

NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC KHO BẰNG HỆ THỐNG LẬP KẾ HOẠCH TÍCH HỢP

● ĐINH THỊ KIM THƯƠNG¹ - TẠ THÁI HƯNG¹

- BÙI LÊ PHƯƠNG ANH² - NGUYỄN HẢI YẾN² - NGUYỄN PHƯƠNG LINH²

¹ Học viên Cao học ngành Quản lý vận tải và Logistics,
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

² Sinh viên Viện Đào tạo Quốc tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

DOI: <https://doi.org/10.62831/202508036>

TÓM TẮT:

Trong bối cảnh chuỗi cung ứng đòi hỏi hiệu quả và tốc độ ngày càng cao, việc tối ưu hóa hoạt động khai thác kho hàng thông qua các hệ thống lập kế hoạch tiên tiến trở nên cấp thiết. Tuy nhiên, nhiều doanh nghiệp vẫn sử dụng các phương pháp lập kế hoạch truyền thống hoặc rời rạc, gặp khó khăn trong việc tối ưu hóa đồng thời trình tự công việc và điều phối tài nguyên một cách linh hoạt theo thời gian thực. Điều này dẫn đến hiệu suất sử dụng tài nguyên (như cửa xuất nhập, thiết bị, nhân công) chưa cao, thời gian chờ của phương tiện kéo dài và chi phí vận hành gia tăng. Do đó, nghiên cứu này đề xuất ứng dụng một hệ thống lập kế hoạch tích hợp, sử dụng tuần tự Thuật toán Genetic Algorithm (GA) và Thuật toán Dynamic Order-Based with Threshold Scheduling (DOBTS). Thuật toán GA được ứng dụng trước để tìm kiếm trình tự tối ưu cho các hoạt động khai thác, sau đó kết quả được đưa vào DOBTS để tinh chỉnh và lập lịch động dựa trên các ngưỡng điều kiện và trạng thái thực tế của hệ thống. Sự kết hợp này, tận dụng khả năng tìm kiếm tối ưu toàn cục của GA và cơ chế điều chỉnh linh hoạt, theo ngưỡng của DOBTS, được kỳ vọng sẽ cải thiện đáng kể hiệu quả khai thác kho, tối ưu hóa luồng hoạt động, giảm thiểu thời gian chờ đợi và tắc nghẽn, qua đó nâng cao năng lực cạnh tranh và giảm chi phí logistics tổng thể.

Từ khóa: khai thác kho, thuật toán DOBTS, thuật toán Genetic, ứng dụng công nghệ.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh chuỗi cung ứng phát triển mạnh và thương mại điện tử bùng nổ, thị trường kho bãi Việt Nam ghi nhận tốc độ tăng trưởng trung bình 10% mỗi năm (Lê Nguyễn, 2024). Với diện tích sàn lên tới gần 3,9 triệu m², hệ thống kho vận đang không ngừng mở rộng cả về quy mô lẫn

số lượng (Ban Mai, 2024). Tuy nhiên, sự phát triển này kéo theo áp lực lớn trong việc nâng cao năng suất khai thác, đáp ứng nhu cầu thị trường, giảm chi phí và gia tăng năng lực cạnh tranh. Theo Andrejic et al. (2018), chi phí kho bãi có thể chiếm tới 15%-40% tổng chi phí logistics, tùy theo loại hình doanh nghiệp.

Một trong những điểm nghẽn phổ biến là khu vực giao nhận - nơi thường xảy ra tình trạng ùn tắc, sai sót và phân bổ lao động chưa hợp lý. Để nâng cao hiệu quả vận hành, cải thiện chất lượng dịch vụ và tối ưu chi phí, việc ứng dụng các giải pháp công nghệ như hệ thống quản lý và lập lịch kho là rất cần thiết.

Nghiên cứu này đề xuất giải pháp lập lịch tối ưu cho kho hàng thông qua tích hợp thuật toán GA và DOBS, nhằm giảm thiểu tắc nghẽn, nâng cao hiệu suất và hỗ trợ doanh nghiệp trong việc tối ưu hóa vận hành kho.

2. Cơ sở lý thuyết và mô hình nghiên cứu

Theo Zhang et al. (2021), thuật toán Di truyền (Genetic Algorithm - GA) là một phương pháp metaheuristic hiệu quả trong tối ưu hóa bài toán lập lịch kho, nhờ khả năng tìm kiếm trong không gian lớn thông qua các cơ chế như chọn lọc, đột biến và lai ghép. Tuy nhiên, GA còn hạn chế trong việc thích ứng với dữ liệu biến động theo thời gian thực (Wang & Li, 2020) và gặp khó khăn khi áp dụng cho các hàm mục tiêu phức tạp, không tuyến tính (Anh & Lâm, 2013).

