỏ thành các bài toán như sau:

- Xây dựng hệ thống thu nhận ảnh.
- Phát hiện và chụp ảnh trái xoài trong buồng chụp.
- Lọc bỏ nền ảnh xoài đầu vào để thu được ảnh chứa vùng trái xoài.
- Xác định giá trị các đặc tính vật lý của trái xoài.
- Xác định độ chín của trái xoài.
- Xây dựng hệ thống phân loại trái xoài.

2.1.1. Hệ thống thu nhận ảnh đối tượng

Hệ thống thu nhận ảnh được thiết kế theo dạng buồng chụp ảnh với kích thước dài, rộng, cao lần lượt là 30cm x 30cm x 30cm. Với chất liệu được chọn là Aluminium đồ bền cao, chịu được va đập. Bên trong buồng chụp bố trí thêm các LED siêu sáng nhằm hỗ trợ sáng khi Camera chụp ảnh.

Hình 3. Buồng chụp ảnh

Hình 4. Camera Logitech C920

Trong nghiên cứu này, lệnh chụp ảnh sẽ được lập trình sẵn, khi nhấn nút đã được lập trình cụ thể là nút 'S' trên bàn phím (điều này giả lập tín hiệu cảm biến ngoài thực tế). Bộ xử lý trung tâm sẽ ra lệnh cho Camera chụp ảnh và lưu ảnh lại để phục vụ các công đoạn phía sau.

Hình 5. Bàn phím mini Bluetooth

2.1.2. Loại bỏ nền, thu ảnh trái xoài trên băng tải

Ảnh đầu vào có được từ công đoạn phía trên thì không chỉ chứa hình ảnh của trái xoài mà còn chứa cả hình ảnh của băng tải. Vì thế ta cần thực hiện việc lọc bỏ nền ảnh của băng tải chỉ chừa lại vùng ảnh trái xoài điều này giúp cho việc nhận dạng và tính toán các đặc trưng vật lý sau này được chính xác và dễ dàng hơn.

Để lọc bỏ nền băng tải ra khỏi ảnh trong bài báo sử dụng thuật toán phân ngưỡng tự động Otsu. Từ đó lọc được vùng ảnh trái xoài ra khỏi nền băng tải.

Otsu là tên một nhà nghiên cứu người Nhật đã nghĩ ra ý tưởng cho việc tính ngưỡng một cách tự động dựa vào giá trị điểm ảnh của ảnh đầu vào nhằm thay thế cho việc sử dụng ngưỡng cố định.

Đầu tiên sử dụng lược đồ Histogram biểu diễn tần suất xuất hiện mức xám:

$$p_i = \sum_{i=0}^{L-1} \frac{n_i}{(M \bullet N)}$$

Trong đó:

n_i: Llà số lượng điểm ảnh của giá trị i

L: 1,2,3,…256

po + p1 + p2 +…+ pL-1 = 1.

Chọn một ngưỡng T_k = k, (0<k<L-1) để phân ảnh đầu vào thành 2 lớp C_1 (tập hợp các điểm ảnh có giá trị ≤k) và C_2 (tập hợp các điểm ảnh có giá trị lớn hơn k). Tỉ lệ lớp C_1 với số lượng điểm ảnh k với tổng số lượng điểm ảnh được ký hiệu $P_1(k)$, tương tự C_2 ký hiệu là $P_2(k)$.

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^{k} p_i$$

$$P_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} p_i = 1 - P_1(k)$$

Sau đó ta tính giá trị trung bình m_1 của lớp C_1:

$$m_1(k) = \sum_{i=0}^{k} iP\left(\frac{i}{C_1}\right) = \frac{1}{P_1(k)} \sum_{i=0}^{k} iP_i$$

Tương tự tính m2:

$$m_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} iP\left(\frac{i}{C_2}\right) = \frac{1}{P_2(k)} \sum_{i=k+1}^{t-1} iP_i$$

Theo Otsu, ta sẽ tính ngưỡng k* mà giá trị tại đó sự chênh lệch giữa hai đoạn (màu nền và màu ký tự) đạt giá trị cực đại, ký hiệu $\sigma_B^2(k^*)$, được tính:

$$\sigma_B^2\left(k^*\right) = \underset{0 \le k \le L-1}{\text{Max}}\, \sigma_B{}^2(k)$$

Trong đó σB là phương sai hai lớp C1 và C2. Ta có:

$$\sigma^2{}_B = P_1\left(m_1 - m_G\right)^2 + P_2\left(m_2 - m_G\right)^2$$

$$= P_1 P_2\left(m_1 - m_2\right)^2$$

$$= \frac{\left(m_G P - m\right)^2}{P_1\left(1 - P_1\right)}$$

Từ công thức trên ta suy ra:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{\left[m_G P_1(k) - m(k)\right]^2}{P_1(k)\left[1 - P_1(k)\right]}$$

Trong đó: mG là giá trị trung bình của ảnh.

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i \Leftrightarrow m_G = P_1 m_1 + P_2 m_2$$

mk là giá trị trung bình đến ngưỡng k. Với $m_k = \sum_{i=0}^{k} i p_i$

Nếu có nhiều giá trị $\sigma^2{}_B$ lớn nhất bằng nhau, ta sẽ chọn k có giá trị lớn nhất làm ngưỡng k*, sau đó ta thực hiện nhị phân biến số theo theo ngưỡng.

$$g(x,y) = 1 \text{ if } f(x,y) < \text{ và } g(x,y) = 0 \text{ if } f(x,y)$$

Trong đó:

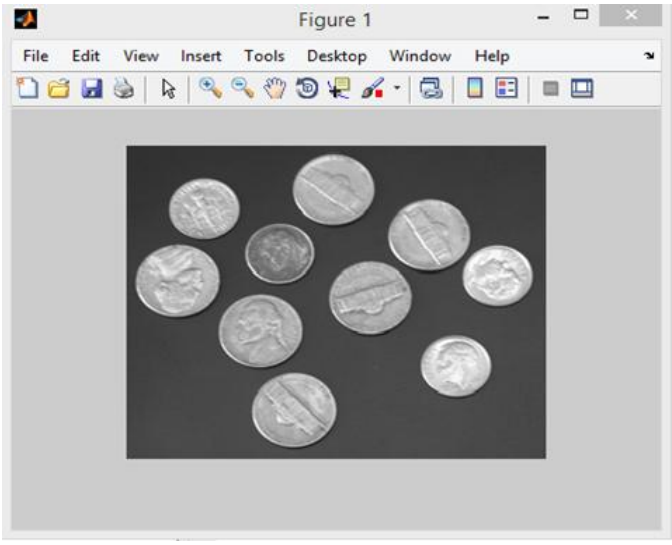
g(x,y) là ảnh đầu ra.

f(x,y) là ảnh đầu vào.

