

HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỰ ĐỘNG QUY TRÌNH ĐÓNG GÓI THỦ CÔNG

AUTOMATIC MONITORING SYSTEM FOR MANUAL PACKAGING PROCESS

Lê Xuân Thuyên¹, Trần Ngọc Huy²

¹Phòng Thí nghiệm Innovation FabLab, Trường Đại học Bách Khoa,
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²Bộ môn Điều khiển Tự động, Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Bách Khoa,
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Đóng gói sản phẩm là một trong những quy trình phổ biến và quan trọng trong sản xuất nhưng lại khó để tự động hóa hoàn toàn trong nhiều ngành sản xuất do những rào cản về mặt tài chính và kỹ thuật. Sự thiếu thốn các cơ chế tự động hóa quy trình đóng gói tạo ra nhiều khó khăn trong việc số hóa quy trình sản xuất do thiếu nguồn dữ liệu giám sát. Nhằm giải quyết vấn đề trên, nghiên cứu này đề xuất xây dựng các hệ thống giám sát các quy trình đóng gói thủ công thay cho việc tự động hóa toàn bộ quy trình. Kết quả thực nghiệm tại một nhà máy ở Việt Nam cho thấy hệ thống được đề xuất có khả năng số hóa được quy trình đóng gói và tạo tiền đề dữ liệu cho các hệ thống số khác.

Từ khóa: Số hóa sản xuất; Đóng gói sản phẩm; IoT; MES.

ABSTRACT

Product packaging is one of the common and important processes in manufacturing but it is difficult to automate completely in many industries due to financial and technical barriers. The lack of automation mechanisms for packaging processes creates many difficulties in manufacturing digitalization due to the lack of reliable and constant data sources. To address this issue, this study proposes to build monitoring systems for manual packaging processes instead of automating the entire process. Experimental results at a factory in Vietnam show that the proposed system can digitalize the packaging process and create data foundations for other digital systems.

Keywords: Manufacturing digitalization; Product packaging; IoT; MES.

1. GIỚI THIỆU

Đóng gói sản phẩm là một quy trình quan trọng trong công nghiệp sản xuất. Quy trình đóng gói sản phẩm giúp bảo vệ sản phẩm khỏi tác động từ môi trường trong quá trình đưa sản phẩm đến tay người dùng cũng như hỗ trợ cho quá trình marketing sản phẩm. Mặc dù các công nghệ sản xuất hiện đại đã cơ giới hóa và tự động hóa nhiều khâu trong quá trình sản xuất hàng hóa, trong nhiều ngành sản xuất, đặc biệt là các ngành sản xuất có sản phẩm không ở dạng chất lỏng hoặc dạng hạt, quy trình đóng gói sản phẩm vẫn chưa đạt được trình độ tự động hóa và cơ giới hóa như nhiều quy trình sản xuất khác. Tình trạng này là do quy trình đóng gói quá phức tạp ở các ngành này, dẫn đến khó có thể đưa ra các giải pháp cơ giới hóa và tự động hóa hiệu quả và có thể sinh lợi về mặt chi phí [1].

Sự thiếu vắng các máy móc hỗ trợ cho quy trình đóng gói sản phẩm không chỉ để lại hậu quả là làm tăng chi phí sản xuất sản phẩm mà còn làm cản trở quá trình hiện đại hóa sản xuất thông qua các công nghệ số [2]. Các công nghệ từ Cuộc Cách mạng Công nghiệp lần thứ 4 đòi hỏi luồng dữ liệu liên tục và đều đặn từ hiện trường sản xuất để xử lý, lưu trữ, hiển thị và đưa ra quyết định [3]. Việc tạo ra luồng dữ liệu này sẽ dễ dàng hơn rất nhiều trên các quy trình sản xuất tự động nhờ cơ chế giao tiếp máy-máy thay vì người-máy. Tuy nhiên, ngay cả điều này cũng không tạo đủ động lực để các chủ doanh nghiệp đầu tư vào các quy trình đóng gói tự động, đặc biệt đối với các sản phẩm phức tạp và doanh nghiệp vừa và nhỏ.