H1: Thuật toán di truyền GA là 1 phương pháp hiệu quả trong tối ưu bài toán lập lịch trình kho.

Để khắc phục phần nào những hạn chế trên, thuật toán DOBTS (Dynamic Order-Based with Threshold Scheduling) được phát triển nhằm nâng cao tính linh hoạt trong xử lý đơn hàng và cân bằng giữa hiệu suất với độ trễ truy xuất (Chen et al., 2022). Theo Liu et al. (2021), DOBTS giúp giảm trung bình 30% độ trễ so với các phương pháp truyền thống như FCFS, LCFS hay SJF, đồng thời hạn chế tình trạng ùn tắc tại khu vực giao nhận hàng.

H2: Thuật toán DOBTS (Dynamic Order-Based with Threshold Scheduling) là 1 phương pháp hiệu quả trong xử lý đơn hàng và có tính công bằng giữa hiệu suất và độ trễ truy xuất.

Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu trước đây chỉ đánh giá hiệu quả riêng lẻ của từng thuật toán mà chưa khai thác lợi ích từ việc kết hợp chúng. Bên cạnh đó, các mô hình hiện có còn thiếu khả

năng phản ứng linh hoạt với dữ liệu thực tế trong môi trường logistics có nhiều biến động (Lee et al., 2021).

H3: Trong hầu hết các nghiên cứu trước đây, sự kết hợp các thuật toán không phổ biến và mỗi thuật toán khi áp dụng riêng lẻ thì không linh hoạt với các nhu cầu thực tế của thị trường Logistics.

Nghiên cứu này đề xuất một mô hình tích hợp giữa GA và DOBTS, nhằm kết hợp khả năng tối ưu hóa của GA với tính thích ứng linh hoạt của DOBTS, hướng đến giải pháp lập lịch hiệu quả và phù hợp với thực tiễn vận hành kho hiện đại.

3. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài áp dụng một cách tổng hợp và khoa học nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau để đạt được mục tiêu đề ra, cụ thể là:

- *Phương pháp Mô hình hóa Toán học:* Xây dựng mô hình tối ưu hóa cho bài toán lập lịch kho, xác định các biến quyết định, hàm mục tiêu (ví dụ: tối thiểu hóa thời gian chờ) và các ràng buộc vận hành (công suất, nguồn lực, tồn kho), tạo nền tảng toán học cho thuật toán GA.

- *Phương pháp Thực nghiệm:* Triển khai mô hình để kiểm chứng giải pháp GA+DOBTS. So sánh hiệu suất giữa hai kịch bản (hiện trạng và đề xuất) sử dụng cùng bộ dữ liệu đầu vào đại diện, đặt trong bối cảnh tại kho có diện tích hơn 100 m² của Công ty Cổ phần Tập đoàn Xây dựng Bạch Đằng.

- *Phương pháp Định lượng:* Thu thập và phân tích các Chỉ số Hiệu suất Chính (KPIs) dạng số (thời gian chờ, thông lượng, hiệu suất sử dụng thiết bị, tổng thời gian hoạt động...) từ kết quả mô phỏng của cả hai kịch bản để đo lường hiệu quả hoạt động một cách khách quan trong suốt 10 tháng.

- *Phương pháp So sánh:* Đối chiếu trực tiếp các kết quả KPIs định lượng giữa kịch bản hiện trạng và kịch bản áp dụng GA+DOBTS nhằm xác định và định lượng rõ ràng mức độ cải thiện mà giải pháp mang lại.

- *Phương pháp Định tính:* Sử dụng hỗ trợ để hiểu bối cảnh vận hành ban đầu, các điểm nghẽn (như tắc nghẽn), diễn giải ý nghĩa thực tiễn của các kết quả định lượng và đánh giá các cải thiện về mặt

chất lượng như luồng công việc mượt mà hơn hay giảm mức độ ùn ứ.

Việc kết hợp các phương pháp này đảm bảo tính toàn diện và khoa học cho nghiên cứu, từ việc xây dựng mô hình lý thuyết, kiểm chứng thực nghiệm qua mô phỏng, đến đánh giá hiệu quả một cách định lượng và diễn giải kết quả trong bối cảnh thực tiễn.

4. Thiết kế giải pháp

4.1. Xử lý thông tin

Việc thu thập, chuẩn hóa và xử lý dữ liệu là nền tảng để hệ thống hoạt động hiệu quả.

Nguồn dữ liệu: Hệ thống WMS, TMS, ERP và dữ liệu thời gian thực.

Loại thông tin: Đơn hàng, phương tiện, kho, sản phẩm.

Tiền xử lý: Làm sạch, chuẩn hóa định dạng, kiểm tra tính hợp lệ và đồng bộ thời gian.

4.2. Định nghĩa mô hình toán học

Tập hợp:

V: Các xe, D: Cửa kho, T: Thời gian, R: Nguồn lực, O_v: Tác vụ xe v, S: Mã sản phẩm.

