

# THIẾT KẾ, THI CÔNG CÁNH TAY ROBOT ĐIỀU KHIỂN BẰNG CỬ CHỈ TAY

Cao Quốc Khánh, Trần Lê Phước, Trần Hoàn\*

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

\*Email: [hoant@huit.edu.vn](mailto:hoant@huit.edu.vn)

Ngày nhận bài: 22/5/2023; Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2023

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một bản thiết kế cải tiến cánh tay Robot giống với cánh tay người, được thiết kế các cấu trúc khớp nối tương ứng với các điểm khớp trên bàn tay người. Có khả năng chuyển động một cách linh hoạt giống như cánh tay người, cùng với phương pháp quy đổi hệ tọa độ trục, trích xuất các điểm tọa độ và so sánh các vị trí thay đổi trên bàn tay dựa trên các thuật toán tiền xử lý ảnh và thuật toán máy học để phân tích cử chỉ tay điều khiển cánh tay Robot.

*Từ khóa:* Cử chỉ tay, cánh tay robot, raspberry pi, hệ thống nhúng.

## 1. GIỚI THIỆU

Năm 1954, cánh tay Robot 3 bậc, 5 bậc được đưa vào trong các dây chuyền. Đến năm 1961, General Motors đã sử dụng khoảng 450 cánh tay trong nhà máy nung ở Trenton. Thời gian đầu, các mô hình cánh tay robot thường được sử dụng chính trong lĩnh vực sản xuất, lắp ráp ô tô, động cơ lớn. Dần dần, với sự cải tiến và tinh chỉnh các thao tác ngày càng có khả năng chuẩn xác cao, cánh tay robot mở rộng lĩnh vực ứng dụng của mình trong các nhà máy điện thoại, máy tính, vi mạch/điện tử, sản phẩm nhựa [1].

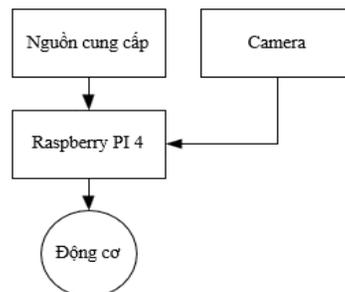
Nhiều công trình nghiên cứu về cánh tay Robot đã được công bố, các công trình sử dụng các sợi nhựa để làm trục khớp cho bàn tay [2-5], bài báo trình bày một giải pháp thay thế là sử dụng ốc vít, thay thế cho sợi nhựa làm trục khớp để tránh được các chuyển động rung lắc nhỏ làm giảm hiệu quả chuyển động các khớp đốt ngón tay, đồng thời tăng thêm sự chắc chắn cho các khớp đốt ngón tay Robot.

Ngoài ra bài báo đề xuất thêm việc sử dụng bộ căng dây gân nằm bên trong bụng cẳng tay Robot với nhiệm vụ giữ được độ căng trên bề mặt sợi dây gân, gia tăng sức nắm của bàn tay Robot và không bị trượt ra khỏi động cơ khi vận hành [6-8]. Bộ căng dây gân được thiết kế với điểm bám sử dụng một đầu lò xo được lắp ráp trên bộ căng và đầu còn lại của lò xo được lắp ráp với ống dẫn chịu nhiệt và dầu bôi trơn xung quanh trong lòng ống dẫn để tránh được ma sát khi hoạt động. Các ống dẫn được thiết kế xác định theo từng nhiệm vụ của các ngón tay, giúp các ngón tay hoạt động được linh hoạt hơn.

