

Xây Dựng Giải Thuật Sắp Xếp Và Vận Chuyển Hàng Hóa Trong Kho Lạnh Tự Động

Đặng Trường Giang

Nghiên cứu sinh Khoa học Hàng hải
Trường Đại học Giao thông vận tải
Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
truonggianglaws@gmail.com

Nguyễn Duy Anh

Phòng Đào tạo
Trường Đại học Bách khoa
ĐHQG Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
duyanhnguyen@hcmut.edu.vn

Võ Công Phương

Viện Hàng hải
Trường Đại học Giao thông vận tải
Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
phuong.vo@ut.edu.vn

Tóm tắt - Với nhu cầu lưu trữ, truy xuất rút ngắn về quãng đường, thời gian, kiểm soát lượng hàng tồn kho, hạn chế tối đa các sự cố thất lạc và hư hỏng hàng hóa trong quá trình lưu trữ, truy xuất và vận chuyển, việc xây dựng các giải thuật quản lý hàng hóa nhằm tối ưu, hiệu quả, tiết kiệm và dễ thao tác là cần thiết. Các giải thuật này được viết dựa trên lập trình C# với giao diện trực quan để có thể hỗ trợ tối đa sự tương tác giữa người dùng trong hệ thống kho lạnh tự động.

Keywords—*Kho lạnh, xếp kho tự động, logistic.*

I. GIỚI THIỆU

Hệ thống kho lạnh tự động ở nhiệt độ thấp, trong đó, các quy trình xếp hàng, xuất hàng và quản lý hàng hóa được tự động một phần hoặc toàn phần và thông thường hệ thống gồm 03 khu vực như sau:

- Khu vực xếp, xuất hàng hóa: Nơi chờ để xếp hàng vào kho cũng như lưu hàng chờ xuất kho, bao gồm các thao tác kiểm tra nhận dạng hàng hóa, cập nhật dữ liệu và các giải thuật tìm vị trí hàng lưu trong kho;
- Khu vực đệm: Nơi hàng hóa được làm lạnh, ổn định nhiệt độ trước khi đưa vào kho và cách ly khu vực lưu trữ hàng hóa ở nhiệt độ thấp với bên ngoài;
- Khu lưu trữ hàng hóa: Các dãy kệ chứa hàng hóa, pallet hàng được sắp xếp thực hiện thông qua xe nâng hoặc hệ thống thang nâng tự động.

Việc quản lý hàng hóa trong kho bao gồm việc xác định vị trí lưu trữ (Stock Keeping Unit-SKU) có sẵn như tên hàng, tọa độ hàng, ngày xếp hàng để phân loại hàng hóa trong kho, cũng như lưu giữ thông tin về hàng hoá. Việc lưu trữ và truy xuất là hai chức năng quan trọng trong việc quản lý kho.

Lưu trữ là quá trình sắp xếp hàng trong kệ chứa hoặc trực tiếp trong kho theo chính sách ngẫu nhiên, nhóm hàng, chất lượng hàng, chính sách cố định, vị trí gần nhất (tên tiếng Anh-COL). Trong chính sách lưu trữ ngẫu nhiên, các SKU được gán ngẫu nhiên vào một vị trí trống trong kho – theo phương pháp của Petersen, [1]. Trong chính sách lưu trữ cố định, mỗi SKU được

đặt ở vị trí cố định trong kho— phương pháp của Moon và Kim [2]. Vị trí gần nhất (COL) là phương pháp cho phép mỗi đơn vị lưu trữ (SKUs) được sắp xếp vào một vị trí gần nhất trong kho [3].

Truy xuất là quá trình lấy hàng từ các vị trí lưu trữ trong kho giao cho khách hàng và đáp ứng yêu cầu khách hàng. Đây là một quá trình khá tốn kém, chi phí vận hành cao [4], [5], [6]. Căn cứ vào ngày xếp hàng hoặc ngày hết hạn lưu trữ của hàng hóa sẽ có những chính sách truy xuất khác nhau: Xếp trước xuất trước (First in first out - FIFO), xếp sau xuất trước (Last in first out - LIFO) và hết hạn xuất trước (First expire first out - FEFO) [5].

Việc lựa chọn các chính sách lưu trữ, truy xuất hàng hóa trong kho dựa trên các giả định về điều kiện thực tế tại Việt Nam và từ đó xây dựng phần mềm thử nghiệm căn cứ từ các chính sách để kiểm soát hàng tồn kho, phương pháp sắp xếp hàng hóa phù hợp và tối ưu, có thể dùng quản lý công việc từ người dùng được thể hiện thông qua các tham số như là khoảng cách, vị trí và xây dựng mô phỏng không gian của kho.

II. GIẢ ĐỊNH THỬ NGHIỆM VÀ YÊU CẦU XÂY DỰNG GIẢI THUẬT

A. Giả định thử nghiệm

Để thuận tiện trong việc xây dựng các giải thuật và đáp ứng nhu cầu thực tế có thể đề xuất các giả định như sau:

- Hệ thống gồm 160 vị trí chứa và mỗi vị trí chứa là 01 kệ hàng với 04 loại mã khác nhau;
- A1: Tôm loại 100g/4 con không còn đầu;
- A2: Tôm loại 100g/4 con còn đầu;
- A3: Tôm loại 100g/6 con không còn đầu;
- A4: Tôm loại 100g/6 con còn đầu.
- Hàng hóa được xếp trong các kệ và mỗi kệ là một SKU, đây là đơn vị nhỏ nhất trong quá trình truy xuất và lưu trữ trong kho;

- Lưu trữ và truy xuất không phụ thuộc vào khách hàng, mã hàng, loại hàng. Nghĩa là hàng hóa của cùng một khách hàng không nhất thiết được xếp gần nhau;
- Không xét đến việc lưu trữ, tiêu thụ hàng hóa theo mùa vụ, tức hoạt động sắp xếp hàng hóa quanh năm là như nhau.

