

Robot SCARA Dùng Trong Gắp Và Đặt

SCARA Robot using pick and place

Huỳnh Minh Vũ¹, Phó Hoàng Linh¹, Phan Phi Long², Huỳnh Thế Hiến³

¹ Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

² Công ty cổ phần JESCO ASIA

³ Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

Tác giả liên hệ: Huỳnh Minh Vũ; Email: hmvu@ctu.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo nhằm mục tiêu giới thiệu mô hình thực nghiệm điều khiển robot SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) dựa trên động học với giá rẻ phục vụ cho nghiên cứu và giảng dạy. Robot SCARA nằm trong số robot được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp do có độ cứng vững và độ chính xác cao. Mô hình robot được thiết kế và chế tạo dựa trên công nghệ in 3D, bên cạnh đó robot được điều khiển thực hiện công việc gắp và đặt, nhằm đóng gói sản phẩm đang chạy liên tục trên băng tải với tọa độ sản phẩm được đóng gói xác định bằng thuật toán xử lý ảnh. Kết quả đạt được là xây dựng thành công mô hình robot SCARA giá rẻ, hoạt động ổn định với độ chính xác 94.9% trong việc gắp và đặt sản phẩm dựa trên xử lý ảnh, thời gian trung bình cho một chu kỳ gắp và đặt vật là 3.9 giây, mô hình có thể áp dụng trong nghiên cứu và giảng dạy.

Từ khóa: *Gắp và đặt; in 3D; robot công nghiệp; robot SCARA; xử lý ảnh*

Abstract: This paper is aimed to introduces an experimental controlled model of a low-cost SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) robot based on kinematics for research and education. SCARA robots are among the most widely used robots in industry due to their inherent rigidity and high accuracy. The robot model is designed and manufactured based on 3D printing technology; besides, the robot is controlled to carry out the work of picking and placing, in order to pack products that are running continuously on a conveyor belt with the coordinates of the packed product determined by an image processing algorithm. The result was successfully built a low-cost, stable SCARA robot model with 94.9% accuracy in picking and placing products based on image processing, average time for a pick and place cycle is 3.9 seconds, the model can be applied in research and education.

Keywords: *3D printing; image processing; industrial robot; pick and place; SCARA robot*

1. Giới thiệu

Ngày nay, với sự phát triển vô cùng nhanh chóng của khoa học và công nghệ, con người đã đạt được nhiều thành công trong hầu hết các lĩnh vực như sản xuất, y học, công nghệ thông tin, kỹ thuật quân sự. Robot ra đời và trở thành công cụ hữu hiệu giúp con người thực hiện nhiều công việc từ đơn giản đến phức tạp nhằm giảm thiểu sức lao động thủ công cũng như giải quyết những công việc mà khả năng con người không làm được [1]. Robot công

nghiệp với nhiều hình dáng và chủng loại khác nhau đã trở thành một phần quan trọng trong ngành công nghiệp do phạm vi ứng dụng rộng rãi của chúng. Trong số đó, robot SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) được áp dụng phổ biến trong các dây chuyền đóng gói và lắp ráp do có các ưu điểm nổi trội như tốc độ xử lý cao, chu kỳ hoạt động ngắn, hệ thống điều khiển chính xác và hoạt động linh hoạt [2], [3]. Robot SCARA lần đầu tiên được giới thiệu bởi Tiến sĩ Hiroshi

Makino của trường Đại học Yamanashi [4] và được ứng dụng rộng rãi cho đến nay.

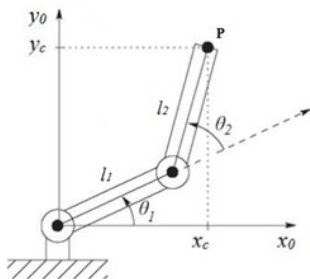
Có một số nghiên cứu về cánh tay robot trong những năm gần đây. Ví dụ như nghiên cứu của Shen-Ta Su và Kuo-Lan Su đã thiết kế một cánh tay robot bảy bậc tự do, sử dụng máy tính để điều khiển, khâu chấp hành đầu cuối của robot này được gắn bút chì để thực hiện vẽ lại hình ảnh trên giao diện người dùng vẽ ra [5]. Nghiên cứu của Jian-Fu Weng và Kuo-Lan Su đã xây dựng và điều khiển robot SCARA sử dụng PLC kết hợp với xử lý ảnh để thực hiện bài toán phân loại đối tượng theo màu sắc và hình dáng [6]. Nguyễn Hoàng Dũng và cộng sự đã thiết kế cơ khí của robot hai bậc tự do dạng SCARA và được điều khiển bằng giải thuật PID mờ để hỗ trợ bệnh nhân sau đột quỵ tập vật lý trị liệu [7].