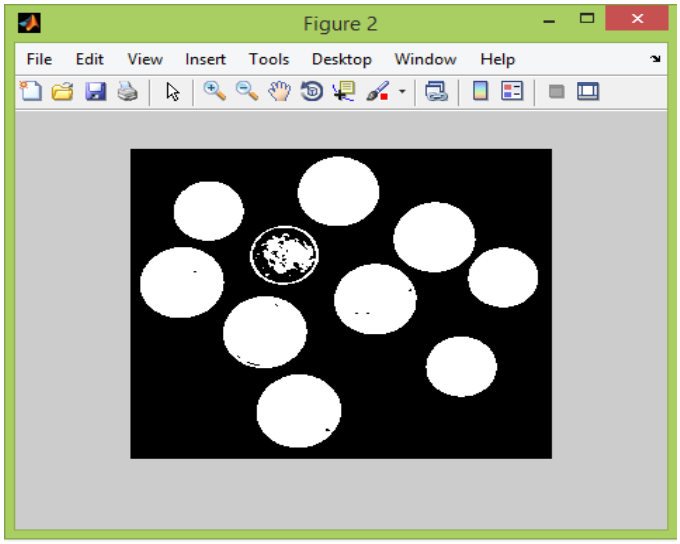
x=0,1,2,…,N-1.

y=0,1,2,…,M-1.

Ảnh kết quả mô phỏng khi áp dụng thuật toán Otsu để phân ngưỡng trên phần mềm Matlab:

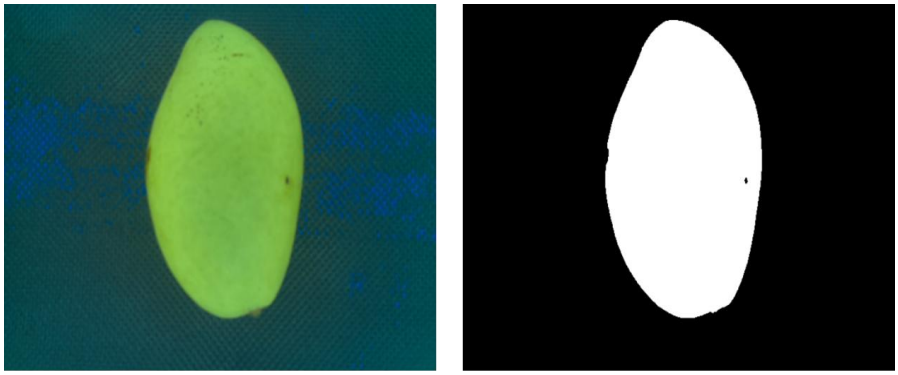


Hình 6. Ảnh xám đầu vào



Hình 7. Ảnh sau khi phân ngưỡng Otsu

Áp dụng thuật toán Otsu vào hệ thống để phân ngưỡng ảnh trái xoài đầu nhằm loại bỏ nền băng tải:



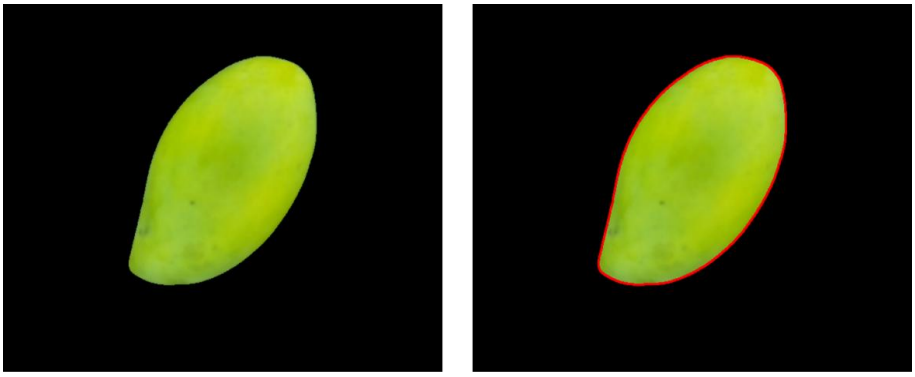
(a) (b)

Hình 8. Dùng thuật toán Otsu để lọc bỏ nền băng tải:

(a): ảnh góc; (b) ảnh đã lọc nền bằng thuật toán Otsu

2.1.3. Xác định các giá trị đặc trưng vật lý của trái xoài

Sau khi đã tách vùng ảnh trái xoài ra khỏi nền băng tải, tác giả tiến hành xác định đường bao quanh trái xoài. Công việc này nhằm mục tích chỉ thu nhận những vùng chứa trái xoài các thao tác trích rút đặc trưng vật lý được thực hiện chính xác:



(a) (b)

Hình 9. Ảnh trái xoài được xác định đường bao trái

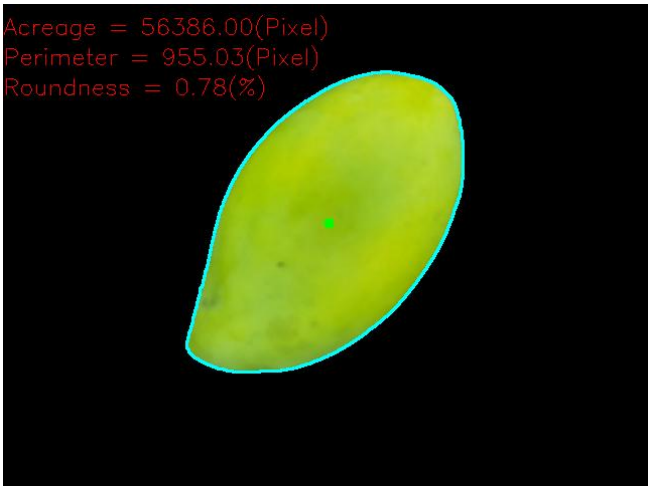
Các đặc trưng vật lý cần thiết cho việc phân loại trái xoài lần lượt là: chu vi, diện tích và độ tròn được tính bởi công thức sau:

- Chu vi dùng trái: $p_i = \sum C$, C đường bao trái.

- Diện tích vùng trái: $S = \sum p_i$, p_i là pixel thứ i của vùng trái.

- Độ tròn: $R = \frac{4\pi S}{p^2} 100\%$, p là chu vi của vùng trái.

Áp dụng các công thức tính toán nêu trên tác giả tìm được các đặc trưng vật được trình bày như hình bên dưới đây:

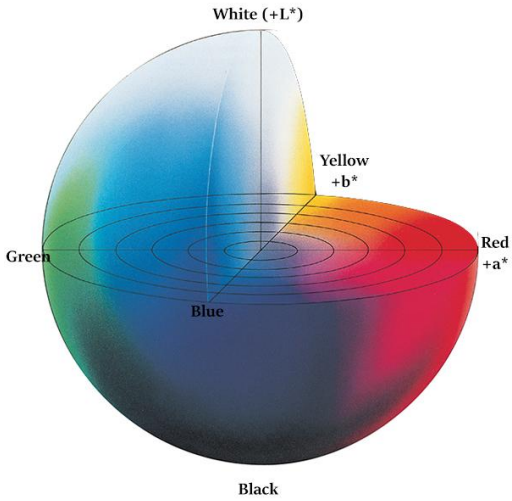


Hình 10. Ảnh kết quả sau khi trích rút các đặc trưng

2.1.4. Xác định độ chín của trái xoài

Để xác định được độ chín của trái xoài ta có nhiều phương pháp có thể kể ra như là: xác định độ chín thông qua mùi của trái xoài, tác dụng lực vào trái xoài, thông qua hàm lượng este có trong trái xoài. Nhưng phương pháp được sử dụng nhiều nhất để xác định độ chín của trái xoài là dùng chỉ số màu sắc của vùng vỏ trái để nhận biết được độ chín của trái xoài. Khi còn sống màu sắc của trái xoài đa phần là xanh lá, khi chuyển đến giai đoạn nữa sống nữa chín thì màu sắc của trái xoài có sự chuyển đổi từ màu xanh lá sang màu vàng nhạt, đến giai đoạn chín thì màu sắc của trái xoài đa phần là màu vàng.

