

## RESEARCH ON DESIGNING COLOR-BASED PRODUCT CLASSIFICATION SYSTEM APPLYING DIGITAL IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY

Ho Mau Viet\*, Le Hoang Hiep, Mac Thi Phuong

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received:</b> 11/12/2020</p> <p><b>Revised:</b> 27/8/2021</p> <p><b>Published:</b> 27/8/2021</p>	<p>This paper presents the process of designing a product classification system according to the color characteristics of the product using high precision image processing technology. The system can recognize up to 58 different colors with many advantages over the classification systems using the number of color sensors that are limited in practice. Product classification system uses LabView-based image processing tools to classify products into different categories and integrates additional monitoring and remote control functions to bring high economic efficiency to the system. In the scope of the article, the authors applied an algorithm to detect the image colors obtained from the camera and then processed on 3 popular colors: red, yellow, and blue. Experimental results were conducted in four specific cases. The data shows that the system operates stably, with high accuracy: with the red product 100% accuracy; yellow products with 98% accuracy and blue products with 96% accuracy.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p> <p>LabVIEW</p> <p>Measurement and control</p> <p>Image Processing</p> <p>Microcontroller</p> <p>Camera</p>	

## NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM THEO MÀU SẮC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ẢNH SỐ

Hồ Mậu Việt\*, Lê Hoàng Hiệp, Mạc Thị Phương

Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p><b>Ngày nhận bài:</b> 11/12/2020</p> <p><b>Ngày hoàn thiện:</b> 27/8/2021</p> <p><b>Ngày đăng:</b> 27/8/2021</p>	<p>Bài báo trình bày quá trình thiết kế hệ thống phân loại sản phẩm theo đặc trưng màu sắc của sản phẩm sử dụng công nghệ xử lý ảnh có độ chính xác cao. Hệ thống có thể nhận diện được tối đa 58 màu sắc khác nhau với nhiều ưu điểm hơn so với các hệ thống phân loại sử dụng cảm biến số lượng màu sắc còn nhiều hạn chế trên thực tế. Hệ thống phân loại sản phẩm sử dụng công cụ xử lý ảnh trên nền LabView để phân loại các sản phẩm ra từng loại khác nhau và tích hợp thêm chức năng giám sát và điều khiển từ xa mang lại hiệu quả kinh tế cao cho hệ thống. Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả ứng dụng thuật toán nhận diện màu sắc ảnh thu được từ camera, sau đó thực hiện xử lý trên 3 loại màu phổ biến là màu đỏ, vàng, xanh. Kết quả thực nghiệm được tiến hành trong bốn trường hợp cụ thể. Số liệu cho thấy, hệ thống hoạt động ổn định, độ chính xác cao: với sản phẩm màu đỏ độ chính xác 100%; sản phẩm màu vàng có độ chính xác 98% và sản phẩm màu xanh có độ chính xác 96%.</p>
<p><b>TỪ KHÓA</b></p> <p>LabVIEW</p> <p>Đo lường và điều khiển</p> <p>Xử lý ảnh</p> <p>Vi điều khiển</p> <p>Camera</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.3831>

\* Corresponding author. Email: [hmviet@ictu.edu.vn](mailto:hmviet@ictu.edu.vn)