Để giải quyết vấn đề tạo nền tảng dữ liệu cho các công nghệ số, nghiên cứu này đề xuất phương pháp tự động hóa khâu giám sát và thu thập dữ liệu các quy trình đóng gói thủ công,

thay vì tự động hóa cả quy trình để giảm thiểu chi phí và rủi ro cho các nhà máy sản xuất sẵn sàng xây dựng quy trình tự động hóa hoàn chỉnh.

Để hệ thống sát với thực tế, nhóm nghiên cứu tiến hành khảo sát quy trình đóng gói thủ công tại một nhà máy sản xuất phụ kiện vệ sinh nhựa tại Việt Nam với quy trình đóng gói điển hình cho các quy trình đóng gói khó thực hiện tự động hóa: kích cỡ các thành phần không đồng đều, đa dạng về chủng loại (nhựa, giấy, bao bì,...). Qua khảo sát, nhóm nghiên cứu nhận thấy quy trình đóng gói tại nhà máy gặp phải những vấn đề sau đây:

- Thiếu cơ chế kiểm soát sai sót trong quá trình đóng gói, dẫn đến tình trạng đóng gói thừa, thiếu hoặc sai linh kiện.

- Việc thu thập dữ liệu được thực hiện thủ công vào cuối ca, dẫn đến dễ sai sót hoặc gian lận.

- Tiến độ thực hiện không được giám sát liên tục.

- Thiếu nguồn dữ liệu để tích hợp các công nghệ số hóa quy trình quản lý nhà máy.

- Nhà máy có quy tắc phân công công việc trong một ca cho các công nhân, tuy nhiên quá trình này được thực hiện bằng tay dẫn đến dễ sai sót, mất thời gian và không tối ưu.

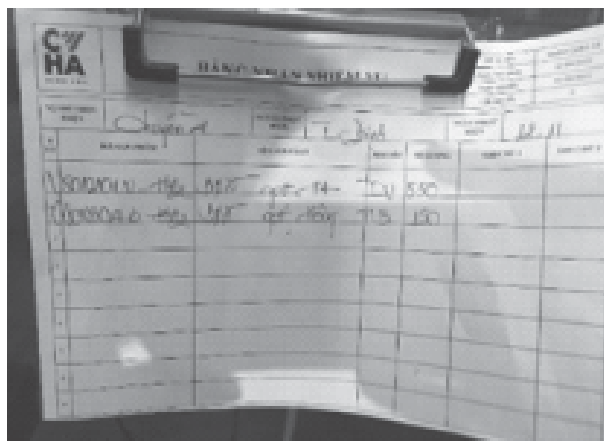
Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sẽ xây dựng một hệ thống giúp giải quyết các vấn đề kể trên. Trong mục 2, nghiên cứu này sẽ đi sâu vào phân tích quy trình đóng gói thủ công tại nhà máy nêu trên và phương án giải quyết vấn đề, mục 3 sẽ đi sâu vào phương án xây dựng hệ thống và mục 4 mô tả kết quả đạt được.



2. QUY TRÌNH VÀ PHƯƠNG ÁN

Nhà máy được khảo sát là một nhà máy có quy trình sản xuất tiêu biểu cho kiểu job-shop với các sản phẩm được sản xuất thông qua nhiều khâu khác nhau. Sau mỗi khâu, sản phẩm sẽ được nhập kho để chờ xuất ra cho khâu tiếp theo. Danh sách các chi tiết cần đóng gói có sự đa dạng nhất định về hình dạng, kích thước, trọng lượng, do đó rất khó để tự động hóa quy trình đóng gói mà không cần nhiều chi phí.

