Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: SDMD 2024
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2024.462

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG CÂN ĐA ĐẦU

Trần Nhựt Thanh*, Dương Công Thương, Nguyễn Phước Ân, Đái Tiến Trung và Nguyễn Hoàng Dũng
Khoa Tự động hóa, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): nhutthanh@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 03/06/2024
Sửa bài (Revised): 18/06/2024
Duyệt đăng (Accepted): 24/09/2024

Title: *Design, fabrication and testing of a prototype multi-head weighing system*

Author(s): *Tran Nhut Thanh*, Duong Cong Thuong, Nguyen Phuoc An, Dai Tien Trung and Nguyen Hoang Dung*

Affiliation(s): *Faculty of Automation Engineering, College of Engineering, Can Tho University*

TÓM TẮT

Cân đa đầu được xem là giải pháp cân nhanh và chính xác, được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Tuy nhiên, chi phí đầu tư cho hệ thống cân này khá cao nên khó áp dụng cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Do đó, việc nghiên cứu và tự chủ trong việc thiết kế và chế tạo hệ thống cân đa đầu là rất cần thiết. Nghiên cứu này trình bày việc thiết kế và chế tạo toàn bộ một hệ thống cân đa đầu từ phần cứng đến phần mềm để cân sản phẩm có khối lượng trong khoảng 1 kg. Hệ thống đã được thử nghiệm bằng việc cân khối lượng của hạt đậu ngự với sai số trong khoảng 1%. Ngoài ra, một màn hình cảm ứng với giao diện trực quan đã được thiết kế để điều khiển và giám sát hệ thống cân. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống cân đa đầu đã được thiết kế và thử nghiệm thành công. Điều này giúp cho các doanh nghiệp dễ dàng làm chủ công nghệ chế tạo hệ thống cân nhanh và chính xác này.

Từ khóa: *Cân nhanh và chính xác, giải thuật cân, hệ thống cân đa đầu, tìm kiếm tổ hợp tối ưu*

ABSTRACT

A multi-head weighing system is considered a fast and accurate weighing solution and is widely used in many fields. However, the investment cost for this weighing system is quite high, so it is difficult to apply to small and medium companies. Therefore, it is necessary to investigate and be proactive in designing and manufacturing a multi-head weighing system. This study presents the design and manufacturing of an entire multi-head weighing system from hardware to software to weigh products weighing about 1 kg. The system was tested by weighing the mass of lima beans with an error of about 1%. In addition, a touchscreen with an intuitive interface was designed to control and monitor the weighing system. The research results show that the multi-head weighing system has been successfully designed and tested. This makes it easier for small and medium companies to design and build their own fast and accurate weighing system.

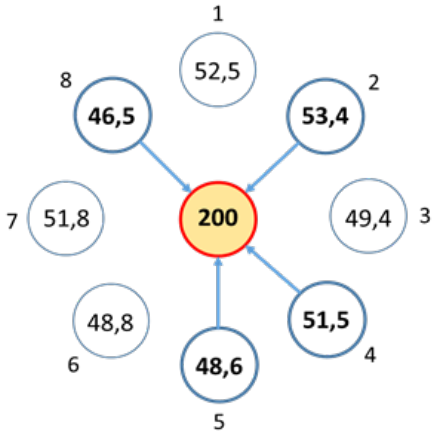
Keywords: *Fast and accurate weighing, multi-head weighing system, optimal combination, weighing algorithm*

1. GIỚI THIỆU

Cân định lượng là một thiết bị rất hữu ích trong việc định lượng chính xác khối lượng hàng hóa. Vì vậy, thiết bị này thường được sử dụng cùng với các máy đóng gói để tự động hóa và chuẩn hóa quy trình sản xuất. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các hệ thống cân tự động ngày càng được cải tiến để hoàn thiện hơn về độ chính xác cũng như tốc độ cân, trong đó nổi bật nhất phải kể đến là hệ thống cân đa đầu. Hệ thống cân đa đầu được phát triển và giới thiệu lần đầu tiên bởi Công ty Ishida vào năm 1972 và phục vụ chủ yếu trong lĩnh vực công nghiệp thực phẩm (Ishida, 2024). Nhờ vào độ chính xác cao và tốc độ cân nhanh, hệ thống cân đa đầu ngày nay được sử dụng cho rất nhiều lĩnh vực khác nhau và thường được tích hợp vào các dây chuyền cân và đóng gói sản phẩm tự động.

Hệ thống cân đa đầu gồm có nhiều đầu cân và tại mỗi đầu cân thường có 3 bộ phận chính là bộ phận cấp liệu, bộ phận cân và bộ phận tổng hợp nguyên liệu. Nguyên liệu sẽ được cung cấp vào các đầu cân để xác định khối lượng của từng đầu cân. Sau đó, bộ điều khiển trung tâm sẽ nhận thông tin về khối lượng sản phẩm tại các đầu cân và tính toán khối lượng của tất cả các tổ hợp có thể xảy ra từ các đầu cân để tìm ra tổ hợp có khối lượng gần với khối lượng mong muốn nhất. Sau cùng, hệ thống cân sẽ xả nguyên liệu tại các đầu cân tương ứng với tổ hợp được chọn. Hình 1 mô tả nguyên lý hoạt động của hệ thống cân đa đầu với 8 đầu cân và thực hiện việc tìm kiếm tổ hợp tối ưu khi khối lượng mong muốn là 200 g. Từ Hình 1 này cho thấy nếu kết hợp các đầu cân tại vị trí số 2, 4, 5 và 8 thành một tổ hợp sẽ cho qua kết quả cân đúng với khối lượng mong muốn. Do đó, các đầu cân tại vị trí 2, 4, 5 và 8 sẽ được chọn và nguyên liệu tại các đầu cân này sẽ được xả ra. Tuy nhiên, hệ thống cân đa đầu không bắt buộc phải tìm kiếm được tổ hợp có khối lượng đúng với khối lượng mong muốn. Người dùng có thể cài đặt giá trị sai số cho phép phù hợp với quy định của từng loại sản phẩm cụ thể.

Hiện nay việc cân để đóng gói sản phẩm tại các cơ sở đóng gói thường được thực hiện thủ công. Do đó, để cân chính xác một khối lượng nhất định cho một gói sản phẩm, người cân cần phải cẩn thận lựa chọn những sản phẩm có khối lượng hợp lý để kết hợp lại nhau. Đặc biệt, trong trường hợp cân các sản phẩm nông nghiệp và thủy sản thì quá trình lựa chọn các sản phẩm phù hợp để kết hợp lại với nhau cho đúng khối lượng mong muốn càng khó khăn hơn do khối lượng các sản phẩm này thường không đồng đều nhau. Do đó, hệ thống cân đa đầu được xem là giải pháp tốt nhất trong việc cân nhanh và chính xác, giúp tăng năng suất, giảm chi phí sản xuất và hướng đến việc tự động hóa toàn bộ quá trình cân và đóng gói sản phẩm.