Trong bài báo này, nhóm tác giả mô tả thiết kế phần cứng cũng như điều khiển robot SCARA kết hợp với xử lý ảnh nhằm thực hiện bài toán đóng gói sản phẩm đang chạy liên tục trên băng tải.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Động nhịch học robot

Mô hình robot SCARA với hai khớp xoay và một khớp tịnh tiến, thực hiện công việc gấp và đặt, hoạt động trên mặt phẳng OXY, hai khớp xoay được dẫn động bằng hai động cơ bước và khớp tịnh tiến được thực hiện dựa trên xi lanh khí nén, do đó việc giải bài toán động học nghịch tập trung vào hai khớp đầu tiên.



Hình 1. Hai khớp xoay của robot

Khảo sát hai khớp đầu tiên của robot SCARA dựa trên hình 1. Gọi điểm $P(x_c, y_c)$ là tọa độ của khâu chấp hành đầu cuối, l_1 và l_2 là chiều dài lần lượt các khâu của robot. Khi đó, giá trị của các khớp xoay θ_1 và θ_2 được tính theo công thức (1) và (2).

$$q_1 = a \tan 2(x_c, y_c) - a \tan 2(l_1 + l_2 \cos q_2, l_2 \sin q_2) \quad (1)$$

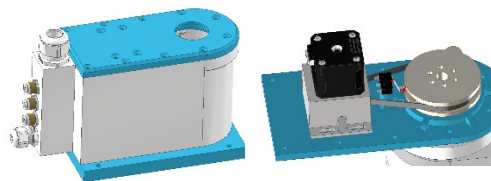
$$q_2 = a \tan 2\left(\pm \sqrt{1 - (\cos q_2)^2}, \cos q_2\right) \quad (2)$$

Với:

$$\cos q_2 = \frac{x_c^2 + y_c^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}$$

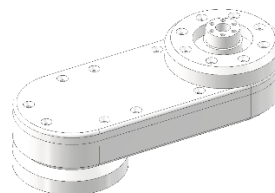
2.2. Xây dựng mô hình robot

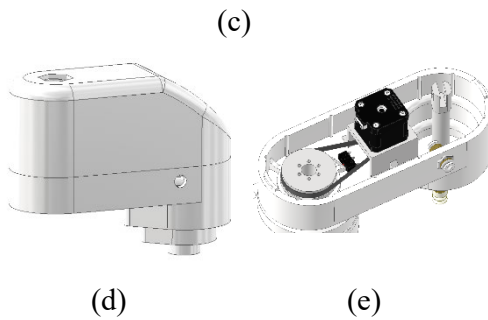
Mô hình robot SCARA được xây dựng 3D dựa trên phần mềm Autodesk Inventor gồm ba thành phần chính: Đế robot, khớp xoay thứ nhất và khớp xoay thứ hai. Robot được thiết kế đảm bảo yêu cầu là có thể gia công bằng phương pháp in 3D với vật liệu là nhựa PLA và liên kết với nhau bằng bu-long. Các thành phần của robot được trình bày như hình 2, trong đó đế robot và cơ cấu dẫn động được thể hiện qua hình 2a và 2b, khâu thứ nhất của robot được thể hiện qua hình 2c, khâu thứ hai và cơ cấu dẫn động được thể hiện qua hình 2d và 2e.