Quy trình đóng gói được thực hiện theo ca. Mỗi ca, mỗi người công nhân sẽ nhận được phân công định mức riêng cho ca làm việc. Việc phân công này sẽ được thực hiện theo quy tắc của nhà máy và kinh nghiệm của người quản lý quy trình. Công nhân thực hiện đóng gói các sản phẩm một cách tuần tự, hết loại sản phẩm này đến loại sản phẩm khác. Cuối mỗi ca, kết quả làm việc sẽ được thu thập lại. Dữ liệu này sẽ được dùng để quản lý tiến độ sản xuất và tính lương cho công nhân.



Hình 1. Bảng nhận nhiệm vụ đóng gói của từng công nhân

Theo quy tắc của nhà máy, công việc của mỗi công nhân sẽ được dựa trên độ thành thực của công nhân và số loại sản phẩm cần đóng gói trong ca. Các công nhân chưa thành

thực (được tính năng suất thấp hơn năng suất tiêu chuẩn) sẽ chỉ được giao một loại sản phẩm với độ phức tạp thấp để tập làm quen với công việc. Các phần công việc lẻ (có quy đổi thấp hơn năng suất 1 ngày của công nhân) sẽ được phân công cho các công nhân giàu kinh nghiệm hơn.

Để giải quyết các vấn đề nêu ở mục trên, hệ thống giám sát quy trình đóng gói tự động đề xuất cần thực hiện các nhiệm vụ:

- Số hóa được quy trình đóng gói tại nhà máy từ lúc nhận chỉ tiêu sản xuất cho toàn ca đến khi tạo các báo cáo sản xuất liên quan;
- Cung cấp cho người quản lý giao diện giám sát toàn bộ quy trình với nhiều trạm;
- Tương tác được với công nhân để hiển thị tiến độ và báo lỗi các gói hàng đóng gói sai quy cách;
- Cung cấp được dữ liệu cho các hệ thống khác;
- Quá trình phân công công việc được thực hiện tự động theo các quy tắc đã đặt ra của nhà máy.

Để thực hiện nhiệm vụ số hóa, giám sát và thu thập được dữ liệu, hệ thống sẽ cần ứng dụng giao diện và máy chủ để xử lý và lưu trữ dữ liệu. Để cung cấp dữ liệu cho giao diện này và tương tác với công nhân, mỗi trạm đóng gói sẽ được trang bị các thiết bị để hiển thị các thông tin cần thiết cho công nhân, cụ thể:

- Số lượng sản phẩm (Đạt chuẩn, Lỗi);
- Thông tin (ID) mã hàng đang đóng gói;

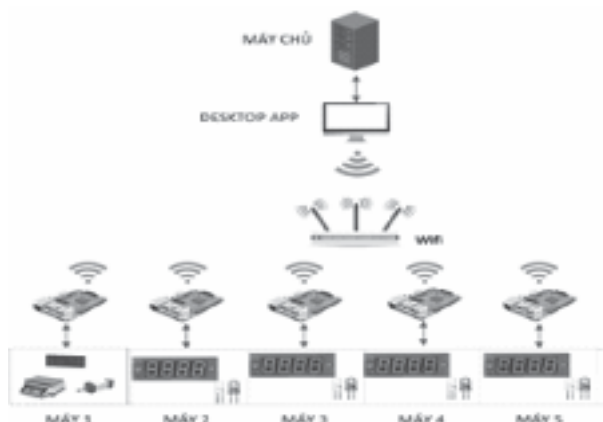
– Dấu hiệu xác nhận có chi tiết bị thiếu trong gói hàng để công nhân nhận diện và bổ sung.

Về vấn đề nhận diện sai sót và kiểm soát chất lượng, do các chi tiết trong quy trình đều khác nhau về khối lượng, hệ thống cân và thanh gạt sẽ được sử dụng để nhận biết và phân loại sản phẩm để công nhân có thể thực hiện đóng gói lại khi cần.