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống cân đa đầu

Bên cạnh công ty Ishida, một số công ty lớn trên thế giới cũng đã tham gia vào việc chế tạo và kinh doanh hệ thống cân đa đầu chẳng hạn như công ty Yamato (Nhật Bản), công ty Vtops (Trung Quốc), công ty ATCOPACK (Các Tiểu vương quốc Ả Rập Thống nhất). Mặc dù có nhiều sản phẩm thương mại từ nhiều công ty khác nhau đã bán trên thị trường nhưng nhìn chung giá thành của các hệ thống cân đa đầu thường khá cao. Điều này làm cho hầu hết các doanh nghiệp vừa và nhỏ khó có thể sử dụng được hệ thống cân nhanh và chính xác này.

Để từng bước tiếp cận công nghệ hệ thống cân đa đầu, một số công trình nghiên cứu trước đây cũng đã đề cập đến các giải thuật tìm kiếm tổ hợp các đầu cân để giảm thiểu tối đa sai số trong quá trình cân. James and Kim (2007) đã đề xuất một giải thuật tìm kiếm tổ hợp tối ưu mà tiết kiệm được thời gian tính toán bằng cách dùng thêm bộ phận nhớ tạm. Vài nghiên cứu đã thảo luận vấn đề thiết kế tối ưu cho hệ thống cân đa đầu và đã chỉ ra rằng số lượng đầu cân càng nhiều thì độ chính xác càng cao (Beretta et al., 2016; del Castillo et al., 2017; Van Niekerk et al., 2021). Một số nhóm nghiên cứu đã đề xuất giải pháp tìm kiếm tổ hợp tối ưu có xem xét cả hai mục tiêu đó là độ chính xác và thời gian tìm kiếm (Carlos García-Díaz & Pulido-Rojano, 2017; Pulido-Rojano et al., 2015; Rojano & Díaz, 2020; Karuno & Nakahama, 2020; García-Jiménez et al., 2024). Nhìn chung, các nghiên cứu này đã tập trung tìm kiếm các giải thuật nhằm tăng độ chính xác và tăng tốc độ xử lý. Tuy nhiên, các giải thuật này chỉ được

mô phỏng trên máy tính, vẫn chưa thật sự kiểm chứng tính hiệu quả trên hệ thống thật. Parag et al. (2016) đã thử nghiệm một hệ thống cân đa đầu sử dụng vi điều khiển làm bộ xử lý trung tâm. Tuy nhiên, kết quả thực nghiệm vẫn chưa đạt được như mong muốn do dữ liệu còn bị nhiễu trong quá trình cân.

Từ những phân tích trên cho thấy rằng hệ thống cân đa đầu thương mại có chi phí cao, khó áp dụng rộng rãi cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ ở Việt Nam. Các nghiên cứu trước về hệ thống cân đa đầu chủ yếu tập trung phát triển giải thuật và mô phỏng giải thuật trên máy tính nên vẫn chưa thể triển khai ứng dụng thực tế. Do đó, nghiên cứu này sẽ thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thực tế một hệ thống cân đa đầu với chi phí thấp và độ chính xác đáp ứng được yêu cầu theo quy định hiện hành. Từ đó, các doanh nghiệp vừa và nhỏ có thể dễ dàng từng bước làm chủ công nghệ chế tạo hệ thống cân nhanh và chính xác này và hướng đến việc tự động hóa hoàn toàn trong công đoạn cân định lượng và đóng gói sản phẩm.

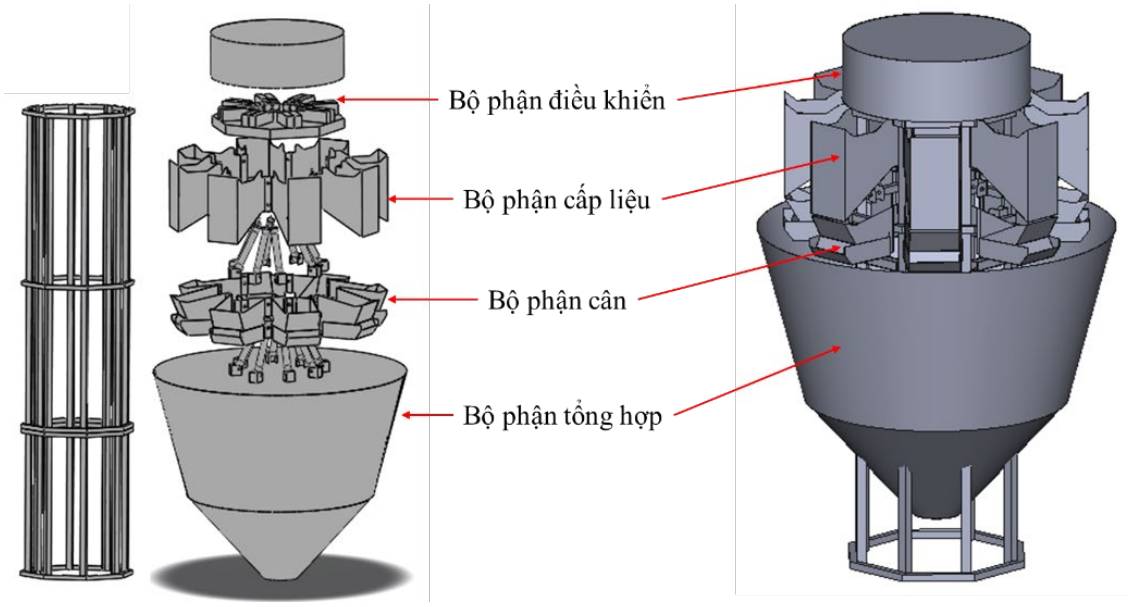
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về hệ thống

Trong nghiên cứu này, hệ thống cân được thiết kế để cân sản phẩm có khối lượng không quá 1 kg và hệ thống sẽ được thực nghiệm trên sản phẩm khô, dạng hạt.

