



DOI:10.22144/ctujos.2026.101

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TỐI ƯU CHO BÀI TOÁN PHÂN BỐ ĐƠN HÀNG ĐỂ TẬN DỤNG XE TẢI CHIỀU VỀ TRỐNG

Nguyễn Hồng Phúc^{1*}, Trần Huỳnh Phương Thy¹, Nguyễn Văn Đạt² và Dương Thị Ngọc Ngân²

¹Khoa Quản lý công nghiệp, Trường Bách khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Sinh viên ngành Quản lý công nghiệp Khóa 47, Khoa Quản lý công nghiệp, Trường Bách khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nguyenhongphuc@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 10/03/2026

Sửa bài (Revised): 06/04/2026

Duyệt đăng (Accepted): 20/05/2026

Title: Developing an Optimization Model for Order Allocation to Utilize Empty Truck Backhauls

Author(s): Nguyen Hong Phuc^{1*}, Tran Huynh Phuong Thy¹, Nguyen Van Dat² and Duong Thi Ngoc Ngan²

Affiliation(s): ¹Faculty of Industrial Management, College of Engineering, Can Tho University, Viet Nam;

²Industrial Management students of Cohort 47, Faculty of Industrial Management, College of Engineering, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Trong vận tải hàng hóa bằng đường bộ, tình trạng xe tải chạy rỗng chiều về sau khi giao hàng là một vấn đề gây lãng phí lớn cho doanh nghiệp và làm tăng chi phí vận tải hàng hóa. Để khắc phục tình trạng này, mô hình tối ưu bằng phương pháp Quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp (Mixed-Integer Linear Programming - MILP) đã được đề xuất trong nghiên cứu nhằm tối ưu hóa việc phân bổ đơn hàng cho các xe tải chiều về trống. Mục tiêu được xác định trong nghiên cứu là vừa giảm chi phí vận hành, vừa tối đa hóa doanh thu từ các chuyến giao hàng, qua đó nâng cao hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp vận tải. Kết quả thực nghiệm qua phân tích kịch bản, phân tích độ nhạy và phân tích phương sai cho thấy mô hình đề xuất giúp phân bổ hiệu quả toàn bộ đơn hàng, nâng cao hiệu suất sử dụng phương tiện và lợi nhuận cho doanh nghiệp.

Từ khóa: Chi phí logistics, phát triển bền vững, quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp, xe tải chiều về trống

ABSTRACT

In road freight transport, empty return trips by trucks after deliveries are a significant waste for businesses and increase transportation costs. To address this issue, this study proposes an optimization model using Mixed-Integer Linear Programming (MILP) to optimize the allocation of orders to empty return trucks. The research aims to both reduce operating costs and maximize revenue from deliveries, thereby improving the operational efficiency of the transport business. Experimental results from scenario analysis, sensitivity analysis, and analysis of variance show that the proposed model effectively allocates all orders, improving vehicle utilization efficiency and profitability for the business.

Keywords: Empty backhauls, logistics costs, mixed-integer linear programming, sustainable development

1. GIỚI THIỆU

Chi phí logistics của Việt Nam hiện nay chiếm khoảng 20% GDP, cao hơn mặt bằng chung trong khu vực (Mai, 2025). Một nguyên nhân phổ biến đó là tình trạng xe tải chạy rỗng chiều về sau khi hoàn tất giao hàng (Phuong & Duyên, 2023; Quỳnh, 2025). Khi xe quay lại mà không chở hàng, doanh nghiệp vừa tốn nhiên liệu, nhân lực, hao mòn phương tiện, vừa không tạo ra giá trị gia tăng nào (Tiến & Linh, 2026).

Tình trạng này chủ yếu xuất phát từ việc chưa tối ưu hóa tuyến đường và phân bổ đơn hàng, cùng với việc thiếu kết nối hiệu quả giữa bên gửi hàng và bên vận chuyển (Horst & Langen, 2008; Chuân, 2021) dẫn đến hoạt động kém hiệu quả trong sử dụng nguồn lực chuỗi cung ứng (Islam, 2017). Ngoài ra, sự chênh lệch khối lượng hàng hóa giữa hai chiều (Arcelus et al., 1998), cùng với các ràng buộc về thời gian giao nhận càng làm cho việc sắp xếp phương tiện trở nên phức tạp, làm tăng chi phí và giảm khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp.

Các nghiên cứu trước đây về tối ưu vận tải khi được thực hiện chỉ tập trung vào từng khía cạnh riêng lẻ. Cụ thể, một số nghiên cứu khi được tiến hành đã tập trung vào tối ưu hóa chiều về trống và định tuyến phương tiện, thông qua các mô hình toán học và thuật toán tối ưu nhằm giảm quãng đường xe chạy rỗng (Ong & Suprayogi, 2011; Tütüncü, 2010); tuy nhiên, kết quả các nghiên cứu này chưa xem xét đến bài toán phân bổ đơn hàng. Một số nghiên cứu khác khi được thực hiện đã tiếp cận theo hướng phân bổ đơn hàng và tối đa hóa lợi nhuận, sử dụng mô hình quy hoạch số nguyên hỗn hợp kết hợp heuristics (Dong et al., 2022), nhưng chưa kết hợp với bài toán định tuyến. Trâm và ctv (2025) nghiên cứu về bài toán tối ưu hóa mạng lưới vận tải, tuy nhiên cũng chưa xem xét bài toán phân bổ đơn hàng cho các xe chiều về trống. Do đó, một mô hình tối ưu hóa phân bổ đơn hàng cho các phương tiện vận tải chiều về trống xem xét đồng thời tải trọng xe, thể tích xe, tuyến đường và thời gian giao nhận với mục tiêu tối đa hóa lợi nhuận được xây dựng trong nghiên cứu.