B. Yêu cầu xây dựng giải thuật

Việc quản lý hàng hóa trong kho như việc sắp xếp, bố trí sao cho khoa học, hợp lý nhằm tạo thuận lợi cho hoạt động xếp, xuất và quản lý hàng tồn kho chặt chẽ bằng những giải thuật quản lý đạt hiệu quả cao:

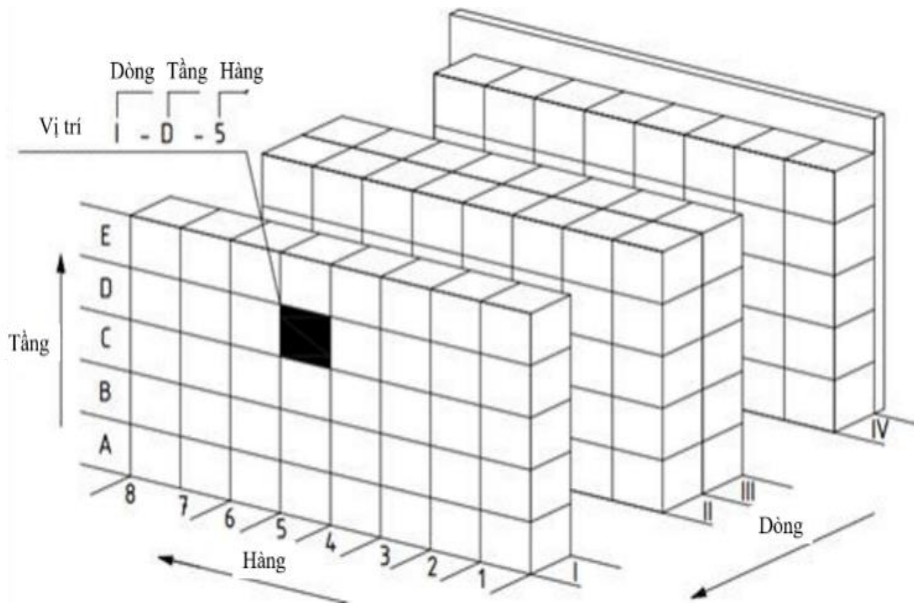
- Quá trình lưu trữ: Hàng hóa xếp vào kho trước phải được ưu tiên xuất ra trước (tiếng Anh-FIFO). Đồng nghĩa hàng hóa được xếp kho trước và khoảng

cách di chuyển hàng hóa từ vùng đệm đến kệ là ngắn nhất;

- Quá trình truy xuất: Đảm bảo quãng đường xe nâng di chuyển khi xếp hàng A1, A2, A3, A4 vào kho là ngắn nhất. Nghĩa các mã hàng hóa được trích xuất dựa trên ngày xếp và hàng hóa được xếp trước và lấy trước.

III. GIẢI THUẬT SẮP XẾP HÀNG HÓA

Kho lạnh được thiết kế thành 02 lối đi, 04 dòng, mỗi dòng bao gồm 05 tầng A, B, C, D, E, 04 dòng I, II, III và IV và 08 hàng 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 với sức chứa 160 vị trí lưu trữ. Việc thiết kế này nhằm tạo thuận lợi trong việc quản lý hàng hóa tại từng ô chứa, phân toàn bộ khu vực kệ chứa thành các dòng, lớp và tầng như hình 1.



Hình 1. Phân bố kệ hàng trong hệ thống kho.

Đối với việc vận chuyển hàng hóa bằng xe nâng hoặc các phương tiện tương tự, độ dài quãng đường di chuyển pallet hàng hóa từ khu vực đệm I/O đến ô chứa được tính bằng công thức:

$$d(i) = |x(i) - x(I/O)| + |y(i) - y(I/O)| \quad (1)$$

Trong đó:

- $d(i)$: Khoảng cách từ vị trí lưu trữ đến điểm I/O;
- $x(i), x(I/O)$: Hoành độ của ô chứa và pallet tại vùng đệm;
- $y(i), y(I/O)$: Tung độ của ô chứa và pallet tại vùng đệm.

Giả sử quãng đường di chuyển pallet từ bộ đệm đến điểm bắt đầu mỗi lối đi là như nhau, dựa vào công thức (1), tính được trọng số quãng đường của từng ô chứa. Như vậy, mỗi ô chứa trong mỗi dãy kệ có một trọng

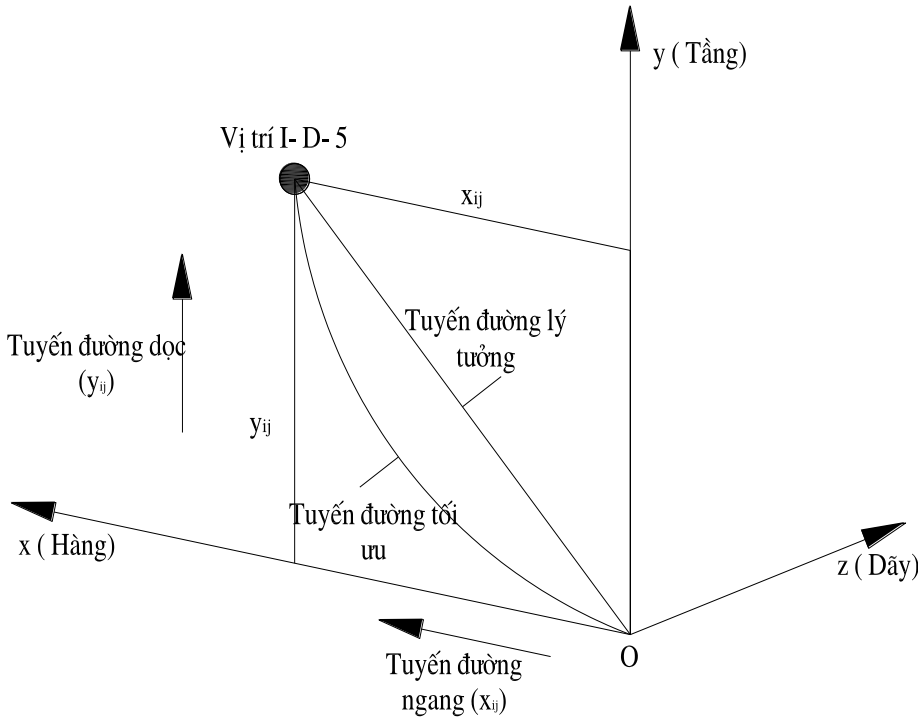
số duy nhất và khác nhau, nên việc truy cập đến từng vị trí được thực hiện dựa trên việc so sánh các trọng số, pallet vào trước, qua đó được ưu tiên đặt tại ô chứa có trọng số nhỏ. Vì đường di chuyển từ đầu mỗi dãy kệ đến bộ đệm bằng nhau nên có sự giống nhau về trọng số giữa các ô chứa trong 04 dãy kệ. Vì vậy, có thể quy ước đối với các ô chứa cùng trọng số, nên ưu tiên xếp trước vào các dãy kệ theo thứ tự I, II, III, IV.