## 2. NỘI DUNG CHÍNH

### 2.1. Sơ đồ khối hệ thống

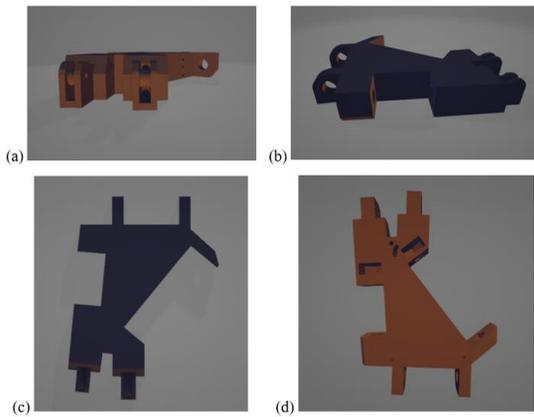
Sơ đồ khối hệ thống được thể hiện như trong Hình 1. Board nhúng Raspberry Pi nhận hình ảnh đầu vào từ camera, xử lý nhận diện chuỗi cử chỉ tay rồi truyền tín hiệu điều khiển đến khối động cơ để điều khiển cánh tay Robot hoạt động tương ứng.



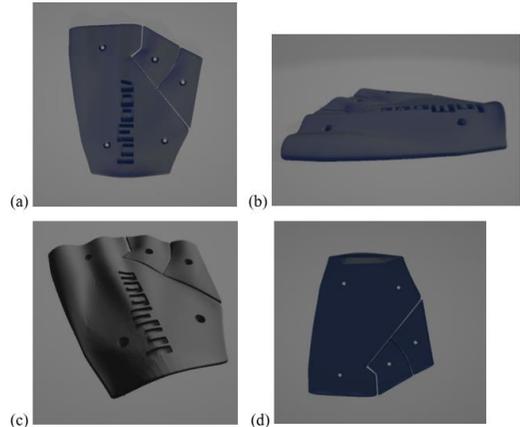
Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống

## 2.2. Thiết kế cánh tay Robot

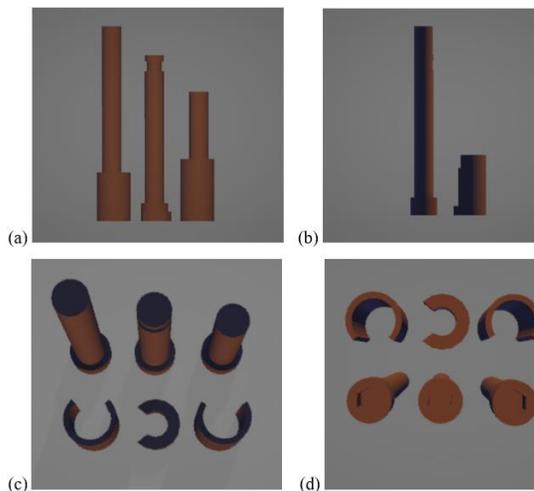
Cánh tay Robot được thiết kế giống với cánh tay người lần lượt được thể hiện như trong các Hình 2, Hình 3, Hình 4, Hình 5, Hình 6, Hình 7 và Hình 8. Các chi tiết 3D được quan sát qua bốn mặt phẳng kí hiệu trên hình ảnh bao gồm: (a) Front View (nhìn từ phía trước), (b) Right View (nhìn từ phía bên phải), (c) Top View (nhìn từ phía trên xuống), (d) Bottom View (nhìn từ phía dưới lên trên).