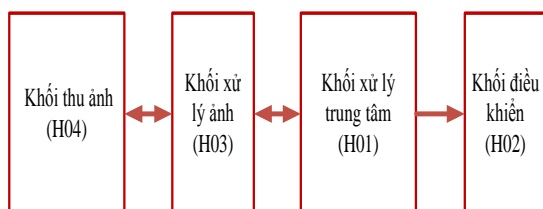
## 1. Giới thiệu

Việc ứng dụng các thành tựu khoa học kỹ thuật trong sản xuất hiện nay đã rất phổ biến trên thế giới từ lâu. Đặc biệt là ứng dụng các thành tựu của công nghệ thông tin, truyền thông và tự động hóa trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp, nông nghiệp được coi là kim chỉ nam nhằm thúc đẩy nền kinh tế. Vấn đề thường gặp phải trong một dây chuyền sản xuất các sản phẩm đầu ra (trong bài báo này là sản phẩm gạch nung) đó là không phải lúc nào 100% các sản phẩm đều có chất lượng giống hệt nhau mà luôn có một tỷ lệ sản phẩm lỗi nhất định (có sai khác so với mẫu đã được thiết kế). Việc phát hiện sản phẩm lỗi hay sản phẩm không đạt chất lượng bằng mắt thường là rất khó khăn, tốn nhiều thời gian và mất nhiều công sức lao động khi hàng hóa sản xuất ra nhiều trong khoảng thời gian ngắn. Các thành tựu nghiên cứu, phát minh hiện đại thường chỉ được ứng dụng trong các hệ thống máy móc tự động hóa của các tập đoàn, nhà máy xí nghiệp lớn, với sự đầu tư kinh phí cao để mua lại công nghệ sản xuất. Tuy nhiên, tại những nhà máy, xí nghiệp nhỏ hay các hợp tác xã nông thôn ở địa phương trong nước vẫn còn sản xuất theo mô hình thủ công, chủ yếu dựa vào sức người lao động nên năng suất thấp và hiệu quả kinh tế không cao; hoặc tại các nhà máy sản xuất gạch với khối lượng sản phẩm lớn thường đầu tư các hệ thống máy móc phân loại sản phẩm được nhập từ nước ngoài về với giá thành rất cao, khó áp dụng cho các cơ sở sản xuất vừa và nhỏ tại các vùng quê. Ngoài ra, các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước có cùng hướng với bài báo này thường áp dụng các công nghệ phân loại màu sắc phức tạp, đòi hỏi người sử dụng phải có kiến thức chuyên môn sâu (machine learning, lập trình PLC,...) và đòi hỏi đầu tư kinh phí khá cao để xây dựng hệ thống gây khó khăn cho việc triển khai phổ cập tại các vùng quê như ở Bình Xuyên – Vĩnh Phúc – Việt Nam.

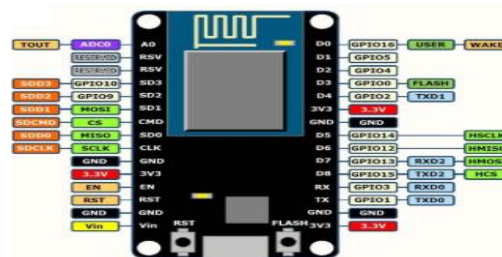
Nghiên cứu này với mong muốn thiết kế hệ thống phân loại sản phẩm tự động sử dụng công nghệ xử lý ảnh số kết hợp với lập trình LabVIEW [1], [2] ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp hoặc nông nghiệp (cụ thể trong phạm vi nghiên cứu này ứng dụng phân loại sản phẩm gạch nung). Hình ảnh sản phẩm được camera tích hợp trong hệ thống thu/gửi về chương trình LabVIEW, sau đó hệ thống thực hiện phân tích và xử lý ảnh với các đặc trưng màu sắc của ảnh để đưa ra lệnh điều khiển như gạt sản phẩm theo loại quy định đã được lập trình với các yêu cầu sản xuất. Hệ thống có thể nhận diện được tối đa 58 chỉ thị màu khác nhau của ảnh thu được. Trong hệ thống có tích hợp thêm chức năng điều khiển và giám sát từ xa qua điện thoại thông minh. Hệ thống phân loại các sản phẩm được gạt ra các khay đựng đã được quy định trước. Bên cạnh đó, hệ thống còn đếm được số lượng các sản phẩm tương ứng với từng loại sản phẩm giúp kiểm soát tốt số lượng các sản phẩm đầu ra trong các dây chuyền sản xuất [3]-[5]. Kết quả nghiên cứu đã được thử nghiệm thành công trên mô hình thực tế với kết quả chính xác cao tới 95%.