A. Giải thuật tuyến đường trong kho

Đây là chính sách quy định đường đi của xe hàng trong quá trình tìm vị trí ô chứa cả xếp và xuất hàng hóa. Việc hoạch định tối ưu chính sách, giúp tiết kiệm chi phí vận hành kho, bao gồm tối ưu hóa đường đi và thời gian lưu trữ. Tùy theo một hoặc một vài đặc tính của hàng hóa sẽ có một chính sách đường đi tối ưu nhất. Mục đích của việc lập kế hoạch tuyến đường là

giảm khoảng cách di chuyển pallet hàng từ điểm I/O đến vị trí lưu trữ thông qua chuyển từ hai quỹ đạo chuyển động thẳng (tuyến ngang và tuyến dọc) sang một quỹ đạo cong (tuyến tối ưu). Phương thức di chuyển hàng hóa theo tuyến truyền thống (người, xe nâng hoặc thang máy tự động) thường thực hiện tuần

tự tuyến ngang và tuyến dọc (theo trục x và y). Khi hai tuyến đường thẳng được thay thế bằng một tuyến đường cong như hình 2, khoảng cách giảm xuống. Hàng hoá được di chuyển dọc theo các trục x và y, do đó, tổng khoảng cách đi được tính toán dựa trên tọa độ của vị trí lưu trữ và điểm xếp/xuất.



Hình 2. Quy hoạch tuyến đường.

$$d_{ij} = x_{ij} + y_{ij} \quad (2)$$

Trong đó:

$$x_{ij} = |x_j - x_i| \quad y_{ij} = |y_j - y_i|$$

(x_i, y_i) và (x_j, y_j) : Tọa độ của điểm I/O và vị trí lưu trữ. Với tuyến đường lý tưởng, khoảng cách từ điểm xếp/xuất đến vị trí lưu trữ là ngắn nhất. Tuy nhiên, khó có thể thiết kế hệ thống cơ khí đáp ứng chính sách này:

$$d_{ideal} = \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \quad (3)$$

Với tuyến đường tối ưu, khoảng cách đi lại được rút ngắn so với tuyến đường truyền thống nhưng rất khó để trở thành khoảng cách tuyến lý tưởng.

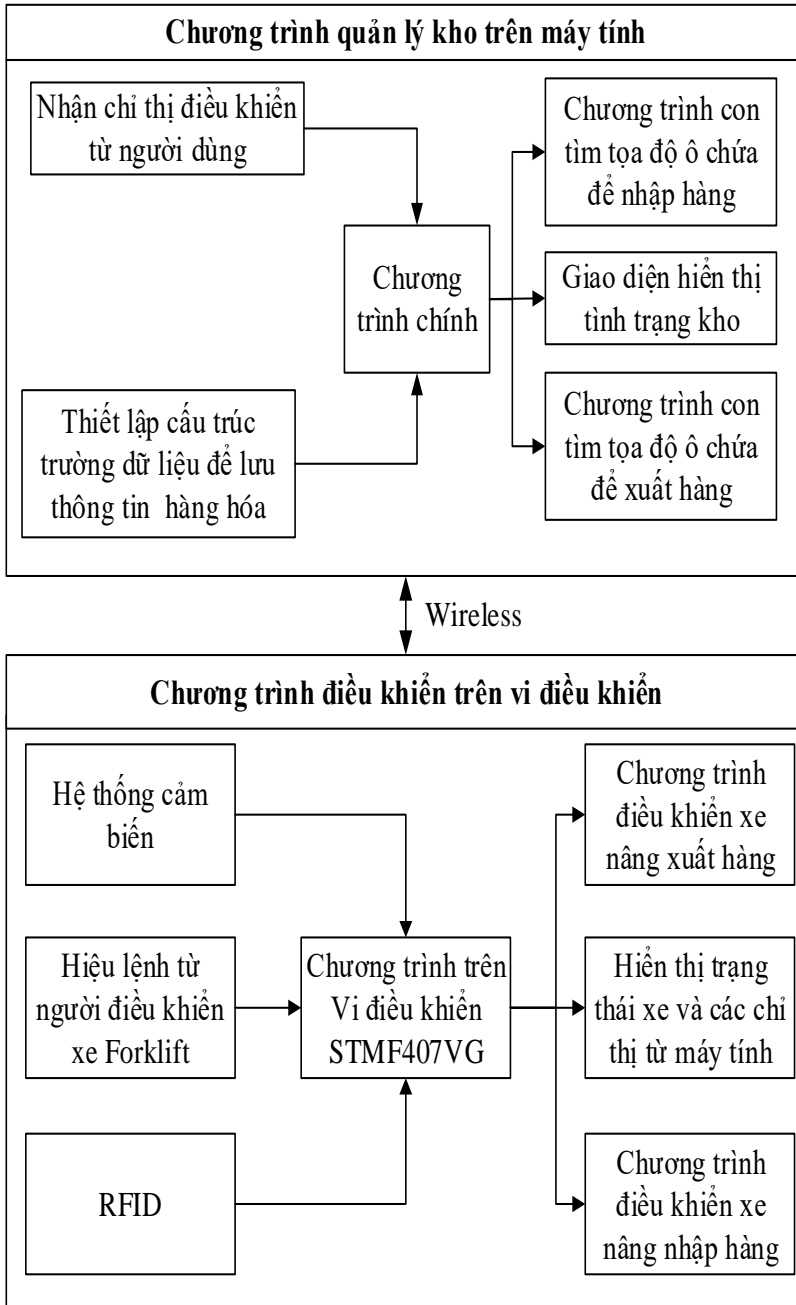
$$d_{ideal} < d_{optimal} < d_{ij} \quad (4)$$

Xét thấy khi tuyến đường tối ưu đang đến gần tuyến đường lý tưởng, khoảng cách di chuyển của hàng hóa ngày càng được tối ưu hóa. Nhưng khó khăn trong việc thiết kế các hệ thống cơ học hoặc thời gian di chuyển trên mỗi chu kỳ. Thiết lập tuyến đường tối ưu, khoảng cách lý tưởng và khoảng cách truyền thống được xây dựng bởi công thức sau [2]:

$$d_{optimal} = \frac{d_{ij} + d_{ideal}}{2} = \frac{x_{ij} + y_{ij} + \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2}}{2} \quad (5)$$

Từ công thức (5), chỉ số khoảng cách tối ưu ($d_{optimal}$) của tất cả vị trí lưu trữ theo lộ trình.

