

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN FCFS VÀ THUẬT TOÁN NHÁNH CẬN TRONG BÀI TOÁN LẬP LỊCH KHO LẠNH

APPLICATION OF FCFS AND BRANCH AND BOUND ALGORITHM IN COLD WAREHOUSE SCHEDULING

ĐÀO TRUNG QUÂN^{1*}, NGUYỄN MAI LINH¹, PHẠM THỊ MAI PHƯƠNG²

¹Sinh viên Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: quan90580@st.vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Trên thị trường kho lạnh Việt Nam hiện nay, việc áp dụng công nghệ mới chỉ phổ biến ở các kho lớn. Trong khi đó, các kho lạnh nhỏ với các phương pháp quản lý kho hàng truyền thống, vẫn gặp nhiều khó khăn trong việc lập lịch cho đơn hàng và điều phối nhân lực một cách hiệu quả, dẫn đến tắc nghẽn ở khu vực chờ, không tối ưu được năng suất làm hàng. Do vậy, nhóm nghiên cứu đề xuất ứng dụng thuật toán FCFS kết hợp với Branch and Bound để giải bài toán lập lịch kho lạnh, cụ thể là lập lịch đơn hàng của khách hàng và lập lịch ca làm cho nhân công. Ứng dụng này được kỳ vọng sẽ tối ưu hóa được lịch trình làm hàng nâng cao hiệu quả quản lý kho, giảm tình trạng tắc nghẽn, từ đó giúp đảm bảo được chất lượng hàng hóa và giảm chi phí logistics cho doanh nghiệp.

Từ khóa: Lập lịch kho lạnh, lập lịch ca làm, thuật toán FCFS, thuật toán nhánh cận.

Abstract

In the current Vietnamese cold storage market, adoption of new technologies is only prevalent in large - scale warehouse. Meanwhile, small cold storages with traditional warehouse management methods still encounter many difficulties in scheduling orders and coordinating manpower effectively, leading to congestion in the waiting area and not optimizing cargo handling capacity. Therefore, the research group proposes applying the FCFS algorithm combined with Branch and Bound to solve the cold storage scheduling problem, specifically customer orders scheduling and work shifts scheduling for workers. This application is expected to optimize the cargo handling schedule, improve warehouse management efficiency, reduce congestion,

thereby helping to ensure the quality of goods and reduce logistics costs for businesses.

Keywords: Cold warehouse scheduling, work shifts scheduling, FCFS algorithm, Branch and Bound algorithm.

1. Đặt vấn đề

Quản lý kho hàng là một trong những yếu tố cốt lõi của chuỗi cung ứng hiện đại, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vận hành và chi phí logistics của doanh nghiệp. Đặc biệt, trong kho lạnh, việc tối ưu hóa quản lý hàng nhập và xuất đóng vai trò quan trọng do các đặc thù về bảo quản, năng lượng tiêu thụ và chi phí vận hành cao [1].

Bên cạnh đó, lập kế hoạch xuất nhập hàng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu tình trạng làm việc quá tải, đặc biệt đối với các kho lạnh có quy mô nhỏ. Việc lập kế hoạch đơn hàng của khách hàng (Customer Order Scheduling - COS) đã được nghiên cứu rộng rãi nhằm cải thiện thời gian giao hàng, nâng cao chất lượng dịch vụ và khả năng đáp ứng theo nhu cầu khách hàng [2]. Nếu quá trình xử lý đơn hàng trong kho lạnh không được kiểm soát hiệu quả, tần suất mở cửa kho sẽ tăng cao, dẫn đến mức tiêu thụ năng lượng lớn hơn. Đáng chú ý, nghiên cứu của Furkan Yener và cộng sự (2024) đã phát triển một mô hình toán học mới nhằm tối ưu hóa trình tự xử lý đơn hàng và giảm thiểu chi phí năng lượng cho kho lạnh, dựa trên thuật toán di truyền (GA) [3]. Tuy nhiên, đối với các kho lạnh có quy mô nhỏ và mức độ tự động hóa thấp, phương pháp lưu trữ đơn hàng theo cách 1 container sắp xếp trên 1 kệ hàng, việc ứng dụng GA có thể không thực sự phù hợp do tính phức tạp của thuật toán. Ngoài ra, nghiên cứu của Sonny Aji & Aina Nindiani (2023) cũng chỉ ra rằng khối lượng công việc của nhân công trong kho lạnh ảnh hưởng đáng kể đến năng suất tổng thể, qua đó nhấn mạnh sự cần thiết của một hệ thống lập kế hoạch hàng hóa hiệu quả [4]. Đồng thời, thông qua trao đổi với một số đơn vị vận hành kho có quy mô vừa và nhỏ đang hoạt động tại