## 2. Thiết kế hệ thống phần cứng

### 2.1. Sơ đồ khối hệ thống



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống



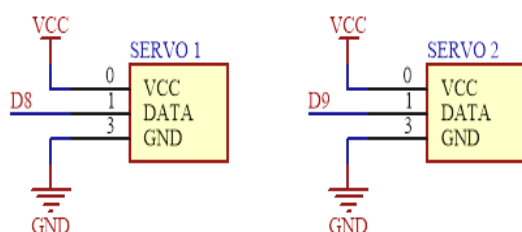
Hình 2. Sơ đồ khối xử lý trung tâm

Sơ đồ khối hệ thống được mô tả như hình 1 bao gồm có 04 khối chức năng chính [3]: Khối xử lý trung tâm (H01), Khối điều khiển (H02), Khối xử lý ảnh (H03), Khối thu ảnh (H04). Thiết kế chi tiết từng khối được thể hiện trong các phần sau.

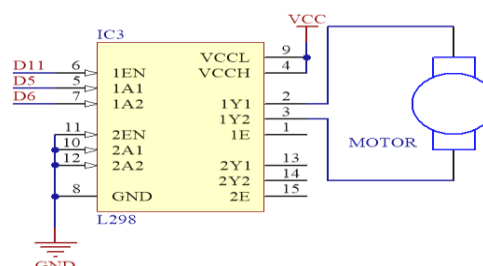
## 2.2. Khối xử lý trung tâm (H01)

Sơ đồ mạch nguyên lý khối xử lý trung tâm được mô tả như hình 2. Khối xử lý trung tâm là một vi điều khiển Wifi SoC ESP8266 với thiết kế nhỏ gọn dễ dàng sử dụng vì tích hợp sẵn mạch nạp sử dụng chip CP2102 trên bo mạch. Bên trong ESP8266 có sẵn một lõi vi xử lý vì thế có thể lập trình trực tiếp và hỗ trợ chức năng kết nối Wifi phục vụ cho các ứng dụng không dây trong nghiên cứu này.

## 2.3. Khối điều khiển (H02)



Hình 3. Sơ đồ khối hiển thị

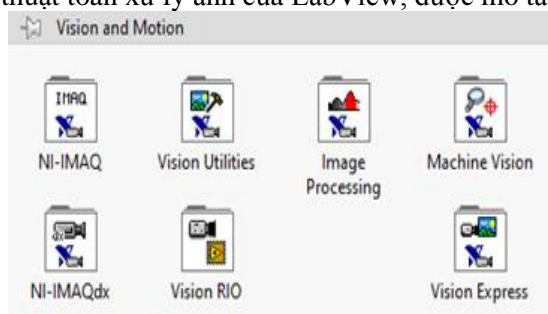


Hình 4. Sơ đồ mạch điều khiển băng truyền

Sơ đồ mạch nguyên lý khối điều khiển được mô tả như hình 3. Sử dụng hai động cơ Servo để điều khiển cần gạt sản phẩm được phân loại. Khi sản phẩm màu vàng đi qua động cơ Servo 1 sẽ gạt sản phẩm vào khay. Chân Data của động cơ Servo 1 được nối với chân D8 của khối xử lý trung tâm. Khi sản phẩm màu đỏ đi qua Servo 2 sẽ gạt sản phẩm vào khay. Chân Data của Servo 2 được nối với chân D9 của khối xử lý trung tâm. Sản phẩm màu xanh đi qua không bị gạt (đây được xem là sản phẩm đạt yêu cầu). Hệ thống có thêm mạch L298 để điều khiển tốc độ và chiều quay của băng truyền sản phẩm. Chân bãm xung 1EN của L298 được nối với chân D11 của khối xử lý trung tâm. Chân điều khiển chiều quay 1A1, 1A2 của L298 được nối chân D5, D6 của khối xử lý trung tâm. Sơ đồ mạch nguyên lý được mô tả như Hình 4.

## 2.4. Khối xử lý ảnh (H03)

Khối xử lý ảnh có chức năng phân tích hình ảnh thu được từ khối thu ảnh để đưa ra các thông số đặc trưng của ảnh. Khối xử lý ảnh sử dụng bộ công cụ **Vision/Vision and Motion** hỗ trợ các thuật toán xử lý ảnh của LabView, được mô tả như hình 5 [4].