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG KIỂM SOÁT QUY TRÌNH ĐÓNG GÓI TỰ ĐỘNG

3.1. Cấu trúc hệ thống

a) Tổng quan hệ thống



Hình 2. Sơ đồ hệ thống kiểm soát và giả lập đóng gói tự động

Dựa vào phương án thực hiện ở phần trên, hệ thống sẽ gồm các thành phần sau:

- Ứng dụng máy tính: Được thiết kế để giám sát toàn bộ quy trình sản xuất của hàng hóa, trong phạm vi bài báo này là quy trình đóng gói tự động, nhờ đó giảm thiểu được khâu ghi giấy tờ. Ngoài ra, phần mềm còn cung cấp giao diện thân thiện với người dùng là quản lý, trưởng ca. Các chức năng chính của phần mềm quản lý đóng gói:

- Nhập, chỉnh sửa, xóa thông tin của các đơn hàng đã thực hiện;

- Đọc thông tin đơn hàng định dạng file Excel lên phần mềm, cung cấp các thông tin và cho phép người sử dụng chọn, chỉnh sửa các rõ đề xuất kho;

- Giám sát tiến trình làm việc của công nhân thông qua bộ dữ liệu gửi từ các máy đóng gói lên máy chủ;

- Giao tiếp với máy chủ để lưu trữ lâu dài dữ liệu và truy xuất dữ liệu theo yêu cầu;

- Hiển thị thông báo khi có lỗi xảy ra hoặc khi thực hiện thao tác thành công.

- Máy chủ (Server): Lưu trữ và xử lý dữ liệu sản xuất vào database. Dữ liệu này có thể được truy xuất thông qua REST API trên ứng dụng máy tính để tạo báo cáo. Ngoài ra, REST API có thể được dùng để tận dụng nguồn dữ liệu liên quan đến các ca sản xuất trước nhằm mở rộng hệ thống nhờ vào tính thông dụng cao của nó [4].

- Raspberry Pi: Giao tiếp với máy chủ để nhận đơn hàng đóng gói gửi xuống từ máy chủ, xử lý gói tin đã gửi cũng như truyền dữ liệu làm việc hiện tại lên máy chủ (Mã máy, Thời gian truyền/nhận, Số lượng đơn hàng, Số lượng sản phẩm, Mã sản phẩm, Tên sản phẩm, Chi phí vật tư, Khối lượng chuẩn sản phẩm, Chuẩn đóng gói, Số lượng sản phẩm đạt chuẩn và không đạt chuẩn, Thời gian làm việc, Thời gian vận hành).

- Hệ thống phần cứng: Như trong phạm vi bài báo này, 1 hệ sử dụng 2 tay gạt xy lạnh đường kính $\Phi 32$, hành trình 300mm, áp suất khí 0.1-1MPa kèm cân điện tử với ba mức chia

0.2g, 0.1g và 0.05g sử dụng nguồn 220VAC ($\pm 10\%$) được sử dụng để phân loại sản phẩm. Bộ LED 7 đoạn sử dụng nguồn 12VDC dùng để hiển thị tiến độ làm việc (số sản phẩm đạt chuẩn), chế độ làm việc (bình thường, tạm dừng – STOP, mã sản phẩm hiện tại) và báo thiếu hoặc dư chi tiết trong gói sản phẩm (nếu có), ngoài ra bộ LED còn hiển thị trạng thái kết nối giữa hệ thống đóng gói và máy chủ. Bộ ba nút nhấn gồm ba màu xanh, vàng, đỏ theo thứ tự từ trên xuống biểu thị ba chức năng: Xác nhận/Tiếp tục, Hiển thị ID đơn hàng hiện tại, Tạm dừng (STOP) và đèn báo biểu thị trạng thái của đơn hàng.

