

ỨNG DỤNG XỬ LÝ ẢNH CHO HỆ THỐNG XUẤT NHẬP KHO TỰ ĐỘNG

IMAGE PROCESSING APPLICATION FOR AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

Nguyễn Văn Uy, Nguyễn Thành Hùng

Khoa Cơ Điện tử, Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này mô tả về hệ thống tự động lưu kho, xuất nhập cũng như quản lý hàng hoá theo thời gian thực sử dụng hệ thống điều khiển có giám sát tại nhà kho và giám sát bằng máy tính. Bài báo trình bày về chương trình điều khiển chính của hệ thống, phần xử lý hình ảnh để có thể tối ưu hoá cho hệ thống, giúp phân loại hàng nhập vào kho theo kích thước, mã QR code trên sản phẩm và xác định vị trí của sản phẩm để robot có thể thao tác gắp vật. Các thông số và dữ liệu thông tin về quá trình lưu kho, xuất nhập hàng được hiển thị trên giao diện người dùng.

Từ khoá: *Hệ thống lưu kho và xuất kho tự động; Xử lý ảnh; Hệ thống phần cứng và phần mềm kho hàng.*

ABSTRACT

This article describes an automatic system in warehousing, importing and exporting as well as managing goods in real time by a supervised control system at the warehouse and with computer monitoring. The article presents the main control program of the system, the image processing part to be able to optimize the system, to help classify the goods entering the warehouse by size, the QR code on the product, and to identify the position of the product so that the robot can manipulate the object. Data and information about the process of storing, importing and exporting goods are displayed on the user interface.

Keywords: *Automated storage and retrieval system; Image processing; Warehouse hardware and software system.*



1. TỔNG QUAN

Lưu kho và bảo quản sản phẩm là phần không thể thiếu trong quá trình sản xuất và phân phối. Quy mô sản xuất công nghiệp ngày càng lớn, sự gia tăng sản xuất và nhu cầu thị trường lớn nên đòi hỏi về sự tối ưu của kho hàng về không gian lưu trữ, tốc độ nhanh khi lấy sản phẩm, đúng loại sản phẩm quản lý lượng hàng xuất, nhập tránh tồn kho và kiểm soát được lượng hàng hoá trong kho. Hệ thống lưu kho tự động (Automated storage Retrieve System - ASRS) là các giải pháp tự động cho các hệ lấy hàng. Quy trình lưu kho được tích hợp sẵn hoặc cung cấp trực tiếp cho các hệ thống, công đoạn tiếp theo hoặc xuất kho để chuyển đến cho khách hàng. ASRS là một phần không thể thiếu của hệ lấy hàng tạo ra sức chứa đệm của nhà kho. Phạm vi của các giải pháp tối ưu nhà kho là rất lớn, mỗi phần đều có thể được cải thiện hiệu quả về tốc độ cũng như là hiệu quả. Do đó, tối ưu bằng hệ thống ASRS giúp giảm diện tích lưu trữ, tăng tốc độ truy xuất, tự động hoá quản lý giám sát. Năm 2021, tác giả Guoqing Zhang và cộng sự [1] đã đưa ra hệ thống tích hợp để giải quyết vấn đề lưu trữ. Nghiên cứu đó đã ứng dụng trong công ty thực phẩm với giải thuật kinh nghiệm được áp dụng, kết quả tối ưu giảm đáng kể chi phí (giảm được 16,84% so với trước là 9,95%) và tăng không gian lưu trữ (tăng lên 26,1 so với trước là 14,8%). Tác giả Jacek S Tutak [2] đã cải tiến về tính mô đun hoá của kho hàng giúp dễ dàng thích nghi với các không gian và thể tích thay đổi tùy nhà kho của mỗi công ty khác nhau. Konrad Lewczuk [3] trình bày về độ tin cậy của hệ thống là khả năng hoạt động theo yêu cầu và khả năng duy trì và hỗ trợ duy trì của nhà kho dùng phương pháp đánh giá OTIFOF.