Hình 5. Hình ảnh khối xử lý ảnh

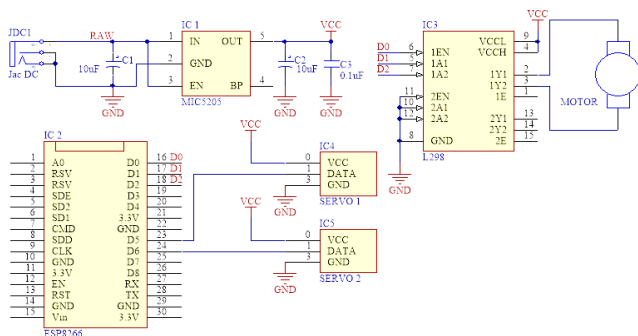


Hình 6. Khối thu ảnh bằng Camera

## 2.5. Khối thu ảnh (H04)

Khối thu ảnh có chức năng thu hình ảnh từ sản phẩm gửi hình ảnh về chương trình xử lý ảnh được xây dựng trên phần mềm lập trình LabVIEW. Khối thu ảnh đóng vai trò rất quan trọng, quyết định chất lượng hệ thống. Ảnh thu được rõ nét thì khâu xử lý sẽ đơn giản và chính xác hơn giúp hệ thống hoạt động hiệu quả. Trong phạm vi nghiên cứu này, sử dụng Camera USB 2.0 với độ phân giải 8.0 Megapixel. Khối thu ảnh thể hiện như Hình 6.

## 2.6. Kết quả thiết kế phần cứng



Hình 7. Sơ đồ khối tổng thể hệ thống



Hình 8. Hình ảnh hệ thống phần cứng

Sơ đồ mạch nguyên lý thiết kế toàn hệ thống phần cứng như hình 7 là sơ đồ kết nối của hệ thống dựa trên các thiết kế chi tiết từng khối đã trình bày ở các phần bên trên. Từ mạch nguyên lý nhóm tác giả đã thi công thành mô hình hệ thống thực tế như trong hình 8.

## 3. Ứng dụng công nghệ xử lý ảnh số

### 3.1. Không gian màu được sử dụng để tạo ra quang phổ

Phổ màu thể hiện sự phân bố màu sắc của một hình ảnh trong không gian *hue-saturation-lightness* (HSL) [5]. Nếu hình ảnh đầu vào ở định dạng *R (red), G (green) and B (blue)*- (viết tắt là RGB), trước tiên hình ảnh được chuyển đổi sang định dạng HSL và phổ màu được tính từ không gian HSL. Sử dụng trực tiếp hình ảnh HSL những hình ảnh có được bằng thiết bị thu nhận hình ảnh có chuyển đổi RGB sang HSL trên bo mạch để khớp màu cải thiện tốc độ hoạt động. Màu sắc được thể hiện trong không gian mô hình HSL dễ dàng cho con người định lượng. Thành phần độ chói hoặc cường độ trong không gian HSL được tách biệt khỏi thông tin màu sắc. Tính năng này dẫn đến sự thể hiện màu sắc mạnh mẽ hơn độc lập với sự thay đổi cường độ ánh sáng. Tuy nhiên, mặt phẳng sắc độ hoặc sắc độ và độ bão hòa không thể được sử dụng để biểu thị các màu đen và trắng thường bao gồm các màu nền trong nhiều ứng dụng thị giác máy.

### 3.2. Tạo phổ màu

Mỗi phần tử trong mảng phổ màu tương ứng với một phần màu trong không gian HSL. Hai phần tử cuối cùng của mảng lần lượt thể hiện các màu đen và trắng. Hình 9 dưới đây minh họa cách chia không gian màu HSL thành các phần. Không gian màu được chia thành một số khu vực bằng nhau và mỗi khu vực lại được chia thành hai phần: một phần đại diện cho vùng bão hòa cao và phần khác đại diện cho các vùng bão hòa thấp.