Phương pháp thực hiện của bài báo là xác định độ chín của trái xoài thông qua màu sắc đặc trưng của hai kênh màu a* và b* trong không gian màu CIE L*a*b*.



Hình 11. Không gian màu CIE L*a*b*

Theo nghiên cứu trước đây về việc xác định thời điểm thu hoạch của trái xoài cát Hòa Lộc, tại xã Hòa Hưng, Huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang, Trần Văn Hâu, và ctv. Việc xác định độ chín của trái xoài cát Hòa Lộc thông qua việc trích xuất các giá trị L*, a*, b* trong không gian màu CIE L*a*b*.

Các giá trị chỉ màu sắc như L*, a*, b* khác biệt có ý nghĩa thống kê ở giai đoạn 70-95 NSKĐT ở cả ba vụ thuận, muộn và nghịch. Độ sáng tối (L*, từ 0 đến 100) giai đoạn 70 NSKĐT của vỏ trái biến động từ 47,1 (vụ muộn) đến 65,3 (vụ nghịch). Giá trị L* tăng dần khi trái thu hoạch nhưng trong vụ muộn có lẽ thu hoạch trong mùa mưa nên L* vẫn thấp hơn so với vụ thuận và vụ nghịch.

Chỉ số a* (biểu thị màu sắc từ xanh lá cây đến đỏ, biến động từ -60 đến +60)

cũng gia tăng ở giai đoạn 70 đến 95 NSKĐT nhưng giá trị vẫn chưa qua giá trị dương. Sự biến động của giá trị a* ở cả ba thời vụ đều tương tự nhau.

Chỉ số b* (biến động từ -60 đến +60, biểu thị từ màu xanh da trời đến màu vàng) của vỏ trái cũng tăng dần khi thu hoạch ở giai đoạn 70 NSKĐT và đạt giá trị gần như tối đa khi thu hoạch ở giai đoạn 95 NSKĐT. Kết quả này cho thấy màu sắc vỏ trái xoài cát Hòa Lộc khi chín thay đổi rất rõ cùng với tuổi trái và có màu vàng đậm với giá trị b* tối đa khi thu hoạch ở giai đoạn 95 NSKĐT.

Theo Medlicott et al. (1990), trong thời gian chín, diệp lục trên vỏ quả biến mất, đặc biệt là diệp lục tố a và có sự tổng hợp thêm các sắc tố mới như: Lycopene, anthocyanin; đồng thời các sắc tố carotenoid, xanthophyl chiếm ưu thế làm cho màu xanh biến mất hình thành nên màu vàng đặc trưng ở xoài cát Hòa Lạc, từ đó cho thấy khi tuổi trái tăng thì có sự thay đổi màu sắc của vỏ trái từ xanh sang xanh vàng và từ xanh sang vàng đỏ hình thành nên màu vàng đặc trưng của trái.

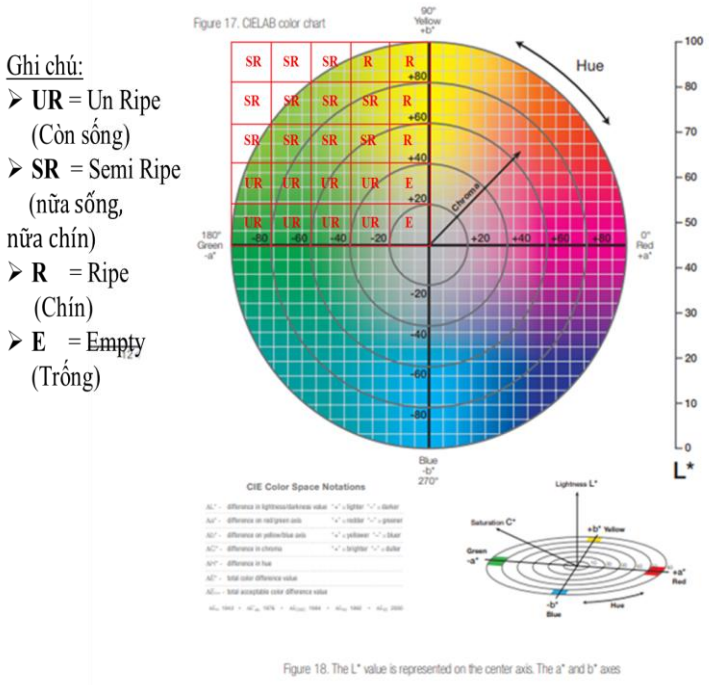
Bảng 1. Trị số L*, a* và b* của vỏ trái xoài cát Hòa Lộc giai đoạn từ 70-95 ngày sau khi đậu trái ở vụ thuận, muộn và nghịch tại xã Hòa Hưng, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang

Tuổi trái (NSKĐT)	L*			a*			b*		
	Vụ thuận	Vụ muộn	Vụ nghịch	Vụ thuận	Vụ muộn	Vụ nghịch	Vụ thuận	Vụ muộn	Vụ nghịch
70	53,4^{f}	47,1^{e}	65,3^{d}	-8,7^{f}	-8,7^{d}	-8,5^{f}	47,7^{e}	49,0^{e}	48,8^{f}
75	65,8^{e}	55,1^{d}	75,4^{c}	-5,6^{e}	-6,0^{c}	-5,5^{e}	52,0^{d}	52,7^{d}	50,6^{e}
80	74,6^{d}	65,5^{c}	77,3^{b}	-4,8^{d}	-2,4^{b}	-4,4^{d}	55,6^{c}	54,2^{c}	54,4^{d}
85	78,4^{c}	69,8^{b}	78,4^{b}	-3,3^{c}	-2,1^{b}	-3,5^{c}	55,8^{c}	55,1^{c}	56,5^{c}
90	80,8^{b}	71,5^{a}	81,0^{a}	-2,3^{b}	-2,1^{b}	-2,5^{b}	57,6^{b}	56,6^{b}	58,3^{b}
95	82,8^{a}	71,7^{a}	82,6^{a}	-1,8^{a}	-1,6^{a}	-1,6^{a}	58,9^{a}	58,1^{a}	59,4^{a}
F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1,11	0,92	2.01	6,80	5,95	7,71	1,65	1,84	0,90

Hình 12. Trái xoài cát Hòa Lộc ở các độ tuổi từ 70-95 ngày sau khi đậu trái tại xã Hòa Hưng, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang

Ở nghiên cứu này cũng dựa vào phương pháp dùng chỉ số màu sắc đặc trưng của vùng vỏ trái để xác định độ chín của trái xoài. Để làm được điều này thì sau khi có ảnh đầu vào chỉ chứa đối tượng duy nhất là trái xoài (ảnh đã lọc bỏ nền băng tải). Tác giả tiến hành chuyển đổi không gian màu của ảnh từ không gian màu RGB sang không gian màu CIE L*a*b*, vì trong không gian màu CIE L*a*b* giúp ta dễ dàng trích xuất, phân tích màu sắc vùng vỏ trái xoài. Trong không gian màu CIE L*a*b* ta trích xuất giá trị màu đặc trưng của hai kênh màu là kênh a* và kênh b*. Khi đã thu được cặp giá trị đặc trưng của hai kênh màu là kênh a* và kênh b*, dựa vào biểu đồ giá trị màu trong không gian màu CIE L*a*b* ta có thể xác định được màu sắc chủ đạo của đối tượng ảnh đầu vào.