B. Giải thuật điều khiển



Hình 3. Sơ đồ khối chương trình quản lý – điều khiển hệ thống.

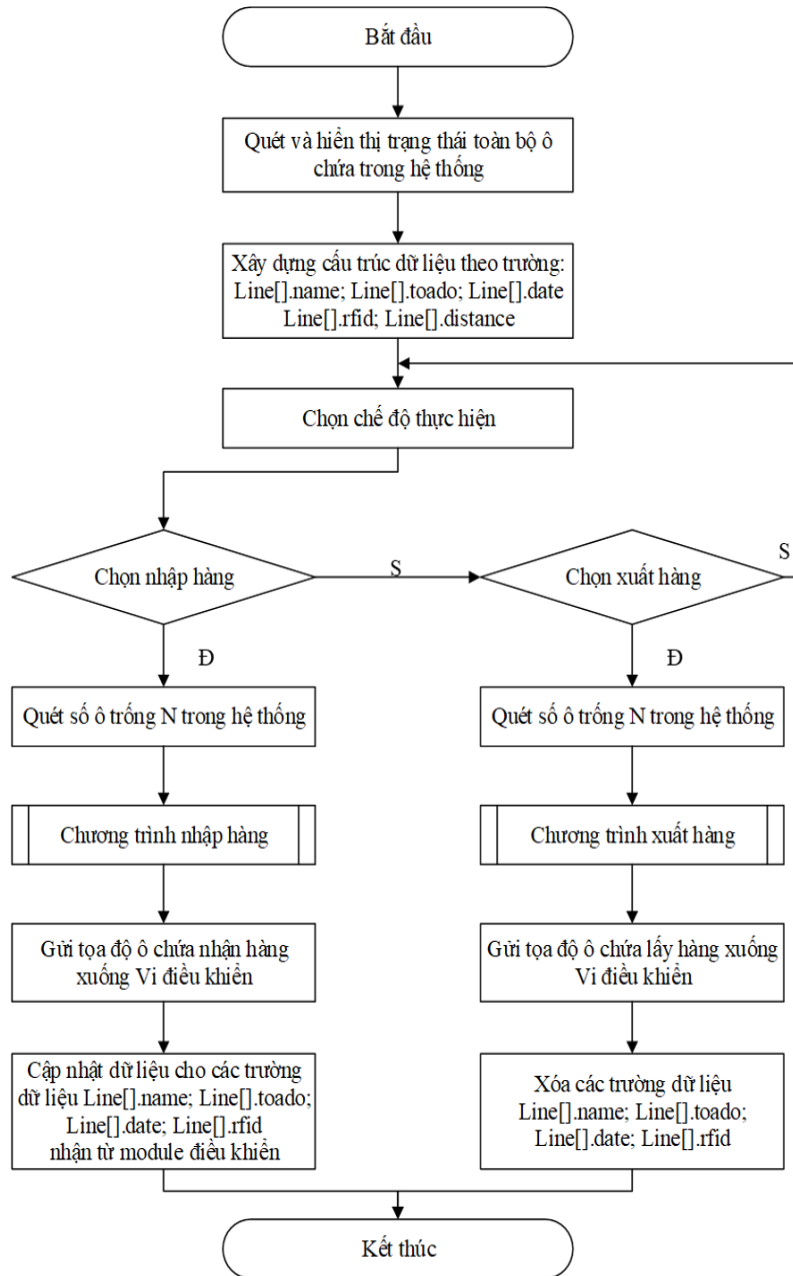
Chương trình quản lý – điều khiển hệ thống sắp xếp hàng trong kho lạnh bao gồm chương trình quản lý kho trên máy tính và chương trình điều khiển xe nâng bằng vi điều khiển. Hai chương trình này kết nối với nhau thông qua giao tiếp không dây.

- **Chương trình điều khiển trên máy tính:** Chương trình chính sẽ nhận các chỉ thị từ người dùng thông qua giao diện, đồng thời xây dựng cấu trúc trường dữ liệu để chứa thông tin về hàng hóa. Chương trình tiếp nhận và xử lý các thông tin từ chương trình vi điều khiển, sau đó đưa ra các chỉ thị thực thi trở lại. Các chỉ

thị này được thực hiện thông qua hai chương trình con tìm vị trí ô trống để lưu hàng hóa và chương trình con tìm vị trí hàng hóa cần xuất.

- **Chương trình điều khiển trên vi điều khiển:** Dựa vào tín hiệu từ chương trình máy tính, hệ thống cảm biến và hiệu lệnh của người điều khiển chương trình trên vi điều khiển đưa ra các chỉ thị hỗ trợ người điều khiển xe nâng trong việc xác định vị trí ô chứa cần xuất/xếp hàng hóa và điều khiển thang nâng đưa pallet lên đúng tầng.

C. Giải thuật dữ liệu điều khiển cho chương trình máy tính



Hình 4. Giải thuật của chương trình chính điều khiển trên máy tính.

Để hoạt động quản lý hàng hóa chính xác, cần quan tâm đến một số thông tin về hàng hóa như sau: Tên mã hàng, ngày xếp hàng, tọa độ ô chứa hàng hóa, thông tin RFID và trọng số đường đi của xe trong kho. Nhằm thuận lợi trong quá trình lưu trữ, truy xuất dữ liệu và điều khiển, nên xây dựng cơ sở dữ liệu hàng hóa theo dạng cấu trúc, với các trường dữ liệu thể hiện trên hình 4 như sau:

- Dữ liệu tên hàng `Line[].name`: Để quản lý mã hàng hóa khác nhau A1, A2, A3 và A4 được cập nhật tương ứng khi người dùng xếp mã hàng cần truy xuất.
- Dữ liệu tọa độ `Line[].toado`: Mỗi pallet hàng hóa được đặt tại một ô chứa duy nhất, tọa độ của ô chứa là tọa độ của hàng hóa. Việc xếp/xuất hàng hóa dựa trên

giá trị tọa độ này, đây là dữ liệu quan trọng nhất trong hệ thống. Việc tính toán tọa độ ô chứa khi xếp và xuất hàng thông qua hai dữ liệu `Line.day` và `Line.distance`.

