

TÍCH HỢP CAMERA XỬ LÝ ẢNH VÀ ROBOT IGUS 5 BẬC TỰ DO VỚI TRẠM PHÂN LOẠI SẢN PHẨM THEO VẬT LIỆU MS4

INTEGRATION OF IMAGE PROCESSING CAMERA AND 5-AXIS IGUS ROBOT
WITH MS4 MATERIAL-BASED PRODUCT SORTING STATION

Nguyễn Anh Dũng*, Ngô Văn Vũ
Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này nhằm mục đích giới thiệu phương pháp tích hợp các thiết bị, các cụm thiết bị bao gồm trạm phân loại sản phẩm MS4 được điều khiển bởi PLC S7-1500, camera công nghiệp đơn sắc DMK 33GP031 GIGE và robot Igus 5 bậc tự do nhằm tạo ra một hệ thống linh hoạt, đơn giản, đồng thời kết hợp được ưu điểm của từng thành phần. Trạm phân loại MS4 sẽ thực hiện phân loại sản phẩm theo vật liệu trong khi camera sẽ thu thập hình ảnh bề mặt sản phẩm và gửi về máy tính. Các hình ảnh thu được sẽ được xử lý trên máy tính thông qua các thuật toán xử lý ảnh và đưa ra đặc trưng về bề mặt cũng như vị trí của sản phẩm, từ đó xác định được loại sản phẩm và gửi dữ liệu tương ứng sang PLC thông qua giao thức Modbus TCP. Robot sẽ dựa vào tín hiệu nhận được từ PLC thực hiện gắp sản phẩm tới vị trí đã chỉ định.

Từ khóa: PLC; Camera công nghiệp; Robot; Xử lý ảnh; Modbus TCP.

ABSTRACT

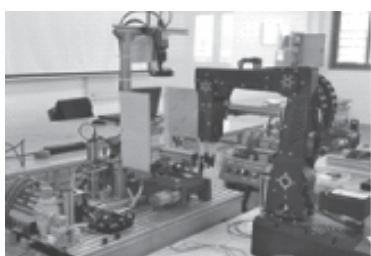
This paper aims to introduce the method of integrating equipment and device clusters including the MS4 product sorting station controlled by S7-1500 PLC, DMK 33GP031 GIGE monochrome industrial camera, and 5-axis Igus robot to create a flexible and simple system while combining the advantages of each component. The MS4 sorting station will sort products by material while the camera will capture images of the product surface and send them to the computer. The acquired images will be processed on the computer through image processing algorithms to determine the surface characteristics and position of the products, thereby identifying the product type and sending corresponding data to the PLC via Modbus TCP protocol. The robot will based on the signals received from the PLC, grip the products to the designated position.

Keywords: PLC; Industrial camera; Robot; Image processing; Modbus TCP.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời đại công nghiệp 4.0, rất nhiều các công nghệ hiện đại đã và đang được áp dụng vào trong sản xuất. Có thể kể đến như công nghệ thị giác máy tính, thị giác robot, hay các thuật toán trí tuệ nhân tạo học máy, học sâu,... Các công nghệ kể trên khi được áp dụng trong sản xuất sẽ tạo ra các hệ thống hiện đại, thông minh, hiệu suất cao và tiết kiệm nguồn nhân lực. Một minh chứng rõ nhất cho điều đó là việc tích hợp công nghệ xử lý ảnh và cánh tay robot vào các hệ thống phân loại sản phẩm nhằm tạo ra các hệ thống tự động hóa thông minh với hiệu suất cao, đồng thời tiết kiệm đáng kể nhân công.

Mô hình chúng tôi xây dựng, tích hợp bao gồm trạm phân loại sản phẩm theo vật liệu MS4, camera công nghiệp đơn sắc DMK 33GP031 GIGE và robot Igus 5 bậc tự do. Đây đều là các thiết bị đơn lẻ với chức năng riêng biệt, nhưng khi kết hợp lại sẽ tạo ra một hệ thống hoàn thiện, linh hoạt với chức năng được mở rộng. Mô hình được thể hiện như trên Hình 1.