Hệ thống cân đa đầu được thiết kế gồm có 8 đầu cân và được chia thành bốn bộ phận chính gồm: bộ phận cấp liệu, bộ phận cân, bộ phận tổng hợp nguyên liệu, và bộ phận điều khiển. Mỗi đầu cân đều có thành phần cấp liệu và thành phần cân tương ứng và riêng biệt. Hình 2 thể hiện hình dáng và cách bố trí các bộ phận của hệ thống. Trong thiết kế này, bộ phận điều khiển được đặt ở trên cùng và được bảo vệ bằng nắp đậy. Tiếp theo ở phía dưới lần lượt là bộ phận cấp liệu, bộ phận cân và cuối cùng là bộ phận tổng hợp nguyên liệu sau khi cân xong. Các bộ phận này được liên kết với nhau và cố định lại trên một bộ khung kim loại.

Bộ phận cấp liệu có nhiệm vụ tiếp nhận nguyên liệu đầu vào để cung cấp cho bộ phận cân. Bộ phận cân thực hiện việc tính toán khối lượng nguyên liệu được cấp và gửi đến bộ phận điều khiển. Bộ phận điều khiển sẽ lựa chọn tổ hợp các đầu cân có khối lượng phù hợp và xuất tín hiệu điều khiển để xả nguyên liệu tại các đầu cân được chọn. Bộ phận tổng hợp sẽ tập trung nguyên liệu được xả ra từ các đầu cân tại một cửa ra.



Hình 2. Tổng quan về các thành phần của hệ thống

2.2. Thiết kế phần cứng

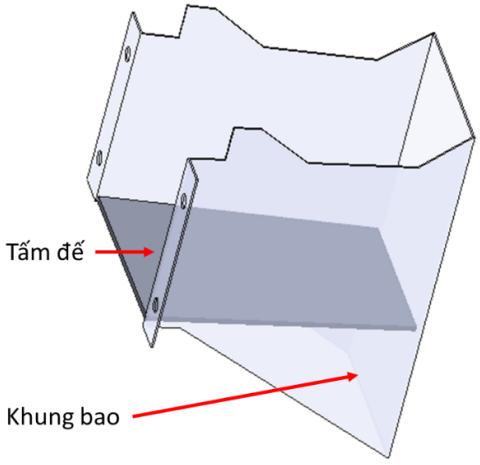
2.2.1. Thiết kế bộ phận cấp liệu

Bộ phận cấp liệu gồm có 8 khay chứa và các khay chứa này được bố trí đều xung quanh thân của hệ thống. Mỗi khay chứa đều có hai thành phần chính là phần khung bao và tấm đế, được thể hiện ở Hình 3 (a).

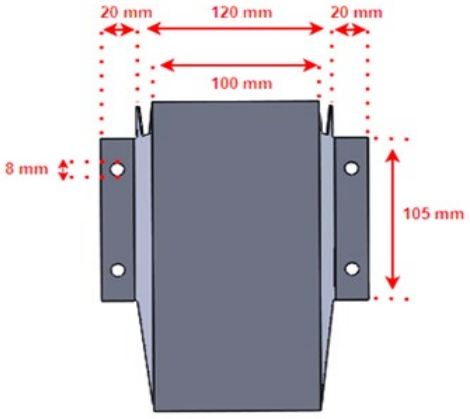
Phần khung bao vừa có nhiệm vụ kết hợp với tấm đế để giữ nguyện liệu tại khây chứa và vừa có nhiệm vụ dẫn hướng nguyên liệu đi xuống bộ phận

cân khi cần. Tấm đế được gắn trên một cơ cấu quay và được điều khiển để có thể đóng hoặc mở khay chứa.

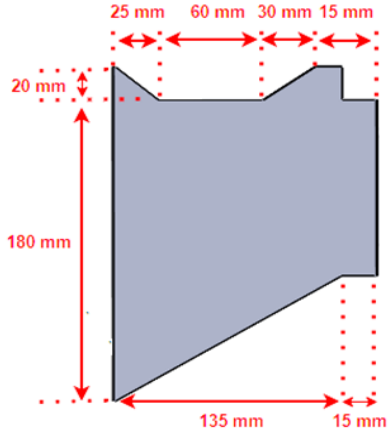
Hình 3 (b) và (c) thể hiện kích thước chi tiết của khay chứa trong hệ thống này. Theo đó, kích thước của phần khung bao được thiết kế với chiều dài, rộng và cao lần lượt là 150, 120, và 200 mm. Tấm đế có kích thước là 150 x 120 x 2 mm, được làm bằng vật liệu mica.



(a)



(b)



(c)

Hình 3. Bộ phận cấp liệu: cấu tạo (a) và kích thước (b) và (c)

2.2.2. Thiết kế bộ phận cân

Bộ phận cân gồm có 8 khay cân được đặt phía dưới tương ứng với vị trí của các khay chứa của bộ phận cấp liệu. Mỗi khay cân được cấu tạo bởi một khung bao, một bàn cân và một cảm biến khối lượng, được thể hiện ở Hình 4 (a).