(a)

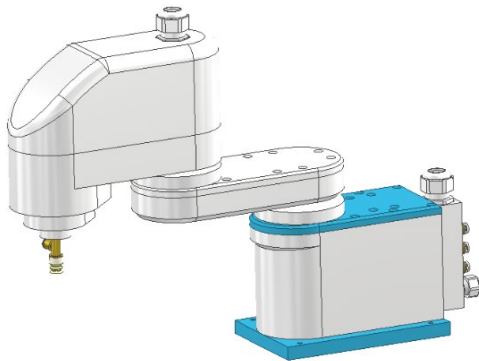
(b)





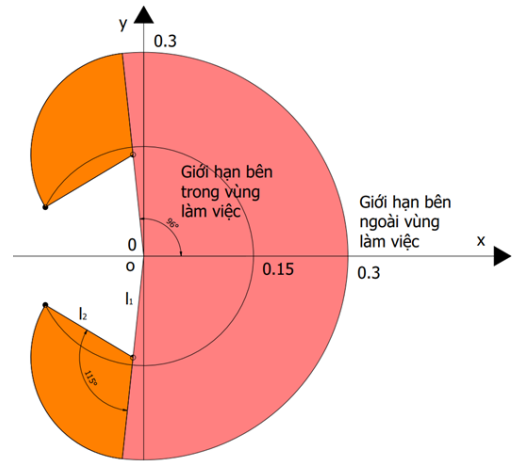
Hình 2. Các thành phần robot

Sau khi có các chi tiết của robot, tiến hành lắp ráp để có được robot hoàn chỉnh như hình 3, với cơ cấu chấp hành đầu cuối là đầu hút chân không được gắn trực tiếp với thanh ty của xi lanh khí nén.



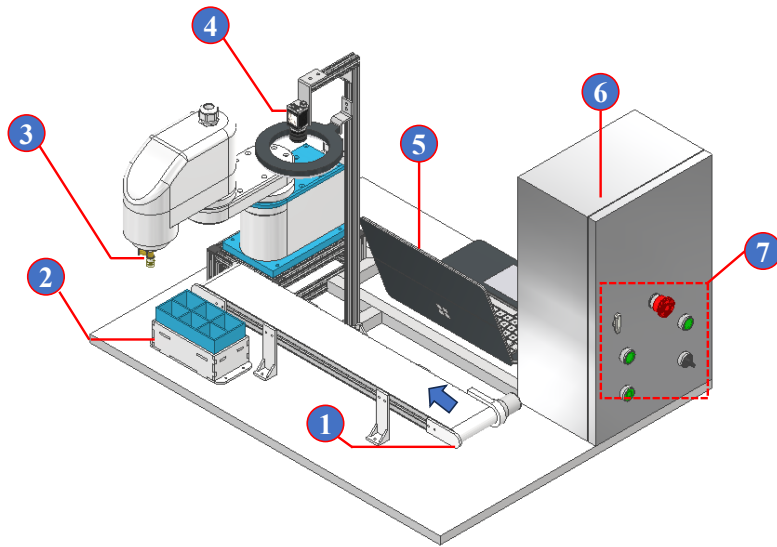
Hình 3. Mô hình robot SCARA

Mô hình robot được xây dựng với chiều dài khâu một là 150mm và giới hạn của khớp thứ nhất từ -96° đến 96° ; chiều dài khâu hai là 150mm và giới hạn của khớp thứ hai từ -115° đến 115° . Giới hạn góc quay của các khớp được thực hiện bằng công tắc hành trình. Khi đó, không gian làm việc của robot được xác định như Hình 4. Khi xây dựng mô hình đóng gói sản phẩm cần lưu ý rằng vật cần đóng gói phải được đặt trong không gian làm việc của robot.