- Dữ liệu ngày xếp hàng `Line[].day`: Thời điểm hàng xếp vào kho được gán vào một ô chứa trong kho, ngày xếp hàng được hệ thống ghi nhận. Dữ liệu ngày xếp và tên hàng hóa (`Line[].name`) làm cơ sở để xuất theo yêu cầu.
- Dữ liệu khoảng cách `Line[].distance`: Tương ứng với mỗi ô chứa, khoảng cách di chuyển xe nâng đến bộ đệm ngoài kho là một hằng số. Dựa vào dữ liệu này, có thể so sánh quãng đường xe nâng cần di chuyển đến từng ô chứa, từ đó có thể tính toán được vị trí đặt các pallet vào kho ngắn nhất.

- Dữ liệu RFID Line[].RFID: Thẻ RFID được gắn khi xếp kho và chứa các thông tin hàng hóa. RFID dùng để lưu các dữ liệu đọc về từ thẻ, sau đó đối chiếu trong quá trình xuất hàng nhằm hạn chế sự thất lạc hàng hóa.

- Chương trình chính có nhiệm vụ thống kê tình trạng kho, xuất số lượng mỗi mã hàng, số ô trống và nhận tín hiệu điều khiển từ người dùng thông qua giao diện điều khiển để xác định tọa độ của ô chứa. Sau khi chương trình con tìm tọa độ ô chứa đã thực hiện, chương trình chính sẽ cập nhật thông tin hàng hóa vào các trường dữ liệu đã khai báo.

- Chương trình con tìm vị trí lưu trữ có sẵn được sử dụng trong quá trình lưu trữ dựa trên giải thuật FIFO và COL. Trong quá trình, vị trí trống được quét từ vị trí chỉ số thấp nhất đến cao nhất. Khi vị trí có sẵn được tìm thấy, chương trình con ghi lại thông tin của hàng hóa và sau đó trả lại tọa độ của vị trí lưu trữ cho chương trình chính. Chương trình con tìm vị trí lâu nhất được sử dụng giải thuật FIFO xác định theo hai yếu tố là loại hàng hóa và ngày, sau đó đưa dữ liệu vào hệ thống.

D. Giải thuật tìm vị trí ô trống xếp hàng

Việc xếp các pallet hàng vào kho được thực hiện theo giải thuật FIFO đặt vào ô chứa có trọng số thấp nhất. Trong thực tế, xếp và xuất kho vốn khác nhau nên vị trí các ô trống và ô chứa trong kho phân bố không theo quy luật, gây ra hiện tượng “lỗ tổ ong” – tức có nhiều ô trống không hàng hóa, trong khi tình trạng kho đã báo đầy, gây lãng phí không gian.

Để giải quyết các vấn đề trên, việc quét ô trống được thực hiện lần lượt từ vị trí có trọng số nhỏ nhất ở lần lượt 04 dãy kệ I, II, III, IV và 04 vị trí lưu trữ có khoảng cách tham chiếu bằng nhau. Chẳng hạn như với khoảng cách là 4900 có 04 vị trí: I-A-1; II-A-1; III-A-1 và IV-A-1 khoảng cách như nhau. Trong quá trình này, vị trí rỗng được quét từ thấp nhất đến cao nhất và bắt đầu từ dòng I {1} đến dòng IV {1} sau đó trả về dòng I {2} đến dòng IV {2}... Vòng lặp chỉ kết thúc khi hệ thống phát hiện ra vị trí trống hoặc đã quét toàn bộ các vị trí trống. Khi tìm được vị trí thích hợp, phần mềm hỗ trợ ghi lại thông tin của hàng hóa và gửi tọa độ của hàng cho phần mềm chính.

Trong 160 ô trống được khai báo trong chương trình, thứ tự của các ô trống được sắp xếp theo chiều tăng dần của trọng số quãng đường, tức $LineI[i].distance < LineI[i+1].distance$ và $LineI[i].distance = LineII[i].distance = LineIII[i].distance =$

$LineIV[i].distance$ soát theo thứ tự ưu tiên trọng số nhỏ trước hết. Vòng lặp kết thúc khi hệ thống không phát hiện ra ô trống. Kết thúc mỗi vòng lặp, hệ thống tự cập nhật dữ liệu cho các dữ liệu Line[].name; Line[].toado; Line[].date; Line[].RFID.

E. Giải thuật tìm vị trí ô chứa hàng hóa cần xuất

Giải thuật còn gọi là phần mềm hỗ trợ tìm vị trí hàng cũ nhất. Việc xuất hàng được thực hiện theo giải thuật FIFO, tức hàng hóa vào trước sẽ ưu tiên xuất ra trước, vì vậy việc chọn mã hàng cần xuất dựa trên thông số ngày xếp được lưu trong dữ liệu Line[].day.

Giải thuật tìm tọa độ ô chứa hàng cần xuất, có hai nhiệm vụ là xác định loại hàng cần xuất và tìm hàng hóa cũ nhất trong kho để xuất. Việc tìm vị trí ô chứa được thực hiện thông qua vòng lặp với hai điều kiện so sánh. Với mỗi ô chứa, cần so sánh với tên mã hàng muốn xuất. Ví dụ, so sánh $LineI[1].name = "X"$, nếu mã hàng tại ô giống với mã hàng cần xuất, tiếp tục so sánh với ngày xếp hàng để tìm ra vị trí ô chứa có ngày xếp cũ nhất. Vòng lặp kết thúc khi quét đủ 160, tọa độ ô chứa có ngày xếp cũ nhất được đưa về chương trình trên vi điều khiển.

