NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG NGÓN GẮP MỀM VÀO HỆ THỐNG GẮP THỨC ĂN CÔNG NGHIỆP

RESEARCH ON APPLICATION OF SOFT FINGER TO INDUSTRIAL FOOD PICKING SYSTEM

Đặng Phước Vinh*

Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng[1]

*Tác giả liên hệ: dpvinh@dut.udn.vn

(Nhận bài: 02/01/2023; Chấp nhận đăng: 09/3/2023)

Tóm tắt - Bài báo này trình bày về việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo ngón tay gắp mềm được sử dụng để gắp thức ăn tự động. Hệ thống có nhiệm vụ gắp lần lượt các mẫu thức ăn cho trước gồm cơm nắm, trứng gà và thịt viên được đặt ở vị trí bất kỳ và thả chúng ở các vị trí theo yêu cầu. Trong hệ thống này, cơ cấu cho việc gắp nhả và di chuyển thức ăn là một cánh tay 3 bậc tự do với 2 cơ cấu truyền động theo phương nằm ngang và thẳng đứng và 3 ngón gắp mềm. Các ngón tay được thiết kế để có thể gắp được hầu hết các loại thức ăn mà không làm rơi rớt cũng như phá vỡ chúng. Toàn bộ hệ thống được điều khiển thông qua máy tính kết nối với camera xử lý ảnh kết hợp với bộ PLC Mitsubishi FX3G. Kết quả cho thấy, ngón tay gắp này có thể gắp được các loại thức ăn theo yêu cầu đề ra với thời gian cho mỗi chu trình (gắp và thả 4 loại thức ăn) là khoảng 16 giây.

Từ khóa - Gắp thức ăn; tay gắp mềm; PLC Mitsubishi FX3G; xử lý ảnh.

Abstract - This paper presents about researching, designing and manufacturing the soft gripper used in the automatic food picking system. The system is built with the task of picking up the given food samples in turn including rice balls, eggs and meatballs put in any position and dropped at the required positions. In this system, the mechanism for handling and moving food is a 3-DOF arm with 2 horizontal and vertical actuators and 3 flexible grippers. These fingers are designed to be able to hold almost any food without dropping or breaking them. The whole system is controlled through a computer connected to the image-processing camera combined with a Mitsubishi FX3G PLC. The results show that, this finger can pick up the required foods with the time for each cycle (picking and dropping 4 types of food) is about 16 seconds.

Key words - food picking; soft gripper; PLC Mitsubishi FX3G; image processing.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ngành công nghiệp chế biến thực phẩm trên thế giới đang rất phát triển, đặc biệt tại Nhật Bản. Một trong những mảng của ngành công nghiệp chế biến thực phẩm đó là ngành chế biến cơm hộp. Trong thời đại 4.0 như hiện nay thì robot dần thay thế nhiều hoạt động của con người trong cuộc sống, tuy nhiên trong lĩnh vực này thì phần lớn các công ty trên thế giới hiện nay vẫn đang dùng lao động phổ thông cho công việc đưa thức ăn vào hộp cơm. Công việc này tốn rất nhiều nhân công nhưng năng suất lại không được cao, mà ở các nước như Nhật Bản, Đài Loan… thì lại thiếu hụt nguồn nhân công địa phương nên họ phải tuyển thêm nguồn lao động từ nước ngoài chỉ để đưa các loại thức ăn có sẵn vào hộp cơm.

Các hệ thống robot truyền thống đã hoạt động tốt lĩnh vực này trong nhiều năm cho các ứng dụng xếp dỡ hàng như bao bì, chỉ trong những năm gần đây, robot mới có thể xử lý trực tiếp các mặt hàng thực phẩm tinh tế. Những tiến bộ trong công nghệ đã bắt chước hoạt động của con người giúp robot có thể đóng gói trái cây và rau quả.

Kẹp gắp chân không (vacuum grippers) cho phép robot thực hiện thành công các nhiệm vụ đóng gói với sự tinh tế vượt qua khả năng của kẹp truyền thống và kẹp gắp mềm (soft gripper) cho phép xử lý trực tiếp thực phẩm đảm bảo sản phẩm không bị hư hỏng hoặc bầm dập trong quá trình tự động hóa.

Kết quả là, các ứng dụng chế biến thực phẩm thứ cấp nằm trong khả năng của các hệ thống tự động hóa. Từ việc hái và đặt trái cây đến việc xử lý sô cô la, các mặt hàng bánh kẹo, ngành thực phẩm đang nắm bắt các công nghệ kẹp mới với tốc độ đáng kể. Một báo cáo gần đây cho thấy, số lượng các nhà sản xuất thực phẩm áp dụng tự động hóa đã tăng 50% từ năm 2014 đến 2019. Hiệp hội Công nghệ Bao bì và Chế biến cũng dự đoán thị trường bao bì thực phẩm toàn cầu sẽ tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng hàng năm từ 4% đến 5% để đạt 400 tỷ USD vào năm 2025.

Ở nghiên cứu [1], nhóm tác giả đã mô phỏng và tính toán động lực học quá trình gắp và giữ vật thể của cụm tay gắp mềm được chế tạo bằng vật liệu silicon. Các ngón tay mềm này được cấu tạo bởi các khoang rỗng thông nhau và được điều khiển bằng hệ thống khí nén. Các ngón tay này được mô hình hóa bởi chuỗi các khâu thẳng nối với nhau theo cách tiếp cận động lực học của hệ có nhiều đối tượng. Đây cũng là hướng tiếp cận của nghiên cứu [2]-[3] với mục đích chế tạo tay gắp để tương tác với robot ở các môi trường bất định.