Hình 1. Mô hình tích hợp hệ thống

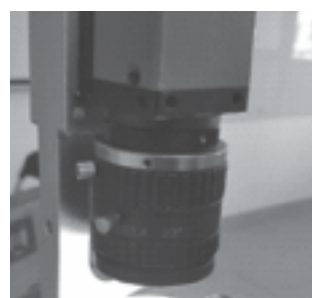


Hình 2. Sự phân bố các phôi trên băng tải

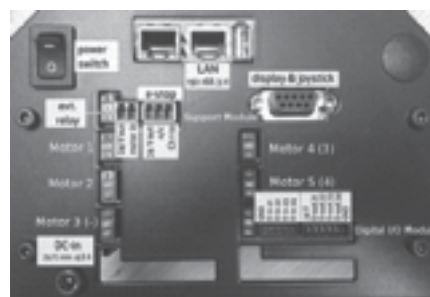
2. CÁC THÀNH PHẦN CỦA HỆ THỐNG

Trạm phân loại sản phẩm MS4 [1] được điều khiển bởi PLC S7-1500 với nhiệm vụ là phân loại sản phẩm dựa vào vật liệu của chúng, cụ thể là phân biệt giữa vật liệu kim loại và vật liệu nhựa, sau đó xy-lanh sẽ đẩy phôi vào rãnh tương ứng trên băng tải như Hình 2.

Camera được sử dụng trong hệ thống là camera công nghiệp đơn sắc DMK 33GP031 GIGE [2]. Hình 3 là camera công nghiệp và ống kính đi kèm.



Hình 3. Camera công nghiệp và lens



Hình 4. Các cổng kết nối của robot.

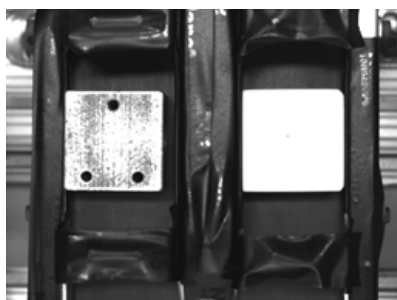
Hệ thống sử dụng robot Igus Robolink® RL-DCi-5S-M [3] 05 bậc tự do có cấu tạo như Hình 1. Robot được điều khiển bằng phần mềm đi kèm có tên là Igus Robot Control được cài đặt trên máy tính kết nối với robot qua cổng ethernet. Bên cạnh đó, robot có bốn cổng đầu vào DIIn và bốn đầu ra Dout. Bốn cổng đầu vào sẽ nhận tín hiệu từ các output của PLC để điều khiển robot gắp vật theo chỉ định trong khi các

cổng đầu ra dùng để đưa tín hiệu đến các thiết bị ngoại vi như van khí nén để điều khiển đóng mở cơ cấu kẹp. Hình 4 là các cổng kết nối của robot.

3. XỬ LÝ ẢNH

3.1. Đặc điểm phôi

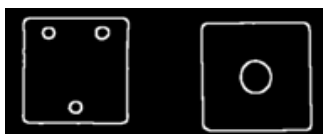
Hình 5 là vị trí của các phôi trên khung hình. Quan sát Bảng 3 và Hình 5, ta thấy bề mặt các phôi đều có dạng đường bao là hình chữ nhật và bên trên trong đường bao có số lượng lỗ khác nhau. Bên cạnh đó, phôi bằng nhôm thì nằm bên trái khung hình, và phôi bằng nhựa nằm ở bên phải khung hình. Do vậy, ta sẽ sử dụng phương pháp tìm đường viền để tìm viền bao, đồng thời cùng với số lượng lỗ trên bề mặt cũng như vị trí của phôi trên khung hình để xác định loại phôi tương ứng. Để thực hiện được công việc trên, ta sẽ sử dụng thư viện xử lý ảnh OpenCV [4].