IV. GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN XE NÂNG

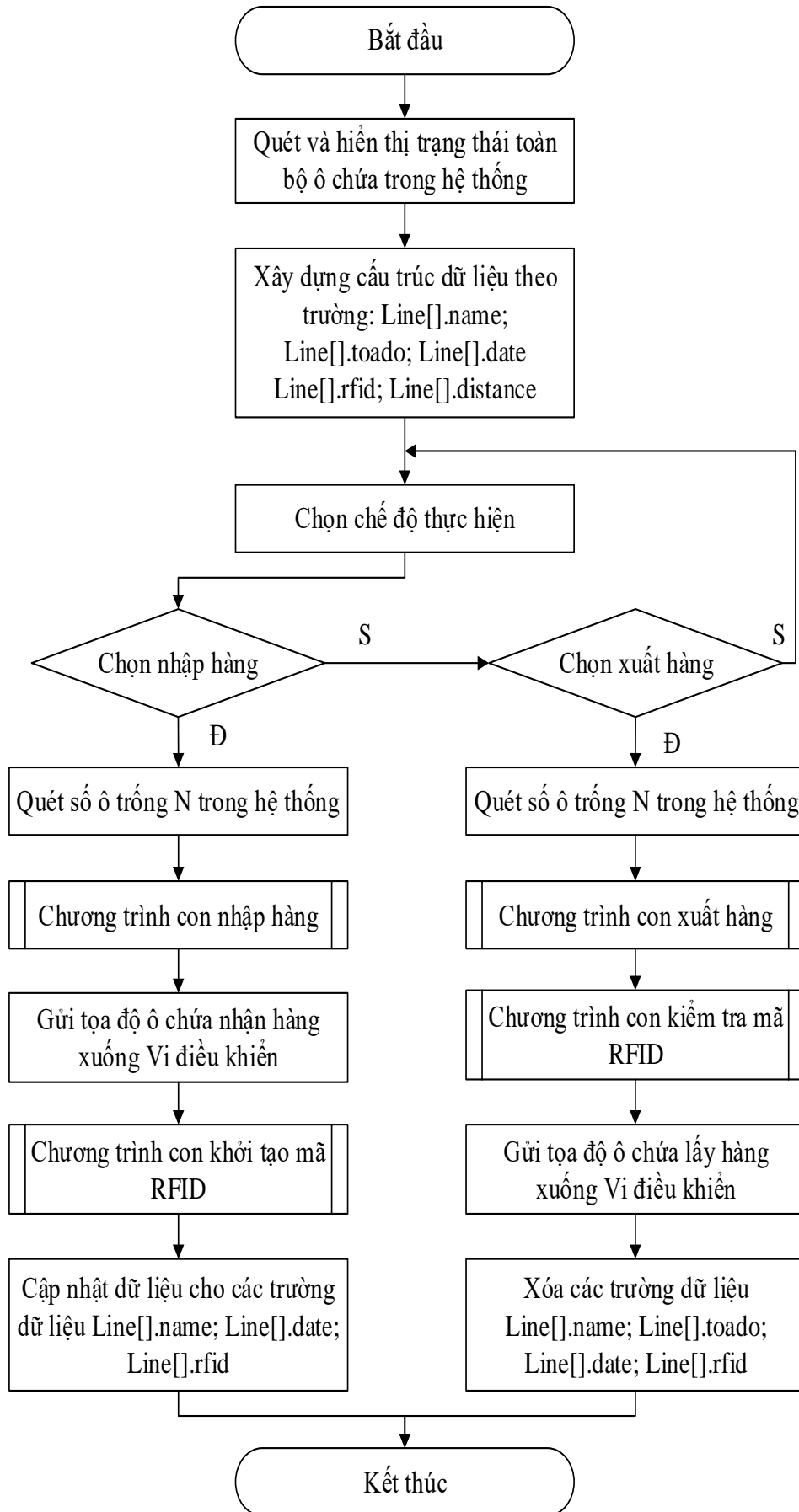
A. Giải thuật điều khiển xe nâng lúc sắp xếp và xuất hàng

Dựa vào tọa độ ô chứa nhận từ chương trình điều khiển máy tính, vi điều khiển xuất thông báo vị trí cho người điều khiển thông qua màn hình LCD, đồng thời thiết lập trạng thái cảm biến phù hợp với tầng kệ chứa, nhằm điều khiển thang nâng đúng độ cao cần thiết. Nếu có yêu cầu xếp hàng từ người dùng thì chương trình máy tính sẽ xác định vị trí ô trống cần xếp và gửi tọa độ ô trống về vi điều khiển.

Vi điều khiển nhận được yêu cầu từ hệ thống máy tính tiến hành kiểm tra xe có đang sẵn sàng thông qua cảm biến xác định pallet gắn trên nĩa nâng. Nếu xe sẵn sàng thì tọa độ ô trống, quãng đường di chuyển sẽ được xuất ra màn hình để thông báo cho người điều khiển xe đến vị trí cần di chuyển. Người lái xe điều khiển xe nâng lấy hàng ở khu vực đệm, khi pallet đã nằm trên thang nâng (cảm biến trên nĩa $SENSOR6 = 1$), mô đun RFID bố trí trên xe cập nhật thông tin của hàng hóa có trong thẻ RFID dính trên pallet.

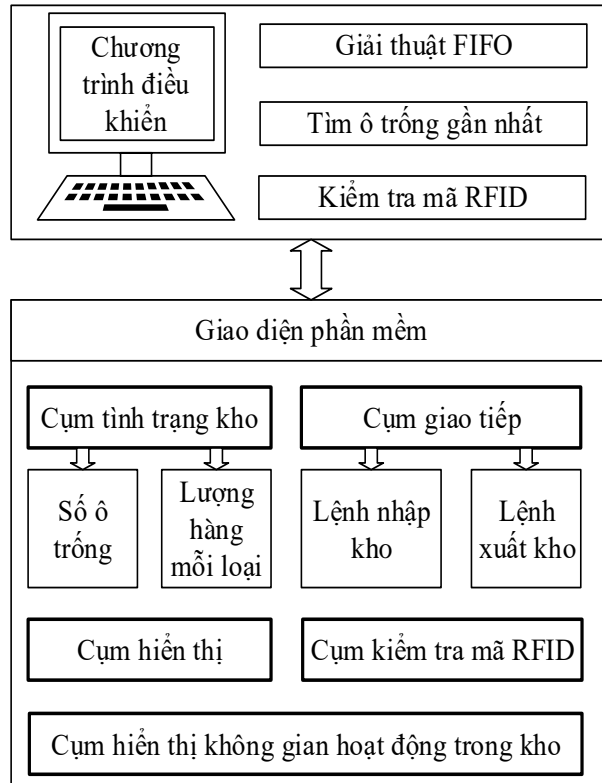
B. Giải thuật khởi tạo mã RFID trên máy tính

Chương trình khởi tạo mã thẻ RFID trong trường dữ liệu RFID khi xếp và chương trình con kiểm tra mã thẻ trong khi nhập và xuất hàng.