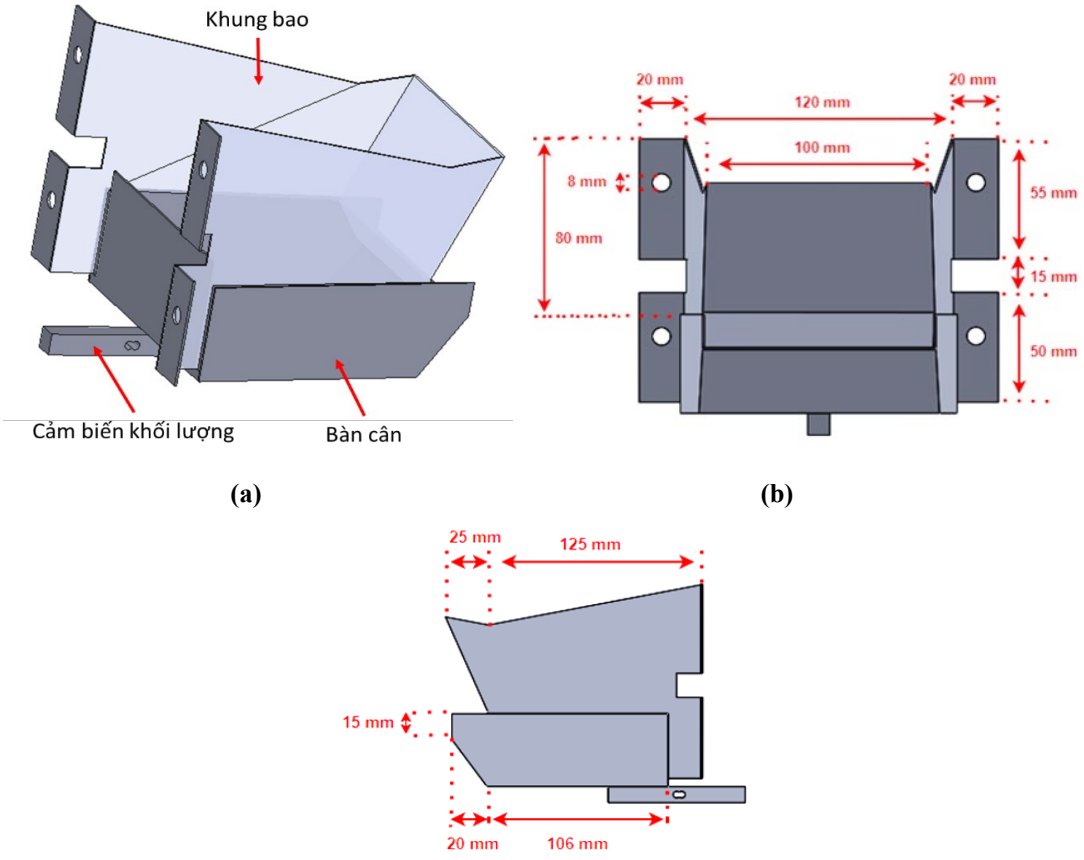
Khung bao và bàn cân phối hợp lại với nhau để giữ nguyên liệu nằm trên bàn cân. Bàn cân được đặt trên một cảm biến khối lượng để cân khối lượng của nguyên liệu. Trong nghiên cứu này, một cảm biến khối lượng giá rẻ với khả năng lặp lại 0,05% (YZC – 133) đã được sử dụng. Cảm biến này có thể cân tối đa đến 1 kg. Bên cạnh đó, một mạch xử lý tín hiệu (KM02A) đã được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu của cảm biến khối lượng sang dạng dòng điện (4 – 20 mA) và truyền đến bộ phận điều khiển.

Bàn cân và cảm biến khối lượng được liên kết cứng với nhau và được đặt trên một trục quay. Khi cần thiết xả nguyên liệu thì bàn cân và cảm biến sẽ được quay một góc 45 độ theo phương thẳng đứng và hướng xuống để xả hết nguyên liệu ra khỏi bàn cân. Hình dáng và kích thước chi tiết của khay cân được thể hiện ở Hình 4 (b) và (c).

2.2.3. Thiết kế bộ phận điều khiển

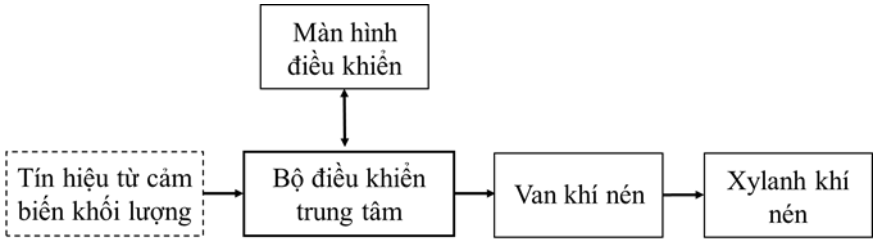
Bộ phận điều khiển có nhiệm vụ đọc dữ liệu từ bộ phận cân, tính toán khối lượng, lựa chọn tổ hợp các đầu cân tối ưu và sau đó là xuất tín hiệu điều khiển để xả nguyên liệu tại các đầu cân được chọn. Ngoài ra, tùy theo nhu cầu đóng gói, người dùng còn có thể thay đổi khối lượng cần cân và sai số cho phép trực tiếp từ hệ thống cân. Do đó, bộ phận điều khiển trong nghiên cứu này được thiết kế có 4 thành phần chính gồm bộ điều khiển trung tâm, màn hình điều khiển, van khí nén và xy lanh khí nén. Sơ đồ kết nối của các thành phần này được thể hiện ở Hình 5.

Để phục vụ cho việc đóng hoặc mở nhanh cho bộ phận cấp liệu và bộ phận cân, giải pháp xy lanh khí nén đã được cân nhắc sử dụng trong nghiên cứu này. Ngoài việc tác động nhanh, việc sử dụng xy lanh khí nén còn hạn chế tối đa việc gây mất an toàn vệ sinh trong quá trình cân và giải pháp này có chi phí đầu tư thấp. Bên cạnh đó, một bộ điều khiển logic có thể lập trình được sử dụng là bộ điều khiển trung tâm thay vì sử dụng vi điều khiển hay bộ máy vi tính vì nó có khả năng xử lý mạnh mẽ, nhỏ gọn, chóng nhiễu tốt và làm việc bền bỉ. Ngoài ra, một màn hình cảm ứng được sử dụng để người dùng có thể điều khiển và giám sát hoạt động của hệ thống.



(a) **(b)** **(c)**

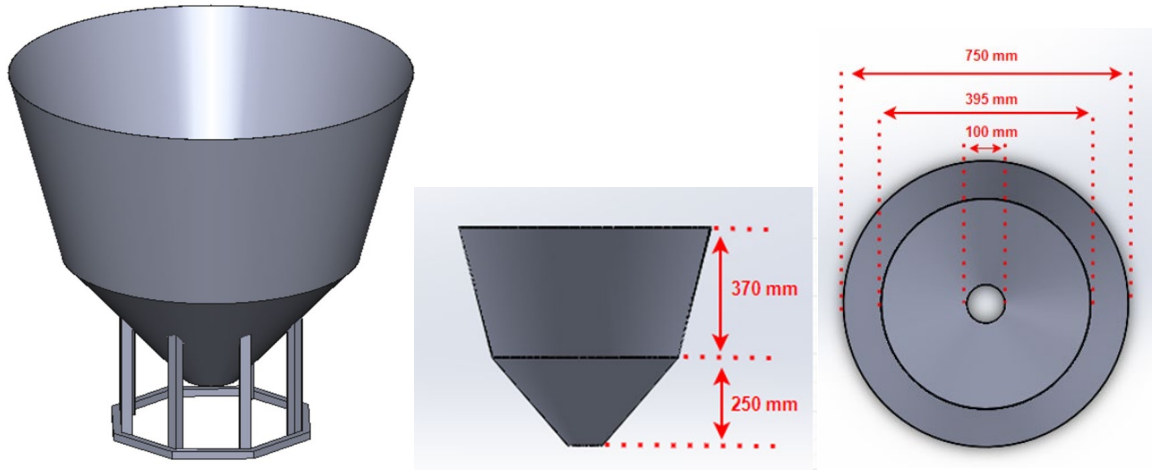
Hình 4. Bộ phận cân: cấu tạo (a) và kích thước (b) và (c)