Hình 5. Vị trí của các phôi trên khung hình



Hình 6. Ảnh nguyên bản từ camera



Hình 7. Ảnh sau khi áp dụng bước tiền xử lý

3.2. Tiền xử lý

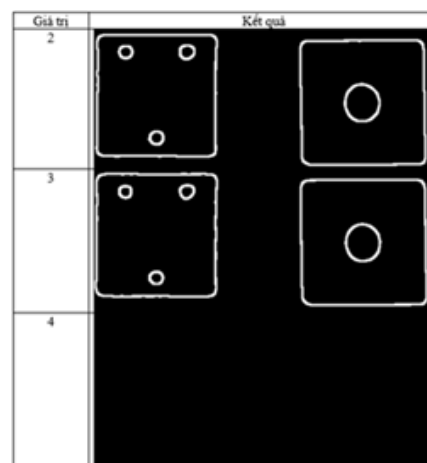
Bước này thông qua các thao tác như lọc nhiễu, tìm cạnh, xói mòn và giãn nở để biến đổi hình ảnh thu được nguyên bản từ camera thành ảnh thích hợp để phục vụ cho thao tác trích xuất đường viền ở phía sau. Hình 6 và Hình 7 lần lượt là ảnh trước và sau khi áp dụng bước tiền xử lý.

Sau quá trình thử nghiệm và điều chỉnh, chúng tôi đưa ra bộ thông số được áp dụng trong các thao tác tiền xử lý ảnh phù hợp nhất với mô hình của chúng tôi như Bảng 1 và cho ra kết quả ổn định nhất như Hình 7.

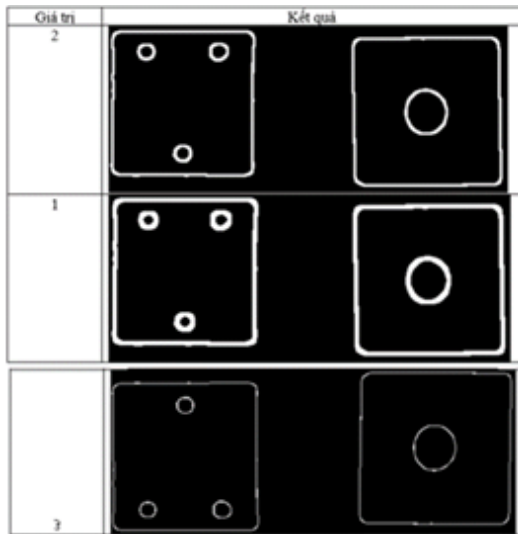
Bảng 1. Thông số lựa chọn trong chương trình tiền xử lý

Tên tham số	Kí hiệu trong chương trình	Giá trị
Kích thước ma trận lọc nhiễu Gauss		21x21
Tham số minVal trong phương pháp Canny	Threshold1	170
Tham số maxVal trong phương pháp Canny	Threshold2	250
Tham số sickma của hàm Gauss	sickma	2
Số lần lặp trong thao tác giãn nở	iteradeli	3
Số lần lặp trong thao tác xói mòn	iteraero	2

Hình 8, Hình 9 trình bày một số kết quả khi thay đổi một số thông số trong Bảng 1, trong khi các thông số còn lại giữ nguyên.



Hình 8. Kết quả khi thay đổi giá trị sickma của phương pháp lọc Gaussian



Hình 9. Kết quả của việc thay đổi số lần lặp trong thao tác xóa mòn ảnh

3.3. Tìm số đường viền

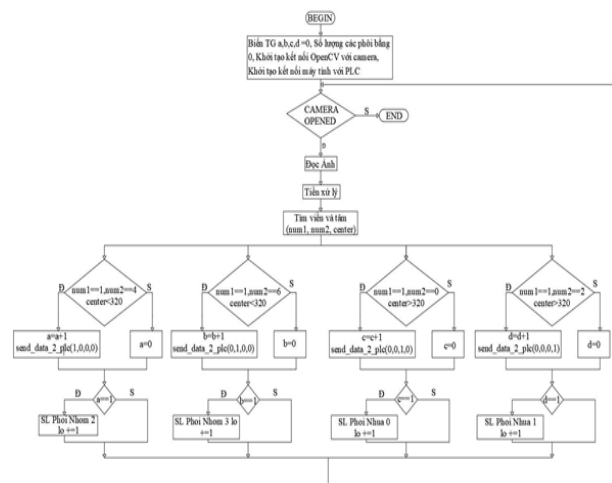
Áp dụng các phương pháp tìm đường viền của thư viện xử lý ảnh OpenCV, ta thu được kết quả về số lượng đường viền và trị trí trên khung hình tương ứng với từng loại phôi như trong Bảng 2. Do khung hình có kích thước là 640x480 nên ta lấy mốc hoành độ ở trung tâm.