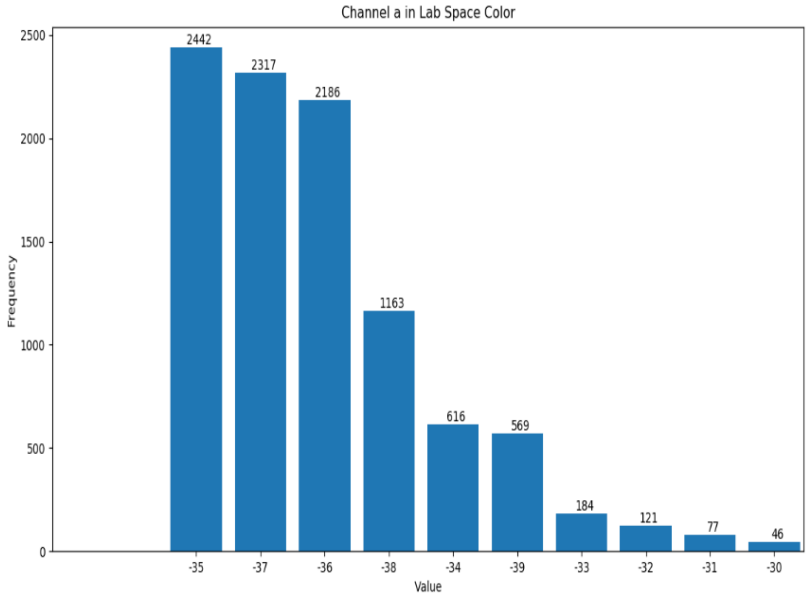
Khi thực hiện bài báo để đảm bảo tính khách quan tác giả đã mua các mẫu xoài tại nhiều điểm thu mua xoài khác nhau, khi mua mỗi mẫu xoài đều nhờ người bán xác định xem mẫu xoài đã mua thuộc nhóm nào trong các nhóm: chưa chín, nữa sống nữa chín, chín. Việc đó nhằm xác định ứng với mỗi nhóm xoài khác nhau sẽ có các ngưỡng màu sắc khác nhau. Sau đó tổng hợp lại và hình thành các nhóm được chia theo hình dưới đây:



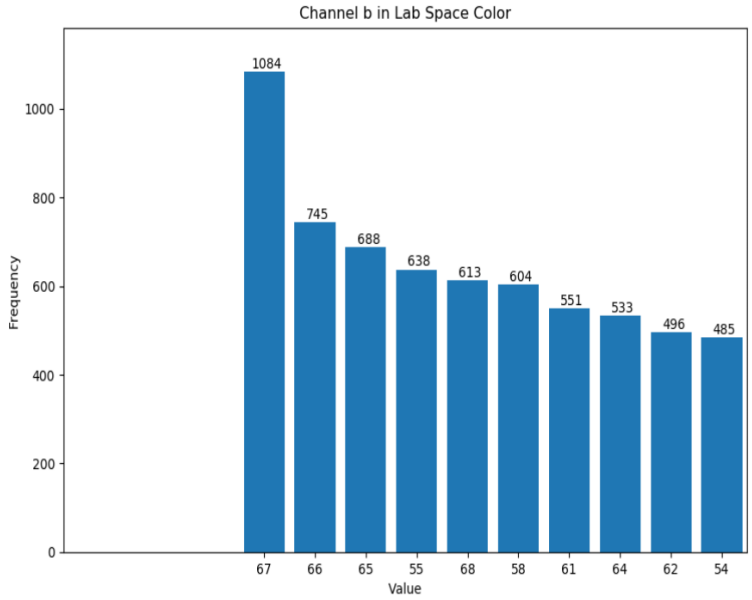
Hình 13. Biểu đồ các nhóm xoài trong không gian màu CIE L*a*b*

Các giá trị màu sắc đặc trưng của ảnh trong không gian màu CIE L*a*b* được tính toán tự động. Ảnh kết quả được hiển thị cùng với biểu đồ của hai kênh màu là kênh a* và kênh b* được trích xuất 10 phần tử có giá trị nhiều nhất trong ảnh. Với trục tung của biểu đồ biểu diễn số Pixel, và trục hoành biểu diễn giá trị màu tương ứng của vùng trái xoài:

Hình 14. Ảnh đầu vào trong quá trình xác định độ chín



Hình 15. Biểu đồ kênh a* của ảnh đầu vào trong không gian màu CIE L*a*b*



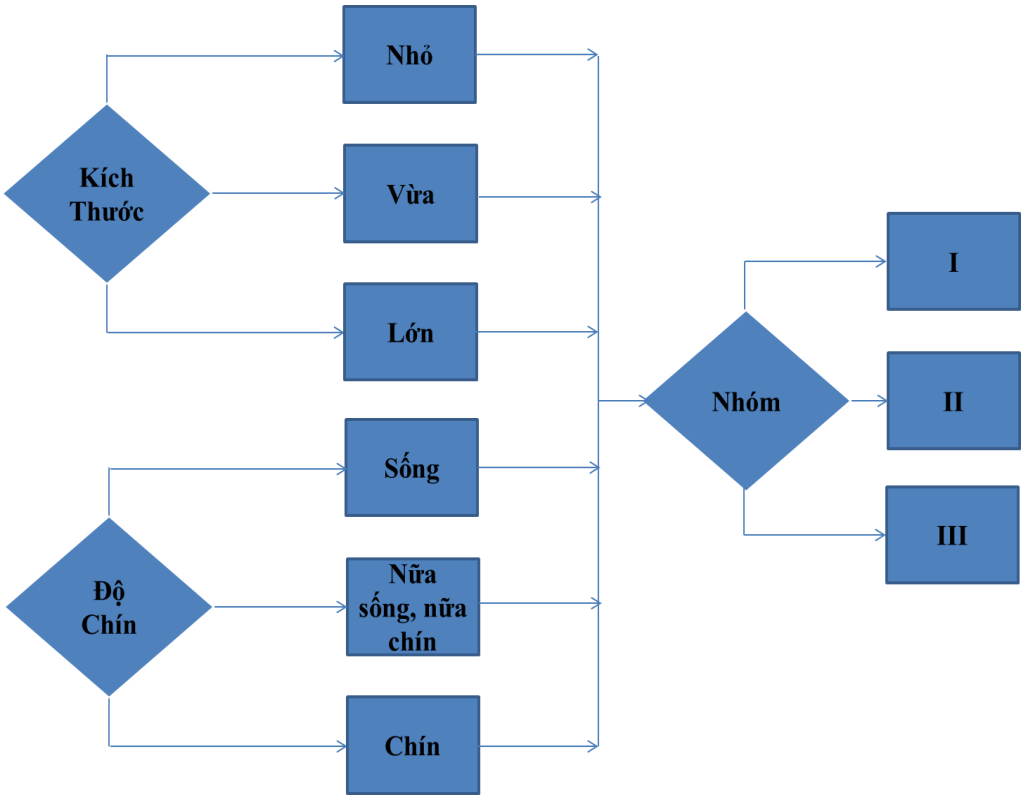
Hình 16. Biểu đồ kênh b* của ảnh đầu vào trong không gian màu CIE L*a*b*

Hình 17. Kết quả quá trình xác định độ chín của trái xoài

2.1.5. Hệ thống phân loại trái xoài

Ở bài báo các tiêu chí để phân loại trái xoài bao gồm: diện tích trái xoài (Type Size) và độ chín của trái xoài (Type Ripeness). Từ các biến diện tích trái xoài và độ chín của trái xoài có được ở các công đoạn phía trên ta thực hiện xây dựng tập luật phân loại cho hệ thống.