Hình 5. Sơ đồ kết nối các thành phần của bộ phận điều khiển

2.2.4. Thiết kế bộ phận tổng hợp nguyên liệu

Do có nhiều đầu cân được bố trí xung quanh nên bộ phận tổng hợp nguyên liệu đã được sử dụng để thuận tiện hơn trong việc gom nguyên liệu tại các đầu cân được chọn. Trong hệ thống cân này, bộ phận tổng hợp nguyên liệu được thiết kế ở dạng phễu, được thể hiện ở Hình 6 (a). Phần miệng của bộ phận tổng hợp nguyên liệu bao bọc xung quanh các đầu cân và có đường kính là 750 mm. Phần thân của bộ phận tổng hợp nguyên liệu sẽ hẹp dần và đầu ra của bộ phận này có đường kính 100 mm. Kích thước chi tiết của bộ phận tổng hợp được thể hiện ở Hình 6 (b) và (c).



(a) **(b)** **(c)**

Hình 6. Bộ phận tổng hợp: cấu tạo (a) và kích thước (b) và (c)

2.3. Chương trình điều khiển

2.3.1. Chương trình chính của hệ thống

Hệ thống cân đề xuất hoạt động theo một trình tự được thể hiện ở Hình 7. Ở lần cân thứ nhất, sau khi khởi động hệ thống, người dùng sẽ cài đặt khối lượng mong muốn (Q_0) và sai số cho phép (E_0) cho hệ thống. Sau đó, nguyên liệu sẽ được cấp vào tất cả các đầu cân (khay chứa) của bộ phận cấp liệu. Tiếp theo, bộ phận cân sẽ cân khối lượng nguyên liệu tại mỗi đầu cân được cung cấp từ bộ phận cấp liệu. Sau khi có được khối lượng nguyên liệu của các đầu, bộ phận điều khiển sẽ tìm kiếm và lựa chọn tổ hợp các đầu cân tối ưu về sai số. Và cuối cùng, nguyên liệu tại các đầu cân được chọn sẽ được xả ra và kết quả lựa chọn gồm khối lượng (Q_m), sai số (E_m), và vị trí đầu cân (Idx_m), sẽ được hiển thị tại màn hình điều khiển.

Nếu chưa dừng hệ thống thì ở các lần cân sau, nguyên liệu chỉ cần cung cấp và cân khối lượng đối với các đầu cân đã được xả ra ở lần cân trước. Sau đó, việc tìm kiếm tổ hợp tối ưu, xả nguyên liệu và hiển thị thông tin kết quả lựa chọn sẽ được thực hiện tương tự như cho tất cả các lần cân.

2.3.2. Giải thuật tìm kiếm tổ hợp tối ưu

Giải thuật tìm kiếm tổ hợp tối ưu là giải thuật quan trọng của hệ thống cân, giúp cho hệ thống vừa cân nhanh và vừa chính xác. Khi số lượng tổ hợp càng nhiều thì khả năng tìm kiếm được tổ hợp tối ưu càng cao. Bảng 1 thể hiện số lượng tổ hợp tương ứng với số đầu cân được chọn trong số 8 đầu cân.

Bảng 1. Số lượng tổ hợp tương ứng với số đầu cân

Số đầu cân được chọn	1	2	3	4	5	6	7	8
Số tổ hợp	8	28	56	70	56	28	8	1

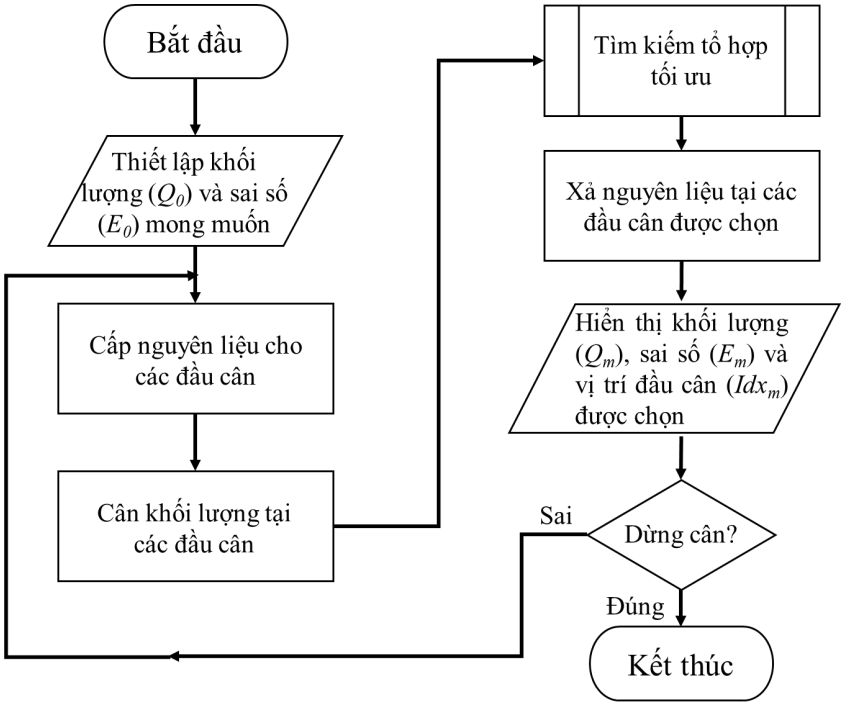
Theo Bảng 1, tổ hợp của 4 đầu cân có số lượng tổ hợp cao nhất (70 tổ hợp) và tiếp đến là tổ hợp của 3 hoặc 5 đầu cân (56 tổ hợp). Do đó, nguyên liệu khi được cung cấp vào các đầu cân cần điều chỉnh phù hợp để hướng tới việc lựa chọn 4 tổ hợp sẽ đạt được khối lượng cân mong muốn. Tuy nhiên, nguyên liệu tại các đầu cân thường được cung cấp nhanh và tự động theo phương pháp rung động hoặc xoay nên khối lượng tại các đầu cân thường không bằng nhau (Hartmann et al., 2023). Do đó, việc lựa chọn thêm tổ hợp các đầu cân cần được mở rộng. Để cân bằng giữa cơ hội tìm kiếm được tổ hợp tối ưu (mở rộng số lượng tổ hợp) và thời gian tìm kiếm, tổ hợp của 3, 4, và 5 đầu cân được lựa chọn trong nghiên cứu này. Giải thuật đề xuất này được trình bày ở Hình 8.