Bảng 2. Kết quả khi trích xuất đặc điểm hình dạng bề mặt của các phôi

Tên phôi	Hình ảnh thực tế	Số đường viền ứng với đường tạo của bề mặt phôi (num1)	Số đường viền ứng với số lỗ trên bề mặt phôi (gấp 2 lần số lỗ) (num2)	Hoành độ tâm phôi trên khung hình (center)
Phôi nhôm 2 lỗ		1	4	<320
Phôi nhôm 3 lỗ		1	6	<320
Phôi nhôm 0 lỗ		1	0	>320
Phôi nhôm 1 lỗ		1	2	>320

3.4. Vòng lặp chính

Đầu tiên, hình ảnh sẽ được thu thập từ camera, sau đó thực hiện các hàm xử lý đã xây dựng, dựa vào kết quả nhận biết xem đó là phôi gì, cập nhật biến đếm sau đó gửi tín hiệu điều khiển với PLC. Hình 10 là sơ đồ giải thuật của vòng lặp chính trong chương trình xử lý ảnh.

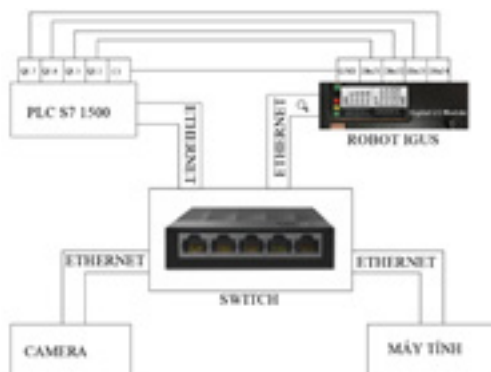


Hình 10. Sơ đồ giải thuật vòng lặp chính chương trình xử lý ảnh

4. KẾT NỐI HỆ THỐNG

Camera sẽ thu thập hình ảnh gửi đến máy tính để xử lý, sau đó máy tính sẽ gửi dữ liệu sang PLC và cuối cùng PLC gửi tín hiệu đến DIN của Robot Igus. Hình 11 là sơ đồ kết nối các thiết bị. Ta cài đặt địa chỉ IP cho các thiết bị như trong Bảng 3. Bảng 4 thể hiện địa chỉ kết nối giữa các cổng của PLC và robot. Hình ảnh từ camera gửi đến máy tính thông qua cáp ethernet. Máy tính truyền thông với PLC bằng giao thức Modbus TCP [5], trong đó máy tính được coi là Client còn PLC được coi là Server. Hình 12 là cấu hình Modbus Server trên PLC.

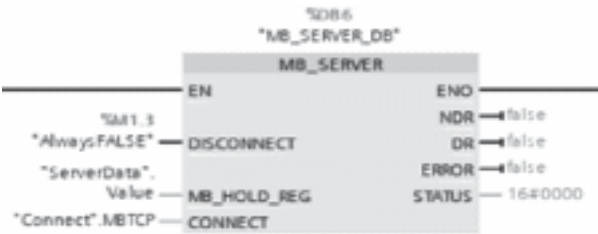




Hình 11. Sơ đồ kết nối các thiết bị trong hệ thống

Bảng 3. Cài đặt địa chỉ IP cho các thiết bị trong hệ thống

Thiết bị	Địa chỉ IP
Máy tính	192.168.3.4
Camera	192.168.3.58
Robot Igus	192.168.3.11
PLC	192.168.3.25