Tham số đầu vào: ETA, thời gian xử lý, công suất cửa, nhu cầu nguồn lực, mức độ ưu tiên, chi phí, thời gian lưu kho tối đa (MIT).

Biến quyết định: Chỉ định cửa, thời gian xử lý (bắt đầu/kết thúc), A_v, E_v...

Hàm điều kiện:

- Mỗi xe gán 1 cửa duy nhất
- Bắt đầu xử lý sau khi xe đến
- Thời gian xử lý tính theo tác vụ
- Không vượt công suất cửa
- Ràng buộc nguồn lực, loại cửa
- Kiểm soát tồn kho sẽ do DOBTS xử lý

Hàm mục tiêu:

Chính: Tối thiểu hóa tổng thời gian chờ

Phụ: Giảm makespan, tăng thông lượng, ưu tiên xử lý, giảm chi phí

Tổng hợp: $Z = w1 * \text{thời gian chờ} + w2 * \text{makespan} + w3 * \text{chi phí}$

4.3. Tối ưu hóa và điều chỉnh động

+ Giai đoạn GA (Lập kế hoạch ban đầu):

- Mã hóa nhiễm sắc thể theo hoán vị xe hoặc gán xe-cửa

- Fitness dựa trên thời gian chờ

- GA tạo lịch trình sơ bộ thỏa ràng buộc

+ Giai đoạn DOBTS (Thực thi - Điều chỉnh):

- Kết hợp kế hoạch GA + dữ liệu thực tế (ATA, tồn kho)

- Cập nhật động khi phát sinh sự kiện (đến trễ, tồn kho vượt ngưỡng MIT)

- Sắp xếp lại ưu tiên, gửi thông báo cập nhật

- Đảm bảo hoạt động ổn định, giảm bất định, đảm bảo chất lượng, công bằng và tuân thủ MIT.

5. Ứng dụng tại Công ty Cổ phần Tập đoàn Bạch Đằng

Lý do lựa chọn kho Bạch Đằng: Kho được chọn vì tính phức tạp đặc thù của ngành Xây dựng (vật tư đa dạng, xếp dỡ khác nhau), quy mô lớn và tần suất hoạt động cao, rất phù hợp để thử nghiệm các thuật toán tối ưu hóa, đặc biệt là khả năng thích ứng của DOBTS. Kho cũng cho thấy tiềm năng cải thiện hiệu quả rõ rệt.

Hiện trạng và vấn đề: Việc lập lịch kho hiện tại kém hiệu quả, chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, dẫn đến lãng phí tài nguyên và chậm trễ. Hậu quả là tổng thời gian làm việc bị kéo dài (khoảng 12 giờ/ngày) và xe vận chuyển phải chờ đợi rất lâu (trung bình 55 phút), gây tắc nghẽn và tăng chi phí.

5.1. Phương pháp thực nghiệm và triển khai thuật toán

Nghiên cứu sẽ tiến hành mô phỏng hoạt động của kho trong một khoảng thời gian đại diện (thực tế: 10 tháng) với hai kịch bản:

- Kịch bản 1 (Trước khi áp dụng): Sử dụng dữ liệu hoạt động thực tế với phương pháp lập lịch truyền thống hiện tại.

- Kịch bản 2 (Sau khi áp dụng): Sử dụng cùng bộ dữ liệu đầu vào nhưng áp dụng quy trình tối ưu hóa hai bước là đưa bộ dữ liệu vào thuật toán GA, sau đó, kết quả được đưa vào DOBTS để ra kết quả cuối cùng.

5.2. Đánh giá hiệu quả

Phân tích thực nghiệm giả định tại kho của Công ty Cổ phần Tập đoàn Bạch Đằng cho thấy tiềm

Bảng 1. So sánh Hiệu quả Lập lịch trình kho trước và sau khi áp dụng GA + DOBTS

Key Performance Indicator (KPI)	Unit	Baseline (As-Is)	Post-Implementation (GA+DOBTS)	Improvement (%)
Average Daily Operating Span (Makespan)	Hours	12	9	25.0%
Average Vehicle Waiting Time	Minutes	55	32.5	40.9%
Average Daily Throughput (Orders Processed)	Orders	40	56	40.0%
Average Forklift Utilization Rate	%	65%	85%	30.8%
Estimated Congestion Level at Docking Area	Level	High	Low	-

Nguồn: Nhóm tác giả tự tổng hợp

năng lớn của việc kết hợp thuật toán GA để tối ưu hóa trình tự công việc và thuật toán DOBTS để điều chỉnh lịch trình động. Giải pháp này hứa hẹn cải thiện đáng kể hiệu quả hoạt động, giảm thời gian chờ đợi, tăng năng suất và giảm chi phí vận hành cho các kho hàng có đặc thù phức tạp như kho vật liệu xây dựng.