Hình 9. Hình ảnh phân chia phổ màu



Hình 10. Sơ đồ kết nối dữ liệu Firebase

Mỗi phần này tương ứng với một phần màu trong bảng phổ màu nhiều chi tiết hơn, chẳng hạn như độ phân giải màu cao hơn so với phổ có ít ô hơn. Trong NI Vision của LabVIEW có thể chọn giữa ba mức để đặt độ nhạy màu thấp, trung bình và cao. Độ nhạy thấp chia không gian



màu sắc thành bảy khu vực, tạo ra tổng cộng  $2 \times 7 + 2 = 16$  phần. Độ nhạy trung bình chia không gian màu sắc thành 14 phần, tạo ra tổng cộng  $2 \times 14 + 2 = 30$  phần. Độ nhạy cao chia không gian màu sắc thành 28 phần, tạo ra tổng số  $2 \times 28 + 2 = 58$  phần.

#### 4. Cơ sở dữ liệu thời gian thực Firebase

Firestore là một dịch vụ cơ sở dữ liệu thời gian thực hoạt động trên nền tảng đám mây (Cloud) được cung cấp bởi Google hỗ trợ lập trình phát triển nhanh các ứng dụng bằng cách đơn giản hóa các thao tác với cơ sở dữ liệu. Việc kết nối dữ liệu Firestore giữa client và server như minh họa trong hình 10.

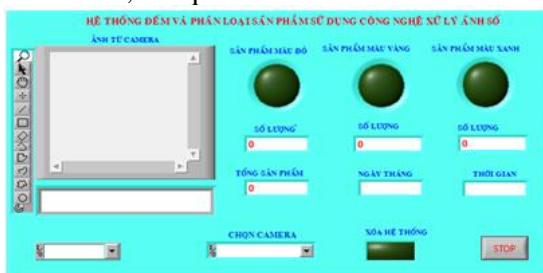
Firestore lưu trữ dữ liệu Database dưới dạng JSON và thực hiện đồng bộ Database tới tất cả các Client theo thời gian thực. Cụ thể hơn là có thể xây dựng được Client đa nền tảng và tất cả các Client này sẽ cùng sử dụng chung một Database đến từ Firestore có thể tự động cập nhật mỗi khi dữ liệu trong Database được thêm mới hoặc sửa đổi. Tự động tính toán quy mô ứng dụng khi cần nâng cấp hay mở rộng dịch vụ. Ngoài ra, Firestore sử dụng NoSQL, giúp cho Database không bị bó buộc trong các bảng và các trường mà có thể tùy ý xây dựng Database theo cấu trúc của riêng người dùng.

#### 5. Thiết kế chương trình phần mềm điều khiển

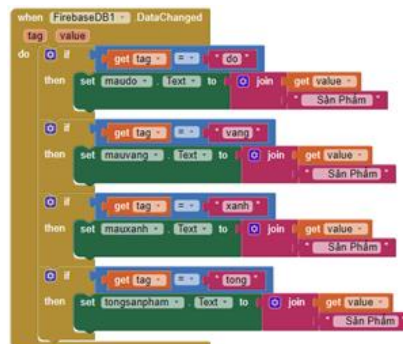
##### 5.1. Thiết kế chương trình trên LabVIEW

###### 5.1.1. Thiết kế giao diện người dùng

Lập trình giao diện được thực hiện trên cửa sổ Front Panel trong phần mềm lập trình LabVIEW, kết quả như Hình 11.



Hình 11. Giao diện điều khiển trên LabVIEW



Hình 12. Code lập trình trên LabVIEW

Thiết kế giao diện người dùng bao gồm các chức năng sau [6], [7]:

- Hiện thị hình ảnh màu sắc sản phẩm khi đi qua camera. Nếu là màu nào thì bật báo hiệu đúng màu sắc như ảnh thu được.
- Trên phần mềm có 4 ô thể hiện số lượng sản phẩm tương ứng từng màu sắc, ô sản phẩm màu đỏ, ô số sản phẩm màu vàng, ô số lượng sản phẩm màu xanh và ô số lượng tổng các sản phẩm.
- Hiện thị thời gian, ngày tháng theo thời gian thực.
- Xóa hệ thống thực hiện khi muốn đưa hệ thống về trạng thái ban đầu.
- Công chọn camera với chức năng có thể thay đổi các camera đối với hệ thống đòi hỏi độ phân giải camera lớn.