Đầu tiên, khối lượng (Q_3) và sai số (E_3) của các tổ hợp 3 đầu cân sẽ được tính toán. Nếu tìm được tổ hợp có khối lượng bằng với khối lượng mong muốn

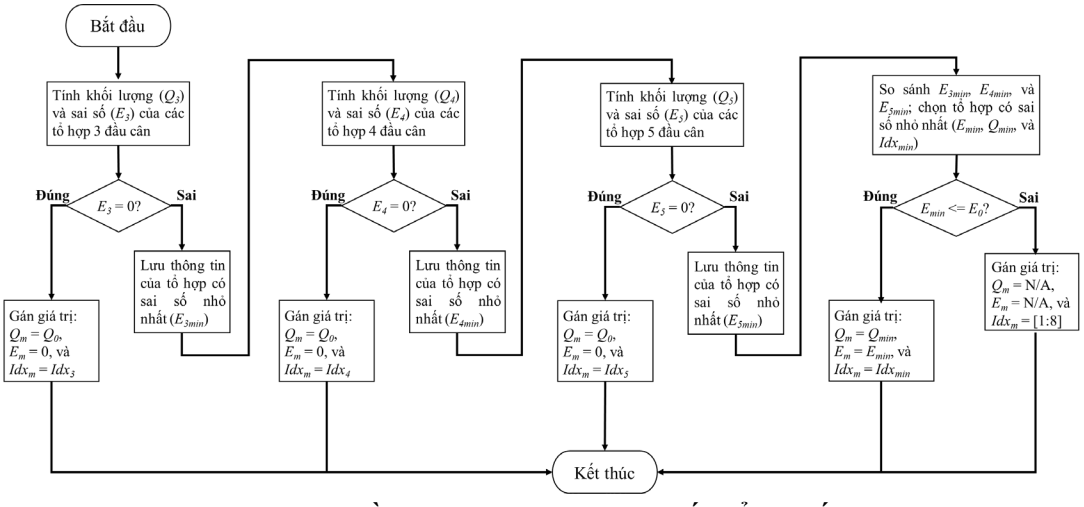
($Q_3 = Q_0$, khi đó $E_3 = 0$) thì quá trình tìm kiếm sẽ kết thúc và ghi nhận vị trí các đầu cân trong tổ hợp được lựa chọn. Nếu không có tổ hợp nào thỏa mãn điều kiện $E_3 = 0$ thì ghi nhận thông tin của tổ hợp có sai số nhỏ nhất (E_{3min}) trong các tổ hợp 3 đầu cân và tiếp tục xem xét đến các tổ hợp của 4 đầu cân.

Quá trình tìm kiếm tổ hợp tối ưu của 4 đầu cân và 5 đầu cân cũng được thực hiện tương tự bằng cách tính khối lượng và sai số của các tổ hợp. Nếu tìm kiếm được một tổ hợp có sai số bằng 0 thì dừng quá trình tìm kiếm và ghi nhận thông tin của tổ hợp đó. Nếu không tìm được tổ hợp có sai số bằng 0 thì ghi nhận thông tin của tổ hợp có sai số nhỏ nhất trong các tổ hợp (E_{4min} và E_{5min}).

Khi không có tổ hợp nào thỏa mãn điều kiện sai số bằng 0 thì các sai số nhỏ nhất trong mỗi tổ hợp 3 đầu cân (E_{3min}), 4 đầu cân (E_{4min}) và 5 đầu cân (E_{5min}) sẽ được so sánh để tìm ra sai số nhỏ nhất, được gọi là E_{min}. Nếu sai số nhỏ nhất E_{min} thỏa mãn yêu cầu về sai số ($E_{min} \leq E_0$) thì tổ hợp tương ứng đó sẽ được lựa chọn. Nếu E_{min} không thỏa mãn yêu cầu về sai số thì không có tổ hợp nào được lựa chọn. Lúc này, tất cả 8 đầu cân đều được kích hoạt để xả nguyên liệu ra và bắt đầu lại quy trình mới.



Hình 7. Lưu đồ mô tả hoạt động của hệ thống



Hình 8. Lưu đồ minh họa giải thuật tìm kiếm tổ hợp tối ưu

2.4. Phương pháp đánh giá hệ thống

Để đánh giá hoạt động của phần cứng, phần mềm và sự kết hợp của toàn bộ hệ thống, một số thí nghiệm cân sản phẩm thực tế đã được thực hiện. Có 8 khối lượng mong muốn đã được thử nghiệm trong khoảng từ 50 đến 900 gram gồm: 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, và 900 gram. Ở mỗi khối lượng mong muốn, các thí nghiệm cân sẽ được lặp lại 10 lần. Để tính toán sai số của mỗi lần cân, một thiết bị cân thương mại có độ chính xác ± 2g (Tanita KJ-210M) đã được sử dụng.

Ngoài ra, Bộ Khoa học và Công nghệ đã ban hành Thông tư số 21/2014/TT-BKHCN (gọi tắt là Thông tư 21) quy định về đo lường đối với lượng của hàng hóa đóng gói sẵn (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2014). Do đó, kết quả sai số của các thí nghiệm sẽ được so sánh với sai số cho phép theo Thông tư 21, được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Khối lượng mong muốn và sai số cho phép

Khối lượng (Q_0) (đơn vị: g)	**Sai số (E_0)** (theo % của Q_0)
50	9,0
100	4,5
200	4,5
300	3,0
400	3,0
500	3,0
700	2,1
900	1,6

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hệ thống sau khi thiết kế

Sau quá trình gia công, hệ thống cân đề xuất đã được lắp ráp hoàn chỉnh và được thể hiện ở Hình 9 (a). Để dễ dàng gia công và hiệu chỉnh, tôn tấm có độ dày 3 mm là vật liệu chính đã được sử dụng để chế tạo các bộ phận cấp liệu, bộ phận cân và bộ phận tổng hợp của hệ thống cân này. Phần khung của hệ thống được làm bằng thanh sắt vuông có kích thước 20 x 20 mm với độ dày 3 mm. PLC CompactLogix L18 của hãng Rockwell Automation được sử dụng làm bộ điều khiển trung tâm của hệ thống. Một màn hình cảm ứng 10.4 inch đã được sử dụng để thiết kế giao diện điều khiển cho hệ thống. Một số thông tin quan trọng về hệ thống được thể hiện ở Bảng 3.