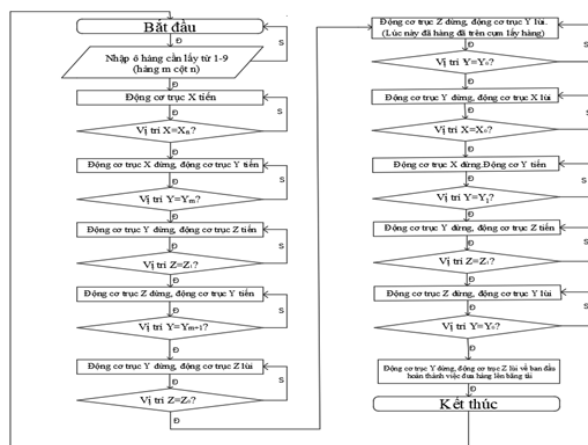
Bài báo này tập trung nghiên cứu cải tiến về ứng dụng của xử lý ảnh vào hệ thống

kho hàng tự động. Hệ thống sử dụng Python và thư viện OpenCV để xử lý hình ảnh, nhận dạng mã hoá và giải mã QR code lấy dữ liệu về sản phẩm. Kích thước và độ lệch của sản phẩm so với hệ tọa độ gốc được xác định và được gửi tới cho robot xử lý thao tác. Chương trình điều khiển của hệ thống quản lý hàng xuất nhập vào kho và lưu lịch sử quá trình vận hành của nhà kho.

2. HỆ THỐNG LƯU KHO ỨNG DỤNG XỬ LÝ ẢNH

2.1. Hệ thống điều khiển

Bo mạch điều khiển của hệ thống sử dụng chip Arduino Mega 2560. Tín hiệu đầu vào là các tín hiệu từ cảm biến quang giúp nhận biết hàng trên giá và các tín hiệu từ công tắc hành trình. Tín hiệu đầu ra là các xung để điều khiển động cơ theo phản hồi vòng kín. Khi mạch điều khiển nhận được tín hiệu ô hàng cần lấy từ giao diện người dùng, robot thực hiện gấp vật theo sơ đồ thuật toán như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ thuật toán điều khiển robot gấp vật.

2.2. Hệ thống xử lý ảnh

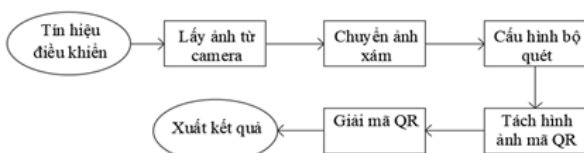
Thuật toán tạo mã QR code [4] gồm 7 bước (Hình 2): Bước 1 chọn kiểu dữ liệu mã

hoá. Bước 2 mã hoá code theo mức độ sửa lỗi L/M/Q/H với thuật toán Reed Solomon. Bước 3 đọc kiểm tra thử phát hiện lỗi của mã code đã tạo. Bước 4 sắp xếp các khối theo thứ tự thích hợp. Bước 5 đặt các mẫu chức năng (finder pattern, timing pattern, alignment pattern...) vào khu vực cụ thể. Bước 6 tạo mặt nạ cho dữ liệu sinh ra 8 mã QR code để chọn một mã code tối ưu nhất cho máy quét giải mã. Bước 7 thêm các định dạng, phiên bản vào phần trống còn lại của mã code.



Hình 2. Quá trình tạo mã QR code.

Thuật toán giải mã QR code (Hình 3): Lấy ảnh từ camera và với bộ máy quét đã cấu hình sau đó truyền ảnh mã code vào máy quét để in ra dữ liệu đã giải mã.



Hình 3. Quá trình giải mã QR code.

Để có thể đo được kích thước và độ lệch của vật, đầu tiên cần phải hiệu chỉnh camera. Các thông số gồm nội thông số, ngoại thông số và hệ số biến dạng. Thông thường, camera sẽ có hai loại biến dạng là biến dạng xuyên tâm (xuyên tâm âm/dương) và biến dạng tiếp tuyến [5]. Hiệu chỉnh camera giúp từ hình ảnh đầu vào có thể xác định chính xác nhất các thông số kích thước và độ lệch của sản phẩm.

Thuật toán xử lý ảnh nhận dạng và đo kích thước vật thể sử dụng vật tham chiếu đã

biết trước kích thước trong ảnh để tính ra hệ số có đơn vị mm/pixel. Các bước của quá trình này được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Quá trình xác định kích thước và vị trí của vật.