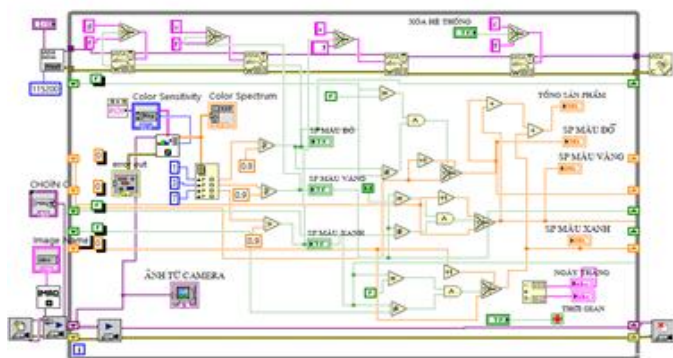
###### 5.1.2. Lập trình chương trình điều khiển

Lập trình chương trình điều khiển được xây dựng trên cửa sổ Block Diagram trong phần mềm lập trình LabVIEW. Chương trình điều khiển gồm các khối như: Khối thu thập ảnh từ camera, khối phân tích đặc trưng màu sắc của ảnh, khối đếm sản phẩm, khối phân loại sản phẩm và khối truyền dữ liệu lên Firestore. Chương trình điều khiển lập trình trên LabVIEW như hình 12.

5.2. Thiết kế chương trình giám sát từ xa trên điện thoại

Kết quả phân loại sản phẩm được gửi tới máy chủ cơ sở dữ liệu Firebase. Từ máy chủ sẽ gửi kết quả về điện thoại chạy trên nền tảng Android hoặc IOS có cài phần mềm do nhóm tác giả xây dựng. Phần mềm được thiết kế dựa trên phần mềm lập trình MIT App Inventor được cung cấp bởi Google. Khi hệ thống phân loại sản phẩm hoạt động, kết quả phân loại được gửi tới máy chủ Firebase để lưu trữ vào cơ sở dữ liệu. Khi người dùng khởi động phần mềm trên điện thoại hoặc các thiết bị thông minh khác, cơ sở dữ liệu từ Firebase sẽ gửi thông tin kết quả đo đến người dùng. Phần mềm giám sát từ xa trên điện thoại gồm 2 chức năng chính sau:

- + **Chức năng 1:** Hiện thị kết quả phân loại của hệ thống từ xa;
- + **Chức năng 2:** Điều khiển hoạt động hệ thống từ xa thông qua lệnh ON/OFF trên phần mềm. Chương trình thể hiện như trong Hình 13 và Hình 14.



Hình 13. Code chương trình giám sát từ xa



Hình 14. Phần mềm giám sát trên điện thoại

6. Thử nghiệm và đánh giá kết quả



Hình 15. Kết quả phân loại sản phẩm màu đỏ



Hình 16. Kết quả nhận diện sản phẩm màu đỏ



Hình 17. Kết quả trên phần mềm điện thoại



Hình 18. Kết quả phân loại sản phẩm màu vàng

Trong phạm vi bài báo này, do kinh phí có hạn nên nhóm tác giả đã tiến hành chạy thử nghiệm hệ thống như hình 21. Hệ thống đơn giản nhưng đủ để làm cơ sở đánh giá kết quả nghiên cứu. Hệ thống có thể phân loại được 58 màu sắc khác nhau của sản phẩm, tuy nhiên trong phạm vi bài báo này nhóm tác giả chỉ thực hiện trên 3 loại màu đặc trưng bao gồm màu đỏ, màu vàng và màu xanh. Kết quả đánh giá được thực hiện trong các trường hợp sau:

- **Trường hợp 1:** Cho 5 sản phẩm màu đỏ đi vào hệ thống ta thu được kết quả như hình 15, hình 16 và hình 17.