Hình 5. Giải thuật khởi tạo mã RFID trên máy tính.

V. PHÁT TRIỂN PHẦN MỀM THỬ NGHIỆM



Hình 6. Cấu trúc tổng thể của phần mềm điều khiển.

Giao diện điều khiển là một chương trình điều khiển trên máy tính được lập trình nhằm kiểm nghiệm các giải thuật sắp xếp hàng hóa và nhiệm vụ chính của chương trình là xác định vị trí ô chứa trống có quãng đường ngắn nhất lúc xếp hàng, xác định ô chứa có mã hàng bất kỳ khi xuất hàng theo giải thuật FIFO. Xem tính chính xác và hiệu quả của giải thuật điều khiển hệ thống kho được xây dựng bởi ngôn ngữ lập trình được viết bằng C #, Visual Studio 2019 với giao diện trực

quan để thuận tiện cho người dùng. Cụm tình trạng kho (Warehouse status): Số lượng các ô trống, lượng hàng hóa mỗi loại được cập nhật liên tục sau khi có sự thay đổi hàng hóa trong kho. Trong kho có 04 mã hàng A1, A2, A3 và A4 với số lượng xếp vào, xuất ra bất kỳ nên việc thống kê lượng hàng mỗi mã trong việc quản lý, điều khiển việc xếp xuất. Cụm giao tiếp với người dùng: Gồm hai chức năng là xếp hàng và xuất hàng hay lưu trữ và vận chuyển.



Hình 7. Giao diện phần mềm điều khiển hệ thống kho.

- **Xếp hàng (Storage):** Có 02 tùy chọn là xếp hàng đơn và xếp hàng hàng loạt. Đối với xếp hàng đơn, mỗi lần người dùng chọn loại mã hàng tại combobox (nhấp mũi tên để hiển thị dạng so sánh mã hàng hiện có) sau đó nhấn nút “Add product”. Một đơn vị hàng được thêm vào kho ngay sau đó, thông tin về tọa độ ô chứa, tên hàng, ngày xếp, mã RFID cũng được cập nhật vào dữ liệu của phần mềm. Xếp hàng loạt cũng tương tự nhưng có thêm tùy chọn số lượng hàng cần xếp vào đơn vị hàng, chỉ cần điền số tương ứng.

- **Xuất hàng (Retrieval):** Thao tác tương tự như xếp hàng, nhưng sau khi nhấn nút “Remove product”, một thông báo hiện ra yêu cầu người dùng xếp mã RFID. Nếu mã thẻ đúng thì hàng được xuất, nếu mã sai thì hệ

thống sẽ nhắc nhở xếp lại mã RFID hoặc người dùng có thể sử dụng các tùy chọn xuất hàng khác.

- **Cụm hiển thị (Display):** Ứng với mỗi đơn vị hàng được xếp và xuất, tọa độ và quãng đường ô chứa mã hàng sẽ xuất ra giao diện để quản lý. Khi xếp hàng, mã thẻ RFID được cập nhật tương ứng vào vị trí “RFID Code”. Khi tiến hành xuất, vị trí này thông báo về trình trạng mã RFID xếp có trùng khớp.

- **Cụm hiển thị không gian kho:** Ứng với mỗi thời điểm xếp/xuất hàng, vị trí ô chứa trên màn hình thay đổi tương ứng. Mỗi ô tương ứng với một ô chứa trong kho, màu sắc của từng ô sẽ thay đổi trong quá trình xếp/xuất hàng hóa (hình 8).



Hình 8. Đặc điểm nhận dạng hàng hóa.

- **Cụm kiểm tra mã RFID (RFID check):** Ứng với mỗi đơn vị hàng hóa được yêu cầu xuất, hệ thống yêu cầu xếp mã RFID tại textbox của cụm này.

A. Mô phỏng giải thuật quá trình tìm sắp xếp hàng đối với kho chưa có 160 vị trí lưu trữ

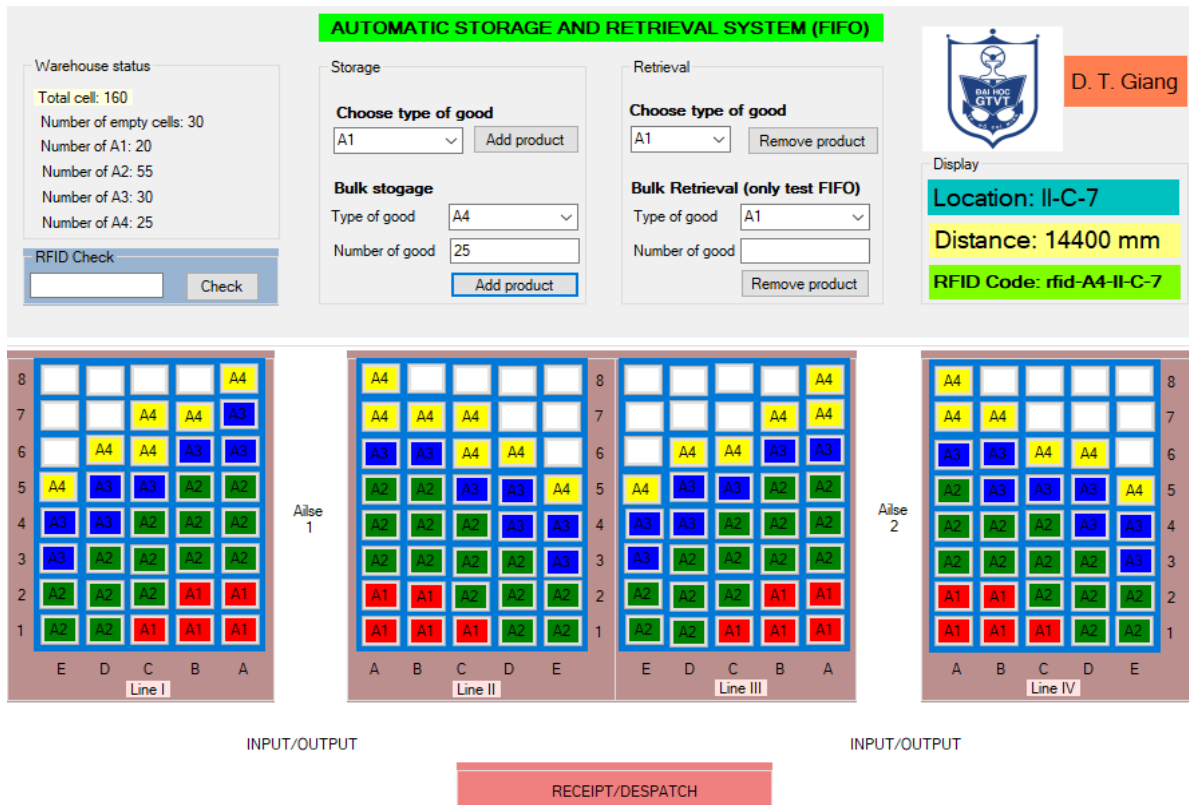
Thực tế hoạt động xếp – xuất hàng hóa trong kho lạnh đặt ra yêu cầu phải tìm đường đi ngắn nhất từ bộ đệm đến ô chứa trong kho, nhằm tiết kiệm năng lượng và thời gian lưu trữ. Mặt khác quá trình xếp kho phải đảm bảo không để kho xuất hiện “lỗ tổ ong” tức tình trạng kho đầy nhưng vẫn còn các ô trống bị bỏ sót, làm giảm hiệu suất sử dụng kho.