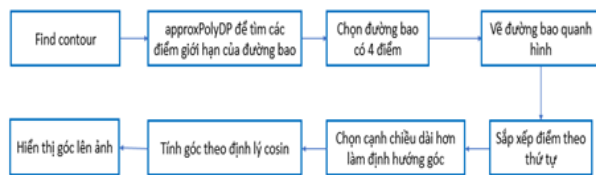
Giai đoạn 1 tiền xử lý ảnh, lấy ảnh từ camera chuyển đổi ảnh xám để tối ưu trong việc tính toán xử lý, làm mịn ảnh bằng phương pháp Gaussian Blur, phát hiện cạnh với Canny, đóng các khoảng trống và lọc nhiễu cho các cạnh bằng Dilate và Erode. Giai đoạn 2 - phân đoạn đối tượng là tìm viền bao quanh vật thể, lọc những điểm cực của hình ảnh, trả về 4 điểm của vật nhận dạng được, chuyển đổi phối cảnh về góc nhìn thẳng, tức là từ 4 điểm tìm được sẽ tính toán một phép biến đổi phối cảnh trả về ma trận M kích thước 3x3. Biến đổi hình ảnh nguồn với ma trận M được chỉ định ở trên sẽ thu được ảnh đầu ra theo công thức với mỗi điểm ảnh (x, y).

$$dst(x, y) = src \left(\frac{M_{11}x + M_{12}y + M_{13}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}}, \frac{M_{21}x + M_{22}y + M_{23}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}} \right) \quad (1)$$

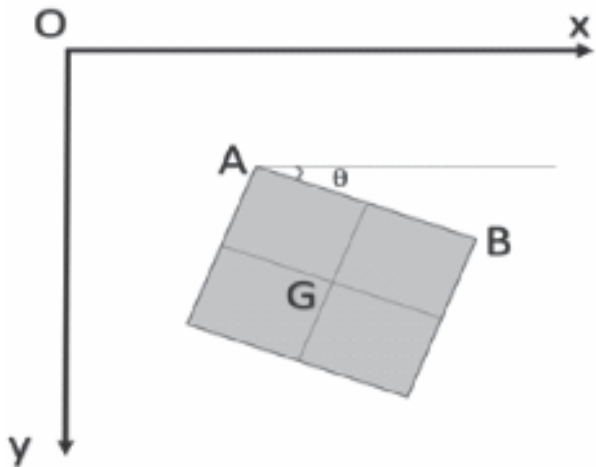
Giai đoạn 3 lấy đường viền từ đối tượng tham chiếu để tính ra hệ số tỉ lệ mm/pixel. Giai đoạn 4 xác định số pixel của đường bao vật muốn đo và tính toán sang mm hiển thị kích thước lên ảnh.

Thuật toán xác định độ lệch góc và tâm của vật so với góc ảnh được biểu diễn trong Hình 5.





Hình 5. Quy trình xác định độ lệch góc và tâm của vật so với gốc ảnh.



Hình 6. Mô tả độ lệch của vật trong hệ trục tọa độ Oxy.

Tìm viền bao quanh vật thể và tìm đối tượng có 4 điểm giới hạn là đường bao của vật thể. Với 4 điểm có tọa độ trong không gian, áp dụng định lý Cosin tính được góc lệch θ (Hình 6). Trọng tâm G được xác định sử dụng hàm moments của thư viện OpenCV [6]. Moments biểu thị sự phân bố của vật chất về một điểm hoặc một trục tham số truyền vào moments xử lý là một mảng các điểm 2D. Đầu ra tọa độ trọng tâm $G(x, y)$ của đường bao là:

$$\begin{aligned} x &= \text{Moments}["m10"] / \text{Moments}["m00"] \\ y &= \text{Moments}["m01"] / \text{Moments}["m00"] \end{aligned} \quad (2)$$

2.3. Truyền thông dữ liệu

Chương trình sử dụng python để xử lý hình ảnh đưa ra được những kết quả bao gồm: mã QR code, giá trị chiều rộng và cao của hộp,

độ lệch của hộp hàng. Chương trình điều khiển chính của hệ thống kết nối với Arduino MEGA sử dụng C# điều khiển, do đó cần một giao tiếp để C# có thể truyền thông giao tiếp lấy dữ liệu từ Python. Giao diện lập trình ứng dụng mạng socket được sử dụng để truyền và nhận dữ liệu. Giao tiếp này là hai chiều thông qua IP và Port. Chương trình chính C# sẽ là máy chủ và chương trình Vision Python là máy khách, giao thức sử dụng là TCP/IP.