Hải Phòng, việc lập lịch trình đang trở thành một nhu cầu cấp thiết. Theo số liệu từ khảo sát, tình trạng xuất nhập hàng ở 70% các doanh nghiệp có thể phải chờ từ 2 đến 3 tiếng mỗi lượt làm hàng của 1 container. Nguyên nhân cho tình trạng này xuất phát từ việc quản lý việc lập lịch trình còn thủ công, việc sắp xếp nhân sự còn dựa nhiều vào kinh nghiệm, điều này dẫn đến việc sắp xếp hàng chờ bị kéo dài, tăng chi phí vận hành, giảm hiệu quả khai thác. Do đó, hoạt động lập lịch trình đòi hỏi sự tối ưu hóa các nguồn lực hiện có của kho hàng để đảm bảo đầu ra kết quả ở mức cao nhất. Song việc lập lịch trình mang tính tối ưu lại không phải là một bài toán đơn giản. Nhằm tìm ra giải pháp cho vấn đề trên, nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu và thông qua sự kết hợp của hai thuật toán First-Come-First-Serve (FCFS) và Branch and Bound (B&B) để xây dựng một giải pháp lập lịch khai thác hàng nhập và xuất kho lạnh hiệu quả, phù hợp các kho lạnh có quy mô nhỏ. Việc áp dụng kết hợp hai thuật toán này sẽ tạo ra một giải pháp lập lịch hiệu quả, phù hợp với các kho lạnh quy mô nhỏ, giúp tối ưu hóa nguồn nhân công và giảm thiểu tình trạng tắc nghẽn tại khu vực chờ, cải thiện hiệu suất vận hành và giảm chi phí logistics cho doanh nghiệp.

2. Cơ sở lý thuyết

Thuật toán FCFS, một trong bốn thuật toán lập lịch CPU cơ bản, được gọi là lập lịch đến trước phục vụ trước. Đây là một phương pháp đơn giản và trực quan, trong đó các tác vụ được xử lý theo thứ tự chúng đến, tức là công việc đến trước sẽ được xử lý trước. Trên thực tế, các công việc được đưa vào một hàng đợi và lần lượt được xử lý khi đến lượt. FCFS thường sẽ được sử dụng trong trường hợp các công việc có cùng mức độ ưu tiên đến [5]. Trong các nghiên cứu trước đây, phương pháp này đã được ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau. Tác giả Hong Jiang và Tianwei Ni (2010) đã ứng dụng FCFS vào hệ thống lập lịch tác vụ cho điện toán lưới với mục tiêu cải thiện tỷ lệ sử dụng tài nguyên hệ thống và rút ngắn thời gian phản hồi [6]. Thuật toán này đã từng được kết hợp với thuật toán lập lịch Round Robin, áp dụng cho hệ thống đỗ xe trong bài nghiên cứu của tác giả Bhupendra Ram và Manisha Pundir (2023) [7]. Trong lĩnh vực về kho hàng, thuật toán FCFS đã được tác giả Gnanapragasam và Daundasekera (2024) áp dụng để lập lịch cho các xe đến tại một nhà kho có nhiều cửa tiếp nhận [8]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ cho thấy tính ứng dụng của phương pháp trong việc giải quyết một khía cạnh của bài toán lập lịch, thay vì tối ưu hóa tổng thể hoạt động nhập và xuất hàng trong kho lạnh.

Trong khi đó, thuật toán nhánh cận (Branch and Bound - B&B) được sử dụng rộng rãi trong các bài toán tối ưu hóa, tìm kiếm giải pháp tốt nhất bằng cách chia nhỏ không gian tìm kiếm thành các nhánh nhỏ hơn, đồng thời loại bỏ những phương án không khả thi để rút ngắn thời gian tính toán [9]. Trong lĩnh vực lập lịch, thuật toán này cũng được đề cập trong một số bài nghiên cứu. Ví dụ, Hiroshi Kise và cộng sự (1994), để giải bài toán lập lịch dòng chảy 3 máy, đã áp dụng B&B. Bên cạnh đó, tác giả Rodrigues và cộng sự (2004) cũng đã ứng dụng B&B vào lập lịch cho các quá trình liên tục trong quy trình sản xuất theo lô [10]. Ngoài ra, Geetha Baskaran và các cộng sự (2014) đã kết hợp branch and bound vào giải bài toán lập lịch ca làm việc cho y tá [11]. Tác giả Mieke Defraeye và Nieuwenhuyse (2016) cũng đã sử dụng thuật toán này cho việc lập lịch ca làm việc với nhu cầu ngẫu nhiên không dừng [12]. Những ứng dụng này cho thấy tiềm năng của B&B trong việc tối ưu hóa thời gian và nguồn lực trong các bài toán lập lịch phức tạp.