Việc phân loại trái xoài đầu ra được trình bày như lưu đồ Hình 18.



Hình 18. Tổng quan việc phân loại trái xoài dựa vào các đặc trưng vật lý

Để phân loại về kích thước (Type Size) được tính ở đơn vị cm. Ở đề tài chia thành các nhóm: Nhỏ, Vừa, Lớn. Với luật phân loại kích thước như sau:

- Nếu 0 cm < diện tích vùng trái ≤ 5.0 Cm thì được xem là Nhỏ.

- Nếu 5.0 cm < diện tích vùng trái ≤ 15.0 Cm thì được xem là Vừa.

- Nếu diện tích vùng trái > 15.0 cm thì được xem là trái Lớn.

Để phân loại về độ chín (Type Ripeness) được tính sau khi ta thu được cặp giá trị a* và b*. Ở đề tài chia thành các nhóm: Sống, nữa sống nữa chín (bán chín), chín. Với luật phân loại độ chín như sau:

- Nếu $-100 < a^* \leq -80$ và $0 < b^* \leq +20$ thì được xem là trái sống.

- Nếu $-80 < a^* \leq -60$ và $0 < b^* \leq +20$ thì được xem là trái sống.

- Nếu $-60 < a^* \leq -40$ và $0 < b^* \leq +20$ thì được xem là trái sống.

Nếu $-40 < a^* \leq -20$ và $0 < b^* \leq +20$ thì được xem là trái sống.

Nếu $-20 < a^* \leq 0$ và $0 < b^* \leq +20$ thì được xem là vùng trống.

Nếu -100< a* ≤ -80 và +20 < b* ≤ +40 thì được xem là trái sống.

Nếu -80 < a* ≤ -60 và +20 < b* ≤ +40 thì được xem là trái sống.

Nếu -60 < a* ≤ -40 và +20 < b* ≤ +40 thì được xem là trái sống.

Nếu -40 < a* ≤ -20 và +20 < b* ≤ +40 thì được xem là trái sống.

Nếu -20 < a* ≤ 0 và +20 < b* ≤ +40 thì được xem là vùng trống.

Nếu -100< a* ≤ -80 và +40 < b* ≤ +60 thì được xem là bán chín.

Nếu -80 < a* ≤ -60 và +40 < b* ≤ +60 thì được xem là bán chín.

Nếu -60 < a* ≤ -40 và +40 < b* ≤ +60 thì được xem là bán chín.

Nếu -40 < a* ≤ -20 và +40 < b* ≤ +60 thì được xem là bán chín.

Nếu -20 < a* ≤ 0 và +40 < b* ≤ +60 thì được xem là trái chín.

Nếu -100< a* ≤ -80 và +60 < b* ≤ +80 thì được xem là bán chín.

Nếu -80 < a* ≤ -60 và +60 < b* ≤ +80 thì được xem là bán chín.

Nếu -60 < a* ≤ -40 và +60 < b* ≤ +80 thì được xem là bán chín.

Nếu -40 < a* ≤ -20 và +60 < b* ≤ +80 thì được xem là bán chín.

Nếu -20 < a* ≤ 0 và +60 < b* ≤ +80 thì được xem là trái chín.

Nếu -100< a* ≤ -80 và +80 < b* ≤ +100 thì được xem là bán chín.

Nếu -80 < a* ≤ -60 và +80 < b* ≤ +100 thì được xem là bán chín.

Nếu -60 < a* ≤ -40 và +80 < b* ≤ +100 thì được xem là bán chín.

Nếu -40 < a* ≤ -20 và +80 < b* ≤ +100 thì được xem là trái chín.

Nếu -20 < a* ≤ 0 và +80 < b* ≤ +100 thì được xem là trái chín.

Tiếp đến tác giả xây dựng một tập luật phân loại cho cả biến kích thước gồm 3 loại: Nhỏ, vừa, lớn. Biến độ chín gồm 3 loại: Sống, nữa sống nữa chín (bán chín), chín. Tổng hợp lại ta có 9 nhóm được chia như sau:

- Nếu kích thước: Nhỏ và độ chín: sống thì là loại I
- Nếu kích thước: Nhỏ và độ chín: bán chín thì là loại II
- Nếu kích thước: Nhỏ và độ chín: chín thì là loại III
- Nếu kích thước: Vừa và độ chín: sống thì là loại IV
- Nếu kích thước: Vừa và độ chín: bán chín thì là loại V
- Nếu kích thước: Vừa và độ chín: chín thì là loại VI
- Nếu kích thước: Lớn và độ chín: sống thì là loại VII
- Nếu kích thước: Lớn và độ chín: bán chín thì là loại VIII

- Nếu kích thước: Lớn và độ chín: chín thì là loại IX.

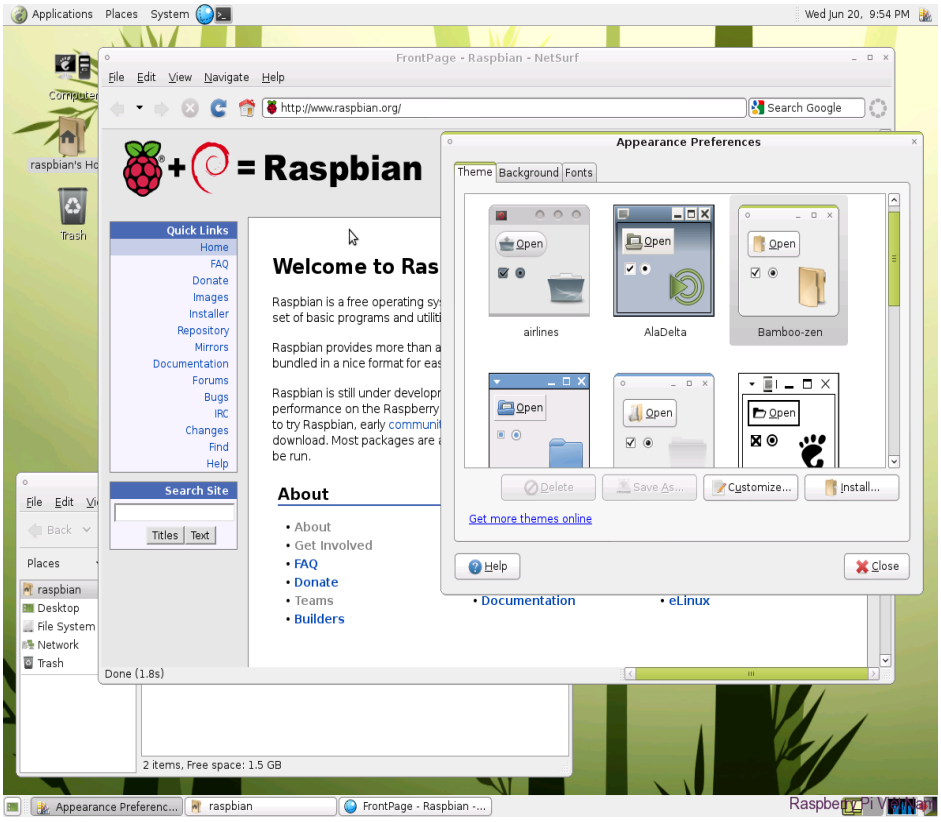
Đến đây thì tùy vào yêu cầu người dùng mà ta có thể lấy ra các loại đúng theo yêu cầu sử dụng. Trong đề tài để phục vụ cho việc xuất khẩu xoài thì các nhóm được chọn sẽ là: Nhóm V, Nhóm VII, và Nhóm VIII.