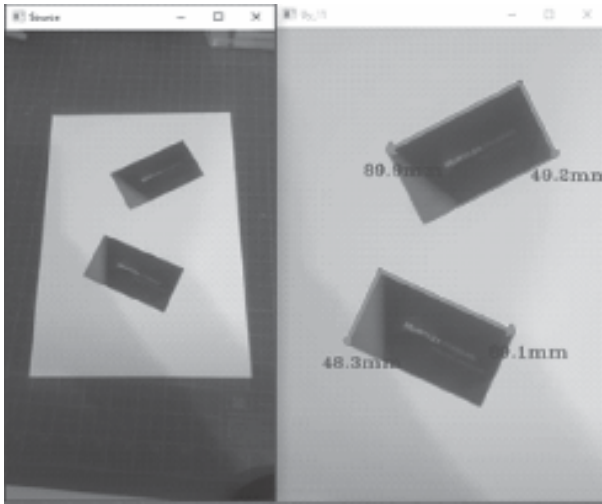
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hệ thống lấy, trả hàng theo sơ đồ thuật toán truyền thông tín hiệu điều khiển từ C# tới chip Arduino MEGA để điều khiển rô bốt thao tác theo yêu cầu. Đã xây dựng được bộ mã hoá QR code, từ dữ liệu đầu vào sẽ tạo ra được một mã code QR code tương ứng. Hệ giải mã có khả năng giải mã code tương đối tốt với webcam 720p khoảng cách 400mm (Hình 7).



Hình 7. Bộ giải mã QR.

Thử nghiệm với vật thể bất kỳ, kích thước và diện tích của vật đo được với sai số so với thực tế khoảng 1% ~ 4%. Kết quả này có thể ứng dụng khá tốt trong hệ thống kho hàng. Hình 8 thể hiện kết quả đo kích thước của một vật phẳng.



Hình 8. Kết quả đo kích thước.

Kết quả đo góc lệch của vật so với hệ tọa độ gốc. Độ chính xác của góc đo được so với thực nghiệm khoảng 2% ~ 3%. Hình 9 biểu diễn kết quả đo độ lệch của một vật mẫu.



Hình 9. Kết quả đo độ lệch góc và tâm.

Các hệ xử lý ảnh trên được tích hợp chung vào chương trình Vision Python (Hình 10): Chương trình gồm kết nối camera và dữ liệu trả về của hàng sau khi xử lý như mã QR code, độ lệch x, y, θ sau đó gửi qua socket TCP/IP được thiết lập đến chương trình chính.



Hình 10. Chương trình Vision Python.

Sau khi nhận dữ liệu từ hệ thống thị giác, chương trình chính (Hình 11) điều khiển rô bốt nhập hàng vào kho, dữ liệu được lưu trong phần lịch sử xuất, nhập sau đó. Chương trình chính kết nối với Arduino thông qua cổng COM với chuẩn kết nối UART, kết nối với chương trình Vision qua socket với IP và Port của máy chủ cấu hình.



Hình 11. Chương trình chính Window Forms.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đạt kết quả là thiết kế được mô hình hệ thống có tính thực tế và đạt 🙌

hiệu quả trong việc phân loại, nhập hàng vào kho cũng như lấy các hàng từ trong kho cung cấp cho công đoạn sau và lưu trữ lịch sử xuất, nhập. Hệ thống giúp việc sắp xếp nhanh gọn có tính tự động hóa cao có thể ứng dụng vào trong công nghiệp. Hệ xử lý ảnh mã hoá và giải mã QR code giúp cho việc quản lý hàng trong kho dễ dàng hơn. Đo kích thước vật thể có ý nghĩa trong việc phân loại từ kích thước sẽ đưa hàng vào ô lưu trữ với không gian phù hợp giúp tối ưu không gian của nhà kho. Xử lý đo độ lệch của vật thể có ý nghĩa lớn để định hướng robot gắp hàng nâng cao tính tự động hoá cho hệ thống tránh rơi và đặt lệch hàng trên giá, giảm khả năng gây ra những rủi ro hư hỏng.

Lời cảm ơn:

Tác giả xin cảm ơn Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội đã hỗ trợ thời gian và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **23/11/2022**

Ngày phản biện: **02/12/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Integrated production planning and warehouse storage assignment problem: An IoT assisted case.
- [2]. Jacek S Tutak Jakub Wiech; *Horizontal automated storage and retrieval system*, 2017.
- [3]. Konrad Lewczuk; *The study on the automated storage and retrieval system dependability*, 2021.
- [4]. <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/introduction>
- [5]. https://docs.opencv.org/3.1.0/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html
- [6]. <https://www.pythonpool.com/opencv-moments/>