Mặc dù, thuật toán FCFS và thuật toán nhánh cận đã được đề cập nhiều trong các bài toán về lập lịch, nhưng chưa được áp dụng phổ biến trong các bài nghiên cứu về lĩnh vực lập lịch kho hàng. Thêm vào đó, với sự khắt khe về yêu cầu nhiệt độ và độ ẩm, thời gian làm hàng tại kho lạnh đặc biệt cần đảm bảo nhanh chóng để trong quá trình làm hàng, thời gian làm hàng không trở thành khó khăn cho việc đảm bảo chất lượng cho hàng hóa được đưa ra hoặc vào trong kho. Đặc biệt, các kho lạnh quy mô nhỏ với mức độ tự động hóa thấp ở Việt Nam đang gặp nhiều thách thức trong việc điều phối nhân lực và tối ưu hóa lịch trình làm hàng. Việc kết hợp 2 thuật toán này sẽ giúp giải quyết bài toán lập lịch theo một cách tiếp cận toàn diện hơn. Nhóm nghiên cứu đề xuất áp dụng thuật toán FCFS cho phép sắp xếp thứ tự các đơn hàng theo thứ tự đơn giản dựa trên mốc thời gian đặt lịch và thời gian xe đến làm hàng dự kiến, kết hợp với thời gian làm hàng trung bình cho phép lập ra lịch trình thời gian phù hợp cho cả kho hàng và khách hàng. Tuy nhiên, nếu thời gian làm hàng không được đảm bảo sẽ gây ảnh hưởng đến lịch trình đã được lập trước đó. Trong khi đó, Thuật toán nhánh cận giúp lập lịch cho ca làm của các công nhân để có thể tối ưu hóa được năng suất làm việc, đảm bảo được thời gian làm hàng. Do vậy, việc kết hợp giữa hai thuật toán sẽ giúp tối ưu hóa được quá trình quản lý kho hàng, giảm tình trạng tắc nghẽn tại khu vực chờ của kho, nâng cao hiệu suất vận hành và giảm chi phí logistics cho doanh nghiệp.

3. Thiết kế giải pháp

3.1. Xử lý thông tin

Bước 1: Thu thập dữ liệu về thông tin các đơn hàng, đặc biệt lưu ý thông tin về thời gian dự kiến xe đến làm hàng và thời gian đặt lịch của đơn hàng.

Bước 2: Sắp xếp thứ tự ưu tiên của các đơn hàng trong cùng một ngày theo nguyên tắc của thuật toán FCFS:

- Đơn hàng có thời gian xe đến lấy hàng dự kiến của xe sớm hơn sẽ được ưu tiên làm trước.

- Nếu có nhiều hơn 1 đơn hàng có thời gian xe đến lấy hàng dự kiến giống nhau, đơn hàng có thời gian đặt lịch sớm hơn sẽ được ưu tiên làm trước.

Bước 3: Xác định số lượng đơn hàng làm trong ngày, yêu cầu phải phù hợp với khả năng lưu trữ hiện tại của kho hàng.

Bước 4: Lập lịch trình làm việc theo nguyên tắc của thuật toán B&B, lựa chọn phân công nhóm công nhân làm việc phải đảm bảo nguyên tắc:

- Tổng thời gian làm việc là ngắn nhất;
- Các công nhân làm việc có thời gian không nhiều hơn 8 tiếng.

Bước 5: Xác nhận lịch trình công việc. Để có thể kiểm chứng mức độ hiệu quả của thuật toán trong vấn đề lập lịch trình công việc, nhóm nghiên cứu đã đặt ra các giả thuyết bài toán để ứng dụng như sau:

- Công suất của xe nâng tại kho là không đổi;
- Thời gian bốc xếp của các loại container khác nhau là một giá trị được xác định tham khảo bởi thực tế làm việc tại kho hàng;
- Khối lượng hàng hóa xuất/ nhập kho dự kiến sát với thực tế nhằm tránh sai lệch trong việc đưa ra kết quả, đồng thời, không vượt quá sức chứa của kho, ảnh hưởng đến chất lượng của hàng hóa.