2.1.6. Phần mềm điều khiển

Phần mềm điều khiển được xây dựng trên máy tính nhúng Raspberry Pi 3, sử dụng Camera Logitech với độ phân giải là 15 Mpixel. Hình ảnh được chụp sẽ gửi về máy tính nhúng Raspberry Pi 3 để xử lý, từ đó ra lệnh điều khiển các cơ cấu phân loại.

Raspberrypi 3 có khá nhiều hệ điều hành có thể kể ra như: Raspbian, Pidora, openSUSE, OpenWRT, OpenELEC,...

Trong đó hệ điều hành được sử dụng nhiều nhất là Raspbian. Đây là bản phân phối của hệ điều hành Linux dựa trên nền Debian (Gần giống ubuntu) với giao diện LXDE (thay vì GNOME). Có đầy đủ web browser, media player, tools, v.v… Hệ điều hành này dành cho những người muốn dùng Raspberry Pi như một cái máy tính thực thụ. Thêm vào đó có thể dễ dàng thêm các thư viện cần thiết ví dụ như: Thư viện OpenCV chuyên dùng để xử lý ảnh.



Hình 19. Giao diện hệ điều hành Raspbian

3. KẾT QUẢ

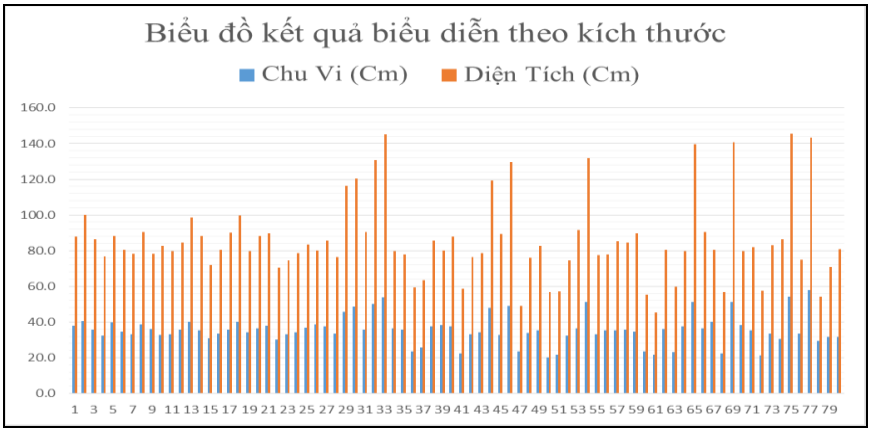
Thí nghiệm được thực hiện tại các vựa xoài khác nhau, trước khi để mẫu trái xoài vào mô hình thí nghiệm tác giả tiến hành đo đạc thực tế, ghi nhận kết quả đo đạc dùng để so sánh với kết quả của đo đạc mô hình, tiếp theo nhờ chủ vựa xác nhận màu sắc mẫu trái xoài thuộc nhóm nào: Chín, nửa sống nửa chín, chưa chín.

Hình 20. Hình ảnh thực nghiệm tại các vựa xoài

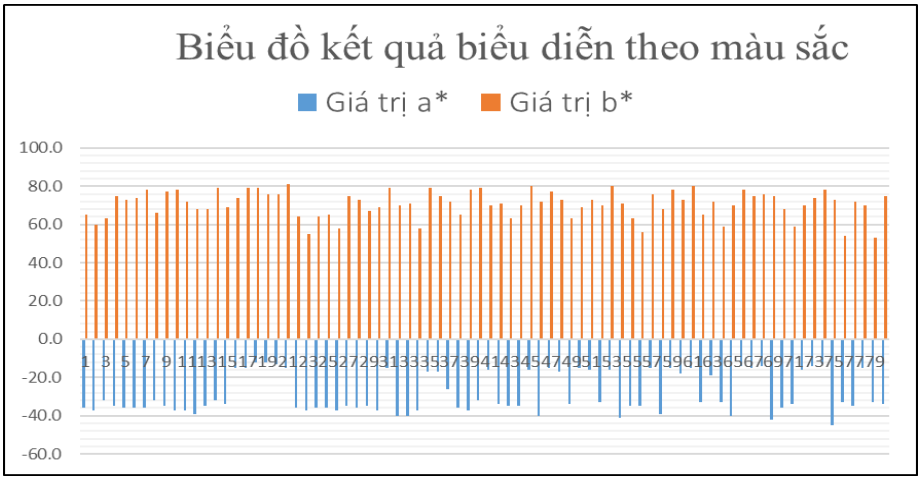
Hình 21. Lựa chọn xoài để thực nghiệm mô hình

Hình 22. Tổng hợp các ý kiến của các chủ vựa xoài

Đối với 40 mẫu xoài tương ứng với 80 mẫu xoài một mặt có kích thước, hình dạng, và màu sắc khác nhau. Thu được kết quả và tổng hợp như Hình 23 và Hình 24.



Hình 23. Biểu đồ kết quả biểu diễn theo biến kích thước



Hình 24. Biểu đồ kết quả biểu diễn theo biến kích màu sắc

Như được trình bày ở Hình 23 và Hình 24. Việc phân loại trái xoài với các tiêu chí đã được đặt ra trước trên phần mềm có độ chính xác là 100%. Thời gian xử lý trung bình của phần mềm đối với một bức ảnh có kích thước 640x480 là khoảng 2.3 giây. Các thông số được lấy trung bình và cho kết quả như sau:

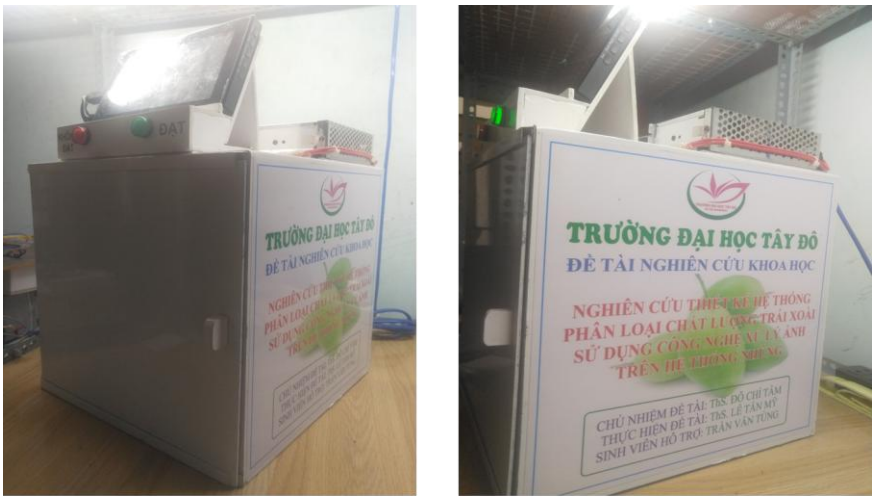
- Chu vi_trung bình = 39.3 cm.