Trên thế giới, nghiên cứu về tay gắp mềm bằng vật liệu silicon điều khiển bằng cơ cấu khí nén, cơ cấu truyền động cơ khí, truyền động điện hay tay gắp bằng giấy cũng đã và đang thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu [4]-[9].

Để nâng cao năng suất, giảm chi phí và sức người trong các dây chuyền sản xuất cơm hộp và theo sự đặt hàng của công ty Sunfield, Nhật Bản, tác giả đã nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và điều khiển thành công hệ thống gắp thức ăn tự

[1] The University of Danang - University of Science and Technology (Dang Phuoc Vinh)

động với hai cơ cấu truyền động theo phương ngang và thẳng đứng với tốc độ cao thông qua bộ PLC Mitsubishi FX3U. Hệ thống có thể làm việc nhanh, chính xác, loại bỏ các nhược điểm có thể tồn tại của con người như vấn đề vệ sinh thực phẩm, nhầm lẫn trong quá trình làm việc.

Theo yêu cầu ban đầu từ phía công ty Sunfield, hệ thống phải gắp được 4 mẫu thức ăn gồm: 2 cơm nắm, 1 trứng, 1 thịt viên và đưa vào khay thức ăn với tổng thời gian cho phép tối đa là 24 giây (xem Hình 1). Tay gắp thức ăn phải có ít nhất 3 ngón và thức ăn sau khi được đưa vào khay thì không bị biến dạng, hư hại. Trong quá trình gắp không được làm rơi rớt thức ăn và vị trí của 4 mẫu thức ăn sau khi đưa vào hộp phải đúng vị trí như ở Hình 1.

Bên cạnh đó, hệ thống gắp thức ăn này còn phải thõa mãn các điều kiện sau:

- Tay gắp thức ăn không sử dụng các thiết bị liên quan đến khí nén, ví dụ như hút chân không;

- Từ trạng thái ban đầu 4 sản phẩm (3 loại khác nhau) được đặt một cách ngẫu nhiên, các sản phẩm phải được đặt vào vị trí và với tư thế đã được chỉ định từ trước;

- Cần đảm bảo việc vệ sinh tay gắp được dễ dàng.

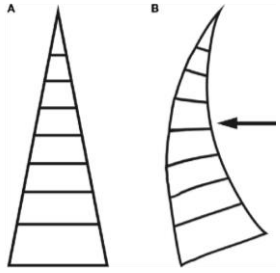
Hình 1. *Các loại mẫu thức ăn được sử dụng*

2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

2.1. Thiết kế và chế tạo ngón tay gắp

2.1.1. Ý tưởng của ngón tay gắp

Ngón gắp cho hệ thống này là một dụng cụ kẹp mềm được lấy cảm hứng từ hiệu ứng Finray [10], hiệu ứng Finray được phát hiện bởi nhà sinh vật học Leif Kniese của Evologics trong khi đánh bắt cá và dựa trên sự biến dạng của vây cá. Cấu tạo của vây cá gồm hai xương xếp thành hình chữ V với mô liên kết ở giữa. Kéo một bên của chữ V sẽ làm cho vây bị biến dạng. Điều này đã được Kniese điều chỉnh thành một cấu trúc khung chữ A với các thanh ngang được đặt cách nhau giữa đầu và đế như trong Hình 2A. Khi có một lực tác động vào kết cấu thì sẽ làm cho kết cấu bị uốn cong như trong Hình 2B. Cấu trúc truyền thống được thể hiện trong Hình 2 là đối xứng và có khả năng uốn cong như nhau theo cả hai hướng.



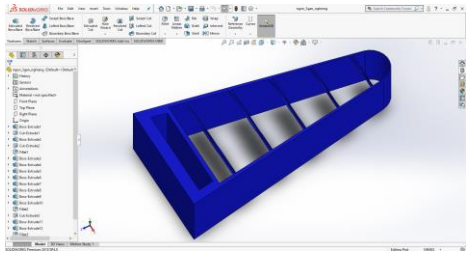
Hình 2. *Cấu trúc của ngón tay khi không có và có lực tác động lên một bên của cấu trúc [10]*

Lực làm cho các mặt của kết cấu bị uốn cong, dẫn đến phần đế và phần đầu bị biến dạng về phía tải trọng tác dụng. Hiệu ứng Finray có thể mở rộng và linh hoạt. Nó đã được sử dụng trong các dụng cụ kẹp như DHG và FinGripper của Festo, được làm từ các lớp bột polyamide (Festo, 2009, 2011, 2012, 2014). Hiệu ứng này cũng có thể dễ dàng thiết kế, sửa đổi và chế tạo với nhiều thiết kế có sẵn trên Thingiverse, một trang web cung cấp miễn phí cho người dùng các thiết kế 3D.

Trong bài báo này, tác giả trình bày một tay gắp mềm lấy cảm hứng từ hiệu ứng Finray để thực hiện nhiệm vụ kẹp các loại thức ăn khác nhau nói riêng và các vật thể nói chung. Các phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về thiết kế, mô hình hóa và thử nghiệm của tay kẹp.