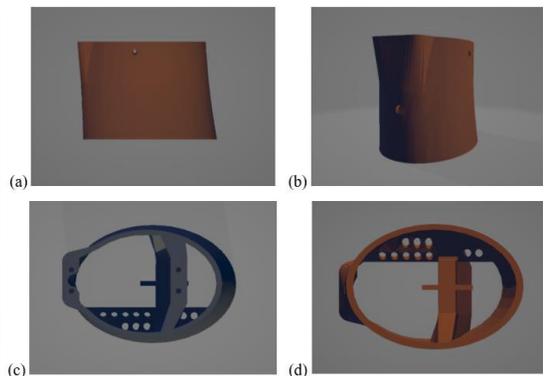
Hình 2. Thiết kế 3D mặt trong bàn tay



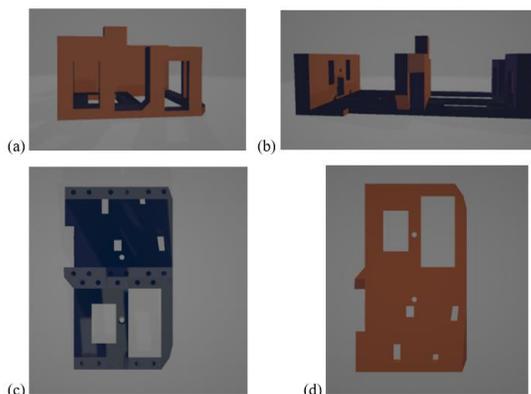
Hình 3. Thiết kế 3D mặt ngoài bàn tay



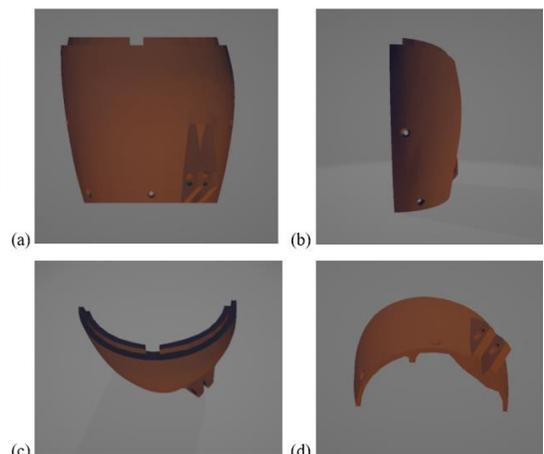
Hình 4. Thiết kế 3D trục cổ tay



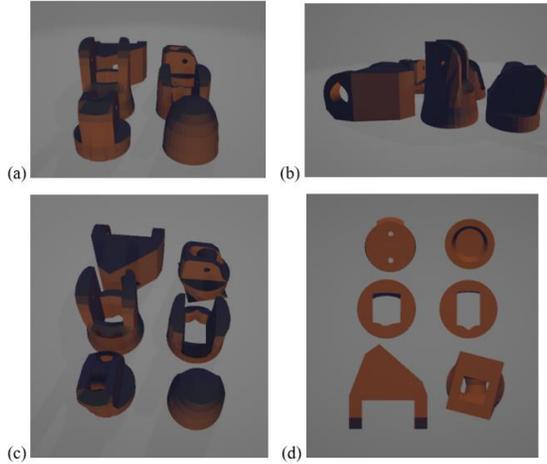
Hình 5. Thiết kế 3D khối dẫn hướng sợi gân