- Diện tích_trung bình = 85.7 cm^2.

- Nhóm kích thước_trung bình là nhóm: Vừa.

- Nhóm độ chín_trung bình là nhóm: Bán chín.

- Thời gian sử lý_trung bình là: 2.3 giây.

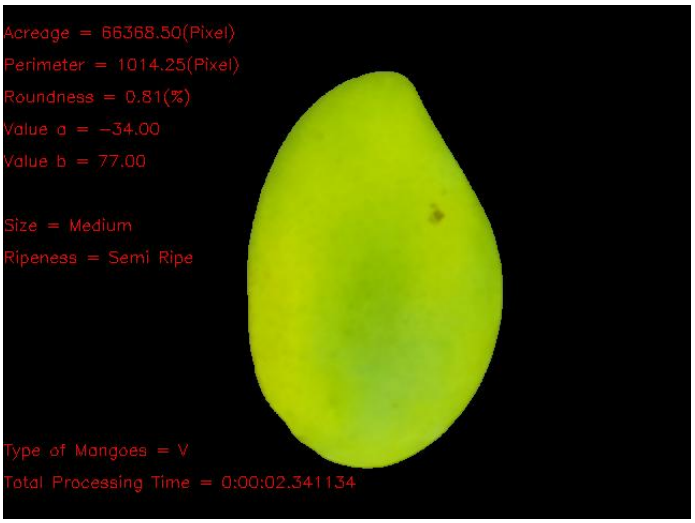


(a) **(b)**

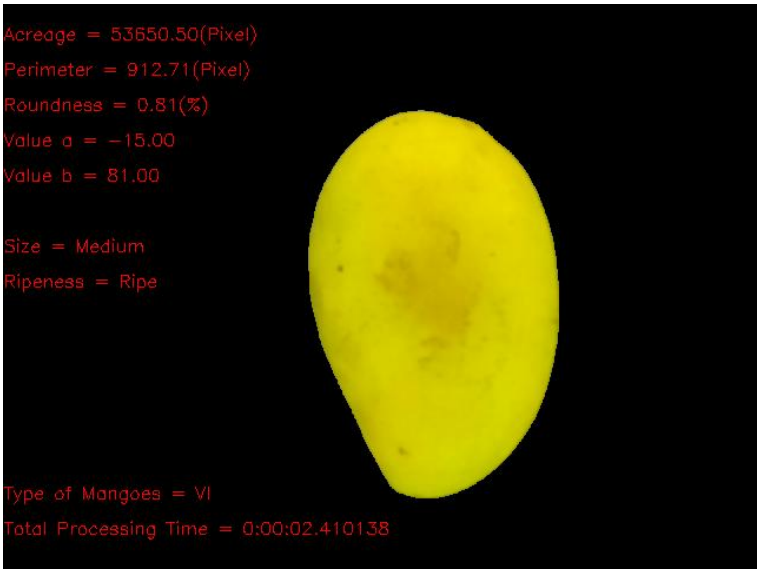
Hình 25. Hệ thống phần cứng của bài báo

Như được thể hiện ở Hình 25, bài báo đã thiết kế thành công hệ thống phân loại trái xoài tự động thông qua công nghệ xử lý ảnh

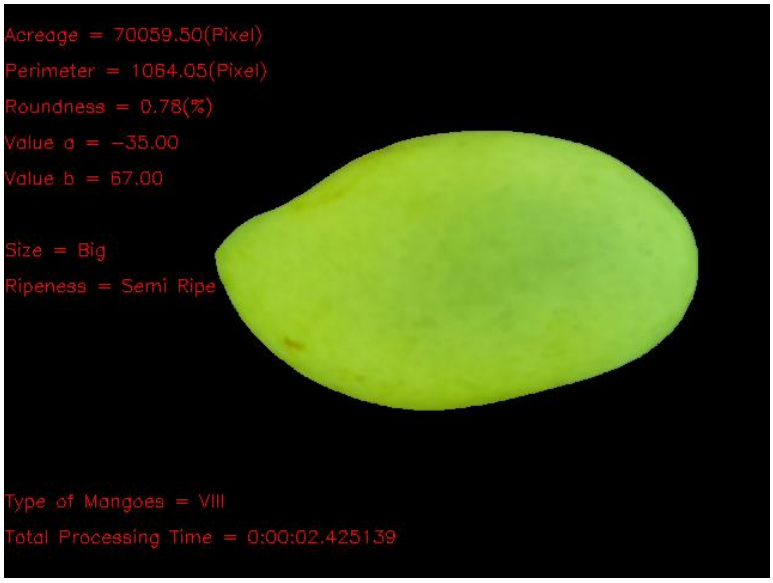
Khi đã xử lý xong ảnh kết quả được hiển thị với đầy đủ các thông số: chu vi, diện tích, độ tròn, độ chín, nhóm xoài được xếp loại, thời gian xử lý... Đồng thời cơ cấu phân loại cũng được tác động theo từng loại nhóm xoài đã được lập trình.



Hình 26. Ảnh kết quả trái xoài được xếp loại vào Nhóm V



Hình 27. Ảnh kết quả trái xoài được xếp loại vào Nhóm VI



Hình 28. Ảnh kết quả trái xoài được xếp loại vào Nhóm VIII

4. THẢO LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện thành công việc xây dựng một hệ thống phân loại xoài tự động trên máy tính nhúng Raspberry Pi 3 giúp giảm chi phí đầu tư ban đầu của hệ thống, hình ảnh được chụp trong quá trình vận hành thực tế điều này giúp đảm bảo tính khách quan của bài báo này so với các bài báo trước là sử dụng hình ảnh có sẵn rồi đưa vào máy tính xử lý. Ngôn ngữ lập trình được sử dụng là Python sẽ rất thích hợp cho việc phát triển sau này: Học máy, trí thông minh nhân tạo, IoT,...

Kế thừa kết quả các công trình nghiên cứu trước đây để phân loại trái xoài dựa vào các đặc trưng vật lý: chu vi, diện tích, độ tròn, tỉ lệ phần trăm khuyết điểm. Song song đó cũng tìm ra phương pháp để xác định độ chín của trái xoài dựa vào giá trị của hai kênh a* và kênh b* trong không gian màu CIE L*a*b*. Từ đó ta có thêm một đặc trưng quan trọng trong việc phân loại trái xoài tự động.