Hình 12. Modbus TCP Server

Bảng 4. Kết nối PLC và robot Igus

Output PLC	DIn của robot Igus
Q1.1	DIn21
Q1.5	DIn22
Q1.6	DIn23
Q1.7	DIn24
Nối đất	GND

Hình 13 là khởi tạo kết nối client-server giữa máy tính và PLC. Hình 14 là chương trình truyền dữ liệu từ chương trình xử lý ảnh trên máy tính sang PLC.

```
plc_ip = "192.168.0.25"
plc_port = 502
client = ModbusClient(host=plc_ip, port=plc_port)
```

Hình 13. Khởi tạo kết nối giữa máy tính và PLC

```
def send_data_2_plc(val0, val1, val2, val3):
    client.open()
    client.write_single_register( reg_addr: 0, val0)
    client.write_single_register( reg_addr: 1, val1)
    client.write_single_register( reg_addr: 2, val2)
    client.write_single_register( reg_addr: 3, val3)
    client.close()
```

Hình 14. Gửi dữ liệu từ máy tính đến PLC

Các giá trị reg_addr: 0,1,2,3 trong hình 14 tương ứng với các value [0,1,2,3] trong khối ServerData. Cũng trong Hình 14, các giá trị val0, val1, val2, val4 là các giá trị số nguyên mà ta muốn gửi đến các value (các giá trị nguyên mà ta gửi đi ở đây là 0 hoặc 1). Các value [0,1,2,3] trong khối ServerData sẽ tương ứng với bốn loại phôi. Khi phát hiện ra loại phôi nào, giá trị 1 sẽ được gửi đến và lưu vào value tương ứng với phôi đó, đồng thời các value còn lại sẽ nhận giá trị 0.

Đối với việc kết nối giữa PLC và robot Igus, ta sẽ so sánh giá trị các value với 1, value nào có giá trị bằng 1 thì PLC sẽ xuất tín hiệu ra output truyền đến DIn tương ứng trên robot và robot sẽ tiến hành gắp loại phôi tương ứng với value đó về đúng vị trí.

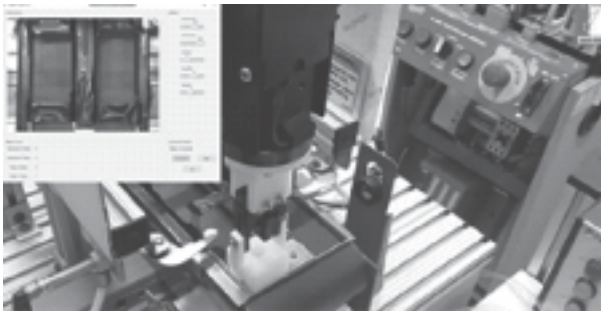
5. THỰC NGHIỆM

Quá trình hoạt động của mô hình đã được ghi lại trong video đính kèm trong link: https://drive.google.com/file/d/1icr0SII8KMGnSaXE9z1DeJStgf9ahxNw/view?usp=drive_link

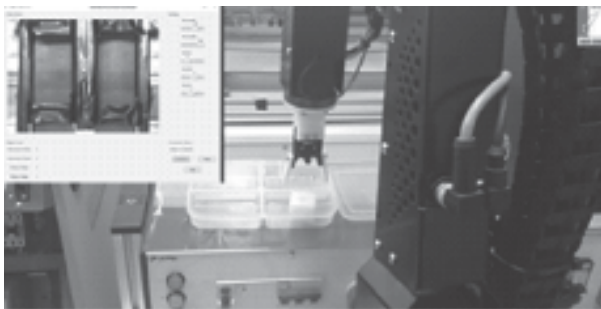
Bảng 5. Độ chính xác trong quá trình phân loại của hệ thống