- **Trường hợp 2:** Cho 3 sản phẩm màu vàng đi vào hệ thống ta thu được kết quả như hình 18, hình 19 và hình 20.



Hình 19. Kết quả nhận diện sản phẩm màu vàng

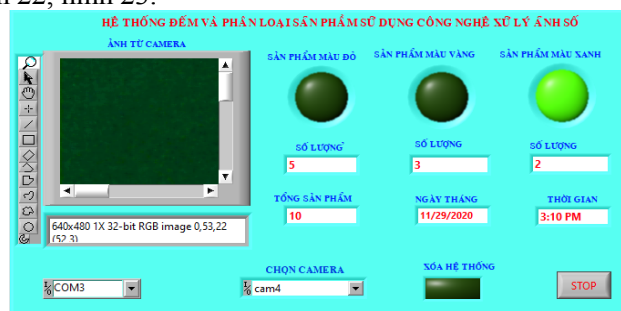


Hình 20. Kết quả trên phần mềm điện thoại

- **Trường hợp 3:** Cho 5 sản phẩm màu đỏ, 3 sản phẩm màu vàng, 2 sản phẩm màu xanh đi vào hệ thống thu được kết quả như hình 21, hình 22, hình 23.



Hình 21. Kết quả phân loại sản phẩm 3 màu



Hình 22. Kết quả phân loại sản phẩm 3 màu



Hình 23. Kết quả trên phần mềm điện thoại



Hình 24. Kết quả nhận diện 100 mẫu sản phẩm của 3 màu sắc

- **Trường hợp 4:** Đánh giá mức độ hoạt động của hệ thống với việc thực hiện phân loại 50 sản phẩm với 3 màu sắc trên thu được kết quả như hình 24, hình 25.



Hình 25. Kết quả trên phần mềm điện thoại

Kết quả thử nghiệm hệ thống với các sản phẩm có các màu sắc khác nhau được thể hiện như trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng số liệu thử nghiệm 50 mẫu sản phẩm

STT	Đỏ	Vàng	Xanh	STT	Đỏ	Vàng	Xanh
1	Đúng	Đúng	Đúng	26	Đúng	Đúng	Đúng
2	Đúng	Đúng	Đúng	27	Đúng	Đúng	Đúng
3	Đúng	Đúng	Đúng	28	Đúng	Đúng	Đúng
4	Đúng	Đúng	Đúng	29	Đúng	Đúng	Đúng
5	Đúng	Đúng	Đúng	30	Đúng	Đúng	Đúng
6	Đúng	Đúng	Đúng	31	Đúng	Đúng	Đúng
7	Đúng	Đúng	Đúng	32	Đúng	Đúng	Đúng
8	Đúng	Đúng	Đúng	33	Đúng	Đúng	Đúng
9	Đúng	Đúng	Sai	34	Đúng	Đúng	Đúng
10	Đúng	Đúng	Đúng	35	Đúng	Đúng	Đúng
11	Đúng	Đúng	Đúng	36	Đúng	Đúng	Đúng
12	Đúng	Sai	Đúng	37	Đúng	Đúng	Đúng
13	Đúng	Đúng	Đúng	38	Đúng	Đúng	Sai
14	Đúng	Đúng	Đúng	39	Đúng	Đúng	Đúng
15	Đúng	Đúng	Đúng	40	Đúng	Đúng	Đúng
16	Đúng	Đúng	Đúng	41	Đúng	Đúng	Đúng
17	Đúng	Đúng	Đúng	42	Đúng	Đúng	Đúng
18	Đúng	Đúng	Đúng	43	Đúng	Đúng	Đúng
19	Đúng	Đúng	Đúng	44	Đúng	Đúng	Đúng
20	Đúng	Đúng	Đúng	45	Đúng	Đúng	Đúng
21	Đúng	Đúng	Đúng	46	Đúng	Đúng	Sai
22	Đúng	Đúng	Đúng	47	Đúng	Đúng	Đúng
23	Đúng	Đúng	Đúng	48	Đúng	Đúng	Đúng
24	Đúng	Đúng	Đúng	49	Đúng	Đúng	Đúng
25	Đúng	Đúng	Đúng	50	Đúng	Đúng	Đúng