Hình 9 (b) thể hiện giao điều khiển của hệ thống sau khi thiết kế. Tại giao diện điều khiển này, người dùng có thể sử dụng các nút nhấn phía bên trái của giao diện để vận hành hệ thống theo các bước sau:

Bước 1: Nhấn nút START để khởi động hệ thống

Bước 2: Nhấn nút RESET để đưa hệ thống trở về trạng thái ban đầu

Bước 3: Nhập giá trị khối lượng mong muốn (Q_0) và sai số cho phép (E_0)

Bước 4: Nhấn nút RUN để hệ thống bắt đầu hoạt động.

Bước 5: Nhấn nút STOP để dừng tạm thời hệ thống.



(a) (b)

Hình 9. Hệ thống sau khi thiết kế và chế tạo (a) và màn hình điều khiển (b)

Bên cạnh đó, nút nhất E-STOP được thiết kế cho mục đích dừng khẩn cấp. Khi nhấn nút STOP, hệ thống sẽ dừng hoạt động sau khi hoàn tất một chu trình làm việc. Khi nhấn nút E-STOP, hệ thống sẽ dừng hoạt động ngay lập tức. Ngoài ra, bên phải của giao diện điều khiển này là khu vực thể hiện các đầu cân được chọn (các ô số có nền màu cam) với khối lượng cân được (Q_m) và sai số tương ứng (E_m).

Bảng 3. Thông số cơ bản của hệ thống cân đa đầu

Thông số	Giá trị
Số đầu cân	8
Khoảng cân (g)	50 ~ 900
Sai số	~ 1%
Bộ điều khiển trung tâm	PLC CompactLogix L18 (Allen-Bradley /Rockwell Automation)
Màn hình điều khiển	Màn hình cảm ứng 10.4 inch (PanelView 5310, Rockwell Automation)
Nguồn điện	AC 220 V, 50 Hz
Nguồn khí nén (MPa)	0,4 ~ 0,7
Kích thước (mm)	800 x 800 x 1,100

3.2. Kết quả thực nghiệm cân khối lượng sản phẩm

Quy trình thực nghiệm cân sản phẩm là hạt đậu ngự (đậu bơ) với các khối lượng mong muốn khác nhau được thực hiện thông qua các bước sau: Nhập khối lượng mong muốn và sai số cho phép từ giao diện điều khiển. Sau đó cấp liệu vào tất cả các đầu cân, nhấn nút RUN trên giao diện điều khiển. Hệ thống sẽ tự động lựa chọn tổ hợp tối ưu và xả nguyên liệu ra tại cửa ra. Nguyên liệu được chọn sau đó được thu gom và cân lại với cân thương mại dùng làm chuẩn. Cuối cùng, sai số sẽ được tính toán và đánh giá kết quả cân dựa theo Thông tư 21. Bảng 4 và 5 minh họa cho kết quả của 10 lần cân với khối lượng mong muốn là 300 g và 900 g.

Với kết quả thu được từ Bảng 4 cho thấy, trong 10 lần cân thì có 6 lần khối lượng cân được bằng đúng với khối lượng mong muốn (sai số là 0 %). Sai số lớn nhất trong 10 lần cân này là 2,3%, xuất hiện ở lần cân thứ 2 và sai số trung bình của 10 lần cân này là 0,6 %. Kết quả đánh giá sai số cho 10 lần cân này đều đạt yêu cầu theo Thông tư 21. Điều này cho thấy ở khối lượng mong muốn 300 g, hệ thống cân đã hoạt động đáp ứng được yêu cầu.

Bảng 4. Kết quả thực nghiệm với khối lượng mong muốn Q_0 = 300 g và sai số cho phép E_0 = 3 %

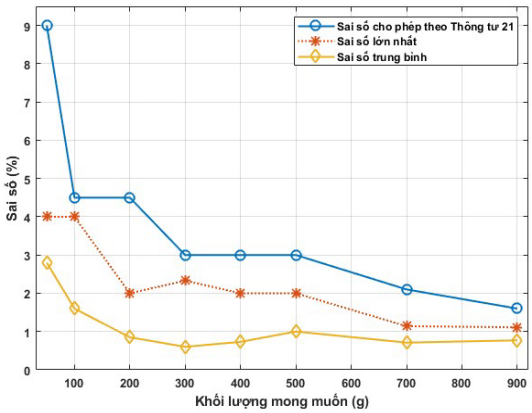
Khối lượng (Q_m) (đơn vị: g)	Sai số (E_m) (theo % của Q_0)	Đánh giá theo TT21
300	0,0	Đạt
307	2,3	Đạt
300	0,0	Đạt
302	0,7	Đạt
300	0,0	Đạt
300	0,0	Đạt
304	1,3	Đạt
295	1,7	Đạt
300	0,0	Đạt
300	0,0	Đạt
Sai số TB (%)	**0,6**	
Sai số lớn nhất (%)	**2,3**	

Bảng 5. Kết quả thực nghiệm với khối lượng mong muốn Q_0 = 900 g và sai số cho phép E_0 = 1,6 %

Khối lượng (Q_m) (đơn vị: g)	Sai số (E_m) (theo % của Q_0)	Đánh giá theo TT21
905	0,6	Đạt
907	0,8	Đạt
905	0,6	Đạt
907	0,8	Đạt
890	1,1	Đạt
897	0,3	Đạt
890	1,1	Đạt
893	0,8	Đạt
910	1,1	Đạt
905	0,0	Đạt
Sai số TB (%)	**0,7**	
Sai số lớn nhất (%)	**1,1**	

Bảng 5 này cho thấy rằng mặc dù trong 10 lần cân thì chỉ có một lần khối lượng cân được bằng đúng với khối lượng mong muốn (ở lần cân thứ 10) nhưng sai số trung bình của 10 lần cân này vẫn thấp với 0,7 %. Sai số lớn nhất trong 10 lần cân này là 1,1 %, xuất hiện ở lần cân thứ 5, 7 và 9. Kết quả đánh giá sai số cho 10 lần cân này đều đạt yêu cầu theo Thông tư 21. Điều này cho thấy ở khối lượng mong muốn 900 g, hệ thống cân cũng đã hoạt động đáp ứng được yêu cầu.

Hình 10 thể hiện sai số của 8 khối lượng mong muốn khác nhau trong khoảng từ 50 g đến 900 g đã được thực nghiệm trên hệ thống cân đề xuất.