3.2. Định nghĩa biến

Σ_i : Tổng thời gian làm hàng của 1 ngày làm việc (h);

X_i : Lượng hàng của đơn hàng i (pallet);

Y_j : Năng suất trung bình của nhân viên j vận hành xe nâng (pallet/h);

Y_k : Năng suất trung bình của nhân viên k vận hành xe nâng (pallet/h);

Z : Năng suất trung bình của nhân viên kiểm đếm (pallet/h);

Trong đó, j và k là 2 công nhân khác nhau làm việc trong cùng 1 ca làm;

P_i : Mức độ ưu tiên khi lựa chọn sắp xếp thứ tự đơn hàng i ($P_i \in N, P_i \in \{1; 2; 3; \dots\}$);

T_i : Mốc thời gian Trung bình dự kiến xe đến lấy hàng của đơn hàng i ;

O_i : Mốc thời gian mà khách hàng đặt lịch cho đơn hàng i ;

($i \in N, i \in \{1; 2; 3; \dots\}$); ($j; k \in N; j \in \{1; 2; 3; 4\}; k \in \{1; 2; 3; 4\}; j \neq k$).

Yêu cầu bài toán: Hãy tính toán sao cho với nguồn lực mà kho sở hữu, lập 1 lịch trình làm việc trong 1 ngày của kho với thời gian ngắn nhất, trong khi nhận việc đúng với khả năng hiện tại của kho và nhóm công nhân làm việc trong 1 ngày không quá 8 tiếng.

3.3. Hàm mục tiêu

$$\text{Min} \sum t = \sum (i=1) \sum (j=1) \sum (k=1) (\text{TBX} + \frac{X_i}{Z} + \frac{X_i}{Y_j + Y_k}) \quad (h)$$

($i \in N, i \in \{1; 2; 3; \dots\}$)

($j; k \in N; j \in \{1; 2; 3; 4\}; k \in \{1; 2; 3; 4\}; j \neq k$)

Trong đó:

$\text{Min} \sum t$: Tổng thời gian tối thiểu để hoàn thành tất cả các đơn hàng trong 1 ngày làm việc;

$\frac{X_i}{Z}$: Thời gian trung bình kiểm đếm 1 lô hàng;

$\frac{X_i}{Y_j + Y_k}$: Thời gian trung bình để nhóm công nhân 2

người thực hiện vận chuyển hàng hóa ra vào kho bằng xe nâng.

3.4. Hàm điều kiện

Số lượng hàng nhập/xuất dự kiến sát với thực tế:

$$\sum X_{\text{nhập thực tế}} \leq \sum X_{\text{nhập dự kiến}} \quad (2)$$

$$\sum X_{\text{xuất thực tế}} \leq \sum X_{\text{xuất dự kiến}} \quad (3)$$

Tổng lượng hàng hóa trong kho không vượt quá sức chứa:

$$\sum X_{\text{nhập thực tế}} = \sum (X_{\text{xuất dự kiến}} + X_{\text{còn trống trong kho}}) \quad (4)$$

Tất cả các biến liên quan đến số lượng hàng hóa và năng suất đều phải dương:

$$X_i, Y_j, Y_k, Z > 0 \quad (i \in N; j \in \{1; 2; 3; \dots\}; k \in \{1; 2; 3; \dots\}; j \neq k)$$

Tổng thời gian làm việc của 2 công nhân làm việc trong 1 ngày không quá 8 tiếng:

$$\sum \frac{X_i}{Y_j + Y_k} \leq 8 \quad (5)$$

Thời gian bốc xếp hàng của từng loại container là có giá trị quy định là cố định cho từng loại container:

$$\text{TBX} = \text{constant} \quad (6)$$

Sắp xếp mức độ ưu tiên của đơn hàng:

$$P_i = \text{If} (T_i < T_{i+1}, \text{"Ưu tiên"}; \text{If} (T_i = T_{i+1}, O_i < O_{i+1}, \text{"Ưu tiên"}; \text{If} (T_i > T_{i+1}, \text{"Xếp sau"}))) \quad (7)$$

Trong đó: Khi so sánh mức độ ưu tiên giữa các đơn hàng với nhau:

- “Ưu tiên” tức là đơn hàng sẽ được ưu tiên làm trước;

- “Xếp sau” tức là đơn hàng sẽ được thực hiện sau đơn hàng được ưu tiên.