Hình 6. Thiết kế 3D khối giá đỡ động cơ servo



Hình 7. Thiết kế 3D cẳng tay

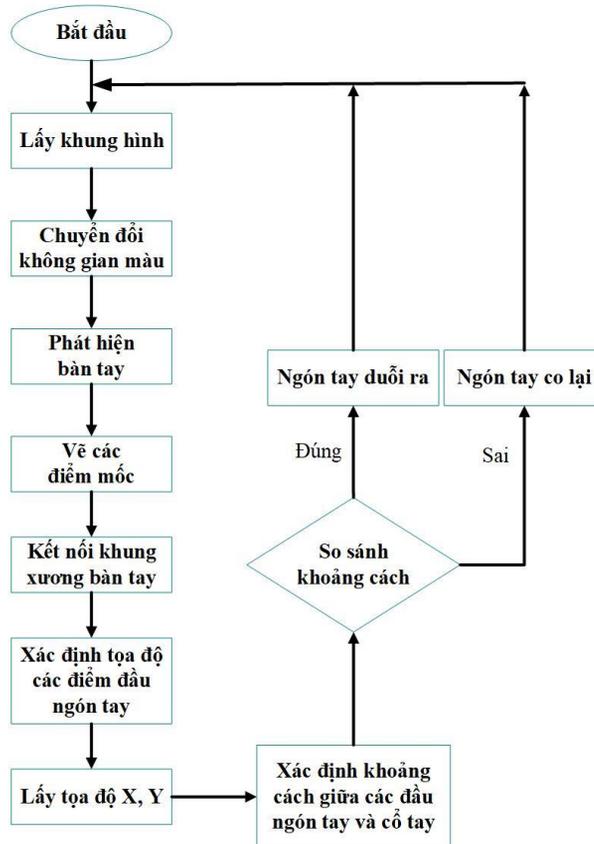


Hình 6. Thiết kế 3D ngón tay

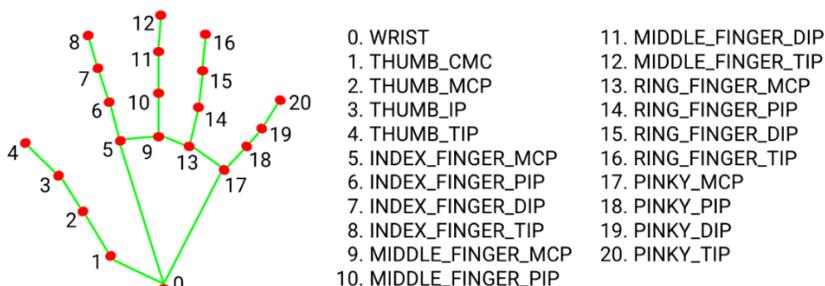
### 2.3. Giải thuật nhận diện cử chỉ tay

Lưu đồ giải thuật nhận diện cử chỉ tay được thể hiện như trong Hình 9. Đầu tiên, ảnh đầu vào được thu từ camera, sau đó sẽ được tiền xử lý ảnh. Tiếp theo, thư viện Mediapipe được đề xuất để phát hiện bàn tay có trong khung hình, sau đó vẽ khung xương và xác định 21 điểm mốc trên bàn tay người như trong Hình 10.

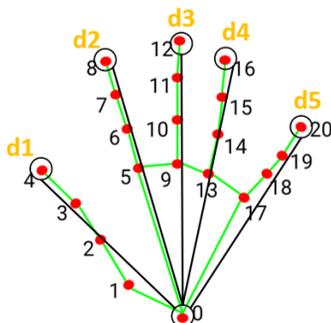
Cuối cùng, khoảng cách từ cổ tay (điểm 0) đến từng đầu ngón tay (điểm 4, điểm 8, điểm 12, điểm 16, điểm 20) được tính như trong Hình 11. Các giá trị này sau đó được so sánh với mức ngưỡng đặt ra để so sánh xem ngón tay đang mở hay đóng, từ đó xác định cử chỉ tay tương ứng.