Hình 4. Không gian làm việc của robot

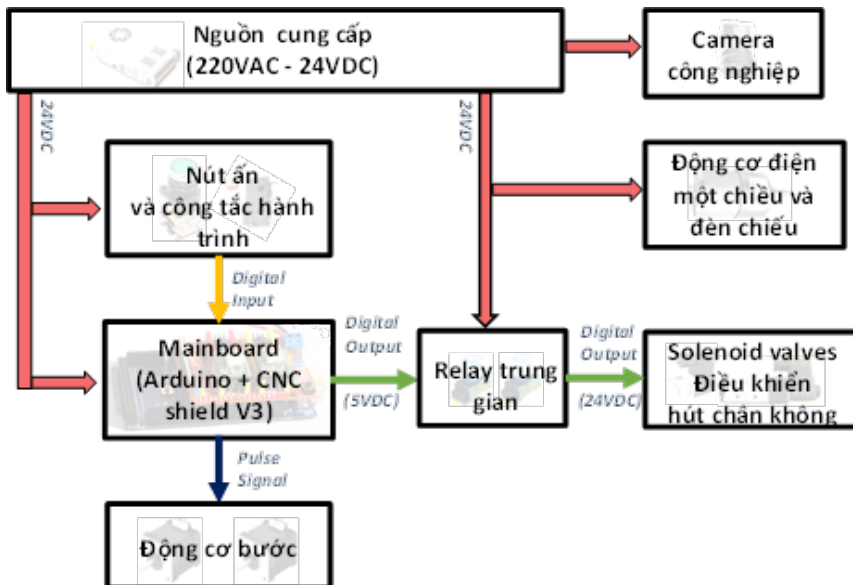
Để robot có thể thực hiện công việc gấp và đặt, nhằm đóng gói sản phẩm. Mô hình cần xây dựng thêm các thành phần hỗ trợ khác như băng tải dùng để vận chuyển vật cần đóng gói và camera công nghiệp dùng để xác định tọa độ của vật trên băng tải, từ đó có thể gửi tín hiệu đến robot để tiến hành điều khiển robot. Hình 5 trình bày thiết kế 3D của mô hình đóng gói tổng thể; trong đó, hệ thống bao gồm 3 thành phần chính bao gồm một robot SCARA và đầu hút chân không (3), robot này được điều khiển bởi một hệ thống điện điều khiển được thiết kế gọn gàng, an toàn, tiện lợi cho việc vận hành (ở vị trí (6) và (7) trong Hình 5), kế đó là hệ thống camera công nghiệp (4) được kết nối về máy tính (5) để thu thập và xử lý ảnh sản phẩm xác định các thuộc tính và chính xác vị trí sản phẩm cần gấp và gửi các thông tin này sang cho Board điều khiển chính của Robot, cuối cùng là một hệ thống phụ trợ bao gồm băng tải (1) và khay đựng sản phẩm (2).



Ghi chú

- 1 Băng tải - điều khiển bởi DC Motor 24VDC
 - 2 Khay đựng sản phẩm đóng gói
 - 3 Vị trí đầu cuối của Robot SCARA - gấp sản phẩm
 - 4 Camera Basler công nghiệp - xử lý ảnh màu
 - 5 Laptop/PC - áp dụng giải thuật xử lý ảnh
 - 6 Tủ đầu nối thiết bị điện điều khiển
 - 7 Thiết bị đèn báo hiển thị trạng thái, nút ấn vận hành và dừng khẩn
- ← Hướng di chuyển của sản phẩm vào hệ thống

Hình 5. Mô hình đóng gói tổng thể



Hình 6. Sơ đồ khối tổng quát hệ thống điện điều khiển của Robot

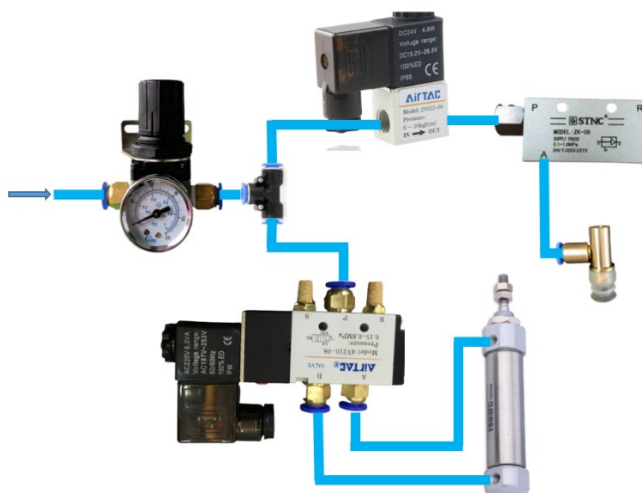
2.3. Thiết kế sơ đồ điện – khí nén

Sơ đồ mạch điện của toàn bộ mô hình được trình bày như ở Hình 6.