3.5. Xử lý vấn đề xe đến trễ

Trong quá trình làm việc, 1 số đơn hàng không thể thực hiện do xe không thể đến kịp hoặc một số vấn đề khách quan tác động, kho hàng phụ trách liên lạc với các chủ hàng có nhu cầu có thể thay thế cho đơn hàng không thể thực hiện. Từ đó lập được 1 danh sách đơn hàng thay thế.

Lựa chọn các đơn hàng thay thế.

Đặt biến:

- T_{mi} : Thời gian làm hàng dự kiến của đơn hàng thay thế;

- t_{xt} : Thời gian làm hàng dự kiến của đơn hàng bị trễ xe;

- X_{mi} : Khối lượng của đơn hàng thay thế;

- X_{xt} : Khối lượng của đơn hàng bị trễ xe.

Trong đó:

$$T_{mi} = (TBX + X_{mi}/Z + X_{mi}/(Y_j + Y_k)) \quad (h) \quad (8)$$

$$t_{xt} = (TBX + X_{xt}/Z + X_{xt}/(Y_j + Y_k)) \quad (h) \quad (9)$$

Hàm sử dụng:

$$= \text{If} (T_{mi} \leq t_{xt}, \text{"OK"}, \text{If} (T_{mi} > t_{xt}, \text{"Loại"})) \quad (10)$$

Trong đó:

- “OK” tức là đơn hàng thỏa mãn điều kiện về thời gian;

- “Loại” tức là đơn hàng không thỏa mãn điều kiện về thời gian.

Từ đó ta lập được danh sách các đơn hàng có thể thay thế vào vị trí của đơn hàng không làm. Đồng thời, áp dụng phương pháp xếp lịch CPU, ta sẽ xét mức độ ưu tiên P_i của các đơn hàng thay thế cho đơn hàng đến trễ.

4. Thử nghiệm thuật toán tại kho DKP

Kho DKP là kho có thiết kế với sức chứa 40 kệ hàng, tương đương với 1200 pallet, một nhóm công nhân vận hành xe nâng hạ gồm 4 người và 2 nhân viên kiểm đếm, nhận hàng. Hiện tại, kho được đánh giá là một kho nhỏ, sức chứa không lớn, đồng thời chỉ có 1 cửa cho phép container có thể nhập hoặc xuất hàng. Từ những yếu tố trên, cho thấy kho gặp khó khăn khi xuất hiện các trường hợp nhiều hàng được đổ dồn về kho để lưu kho hoặc xuất kho. Đồng thời, kho hiện tại

vẫn đang quản lý và vận hành chủ yếu thông qua các công cụ làm việc cơ bản trên máy tính, chưa có sự quản lý bằng một hệ thống quản lý hoặc một phần mềm phục vụ cho vận hành, lưu trữ thông tin. Do đó, nhóm nghiên cứu đã quyết định lựa chọn kho DKP để thực nghiệm mức độ hiệu quả của thuật toán.

Phần mềm được cài đặt trên máy tính của quản lý, kết nối internet, giúp kiểm soát đơn hàng, khách hàng, tồn kho và nhân sự. Phần mềm tự động lập lịch trình làm việc thay vì chia việc thủ công.

Quản lý chỉ cần đăng nhập, xem danh sách đơn hàng cần xử lý, đánh giá khả năng kho, rồi lập và phê duyệt lịch trình. Lịch trình sau đó được gửi đến nhân viên qua hệ thống chung, giúp tối ưu hiệu suất vận hành.

Bảng 1. Bảng so sánh thời gian hoàn thành các đơn hàng theo loại container

Loại container	Thời gian trung bình hoàn thành đơn hàng trước khi có giải pháp	Thời gian trung bình hoàn thành đơn hàng sau khi áp dụng giải pháp
20RF	1h45p	1h38p
40RF	2h28p	2h20p
45RF	2h41p	2h33p