- Giao thức truyền nhận: MQTT – Giao thức truyền nhận dữ liệu/tin nhắn theo mô hình publish/subscribe, được sử dụng cho các thiết bị IoT với băng thông thấp, độ tin cậy cao và khả năng được sử dụng trong mạng lưới không ổn định [5]. Trong hệ thống này, giao thức MQTT giúp luân chuyển dữ liệu giữa ứng dụng máy tính, máy chủ và các gateway Raspberry thông qua mạng không dây. Đồng thời, MQTT cũng cung cấp khả năng mở rộng hệ thống thông qua nguồn dữ liệu giám sát có tính mở từ các gateway phát ra theo thời gian thực.

b) Lập trình

Về tổng thể, chương trình kiểm soát quy trình đóng gói sản phẩm hoạt động theo nguyên lý như hình 3.

Trình tự các bước xử lý gói tin (đơn hàng) và phân loại sản phẩm như sau:

- Bước 1: Kích cò giữ đến khi có gói hàng đặt lên cân.

- Bước 2: Nếu khối lượng cân trả về lớn hơn 0.05kg và xác lập trong vòng 2s, tiến hành

so sánh khối lượng gói hàng đặt lên cân và khối lượng chuẩn của gói hàng.

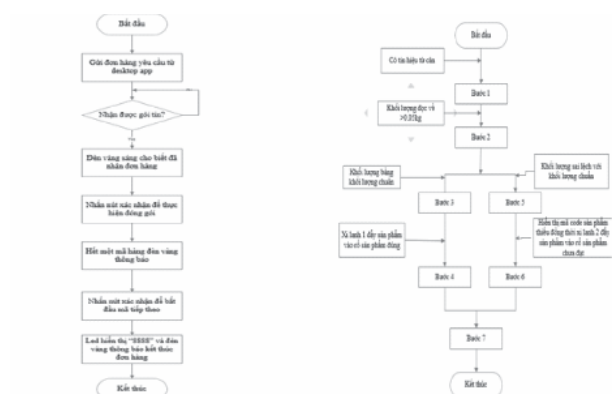
- Bước 3: Nếu khối lượng đúng như khối lượng chuẩn (sai số không quá 5 gram), xy lanh 1 sẽ được kích lên thông qua GPIO nối với van điện từ 5/2, tiến hành đẩy sản phẩm đạt chuẩn vào rổ.

- Bước 4: Tăng số lượng sản phẩm đạt chuẩn lên 1, hiển thị giá trị đó lên LED 7 đoạn và truyền dữ liệu lên server.

- Bước 5: Nếu khối lượng không đúng như khối lượng chuẩn (sai số vượt quá 5 gram), xy lanh 2 sẽ được kích lên thông qua GPIO nối với van điện từ 5/2, tiến hành đẩy sản phẩm không đạt chuẩn vào rổ.

- Bước 6: Tăng số lượng sản phẩm không đạt chuẩn lên 1, hiển thị mã báo thiếu hoặc thừa chi tiết trong gói hàng và truyền dữ liệu lên server.

- Bước 7: Đọc giá trị khối lượng hiện thời trên cân để xác định xem sản phẩm đã được đẩy đi chưa và reset cò. Nếu khối lượng hiện thời vẫn còn lớn hơn 0.05kg tức là có lỗi xy lanh xảy ra.

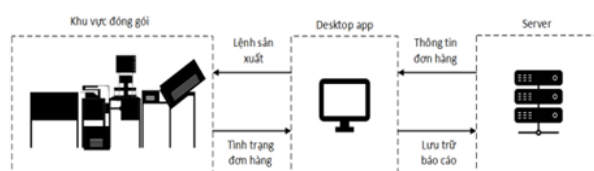


Hình 3. Sơ đồ chương trình kiểm soát quy trình đóng gói

Để giải quyết vấn đề phân việc tự động, hệ thống sẽ quy đổi số lượng sản phẩm cần đóng gói trong ca thành ngày công sản xuất và chia thành các gói công việc dựa trên loại sản phẩm và năng suất công nhân. Sau đó, hệ thống sẽ phân công công việc cho các công nhân có độ thành thực thấp trước dựa trên công suất của công nhân và độ phức tạp của của sản phẩm đã được lưu sẵn trên hệ thống. Sau đó, các gói công việc lẻ (có quy đổi ngày công bé hơn 1) sẽ được phân cho các công nhân có kinh nghiệm. Các gói công việc còn lại sẽ được chia cho các công nhân khác.