5. KẾT LUẬN

Hệ thống phân loại xoài tự động đã được thiết lập, có cảm biến phát hiện vật thể để phát hiện trái xoài đang di chuyển và tiến đến vị trí đặt trước trong buồng chụp ảnh. Lọc ảnh nền băng tải ra khỏi trái xoài giúp cho việc nhận dạng và tính toán các đặc trưng sau này được chính xác. Xác định được vùng bao trái xoài từ đây ta có thể tính được các đặc trưng vật lý của trái xoài: chu vi, diện tích, độ tròn. Tìm ra phương pháp xác định độ chín của trái xoài trong không gian màu CIE L*a*b* thông qua việc đánh giá màu sắc đặc trưng của ảnh trong hai kênh màu a* và kênh màu b*. Xây dựng hệ thống phân loại dựa vào các biến về kích thước và độ chín có thể chia thành nhiều nhóm theo yêu cầu người sử dụng.

Bằng việc xây dựng hệ thống với các phần cứng có chi phí thấp và phần mềm miễn phí Debian, Python IDE, OpenCV để lập trình thì nghiên cứu này đã hoàn toàn khắc phục hai nhược điểm của hệ thống được đề xuất bởi C.S.Nandi et al. (2014). Kết quả thử nghiệm trên 80 mẫu ảnh một mặt của trái xoài có kích thước, hình dạng, màu sắc khác nhau, độ chính xác là 100%. Hệ thống có khả năng thực hiện phân loại một mặt trái xoài với năng suất đạt 720 trái (một mặt)/h.

Đề xuất

Dựa trên kết quả thực nghiệm đạt được và yêu cầu thực tiễn của hệ thống, tác giả đề xuất các gợi ý để khắc phục và hoàn thiện hệ thống cho các nghiên cứu tiếp theo như sau:

- Sử dụng Camera có tốc độ xử lý và độ phân giải cao hơn để tăng năng suất phân loại cũng như tăng tính năng chính xác trong việc nhận dạng các đặc trưng vật lý, độ chín của trái xoài.

- Lắp đặt thêm một Camera để chụp ảnh mặt còn lại của trái xoài để phát triển hệ thống thành hệ thống phân loại hai mặt trái xoài có khả năng ứng dụng vào thực tiễn.

- Thiết kế buồng chụp ảnh có chiều dài lớn hơn và bố trí thêm đèn chiếu sáng trong buồng chụp ảnh để đảm bảo cân bằng sáng trong chụp chụp ảnh.

- Xây dựng thêm cơ cấu để cố định trái xoài trên băng tải để tránh trường hợp trái xoài bị rung lắc do quán tính làm giảm chất lượng của ảnh đầu vào.

- Nghiên cứu lắp đặt thêm cơ cấu đặt trái xoài tự động lên băng tải ở những thời hằng cố định để hệ thống có thể hoạt động hoàn toàn tự động.

- Ứng dụng công nghệ máy học để xác định các đặc trưng vật lý của trái xoài: chu vi, diện tích, độ tròn và độ chín.

Môt số hạn chế của nghiên cứu cần được tiếp tục khắc phục như: Thời gian xử lý của chương trình vẫn còn cao đưa đến hiệu suất của hệ thống chưa cao. Dù đã xác định được độ chín của trái xoài thông qua màu sắc đặc trưng của vỏ trái trong không gian màu CIE L*a*b* nhưng vẫn còn mang tính chủ quan do người lập trình tự phán đoán cần có thiết bị đo chuẩn hoặc bộ dữ liệu chuẩn để so sánh và đối chiếu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ankur M Vyas, Bijal Talati, Sapan Naik, 2014. Quality Inspection and Classification of Mangoes using Color and Size Features. International Journal of Computer Applications. Vol.98, no.1, pp. 1 – 5.

2. Charles Poynton., 2012. Digital video and HD algorithms and interfaces. Second edition, Printed in the United States of America on acid-free paper, ELSEVIER INC, pp. 121 – 122.

3. Hui-Fuang Ng., 2006. Automatic thresholding for defect detection. Journal of Pattern Recognition Letters, Science Direct, vol.36, no.1, pp. 1644-1649.

4. Ian T. Young, Jan J. Gerbrands, Lucas J. van Vliet, 1998. Digital Image

Definitions in Fundamentals of Image Processing. Printed in The Netherlands at the Delft University of Technology. Delft University of Technology, pp. 2 – 3.

5. Mason, A., Mukhopadhyay, S.C., Jayasundera, K.P., Bhattacharyya, N. (Eds.), 2014. Sensing Technology: Current Status and Future Trends II. In: C. S. Nandi, B. Tudu and C. Koley. Machine Vision Based Techniques for Automatic Mango Fruit Sorting and Grading Based on Maturity Level and Size. Springer International Publishing Switzerland, Switzerland, pp. 27 - 46.

6. Md. Zakir Hussain, Mrs. Ayesha Naaz, Mohd Nayeem Uddin, 2016. Moving Object Detection Based on Background Subtraction & Frame Differencing Technique. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 5, pp. 817 – 819.

7. Nayana P B, Sanjeev Kubakaddi, 2014. Implentation of Hand Gesture Recognition Technique for HCI Using Open CV. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, Volume 2, pp. 17 - 21.

8. Nguyễn Văn Vững, 2014. Ứng dụng kỹ thuật máy học và xử lý ảnh để nhận dạng khuyết điểm trên vỏ trái cây. Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ, Bộ môn Tự động hóa, Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ

9. Nguyễn Văn Vững, 2016. Phát hiện và nhận dạng khuyết điểm trên vỏ trái xoài. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc gia lần thứ IX về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR'9).

10. Suman Rani, Deepti Bansal, Beant Kaur, 2014. Detection of Edges Using Mathematical Morphological Operators. Open Transaction On Information Processing, Volume 1, Number 1, pp. 17 - 26.

11. Tomas U. Ganiron Jr., 2014. Size Properties of Mangoes using Image Analysis. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology, Vol.6, No.2, pp. 31-42.

12. Trịnh Đức Trí, Võ Thị Thanh Lộc, 2015. Nghiên cứu chuỗi giá trị xoài vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. Tạp chí Nông Nghiệp Và Phát Triển Nông Thôn. Kỳ 2, pp. 16 – 25

13. Yuyong Cui, Zhiyuan Zeng, Bitao Fu, Weihong Cui., 2012. Moving Object Detection Based on the Histograms of Oriented Gradients and Cloud Model. Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology, 4(16), pp. 2639-2644.

SETTING UP CLASSIFICATION MODEL FOR MANGO FRUITS BY USING IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY ON EMBEDDED SYSTEM

Do Chi Tam*, Nguyen Vinh Thanh and Le Tan My
Faculty of Engineerign Technology, Tay Do University
*(*Email: dctam@tdu.edu.vn)*

ABSTRACT

The objective of our study was to develop an automatic sorting system for mangoes after harvesting. Mangoes were brought into the photo booth to extract the classification features: circumference, area, ripeness. Select the mangoes that meet the pre-set criteria, the resulting image was displayed on the screen and the LED indicates the classification. The system was built on an embedded computer Raspberry Pi 3 B+ with a processing speed of 1.4GHz installed on Debian operating system. Logitech C920 Camera with a resolution of 15 MegaPixel was used to collect input images, resulting images, displayed via a 7 inch HDMI LCD screen. 40 samples of Hoa Loc mangoes were tested with 80 images of mangoes on one side. Our mango classification system was performed with a processing speed of 2.3s for one sample of mango image.The studied system successfully resulted in extraction of the physical parameters of mango fruit. The ripeness of mango was determined through the color extracted from the fruit area.

Keyword: *Automatic classification system, classification of mango fruits, physical parameters, ripeness*