Hình 7. Lưu đồ giải thuật nhận dạng cử chỉ tay



Hình 8. Vẽ xương và xác định tọa độ 21 điểm trên bàn tay



Hình 9. Tính khoảng cách từ cổ tay đến đầu các ngón tay

## 2.4. Giải thuật điều khiển ngón tay Robot

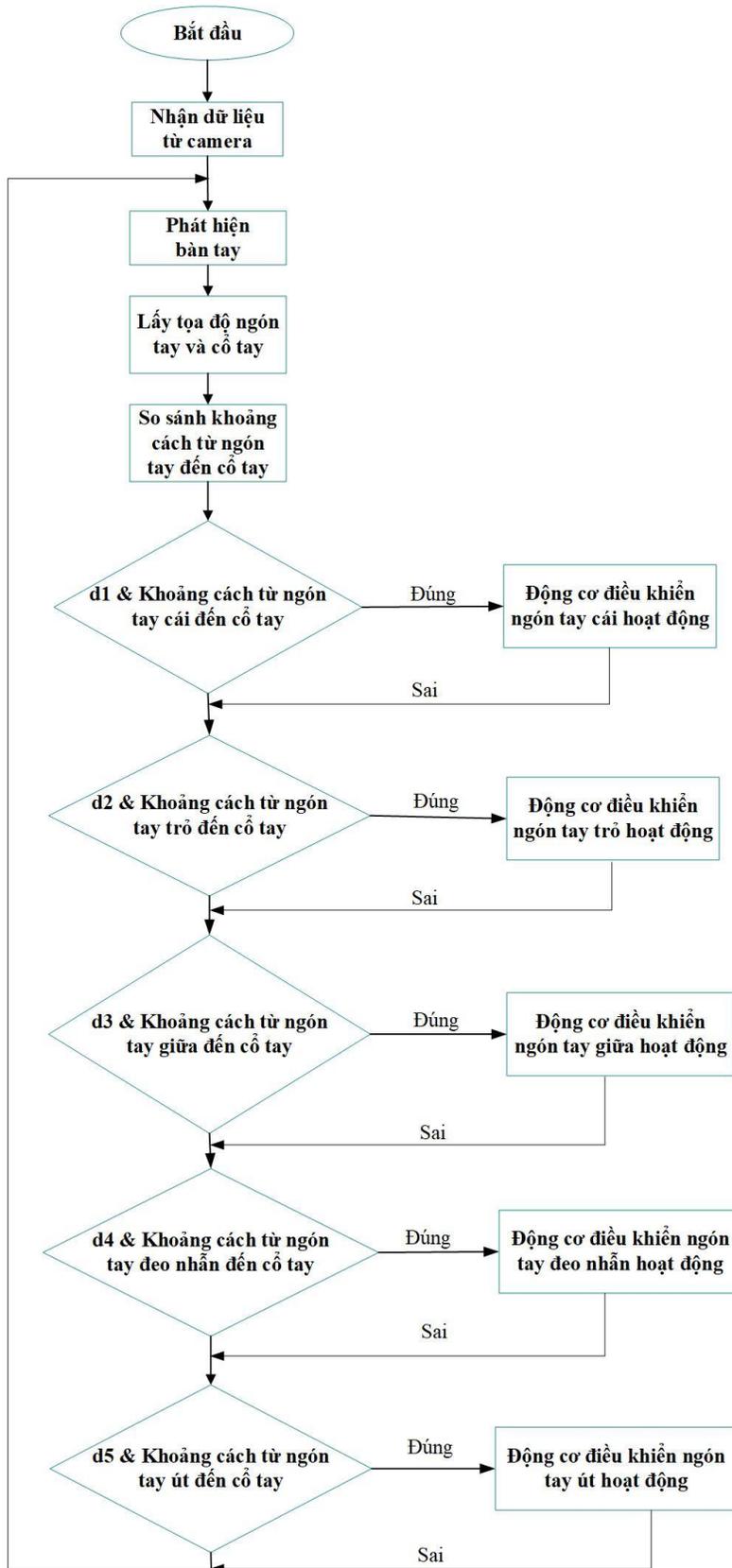
Lưu đồ giải thuật điều khiển ngón tay Robot được thể hiện trong Hình 12. Khi nhận được frame ảnh từ camera, dữ liệu được xử lý nhận diện cử chỉ tay rồi gửi tín hiệu điều khiển tương ứng đến các chân GPIO trên Raspberry Pi để điều khiển các động cơ Servo tạo thành cử chỉ tay tương ứng.

Vị trí của các servo được điều khiển bởi độ rộng xung của tín hiệu PWM 50Hz. Do đó cần bật chuỗi xung PWM trên Raspberry Pi ở tần số 50 Hz. Chu kỳ của tín hiệu là:  $1/50 = 0.02$  (s) = 20 (ms).

Bảng 1 trình bày rõ số ngón tay được đưa lên hay hạ xuống tương ứng với việc động cơ Servo thực hiện chu kỳ nhiệm vụ (DutyCycle) để đạt được kết quả mong muốn. Với giá trị DutyCycle 2.5 động cơ Servo có vị trí nằm hoàn toàn bên trái, giá trị DutyCycle 12 động cơ Servo có vị trí nằm hoàn toàn bên phải.