c) Kết nối dữ liệu

Khi bắt đầu ca làm việc, người quản lý quy trình nhận về thông tin đơn hàng từ các phòng ban khác trên hệ thống. Thông tin đơn hàng này sẽ được nhập vào phần mềm để tính ra lượng sản phẩm được phân công cho từng công nhân. Thông tin này sẽ được gửi trực tiếp đến hệ thống hiển thị tại các trạm đóng gói cho từng công nhân có thể nắm được công việc cần thực hiện. Xuyên suốt quá trình đóng gói, toàn bộ dữ liệu sẽ được cập nhật liên tục về giao diện giám sát để người quản lý có thể nắm được tiến độ. Cuối ca, dữ liệu này sẽ được chỉnh sửa lại lần cuối trước khi được lưu trữ lâu dài trên máy chủ và trích xuất để tạo các báo cáo cần thiết.



Hình 4. Sơ đồ truyền nhận giữa các khối (Máy chủ – Ứng dụng máy tính – Máy đóng gói)

Các chuỗi và broker giao tiếp giữa ứng dụng máy tính và máy đóng gói được quy ước như bảng sau:

Tên topic	Mục đích
PS/DG1 / ValueMessage	Raspberry Publish dữ liệu về tình trạng đóng gói
PS/DG1 / MachineStatus	Raspberry Publish dữ liệu về trạng thái của máy
PS/DG1/LWT	Topic LWT khi Raspberry kết nối đến broker, khi Raspberry mất kết nối, broker sẽ tự gửi tin nhắn mất kết nối vào topic này
PS/DG1 /ConfigMess	Ứng dụng máy tính gửi tin nhắn config về thông tin đơn hàng cần thực hiện
PS/DG1 /ErrorMessage	Raspberry Publish cảnh báo lỗi máy lên máy chủ

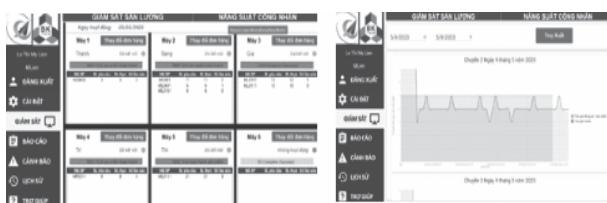
4. KẾT QUẢ

Toàn bộ hệ thống kiểm soát quy trình đóng gói tự động hoạt động liên tục và chính xác trong thời gian dài.



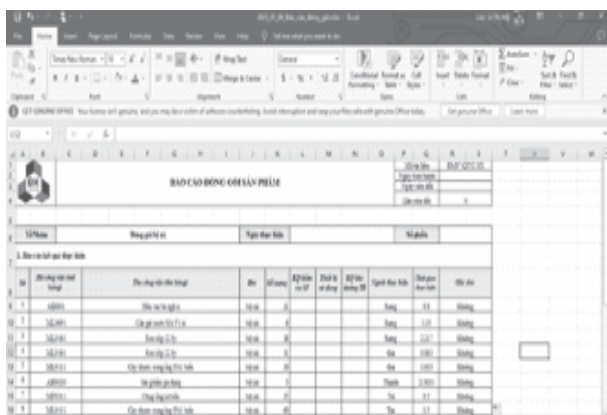
Hình 5. Trạm đóng gói sau khi được trang bị hệ thống giám sát

Phần mềm có thể tự động phân công công việc cho các trạm đóng gói dựa trên các quy tắc và dữ liệu đầu vào nhà máy đã định trước. Toàn bộ quá trình đóng gói sẽ được giám sát liên tục trên giao diện phần mềm thông qua các bảng tiến độ và biểu đồ. Biểu đồ tiến độ của công nhân đóng gói cho phép người trưởng ca có thể theo dõi và can thiệp nếu công nhân làm chậm so với tiến độ đóng gói (Hình 6).