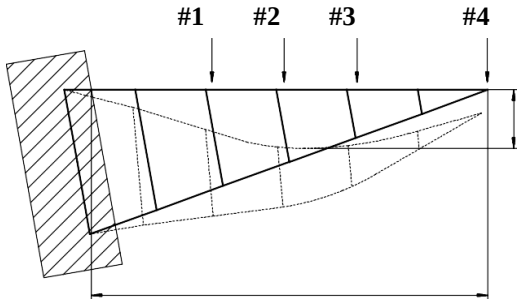
2.1.2. Thiết kế, chế tạo ngón gắp

Ngón gắp được thiết kế bằng phần mềm Solidworks – là một phần mềm khá phổ biến trong việc thiết kế 3D hiện nay. Sau nhiều phiên bản thiết kế, mô phỏng, chế tạo và thử nghiệm thì tác giả đã đưa ra được phiên bản ngón gắp cuối cùng được thiết kế như Hình 3.



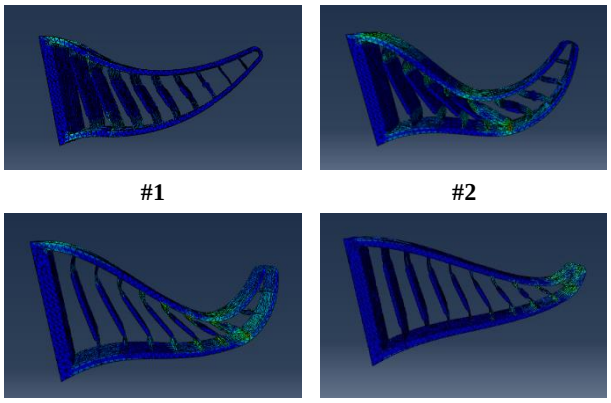
Hình 3. *Hình ảnh ngón tay gắp được thiết kế*

Để xác định biến dạng của ngón gắp như thế nào khi bị lực tác động trong quá trình gắp thức ăn, tác giả đã mô phỏng sự biến dạng đó bằng phần mềm ABAQUS để đánh giá các thông số kỹ thuật của vật cần gia công [11]-[12]. Do khối lượng lớn nhất của mẫu thức ăn là 100 gram, nên một lực có độ lớn 1 N sẽ được phân bố đều vào bốn mặt phẳng trên ngón gắp như Hình 4 để mô phỏng độ biến dạng của ngón tay.



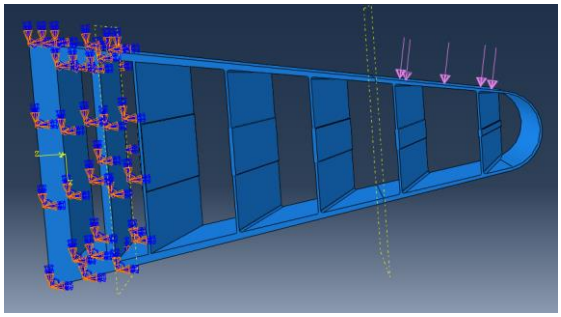
Hình 4. *Các vị trí tác động lực lên ngón tay*

Trong đó, mặt phẳng #1 cách đế 1/3L, mặt phẳng #2 cách đế 1/2L, mặt phẳng #3 cách đế 2/3L và mặt phẳng #4 nằm gần cuối ngón tay. Kết quả mô phỏng biến dạng của ngón gắp tại bốn vị trí tác động lực khác nhau được thể hiện ở Hình 5. Từ các kết quả mô phỏng được, ta có thể thấy vật được kẹp tốt nhất khi nó được kẹp từ vị trí mặt phẳng 2 đến mặt phẳng 3 (cách đế từ 1/2 đến 2/3 chiều dài ngón gắp). Đây là vị trí mà độ biến dạng của ngón tay gắp tại vị trí đó là lớn nhất (diện tích của ngón tay tiếp xúc với vật là lớn nhất) mà không bị biến dạng tay gắp cũng như thức ăn.

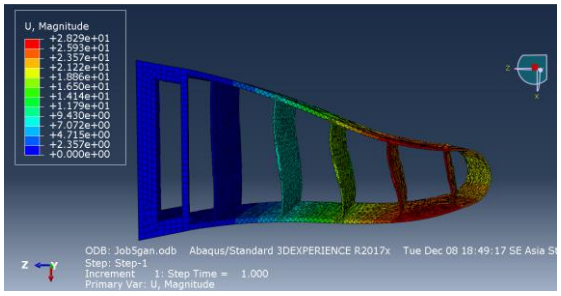


Hình 5. *Kết quả mô phỏng biến dạng ngón tay*

Bên cạnh đó, thì các mẫu thức ăn có chiều cao từ 25 đến 35 mm cộng với các tính toán liên quan đến kết cấu cơ khí của cụm tay gắp, sau nhiều lần sửa đổi thì tác giả đã quyết định thiết kế ngón gắp với tổng chiều cao phần đế và phần ngón tay là 74 mm. Vì khối lượng mỗi sản phẩm khoảng 100 g, nên tác giả tiến hành mô phỏng tác dụng lực lên một ngón tay với độ lớn 0.33 N và được kết quả như Hình 6.