Hình 10. Sai số của các khối lượng cân khác nhau

Từ Hình 10 cho thấy sai số trung bình của các khối lượng cân khác nhau đều ở mức nhỏ hơn 1 %, trừ trường hợp khối lượng cân là 100 g (1,6 %) và 50 g (2,8 %). Mức sai số lớn nhất của các khối lượng cân được khảo sát đều nhỏ hơn mức sai số cho phép theo Thông tư 21. Điều này cho thấy hệ thống cân được thiết kế đã đáp ứng được yêu cầu thực tế về sai số trong khoảng đã khảo sát.

3.3. Thảo luận

Nghiên cứu này đã thiết kế, gia công và lắp ráp hoàn thiện một hệ thống cân đa đầu phục vụ cho việc cân nhanh và chính xác. Hệ thống được thiết kế đã thử nghiệm thành công trong việc cân sản phẩm với các khối lượng khác nhau trong khoảng từ 50 g đến 900 g với các sai số đều nhỏ hơn mức sai số cho phép của Thông tư 21. Do hệ thống hiện tại là phiên bản đầu tiên và mới chỉ tập trung vào tính năng cơ bản là cân chính xác nên hệ thống hiện tại vẫn còn một số vấn đề cần được cải tiến trong thời gian tới như sau:

Về phần cứng: cần thêm vào hệ thống cấp liệu tự động để từ đó có thể tính toán chính xác được tốc độ cân. Ngoài ra, các đầu cân tại phần cấp liệu và phần cân cần được thiết kế và bố trí theo hướng có thể tách rời dễ dàng để vệ sinh và thay thế nhanh khi cần thiết. Bên cạnh đó, kích thước các đầu cân, độ chính xác của cảm biến khối lượng cũng có thể xem xét để có thể thay đổi khoảng cân và độ chính xác khi cân.

Về phần mềm: xem xét bổ sung thêm một số tính năng như đếm số lượng tổ hợp đã cân thành công (tương ứng với số túi sản phẩm) và phát triển thêm cơ sở dữ liệu để quản lý các chỉ số thống kê cho hoạt động của hệ thống.

Ngoài ra, để nâng cao độ chính xác hơn nữa thì việc tăng số lượng các đầu cân cũng cần được cân nhắc vì khi tăng số lượng đầu cân thì số lượng tổ hợp sẽ được tăng lên để từ đó sẽ tăng cơ hội tìm kiếm được tổ hợp có sai số thấp. Bên cạnh đó, một số công nghệ xác định khối lượng nhanh chẳng hạn công nghệ xử lý ảnh cũng có thể xem xét kết hợp vào hệ thống cân này (Dalai & Kumar Senapati, 2019).

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một hệ thống cân đa đầu đã được thiết kế và chế tạo nhằm phục vụ cho việc cân nhanh và đóng gói sản phẩm với độ chính xác cao. Hệ thống đã được thực nghiệm cân sản phẩm với các khối lượng khác nhau trong khoảng từ 50 g đến 900 g với sai số đáp ứng được yêu cầu theo quy định của Nhà nước về khối lượng hàng hóa đóng gói sẵn. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống cân đa đầu đã được thiết kế thành công. Tuy nhiên, hệ thống cân hiện tại cần tiếp tục cải tiến cả về phần cứng lẫn phần mềm, từ đó giúp giảm chi phí đầu tư và làm chủ công nghệ trong việc thiết kế và chế tạo các hệ thống cân nhanh và chính xác này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Beretta, A., Semeraro, Q., & Castillo, E. del. (2016). On the Multihead Weigher Machine Setup Problem. *Packaging Technology and Science*, *29*(3), 175–188. https://doi.org/10.1002/pts.2195

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2014). *Thông tư Quy định về đo lường đối với lượng của hàng đóng gói sẵn* (Số 21/2014/TT-BKHCN). https://chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=175614

Carlos García-Díaz, J., & Pulido-Rojano, A. (2017). Monitoring and control of the multihead weighing process through a modified control chart | Monitoreo y control del proceso de pesaje multicabezal a través de un gráfico de control modificado. *DYNA (Colombia)*, *84*(200), 135–142. https://doi.org/10.15446/dyna.v84n200.58518

Dalai, R., & Kumar Senapati, K. (2019). A Vision based Smart Multihead Weighing Machine for Automated Food Packager System. *2019 IEEE R10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)(47129), 2019-Novem*, 132–137. https://doi.org/10.1109/R10-HTC47129.2019.9042430

del Castillo, E., Beretta, A., & Semeraro, Q. (2017). Optimal setup of a multihead weighing machine. *European Journal of Operational Research*, *259*(1), 384–393. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.017

García-Jiménez, R., García-Díaz, J. C., Pulido-Rojano, A. D., & Camacho-Vallejo, J.-F. (2024). Packaging process optimization for multihead weighing machines with vertical and diagonal double-layered systems: A bi-level approach. *Expert Systems with Applications, 240*(September 2022), 122591. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122591

Hartmann, J. I., Olbrich, M., Hamann, M., & Ament, C. (2023). Simulation of Particle Motion on Rotating Cone Feeder for a Multihead Weigher Based on Dynamic Friction Modeling. *2023 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2023-June*, 138–143. https://doi.org/10.1109/AIM46323.2023.10196110

Ishida. (2024). *Multihead Weighers*. ISHIDA CO.,LTD. https://www.ishida.com/ww/en/products/weighing/ccw/

James, N. K., & Kim, K.-H. (2007). a weighing algorithm for multihead weighers. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, *8*(1), 21–26.

KARUNO, Y., & NAKAHAMA, O. (2020). An improved performance of greedy heuristic solutions for a bi-criteria mixture packaging problem of two types of items with bounded weights. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, *14*(5), JAMDSM0066–JAMDSM0066. https://doi.org/10.1299/jamdsm.2020jamdsm0066

Narkhede, P., Dhawale, R., & Karthikeyan, B. (2016). Microcontroller Based Multihead Weigher. *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(30), 7–11. https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i30/98994

Pulido-Rojano, A., García-Díaz, J. C., & Giner-Bosch, V. (2015). A multiobjective approach a for optimizatio on of the multihe ead weighing process. *The 6th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management* (pp. 21–23).

Rojano, A. P., & Díaz, J. C. G. (2020). Optimisation algorithms for improvement of a multihead weighing process. *International Journal of Productivity and Quality Management*, *29*(1), 109. https://doi.org/10.1504/IJPQM.2020.104527

Van Niekerk, J. E., Van Vuuren, J. H., & Lindner, B. G. (2021). Optimizing the number of hoppers on a multi-head weighing machine. *Journal of Industrial and Production Engineering*, *38*(6), 401–413. https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1925755