Cụ thể trong Hình 6 trên, sơ đồ hệ thống điện và điều khiển cho robot và xử lý ảnh, bao gồm các thành phần chính như: Board mạch điều khiển Arduino Mega 2560 là bộ điều khiển chính, đảm nhiệm vai trò truyền và nhận tín hiệu giữa robot và máy tính. Kế đến, một mạch Ramps 1.4 là mạch mở rộng cắm trên mạch điều khiển chính, dùng để đáp ứng nhanh chóng và chính xác trong việc điều

khiển hai động cơ bước để dẫn động cho hai khớp xoay của robot. Bên cạnh đó, một camera công nghiệp Basler có nhiệm vụ thu nhận ảnh cho quá trình xử lý ảnh; ngoài ra còn có các thành phần hỗ trợ khác như nguồn, động cơ, đèn cấp sáng cho camera, đèn báo, công tắc hành trình,...

Đồng thời, một sơ đồ mạch khí nén của mô hình được mô tả cụ thể như ở Hình 7. Sơ đồ bên dưới bao gồm một van điều áp có đồng hồ hiển thị áp suất, hai van điện từ và một cơ cấu tạo áp suất âm để cung cấp cho đầu hút chân không làm việc.



Hình 7. Sơ đồ mạch khí nén

2.4. Quá trình xử lý ảnh

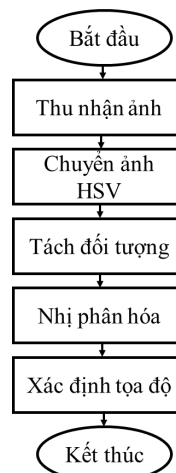
Đối tượng cần đóng gói trong mô hình này là lọ keo tản nhiệt như hình 8, có chiều cao là 35mm, đường kính là 30mm và khối lượng là 20g.



Hình 8. Keo tản nhiệt

Nhiệm vụ của bài toán xử lý ảnh là xác định tọa độ của lọ keo tản nhiệt trên băng tải, ở đây băng tải chạy liên tục và lọ keo được đặt ngẫu nhiên trên băng tải. Quá

trình xử lý ảnh của mô hình đóng gói sản phẩm được trình bày như hình 9.



Hình 9. Quá trình xử lý ảnh

Ảnh từ camera chụp được sẽ tiến hành chuyển sang không gian màu HSV để thực hiện bài toán tách đối tượng dựa trên giá trị màu. Sau đó, sẽ thực hiện bài toán phân ngưỡng để có thể thu được ảnh đối tượng tốt nhất. Cuối cùng, sẽ xác định đối tượng và tọa độ của đối tượng.

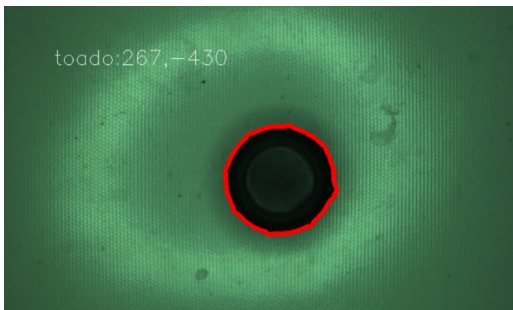


Hình 10. Mô hình đóng gói sản phẩm thực tế

Kết quả hình 10 cho thấy mô hình có tính thẩm mỹ cao, kiểu dáng công nghiệp, thao tác đơn giản. Hoàn toàn có thể áp dụng trong giảng dạy và nghiên cứu.

3.2. Kết quả đóng gói – gấp và đặt

Sau quá trình xử lý ảnh thì kết quả cuối cùng là xác định được tọa độ tâm của lọ keo tản nhiệt, kết quả xác định tọa độ được trình bày như hình 11. Từ giá trị tọa độ này, robot sẽ tiến hành hút và thả vật vào đúng vị trí đã được lập trình trước (có sáu vị trí đóng gói, các vị trí này cố định).