(A)

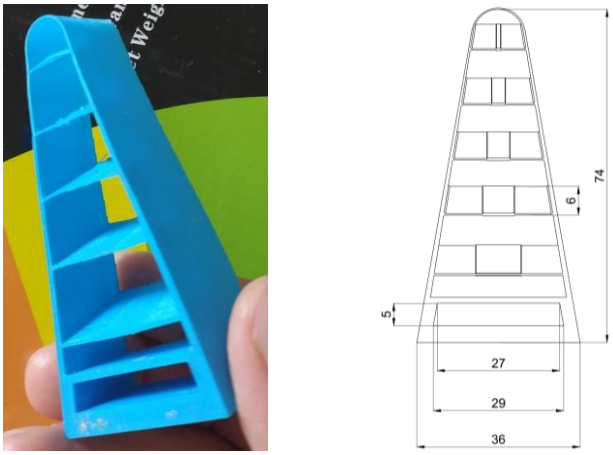


(B)

Hình 6. *Kết quả mô phỏng ngón tay trước (6A) và sau khi (6B) tác dụng lực*

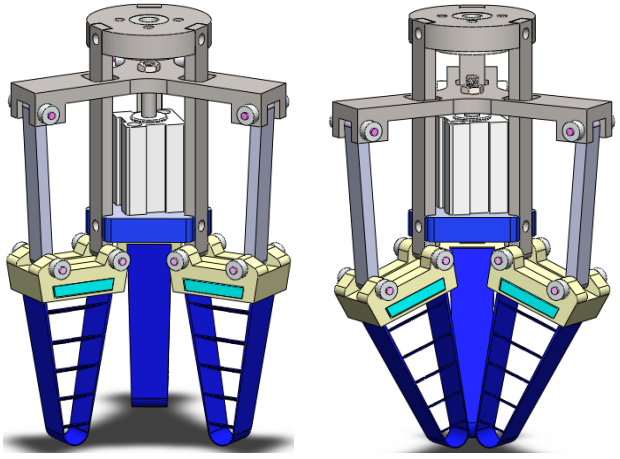
Theo kết quả mô phỏng, ta thấy ở phần đầu ngón gắp sẽ bị uốn cong với độ lớn chuyển vị từ khoảng 16 đến 35 mm, độ uốn cong này phù hợp cho việc gắp vật vừa đảm bảo gắp không bị rơi lại vừa không làm hư hại đến thức ăn.

Tác giả đã tiến hành chế tạo ngón gắp từ vật liệu nhựa dẻo TPU bằng phương pháp in 3D. Đây là một loại nhựa được ứng dụng nhiều trong thực tế như: Vỏ dây điện, đồ thể thao, đế giày dép, vỏ điện thoại di động… Với đặc tính dẻo và đàn hồi cao cho phép ngón tay gắp sau khi chế tạo đảm bảo được yêu cầu mềm dẻo linh hoạt và có thể thích ứng tốt với hình dạng của vật cần gắp. Ngoài ra, nhựa TPU có đặc tính kháng dầu mỡ nên có thể dùng cho việc gắp thức ăn mà vẫn đảm bảo cho việc an toàn vệ sinh thực phẩm. Ngón gắp sau khi in 3D và gia công tinh thì có hình dáng như Hình 7.



Hình 7. *Hình ảnh thực tế và kích thước của ngón tay gắp*

Hình 8 thể hiện cơ cấu tay gắp gồm 3 ngón tay gắp kết hợp lại với nhau. Hoạt động kẹp-nhả vật được thực hiện thông qua một xilanh để đẩy cụm tay gắp chuyển động tịnh tiến lên xuống. Kết cấu cụm tay gắp cần phải nhỏ gọn và hành trình tương đối ngắn. Dựa vào kích thước các chi tiết cụm tay gắp đã thiết kế, tác giả chọn xilanh loại Compact TGNS 12×10B có hành trình là 10 mm, áp suất làm việc từ 0,2 – 0,9 Mpa và tốc độ piston có thể lên tới 50 mm/s.

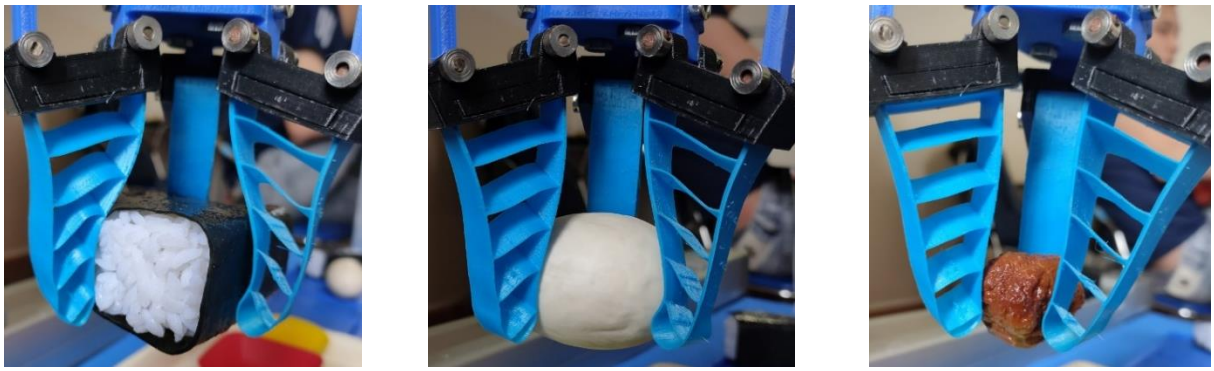


Hình 8. *Bản vẽ 3D cơ cấu điều khiển tay gắp khi nhả và kẹp*

Hình 9 thể hiện quá trình thực nghiệm sơ bộ của cụm tay gắp có 3 ngón khi gắp 3 loại thức ăn như yêu cầu. Ta có thể thấy ngón tay gắp thực tế biến dạng khá phù hợp so với kết quả mô phỏng. Thức ăn được gắp không bị biến dạng và rơi rớt khi rung lắc, do đó ban đầu đảm bảo với yêu cầu đề ra.