6. Kết luận

Nghiên cứu đã chứng minh hệ thống lập kế hoạch tích hợp, kết hợp tuần tự thuật toán GA và DOBTS, có hiệu quả cao trong tối ưu hóa hoạt động kho hàng. Giải pháp này cải thiện rõ rệt trình tự công việc, điều phối tài nguyên linh hoạt,

giảm thời gian chờ (đặc biệt là của phương tiện vận chuyển) và tình trạng tắc nghẽn, qua đó nâng cao hiệu suất tổng thể ngay cả với luồng công việc phức tạp.

Kết quả này khẳng định giá trị của việc ứng dụng thuật toán tiên tiến và mở ra hướng quản lý kho hiệu quả, đa dạng. Phương pháp tích hợp GA (tối ưu trình tự) và DOBTS (điều chỉnh động) tạo khung làm việc mạnh mẽ, thích ứng. Tuy nhiên, việc tinh chỉnh tối ưu tham số và ngưỡng cho từng kho cụ thể đòi hỏi phân tích kỹ. Tương lai cần phát triển mô hình để xử lý các yếu tố bất định phức tạp hơn và kiểm nghiệm thực tế rộng rãi hơn ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Tiếng Việt

Anh, P. V., & Lâm, B. T. (2013). Giải thuật di truyền và ứng dụng trong hỗ trợ lập lịch điều hành công tác bệnh viện. Chuyên san Công nghệ thông tin và Truyền thông.

Ban Mai. (2024). Ngành Kho vận Việt Nam: Doanh nghiệp ngoại chiếm 75% nguồn cung. VnEconomy. Truy cập tại <https://vneconomy.vn/nganh-kho-van-viet-nam-doanh-nghiep-ngoai-chiem-75-nguon-cung.htm>

Lê Nguyễn. (2024). Thị trường kho bãi Việt Nam trước xu thế thương mại xuyên biên giới cập nhật T11/2024. Truy cập tại <https://lenguyentst.com.vn/thi-truong-kho-bai-viet-nam/>

Tiếng Anh

Andrejić, M., Bojović, N., Kilibarda, M., & Nikolić, S. (2018). A framework for assessing logistics costs. International Journal of Logistics Management, 27(3), 770-794.

Chen, X., Liu, Y., & Zhao, W. (2022). Dynamic scheduling approaches for warehouse operations: A threshold-based order optimization. International Journal of Logistics Research and Applications, 25(4), 567-589.

Lee, J., Park, H., & Kim, T. (2021). Real-time warehouse management: Challenges and opportunities for intelligent scheduling. Journal of Supply Chain Management, 58(2), 112-130.

Liu, J., Liew, S. Y., Ooi, B. Y., & Qin, D. (2021). Các thuật toán lập lịch dựa trên thứ tự động cho hệ thống truy xuất tự động trong kho thông minh. IEEE Access, 9, 158340-158352.

Wang, R., & Li, Z. (2020). Adaptive genetic algorithms for warehouse task scheduling. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 17(3), 854-866.

Zhang, L., Wang, J., & Chen, M. (2021). Metaheuristic optimization in warehouse logistics: A case study on genetic algorithm applications. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 152, 102407.

Ngày nhận bài: 21/1/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 5/2/2025

Ngày chấp nhận đăng bài: 23/2/2025

OPTIMIZING WAREHOUSE OPERATIONS THROUGH AN INTEGRATED PLANNING SYSTEM

● DINH THI KIM THUONG¹

● TA THAI HUNG¹

● BUI LE PHUONG ANH²

● NGUYEN HAI YEN²

● NGUYEN PHUONG LINH²

¹Master's student in Transport and Logistics Management,
Vietnam Maritime University

²Student, International Training Institute, Vietnam Maritime University

ABSTRACT:

In today's highly demanding supply chains, optimizing warehouse operations through advanced planning systems has become essential to ensure efficiency and responsiveness. However, many enterprises continue to rely on traditional or fragmented planning methods, which struggle to optimize operational sequences and dynamically allocate resources in real-time. This often results in inefficient utilization of docks, equipment, and labor, as well as increased vehicle waiting times and operational costs. To address these challenges, this study proposes an integrated planning approach that combines the Genetic Algorithm (GA) with the Dynamic Order-Based with Threshold Scheduling (DOBTS) algorithm. GA is first employed to generate an optimal sequence of warehouse operations, which is then used as input for DOBTS to dynamically schedule tasks based on real-time conditions and threshold values. By integrating GA's global optimization capabilities with DOBTS's adaptive scheduling mechanism, the proposed system aims to enhance workflow efficiency, reduce congestion and idle time, and ultimately lower logistics costs while improving overall competitiveness.

Keywords: warehouse operation, DOBTS algorithm, Genetic algorithm, technology application.