Nguồn: Nhóm tác giả tự tổng hợp

Kết quả ứng dụng cho thấy rằng, với khả năng hiện tại của kho, việc nâng cao năng suất trung bình lên trên 5 container 20RF vẫn gặp nhiều thách thức. Tuy nhiên, thời gian xử lý hàng của mỗi đơn hàng đã có sự cải thiện đáng kể, với mức tối thiểu giảm từ 8-15 phút trên mỗi container. Bên cạnh đó, quy trình lập lịch trình làm việc và phân bổ công việc trong kho đã được tự động hóa, giúp nhân viên nhận lịch nhanh chóng và đồng bộ hơn. Điều này cho phép người quản lý kiểm soát luồng thông tin về đơn hàng và nhân công hiệu quả hơn, rút ngắn thời gian xử lý so với các công cụ hiện tại từ 15-20 phút. Từ những kết quả trên, việc ứng dụng hệ thống vào kho DKP không chỉ giúp cải thiện khả năng quản lý và tối ưu hóa nguồn nhân lực mà còn hỗ trợ xây dựng lịch trình làm việc nhanh chóng, chính xác hơn. Qua đó, kho có thể nâng cao hiệu suất vận hành và tăng cường năng lực cạnh tranh trên thị trường.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã chứng minh được việc áp dụng kết hợp 2 thuật toán FCFS và Branch and Bound trong quản lý kho hàng, đặc biệt là các kho hàng lạnh mang đến một số hiệu quả rõ rệt, trong đó bao gồm việc lập

lịch và phân chia công việc tự động, đồng bộ trong vấn đề quản lý thông tin cũng như giảm vấn đề kho hàng bị ùn tắc khi khối lượng lớn đơn hàng được đưa về kho để làm hàng. Những kết quả trên đồng thời đã mở ra một hướng đi mới trong việc quản lý và vận hành kho hàng không chỉ là các kho hàng lạnh có quy mô nhỏ mà còn có thể áp dụng nhiều đơn vị có quy mô lớn hơn. Tuy nhiên, do nguồn lực có hạn, nghiên cứu hiện tại mới chỉ có thể kết hợp áp dụng một cách đơn giản để giải quyết bài toán được nêu. Trong tương lai, khi bài toán được mở rộng với nhiều yếu tố khác, giải pháp trên cần được cải thiện, xem xét đến một số yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến việc đưa ra kết quả tối ưu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **SV24-25.61**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yurtseven, C., Ekren, B. Y., & Toy, A. O. (2021). *An Overview of Warehouse Operations for Cold Chain*, Industrial Engineering in the Internet-of-Things World, p.161-175.
- [2] Mekour, M., Abdelkrim, H., & Teggat, H. *New model to streamline customer order scheduling*, Brazilian Journal of Technology.
- [3] Furkan Yener, et al. (2024), *Green Order Sorting Problem in Cold Storage Solved by Genetic Algorithm*, Sustainability.
- [4] Aji, S., & Nindiani, A. (2023). *Load Profile Of Workforce Using Westinghouse Method In Warehouse Work System*, Industry Xplore, pp.274-282.
- [5] Gideon Dadik Bibu, Gloria Chizoba Nwankwo (2019), *Comparative analysis between first-come-first-serve (FCFS) and shortest-job-first (SJF) scheduling algorithms*, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol.8, Issue 5, pp.176-181.
- [6] Sebastian Reyalt Gnanapragasam, Wasantha Daundasekera (2024), *A first come, first served basis heuristic approach to schedule the inbound vehicles at a warehouse with multi receiving doors*, 5th Faculty Annual Research Session (FARS2024), Faculty of Applied Science, University of Vavuniya, Sri Lanka.
- [7] Hong Jiang & Tianwei Ni (2010), *PB-FCFS-a task scheduling algorithm based on FCFS and backfilling strategy for grid computing*, Pervasive Computing (JCPC), 2009 Joint Conferences.
- [8] Bhupendra Ram & Manisha Pundir (2023), *Vehicular Parkig System Using IoT With FCFS and Round Robin Scheduling Algorithms*, Research Square.
- [9] David R. Morrison et al. (2016), *Branch-and-bound algorithms: A survey of recent advances in searching, branching, and pruning*, Discrete Optimization, Vol.19, pp.79-102.
- [10] Rodrigues, R. Carnieri & Flávio Neves Jr (2004), *Scheduling of Continuous Processes Using Constraint-Based Search: An Application to Branch and Bound*, Computer Aided Chemical Engineering.
- [11] Geetha Baskaran et al. (2014), *Integer programming: Using branch and bound to solve the nurse scheduling problem*, International Conference on Artificial Intelligence and Manufacturing Engineering (IIE ICAIME2014), pp.211-217.
- [12] Mieke Defraeye, Inneke Van Nieuwenhuysse (2013), *A Branch-and-Bound Algorithm for Shift Scheduling with Nonstationary Demand*, SSRN Electronic Journal.

Ngày nhận bài:	10/03/2025
Ngày nhận bản sửa:	21/03/2025
Ngày duyệt đăng:	24/03/2025