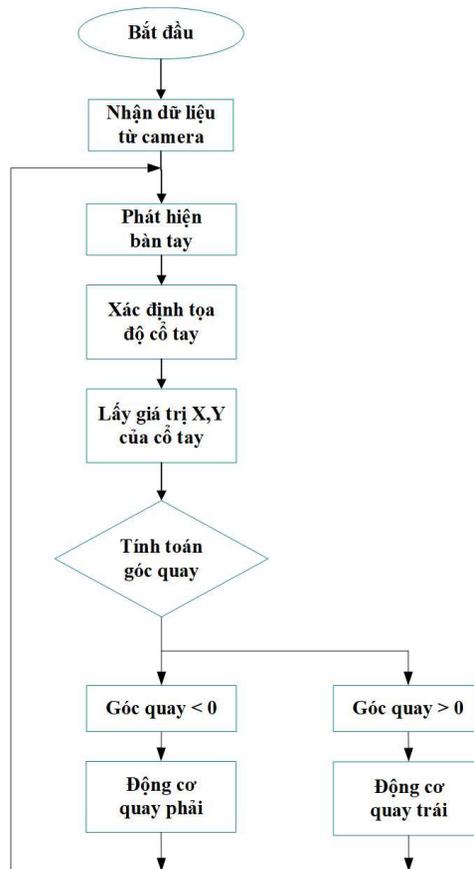
Bảng 1. Thông số chu kỳ nhiệm vụ

Ngón tay	Servo_Thumb	Servo_Index	Servo_Middle	Servo_Ring	Servo_Little
1	12	2.5	12	12	12
2	12	2.5	2.5	12	12
3	12	2.5	2.5	2.5	12
4	12	2.5	2.5	2.5	2.5
5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5



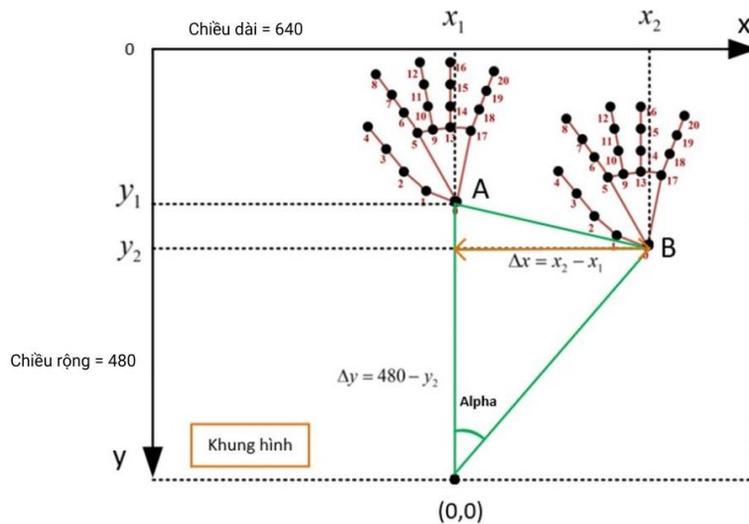
Hình 10. Lưu đồ giải thuật điều khiển ngón tay Robot

## 2.5. Giải thuật điều khiển khuỷu tay Robot



Hình 11. Lưu đồ giải thuật điều khiển khuỷu tay Robot

Lưu đồ giải thuật điều khiển khuỷu tay Robot được thể hiện trong Hình 13. Góc quay cánh tay được xác định dựa trên sự thay đổi vị trí cổ tay giữa các khung hình. Sử dụng phương pháp quy đổi hệ tọa độ trục, dựa vào tọa độ hai điểm  $x_1$  và  $x_2$  để tính toán thông số góc quay như trong Hình 14.



Hình 12. Tính toán góc quay cánh tay Robot

### 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Mô hình cánh tay Robot được thi công thực tế như trong Hình 15. Kết quả thực nghiệm điều khiển cánh tay Robot hoạt động lần lượt 5 ngón được thể hiện lần lượt trong các Hình 16, Hình 17, Hình 18, Hình 19, Hình 20 và Hình 21.



Hình 13. Mô hình cánh tay Robot thi công thực tế



Hình 14. Kết quả cử chi tay Robot đếm số 1



Hình 15. Kết quả cử chi tay Robot đếm số 2



Hình 16. Kết quả cử chi tay Robot đếm số 3



Hình 17. Kết quả cử chi tay Robot đếm số 4



Hình 18. Kết quả cử chỉ tay Robot đếm số 5



Hình 19. Kết quả cử chỉ tay Robot đếm số 0

Hình 22 thể hiện kết quả cánh tay Robot vẫy chào. Hình 23 thể hiện cánh tay Robot thực hiện cử chỉ người nhện (ngón tay cái, ngón tay trỏ, ngón tay út dơ lên và ngón tay đeo nhẫn, ngón tay giữa hạ xuống).