Hình 6. Giao diện phần mềm quản lý hệ thống

Sau khi hoàn thành ca làm việc, toàn bộ dữ liệu thu thập được trong ca có thể được dùng để tạo các báo cáo và lưu trữ trên máy chủ.



Hình 7. Báo cáo cuối ca được tạo tự động

Ngoài việc số hóa quy trình đóng gói, hệ thống còn cung cấp khả năng mở rộng thông qua REST API đối với các dữ liệu báo cáo cuối ca và giao thức MQTT với các dữ liệu giám sát theo thời gian thực. Các dữ liệu này có thể được các bên thứ ba truy cập nhằm cải thiện hoặc tích hợp hệ thống vào những hệ thống số hóa cao hơn như hệ thống MES.

5. KẾT LUẬN

Nhằm giải quyết vấn đề tạo nền tảng thông tin cho quy trình đóng gói thủ công, cải thiện khả năng quản lý và giám sát sản xuất, nghiên cứu này đề xuất việc xây dựng một hệ thống giám sát các quy trình đóng gói thủ công một cách tự động mà thông qua việc tự động hóa và cơ giới hóa quy trình.

Hệ thống được đề xuất được dựa trên quy trình đóng gói thủ công điển hình tại một nhà máy ở Việt Nam, bao gồm các máy tính nhúng và ngoại vi cần thiết thu thập dữ liệu tại các trạm đóng gói, giao diện máy tính giám sát quy trình và máy chủ lưu trữ và quản lý dữ liệu báo cáo. Sau khi được xây dựng và ứng dụng thực tế, hệ thống được đề xuất có thể vận hành ổn định, thu thập được dữ liệu từ các quy trình đóng gói cũng như cung cấp các công cụ giúp người dùng số hóa một số hoạt động liên quan như lưu trữ và xuất các loại báo cáo.

Hệ thống còn cung cấp khả năng mở rộng thông qua việc sử dụng kênh truyền thông dữ liệu theo thời gian thực MQTT và REST API để truy cập dữ liệu sản xuất trong quá khứ. Tính điển hình của hệ thống cũng cho phép việc xây dựng các hệ thống tương tự trên các quy trình đóng gói thủ công không quá đặc biệt trong trường hợp các doanh nghiệp sản xuất không thể, hoặc chưa muốn đầu tư vào các hệ thống tự động toàn phần cho quy trình đóng gói.

Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm Chế tạo Sản phẩm mẫu (Innovation FabLab), Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM và Công ty Nhựa C.H.A. đã hỗ trợ cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **30/10/2023**
 Ngày phản biện: **18/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. C. Griffin, S. Sacharow, A. L. Brody, R. C. Griffin, S. Sacharow, and A. L. Brody, “*The Packaging Process: A Segment of Manufacturing Operations*”. In *Principles of Package Development*, Dordrecht: Springer Netherlands, 1985, pp. 168–204. doi: https://doi.org/10.1007/9789401173827_6.
- [2]. F. Doyle and J. Cosgrove, “*Steps towards digitization of manufacturing in an SME environment*”. *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 540–547, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.068>.
- [3]. M. C. Genest and S. Gamache, “*Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs*”. *Procedia Manufacturing*, vol. 51, pp. 1215–1220, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.170>.
- [4]. Amid Golmohammadi, M. Zhang, and A. Arcuri, “*Testing RESTful APIs: A Survey*”. arXiv (Cornell University), Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2212.14604>.
- [5]. MQTT Version 5.0 Specification. OASIS Standard, 2019. Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>.