Hình 11. Kết quả xác định tọa độ

3. Kết quả

3.1. Kết quả phần cứng

Mô hình đóng gói sản phẩm dựa trên robot SCARA đã được xây dựng và được trình bày như hình 10.

Một chu trình hoạt động của mô hình được thể hiện qua hình 12. Sau khi có tọa độ của đối tượng robot bắt đầu di chuyển (từ vị trí home) đến tọa độ đã được xác định và hút đối tượng (như hình 12a), tiếp đó robot sẽ di chuyển đến vị trí đã lập trình trước và thả đối tượng (như hình 12b và 12c), cuối cùng các lọ keo tản nhiệt được gấp và đặt đúng vị trí như hình 12d.

Bảng 1. Kết quả đóng gói sản phẩm

Lần	Số sản phẩm	Hoàn thành (%)	Thời gian (s)
1	6/6	100	24.4
2	5/6	83	24.2
3	5/6	83	24.4
4	6/6	100	23.6
5	6/6	100	23.5
6	6/6	100	23.8

7	5/6	83	23.6
8	6/6	100	23.8
9	6/6	100	23.4

10	6/6	100	24.1
Trung bình		94.9	23.9



(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 12. Quá trình gấp và đặt

Sau 10 lần thử nghiệm đóng gói sản phẩm với các lọ keo tản nhiệt được đặt ngẫu nhiên trên băng tải, kết quả thống kê được trình bày trong bảng 1. Kết quả cho thấy mô hình hoạt động ổn định, với độ chính xác tương đối cao (khoảng 94.9%), thời gian trung bình để gấp và đặt sáu lọ keo tản nhiệt vào đúng vị trí là 23.9 giây. Nguyên nhân của tỉ lệ lỗi là do sự thay đổi của ánh sáng dẫn tới việc xác định tọa độ không chính xác.

4. Kết luận

Bài báo này trình bày về quá trình thiết kế, chế tạo và điều khiển robot SCARA đóng gói sản phẩm dựa trên xử lý ảnh, robot được thiết kế thẩm mỹ, kiểu dáng công nghiệp và chế tạo dựa trên công nghệ in 3D. Mô hình hoàn toàn có thể áp dụng trong giảng dạy và nghiên cứu.

Ngoài ra, các kết quả đạt được trong bài báo còn là cơ sở để triển khai các bài toán thực tế liên quan đến robot hoặc có thể kết hợp với thị giác máy để thực hiện giải quyết các vấn đề liên quan dựa trên trí tuệ nhân tạo.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ming-tzu ho, Yi-wei tu, and Hao-shuan lin, “Controlling a Ball and Wheel System Using Full-State-Feedback Linearization -A Testbed for Nonlinear Control Design”, IEEE Control System Magazine - Focus on Education, pp. 83-101, 2009.
- [2] J. Aracil and F. Gordillo, “The inverted pendulum: a benchmark in nonlinear control,” Proceedings World Automation Congress, pp. 468-482, 2004.
- [3] S. Latif, E. Muhammad and U. Naeem, “Implementation of ball and beam system using classical and advanced control techniques,” 2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics, pp. 74-79, 2019.
- [4] M. -t. Ho, Y. -w. Tu and H. -s. Lin, “Controlling a ball and wheel system using full-state-feedback linearization [Focus on Education],” Control Systems Magazine, Vol. 29, No. 5, pp. 93-101, 2009.
- [5] T. Kaushik, A. C. Jahagirdar and S. Singhai, “Sliding Mode Control of Ball-on-Wheel System,” 2019 IEEE 16th India Council International Conference, pp. 1-4, 2019.
- [6] Y. A. Badamasi, “The working principle of an Arduino,” 11th International Conference on Electronics, pp. 1-4, 2014.
- [7] Vo , A. K. et al, “Model and control algorithm construction for rotary inverted pendulum in laboratory”, Journal of Technical Education Science, (49), 32–40, 2018.

Ngày nhận bài: 08/6/2023

Ngày hoàn thành sửa bài: 28/7/2023

Ngày chấp nhận đăng: 01/8/2023