2.2. Cụm tay gắp

Hệ thống được thiết kế để phát hiện các loại thức ăn nhất định ở khay ban đầu, sau đó tiến hành di chuyển ngón tay đến vị trí của mẫu thức ăn thứ nhất, di chuyển xuống và gắp mẫu thức ăn rồi nâng lên và di chuyển tới vị trí thả thức ăn, hạ xuống thả và nâng lên lại rồi quay về để tiếp tục gắp các mẫu thức ăn tiếp theo. Hệ thống gắp thức ăn có 4 khối chính, cụ thể:

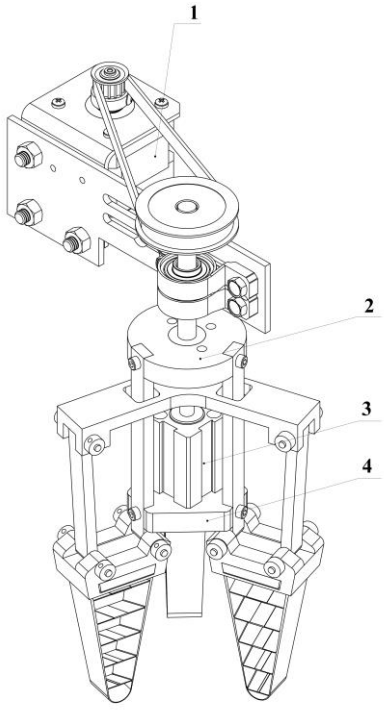


Hình 9. *Hình ảnh biến dạng thực tế của ngón gắp*

- Cơ cấu truyền động ngang
- Cơ cấu truyền động dọc (lên, xuống)
- Cơ cấu xoay thức ăn
- Cơ cấu gắp và nhả thức ăn

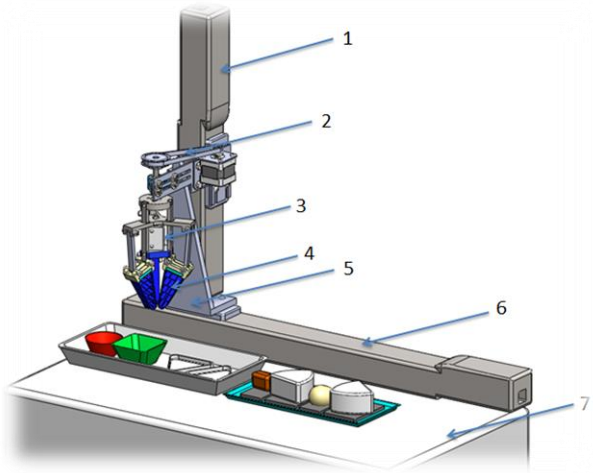
Để điều khiển được chính xác ngón tay đến gắp các thức ăn, nhóm tác giả đã sử dụng bộ truyền RCP6-SA6C-WA-42P-6-150-P3-M-B cho phương thẳng đứng và bộ truyền RCP6-SA6C-WA-42P-20-450-P3-M theo phương ngang của hãng IAI [13]. Với 2 bộ truyền này thì hệ thống có giới hạn di chuyển theo phương ngang và phương thẳng đứng lần lượt là 450 mm và 150 mm.

Để thả các thức ăn vào khay thức ăn đúng với tư thế được yêu cầu từ trước thì nhất thiết phải có cơ cấu để xoay toàn bộ tay gắp. Cơ cấu xoay bao gồm một động cơ bước được kết nối với cơ cấu gắp, thả thức ăn thông qua bộ truyền đai với tỉ số truyền bằng 3 (xem Hình 10). Để đảm bảo độ chính xác của góc quay, tác giả chọn động cơ bước Nema 17 với góc bước 1,8º và mô men hãm 0,28 Nm để làm bộ dẫn động cho cơ cấu xoay.

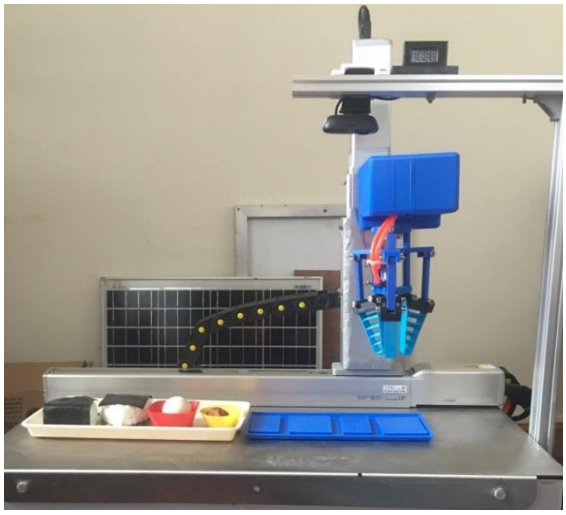


Hình 10. *Cụm cơ cấu xoay của tay gắp: 1: Động cơ bước. 2: Đế gắn cụm tay gắp. 3: Xilanh. 4: Đế gắn xilanh*

Hình 11 và Hình 12 thể hiện bản vẽ 3D và ảnh chụp thực tế của hệ thống gắp thức ăn tự động sử dụng 3 ngón tay gắp mềm.