Từ bảng số liệu về kết quả kiểm thử 50 sản phẩm mỗi loại đi qua hệ thống ta thấy đối với sản phẩm màu đỏ chính xác 100%. Sản phẩm màu vàng có 1 trường hợp nhận diện không đúng (chính xác 98%) và sản phẩm màu xanh có 2 sản phẩm nhận diện không đúng (chính xác 96%). Chứng tỏ các màu sắc khác nhau của sản phẩm sẽ dẫn tới độ chính xác khác nhau khi đi vào hệ thống.

## 7. Kết luận

Nghiên cứu trình bày quá trình thiết kế hệ thống phân loại sản phẩm theo đặc trưng màu sắc của sản phẩm sử dụng công nghệ xử lý ảnh có độ chính xác cao (tỉ lệ phần trăm được định lượng rõ trong các trường hợp mô phỏng bên trên). Hệ thống có thể nhận diện được tối đa 58 màu sắc khác nhau với nhiều ưu điểm hơn so với các hệ thống phân loại sử dụng cảm biến số lượng màu



sắc còn nhiều hạn chế. Hệ thống phân loại sản phẩm sử dụng công cụ xử lý ảnh trên nền LabVIEW để phân loại các sản phẩm ra từng loại khác nhau và tích hợp thêm chức năng giám sát và điều khiển từ xa mang lại hiệu quả kinh tế cao cho hệ thống. Từ việc nghiên cứu và triển khai trong phòng thí nghiệm, kết quả cho thấy các bước triển khai và thi công thiết kế, sau đó thực nghiệm phân loại sản phẩm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định với độ chính xác cao. Hơn nữa, nhóm tác giả cũng đã lập kế hoạch cho việc xây dựng thiết bị thật để áp dụng trên thực tế, kinh phí mua và gia công (khung sắt, bo mạch, son,...) để có sản phẩm cuối cùng ước tính khoảng 20 triệu Việt Nam đồng (VND), giá thành này rất phù hợp để sản xuất hàng loạt và phù hợp với túi tiền của các hộ, cơ sở sản xuất gạch nung tại các vùng quê nghèo của Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] M. S. Murugan, L. Srikanth, and V. P. S. Naidu, "Design and development of LabVIEW based environmental test chamber controller," *International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICECCOT)*, Mysuru, 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECCOT.2017.8284638.
- [2] M. Odema, I. Adly, and H. A. Ghali, "LabVIEW-Based Interactive Remote Experimentation Implementation using NI myRIO," *International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE)*, Aswan, Egypt, 2019, pp. 214-218, doi: 10.1109/ITCE.2019.8646602.
- [3] H. M. Viet and L. H. Hiep, "Designing a surveillance, measurement and control system for supplying livestock and farm LabVIEW platform-based," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 225, no. 06, pp. 258-264, 2020.
- [4] H. M. Viet and L. H. Hiep, "Study to build an automatic measurement and warning system of alcohol concentration for vehicle drivers," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 225, no. 14, pp. 165-172, 2020.
- [5] B. Y. Yu *et al.*, "Image processing and classification algorithm for yeast cell morphology in a microfluidic chip," *Journal of Biomedical Optics*, vol. 16, no. 6, pp. 066008(1-8), 2011, <https://doi.org/10.1117/1.3589100>.
- [6] R. M. Shrenika, S. S. Chikmath, A. V. R. Kumar, Y. V. Divyashree, and R. K. Swamy, "Non-contact Water Level Monitoring System Implemented Using LabVIEW and Arduino," *International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT)*, Bangalore, 2017, pp. 306-309, doi: 10.1109/ICRAECT.2017.51.
- [7] K. R. Asha, P. S. Tasleem, A. V. R. Kumar, S. M. Swamy, and K. R. Rekha, "Real Time Speed Control of a DC Motor by Temperature Variation Using LabVIEW and Arduino," *International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT)*, Bangalore, 2017, pp. 72-75, doi: 10.1109/ICRAECT.2017.50.