Hình 20. Kết quả cánh tay Robot vẫy chào



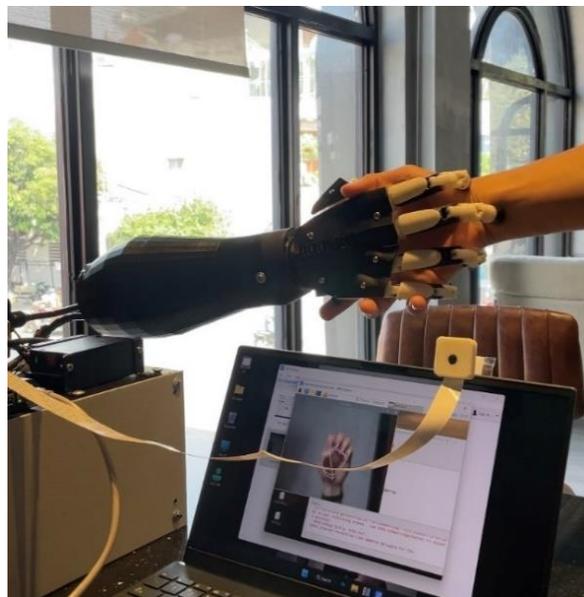
Hình 21. Kết quả cánh tay Robot thực hiện cử chỉ người nhện

Hình 24 thể hiện kết quả thực nghiệm lực nắm của cánh tay Robot khi cho thử nghiệm nắm trái banh tennis.



Hình 22. Kết quả cánh tay Robot thực hiện nắm trái banh tennis

Hình 25 thể hiện kết quả thực nghiệm độ linh hoạt của ngón tay Robot khi cho thử nghiệm bắt tay người.



Hình 23. Kết quả cánh tay Robot thực hiện cử chỉ bắt tay

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một bản thiết kế cánh tay Robot, cùng những giải pháp xử lý giúp tăng độ chắc chắn và độ linh hoạt trên cánh tay Robot. Đề xuất giải thuật phát hiện bàn tay người, nhận diện cử chỉ tay và điều khiển cánh tay Robot thực hiện theo các cử chỉ đó. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp này đạt được độ chính xác cao, khuyến khích sự sáng tạo và của con người, người dùng có thể tạo ra các cử chỉ tùy chỉnh để điều khiển cánh tay Robot theo nhu cầu và mục đích cụ thể. Điều này mở ra cánh cửa cho việc thử nghiệm và phát triển các ứng dụng mới của Robot trong nhiều lĩnh vực tiềm năng như trong lĩnh vực như y tế, sản xuất và giáo dục.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Siciliano B., Khatib O. - Handbook of robotics, Springer, 2016.
2. Lynch K.M., Park, F.C. - Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control, Cambridge University Press, 2017.
3. Witold J. - Intelligent Robotic Systems: Design, Planning, and Control, Springer, 2002.
4. Craig J. J. - Introduction to robotics: mechanics and control, Pearson Education India, 2005.
5. Gael L. - Finger Starter, 2017.
6. Swan R. - Inmoov Hand Built, 2019.
7. Montagut G. E. - Inmoov Robot Original Design And First Building, Inmoov Robot Seminar 2016.
8. Montagut G. E. - Additional information about the robot and electro mechanical layout, Life Size Robot Documents, 2017.

## ABSTRACT

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A GESTURE-CONTROLLED ROBOTIC ARM

Cao Quoc Khanh, Tran Le Phuoc, Tran Hoan\*

*Ho Chi Minh City University of Industry and Trade*

\*Email: *hoant@huit.edu.vn*

This paper presents a method of coordinate conversion, extracting coordinate points, and comparing the changing positions on the hand based on image preprocessing algorithms and machine learning algorithms to analyze hand gestures controlling a robotic arm. Experimental results show that this method has high accuracy and fast processing time, and can be applied in various fields, including assistive robots for people with disabilities and production robots.

*Keywords:* Hand gestures, arm robot, raspberry pi, embedded system.