Hình 11. *Bản vẽ 3D của hệ thống gắp thức ăn tự động. 1: Bộ truyền động phương thẳng đứng. 2: Cơ cấu xoay ngón gắp. 3: Cơ cấu gắp. 4: Ngón tay. 5: Giá đỡ. 6: Bộ truyền động phương ngang. 7: Bàn máy và tủ thiết bị*

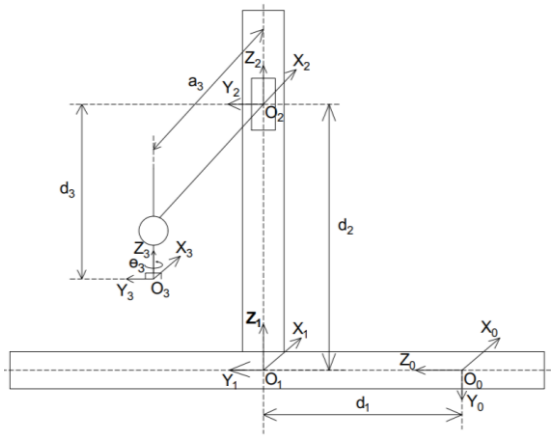


Hình 12. *Ảnh chụp thực tế của hệ thống*

2.3. Tính toán động học

Cánh tay gắp của hệ thống có thể được coi là một xích động học gồm các khâu gắn liền với nhau bằng các khớp quay hoặc tịnh tiến. Để tính toán động lực học cho robot, ta gắn trên mỗi khâu của robot một hệ tọa độ như Hình 13.

Sau khi có hệ tọa độ, ta lập bảng Denavit – Hartenberg như Bảng 1.



Hình 13. *Hệ tọa độ gắn lên từng khâu cánh tay*

Bảng 1. *Bảng thông số DH*

Khâu	θ_i	α_i	d_i	a_i
1	0	90^0	d_1	0
2	0	0	d_2	0
3	θ_3	0	$-d_3$	a_3

Ma trận biến đổi thuần nhất A_i mô tả hướng và vị trí của hệ tọa độ gắn trên khâu thứ i so với hệ tọa độ gắn trên khâu i-1.

$$A_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i & a_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\sin\alpha_i\cos\theta_i & a_i\sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Đặt: $C_1 = \cos\theta_1$; $S_1 = \sin\theta_1$; $C_{12} = \cos(\theta_1 + \theta_2)$; $S_{12} = \sin(\theta 1 + \theta 2)$...

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} C_3 & -S_3 & 0 & a_3C_3 \\ S_3 & C_3 & 0 & a_3S_3 \\ 0 & 0 & 1 & -d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ma trận T_3 mô tả hướng và vị trí của khâu chấp hành cuối đối với hệ tọa độ gốc, T_3 còn được gọi là ma trận vecto cuối.

$$T_3 = A_1A_2A_3 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & y_x & p_x \\ n_y & o_y & y_y & p_y \\ n_z & o_z & y_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ ma trận trạng thái của hệ $X_3Y_3Z_3$ đối với hệ cố định $X_0Y_0Z_0$ ta xác định được điểm tác động cuối của khâu 3 so với hệ cố định và ma trận cosin chỉ phương của khâu 3 so với $X_0Y_0Z_0$ như sau:

$$\vec{n} = [C_3 \quad 0 \quad S_3 \quad 0]^T$$

$$\vec{o} = [-S_3 \quad 0 \quad C_3 \quad 0]^T$$

$$\vec{y} = [0 \quad -1 \quad 0 \quad 0]^T$$

$$\vec{p} = [a_1C_3 \quad d_3 - d_2 \quad a_1S_3 + d_1 \quad 0]^T$$

2.4. Điều khiển hệ thống

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển được thể hiện rõ ở Hình 14, gồm có 5 khối chính:

- Khối nguồn;
- Khối điều khiển;
- Khối module;
- Khối chấp hành;
- Khối xử lý ảnh.

Trong đó, bộ điều khiển trung tâm được sử dụng là PLC FX3G-60M của hãng Mitsubishi có chức năng sau:

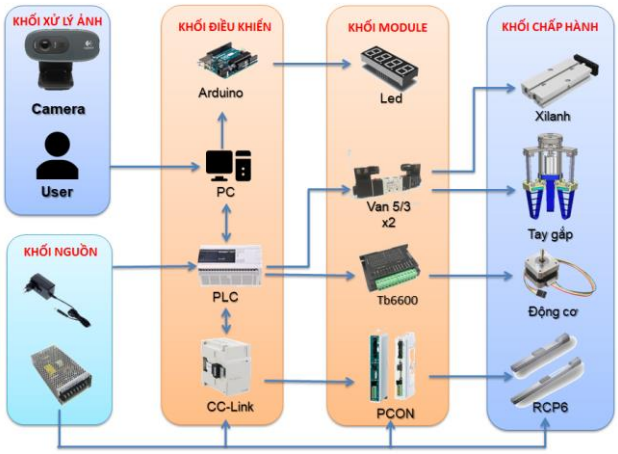
- Điều khiển hai bộ truyền động Robo Cylinder thông qua module CC-Link FX3U-16CCL-M (xem Hình 15) để đưa cánh tay đến các vị trí cho việc gắp thả thức ăn.