Kiểm nghiệm giải thuật bằng cách xếp lần lượt 20 mã hàng A1, 55 mã hàng A2, 30 mã hàng A3 và 25 mã hàng A4, để kiểm tra tính chính xác của giải thuật

sắp xếp/xuất trong kho có sức chứa 160 vị trí lưu trữ được thực hiện như sau:

- **Bước 1:** Kiểm tra nhanh giải thuật sắp xếp kho hàng loạt “Bulk storage”;
- **Bước 2:** Xếp số lượng hàng vào textbox trên giao diện;
- **Bước 3:** Nhấn nút “Add product” để tiến hành xếp thêm mã hàng;
- **Bước 4:** Nhấn nút “Remove product” để tiến hành xuất mã hàng.

Xét thấy các mã hàng A1 xếp trước, nên được ưu tiên xếp những vị trí gần lối ra vào, tức những vị trí có trọng số thấp nhất, cụ thể các mã hàng A1 được lưu ở các vị trí có trọng số tương ứng như hình 9 và thể hiện trọng số khoảng cách.



Hình 9. Trạng thái kho hàng trong quy trình lưu trữ

B. Đánh giá kết quả các giải thuật quá trình sắp xếp và vận chuyển hàng hóa trong kho lạnh tự động

Tiến hành lần lượt sắp xếp 28 mã hàng A1, A2, A3 và A4, để đánh giá quá trình sắp xếp của giải thuật ngẫu nhiên, LIFO và FIFO.

Xếp theo yêu cầu	Loại hàng	Số lượng	Khoảng cách (mm)		
			Ngẫu nhiên	LIFO	FIFO
1-28	A1	28	237000	29500	29500
29-56	A2	28	270500	51300	51300
57-84	A3	28	279200	67200	67200
85-112	A4	28	253500	83100	83100
Tổng cộng	Tất cả	112	1040200	221200	221200

Nhận xét: Dựa trên các kết quả mô phỏng cho thấy tổng khoảng cách di chuyển của giải thuật LIFO, FIFO giảm 21% so với tổng khoảng cách di chuyển theo giải thuật ngẫu nhiên. Đối với giải thuật LIFO, FIFO kết hợp COL hầu hết các vị trí cửa ra vào được lấp đầy không bỏ sót các vị trí trong kho, các vùng trống của kho luôn được giải phóng tối đa không có hiện tượng tổ ong.

Trong thực tế, sắp xếp hàng hóa theo giải thuật LIFO, FIFO gọn gàng nên việc kiểm tra hàng hóa, bảo trì và bảo dưỡng kho cũng như vận hành và kiểm toán hàng tồn kho định kỳ rất dễ dàng. Đây là tính tối ưu của giải thuật LIFO, FIFO có kết hợp chính sách COL,

hàng hóa được sắp xếp gọn gàng và không gian nhà kho được tối ưu hóa. Ngược lại, giải thuật lưu trữ ngẫu nhiên, hàng hóa được sắp xếp thiếu trật tự trong kho, quá trình sắp xếp phát sinh tổ ong xuất hiện trong hệ thống gây rất nhiều lãng phí diện tích kho và hiệu quả không cao khi vận hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] C. G. Petersen, “An evaluation of order-picking routing policies”, International Journal of Operations & Production Management, vol. 17, no. 1, pp. 1098-1111, 1997.
 [2] G. Moon, G. P. Kim, “Effects of relocation to AS/RS storage location policy with production quantity variation,” Computers & Industrial Engineering, vol.

- 40, no. 1–2, pp. 1-13, 2001. DOI:10.1016/S0360-8352(00)00005-X.
- [3] M. Fukunari, C. J. Malmberg, “A heuristic travel time model for random storage systems using closest open location load dispatching,” *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 8, 2008. DOI:10.1080/00207540601118462.
- [4] T. N. Cuong, N. D. Anh, D. T. Giang, “Development of automated storage and retrieval algorithm in cold warehouse,” in *South East Asian Technical University Consortium Symposium*, 13-14 March 2017, Vietnam National University – Ho Chi Minh University of Technology (HCMUT), Ho Chi Minh City, Vietnam, 2017.
- [5] N. C. Truong, T. G. Dang, D. A. Nguyen, “Development and Optimization of Automated Storage and Retrieval Algorithm warehouse by Combining Storage Location Identification and Route Planning Method,” in *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 21-23 July 2017, Ho Chi Minh City, Vietnam, IEEE, 2017.
- [6] N. C. Truong, T. G. Dang, D. A. Nguyen, “Building Management Algorithms in Automated Warehouse Using Continuous Cluster Analysis Method,” *AETA 2017 - Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences: Theory and Application, Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 465, Cham, Germany: Springer, pp. 1068 – 1077, 2017.