Trường hợp Loại phôi	Trường hợp đã hiệu chuẩn (chỉ sử dụng đèn chiếu sáng phòng thí nghiệm)		Sử dụng thêm đèn chiếu sáng màu trắng công suất 48W chiếu lên bề mặt phôi		Sử dụng thêm đèn chiếu sáng màu đỏ công suất 48W chiếu lên bề mặt phôi	
	Số lần thực nghiệm	Số lần nhận diện chính xác	Số lần thực nghiệm	Số lần nhận diện chính xác	Số lần thực nghiệm	Số lần nhận diện chính xác
Phôi nhôm 2 lỗ	50	50 (100%)	50	42 (84%)	50	45 (90%)
Phôi nhôm 3 lỗ	50	50 (100%)	50	46 (92%)	50	47 (94%)
Phôi nhựa 0 lỗ	50	50 (100%)	50	50 (100%)	50	49 (98%)
Phôi nhựa 1 lỗ	50	50 (100%)	50	23 (46%)	50	44 (88%)

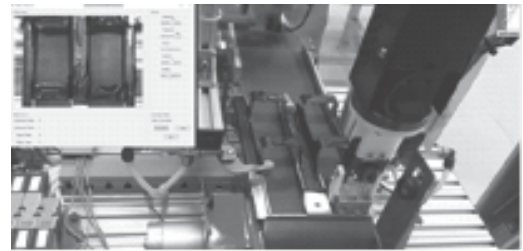
Các Hình từ 15 đến 20 miêu tả cụ thể về quá trình hoạt động của hệ thống. Bảng 5 trình bày độ chính xác của quá trình hệ thống hoạt động trong một số trường hợp thay đổi điều kiện về ánh sáng.



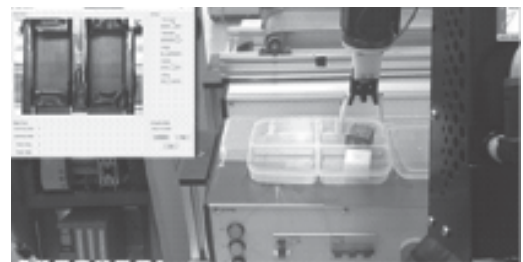
Hình 15. Robot gấp phôi nhựa 1 lỗ



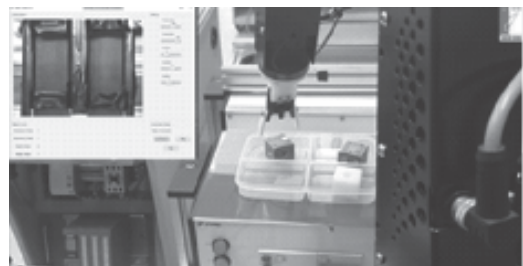
Hình 16. Robot thả phôi nhựa 1 lỗ vào khay



Hình 17. Robot gấp phôi nhôm 3 lỗ



Hình 18. Robot thả phôi nhôm 3 lỗ vào khay



Hình 19. Robot thả phôi nhôm 2 lỗ vào khay





Hình 20. Robot thả phôi nhựa không lỗ vào khay

6. KẾT LUẬN

Mô hình của chúng tôi tuy sử dụng các thiết bị đơn giản, riêng rẽ nhưng khi tích hợp lại đã tạo ra một hệ thống linh hoạt và hiệu quả. Hệ thống này minh họa một cách rõ nét về một hệ thống tự động hóa linh hoạt, hiện đại với sự kết hợp của nhiều module, nhiều lĩnh vực, từ đó cung cấp cái nhìn đầy đủ về một hệ thống

tự động hóa, đồng thời là cơ sở phát triển một tư duy hệ thống hoàn thiện trong việc xây dựng các mô hình tự động hóa sản xuất hiện đại, bắt kịp sự phát triển của thời đại công nghệ 4.0. ❖

Ngày nhận bài: **02/02/2024**

Ngày phản biện: **01/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Tài liệu 87-MS4-Sorting-Buffering Learning System của Hãng AMATROL.
- [2]. DMK 33GP031 Technical Reference Manual, The ImagingSource.
- [3]. User Guide Embedded Control of the Igus robotlink-DCI Robot Arm.
- [4]. <https://docs.opencv.org/4.x/>
- [5]. Giải pháp Mạng truyền thông Modbus với SIMATIC PLC S7 – Tài liệu của Hãng Siemens.