- Điều khiển khối động cơ bước để xoay cụm ngón tay để gắp và thả vật đúng góc được yêu cầu.

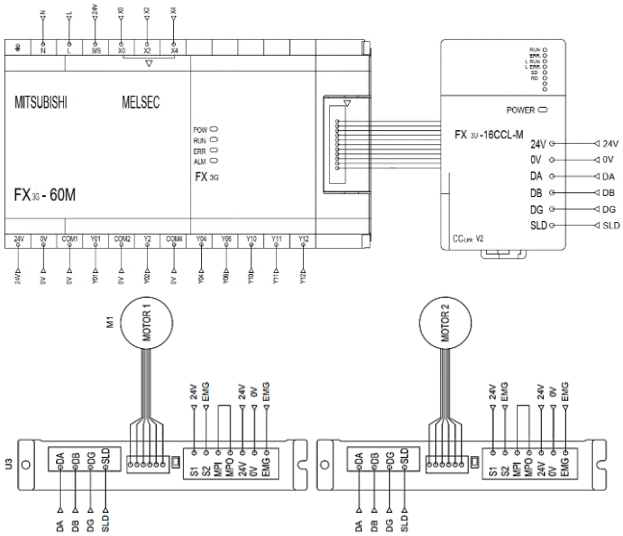
- Điều khiển xilanh thông qua van khí nén 5/3 để đóng mở 3 ngón tay.

- Giao tiếp với máy tính để truyền nhận tín hiệu cho việc xử lý ảnh để xác định các tham số của thức ăn.

- Giao tiếp với vi điều khiển Arduino để điều khiển đồng hồ hiển thị thời gian.

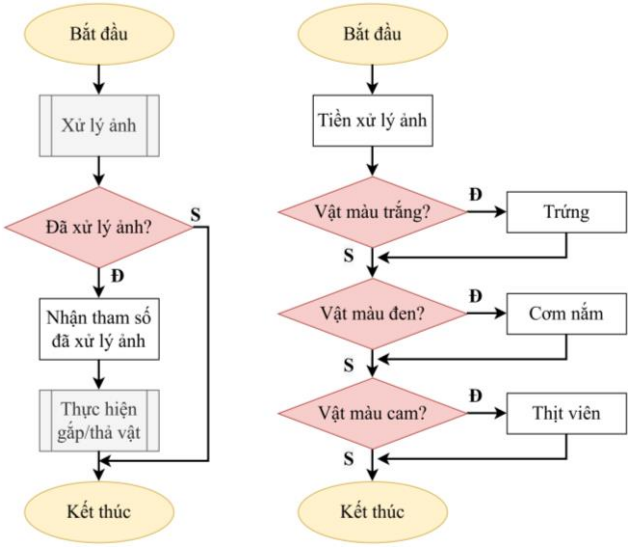


Hình 14. *Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển*



Hình 15. *Sơ đồ mạch điện kết nối PLC với CC-Link để điều khiển động cơ của bộ Robo Cylinder*

Để có thể điều khiển được cánh tay robot đến đúng vị trí của thức ăn và quay đúng góc thì tác giả đã sử dụng kỹ thuật xử lý ảnh bằng phần mềm Visual Studio thông qua một camera với độ phân giải tối đa là 720p/30fps [14]. Lưu đồ thuật toán xử lý ảnh được thể hiện ở Hình 16.



Hình 16. *Lưu đồ thuật toán xử lý ảnh và điều khiển*

Khi nhận được tín hiệu chụp ảnh từ camera, máy tính sẽ thực hiện việc quét ảnh, ảnh sau đó được chuyển về ảnh xám và nhị phân để tiến hành nhận diện từng loại thức ăn như vị trí, góc nghiêng sau đó sẽ gửi tín hiệu cho PLC. Tại đây, PLC sẽ điều khiển cánh tay robot có 4 bậc tự do thông qua bộ điều khiển động cơ và tay gắp thông qua hệ thống khí nén để thực hiện việc gắp và thả thức ăn đến đúng vị trí của nó. Bên cạnh đó, PLC còn điều khiển động cơ bước để thực xoay điều chỉnh góc độ của thức ăn cho phù hợp. Các số liệu vận tốc và gia tốc của bộ truyền động Robo Cylinder sẽ được cài đặt trước vào bộ điều khiển bằng phần mềm PC Interface Software for RCEC.

Bảng 1 thể hiện việc thống kê kết quả chạy thực tế của hệ thống với số lần chạy là 50. Tất cả các lần chạy đều được thực hiện với tổng thời gian là khoảng 15-19 giây, vượt yêu cầu đặt ra là 24 giây. Tỉ lệ thành công của trứng và thịt viên là 96% trong khi đó con số này cho cơm nắm là 90%. Nguyên nhân là do cơm nắm có hình dạng tam giác, nên khi gắp và thả thì cơ cấu quay tay gắp phải xoay đúng vị trí thì mới gắp/nhả được. Còn với mẫu thức ăn trứng và thịt viên thì đơn giản hơn do hình thù bất định của chúng.

Bảng 1. *Thống kê kết quả chạy thực tế của hệ thống*

Loại thức ăn	Số lần gắp	Số lần gắp và thả đúng vị trí	Tỉ lệ (%)
Cơm nắm	50	45	90
Trứng	50	48	96
Thịt viên	50	48	96

3. Kết luận

Hệ thống gắp thức ăn tự động cho cơm hộp được nhóm tác giả thiết kế, chế tạo và điều khiển thành công có khả năng nhận diện, gắp thả 4 mẫu thức ăn với thời gian trung bình cho mỗi chu trình là 16 giây vượt yêu cầu đặt ra là 24 giây. Việc gắp thả thức ăn được đảm bảo đúng với yêu cầu gắp đủ chặt để thức ăn không bị rơi trong quá trình di chuyển nhưng không làm hư hại thức ăn. Tuy nhiên, hệ thống vẫn còn tồn tại một vài hạn chế như bị nhiễu do ánh sáng môi trường trong quá trình xử lý ảnh nhận diện thức ăn. Tác giả vẫn sẽ tiếp tục nghiên cứu các cách để hạn chế tối đa nhiễu cũng như cải tiến phương pháp xử lý ảnh được tốt hơn, nhanh và chính xác hơn.

Lời cám ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Công ty Sunfield, Nhật Bản và sự giúp đỡ của kỹ sư Lê Phước Đạo và Huỳnh Thế Vinh trong quá trình thiết kế, chế tạo và thực nghiệm hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phùng Văn Bình, Nguyễn Trấn Hưng, Lê Hải Long, Nguyễn Anh Tuấn, Trần Anh Vàng. "Nghiên cứu mô phỏng động lực học quá trình gắp của tay gắp mềm rô bốt". *Journal of Science and Technique*, 17(04), 2022, tr. 54-69.

[2] Lê Hoài Nam, Trần Quang Khải, Võ Văn Quốc, Ngô Văn Hoàng Phúc. "Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo các loại tay gắp mềm cho các ứng dụng tương tác giữa robot và các môi trường bất định". *Đề tài NCKH cấp cơ sở, trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng*, 2020. Mã số: T2020-02-05.

[3] Vinh, Đ. P., Vũ, V. N., and Luật, N. H. "Hệ thống gắp thức ăn tự động cho cơm hộp", Tuyển tập Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ nhất Động lực học và Điều khiển, 2019. DOI: 10.15625/vap.2019000263, pp. 98-103.

[4] S. Ma, L. Du, E. Tsuchiya and M. Fuchimi, "Paper-Made Grippers for Soft Food Grasping", *2020 17th International Conference on Ubiquitous Robots (UR)*, 2020, pp. 362-367.

[5] Wang Z., Zhu M., Kawamura S., Hirai S. "Comparison of different soft grippers for lunch box packaging". *Robot Biomimetics*, 4 (10), 2017, https://doi.org/10.1186/s40638-017-0067-1, pp. 1-9.

[6] Chaler E.W., D.R., Glick P., White V., Parness A. "An electrostatic gripper for flexible objects". *Proceedings of the 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (2017), pp. 1172-1179

[7] Y. Kuriyama, Y. Okino, Z. Wang and S. Hirai, "A wrapping gripper for packaging chopped and granular food materials", *Proceedings of 2019 2nd IEEE International Conference on Soft Robotics*, pp. 114-119, 2019.

[8] Z. Wang, K. Or and S. Hirai, "A dual-mode soft gripper for food packaging", *Robotics and Autonomous Systems*, pp. 103427, 2020.

[9] H. Banerjee, Z. T. H. Tse and H. Ren, "Soft robotics with compliance and adaptation for biomedical applications and forthcoming challenges", *International Journal of Robotics and Automation*, vol. 33, no. 1, 2018, pp. 69-80.

[10] Crooks W, Vukasin G, O'Sullivan M, Messner W and Rogers C "Fin Ray® Effect Inspired Soft Robotic Gripper: From the RoboSoft Grand Challenge toward Optimization". *Front. Robot. AI.* Vol. 3, 2016, 1-10. doi: 10.3389/frobt.2016.00070

[11] Le, Hoai Nam, Phuoc Vinh Dang, Anh-Duc Pham, and Nhu Thanh Vo. "System identifications of a 2DOF pendulum controlled by QUBE-servo and its unwanted oscillation factors". *Archive of Mechanical Engineering*, Vol. 67, 2020, pp. 435-450.

[12] Dang, P.V., Vo, N.T., Le, H.N., Pham, A.D., Ngo, T.N., Doan, L.A. "On the Impact Test Methodology for the Quick Estimation of Natural Frequency of the Mechanical Systems". *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore, 2021, https://doi.org/10.1007/978-981-15-9505-9_19, pp. 191-201.

[13] IAI, "RCP6-SA6C / RCP6S-SA6C", 2023, IAI America, Inc., [Online] Available: https://www.intelligentactuator.com/rcp6-sa6c/, 24/2/2023.

[14] Nguyễn Đình Khang, Nguyễn Quốc Đạt, và Đặng Phước Vinh. "Thiết kế và chế tạo vali thông minh ứng dụng công nghệ xử lý ảnh". *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, vol. 20, No. 8, 2022, tr 93-98, https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/7926.