Dựa trên cơ sở tổng quan nghiên cứu về tối ưu hóa vận tải, một mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp (Mixed-Integer Linear Programming – MILP) đã được đề xuất. Đây là cách tiếp cận phổ biến để giải quyết các bài toán định tuyến có ràng buộc (Agarwal et al., 2009; Trâm và ctv., 2025). Mô hình này cho phép phân bổ đơn hàng hợp lý cho các chuyến xe chiều về, tối ưu hóa hiệu quả sử dụng phương tiện. Mô hình được áp dụng cho

tuyến vận tải Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM)–Cần Thơ, qua các điểm trung chuyển như Long An, Tiền Giang, Vĩnh Long, nhằm kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả của mô hình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô tả vấn đề

Bài toán được mô hình hóa dưới dạng MILP. Mục tiêu của bài toán là tối ưu việc phân bổ đơn hàng cho các phương tiện (bao gồm tập hợp các đơn hàng và các xe tải, trong đó có một số chuyến xe quay về trong trạng thái trống), sao cho tổng lợi nhuận đạt giá trị lớn nhất, đồng thời đảm bảo các ràng buộc về năng lực vận chuyển, thời gian giao nhận và khả năng phục vụ của mỗi chuyến xe. Mỗi đơn hàng được xác định bởi các thông tin như điểm xuất phát, điểm đến, khối lượng hàng hóa, thời gian giao nhận và doanh thu tương ứng. Các phương tiện vận chuyển có giới hạn về dung tích, thời gian di chuyển cố định giữa các địa điểm và chỉ được phân công đơn hàng khi thỏa mãn các ràng buộc vận hành nhất định.

2.2. Xây dựng mô hình tối ưu

Giả định:

Về hệ thống vận tải: Mỗi đơn hàng có vị trí giao hàng cố định, phương tiện đi-về theo tuyến cố định, việc nhận hàng đảm bảo không quá tải về khối lượng hay dung tích.

Về thời gian và hoạt động giao nhận: Thời gian giao nhận là cố định, mô hình bỏ qua các yếu tố ngẫu nhiên như tắc đường hay sự cố hư hỏng phương tiện.

Giả định về chi phí và doanh thu: Doanh thu của từng đơn hàng và các chi phí vận hành là xác định, không xét đến yếu tố thương lượng giá.

Giả định về tính khả thi của mô hình: Dữ liệu đầu vào là biết trước, các đơn hàng đều đủ điều kiện pháp lý và vận chuyển thông thường, không yêu cầu bảo quản đặc biệt.

Tập hợp và chỉ số:

N: tập hợp các đơn hàng,

M: tập hợp các xe tải sẵn có.

Tham số:

W_j : tải trọng tối đa mà xe tải j có thể chở,

V_j : dung tích tối đa của xe tải j ,

d_j : chi phí sử dụng xe tải j ,

T_{start_j} : thời điểm xuất phát của xe tải j ,

$T_{end,j}$: thời điểm về điểm xuất phát của xe tải j .

Thông tin về đơn:

w_i : trọng lượng của đơn hàng i ,

L_i, O_i, H_i : kích thước chiều dài, rộng, cao của đơn hàng i ,

$v_i = L_i O_i H_i$: dung tích của đơn hàng i ,

t_{ij} : thời gian giao đơn hàng i bởi xe tải j ,

p_i : đơn giá giao đơn hàng i ,

C_i : chi phí giao hàng của đơn hàng i .

Biến quyết định:

X_{ij} : bằng 1 nếu đơn hàng i được phân bổ vào xe tải j , ngược lại bằng 0;

Y_j : bằng 1 nếu xe j được sử dụng, ngược lại bằng 0.

Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu max (Z) nhằm tối đa hóa lợi nhuận, bao gồm tổng doanh thu trừ đi tổng chi phí giao hàng và chi phí chi phí sử dụng phương tiện.

$$\max Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} (p_i - c_i) X_{ij} - \sum_{j \in M} d_j Y_j \quad (1)$$

Các ràng buộc

Ràng buộc phân bổ đơn hàng: Mỗi đơn hàng được giao cho tối đa một xe.

$$\sum_{j \in M} X_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

Ràng buộc về tải trọng xe: Tổng trọng lượng đơn hàng không vượt quá tải trọng tối đa của xe.

$$\sum_{i \in N} w_i X_{ij} \leq W_j \quad \forall j \in M \quad (3)$$

Ràng buộc về dung tích xe: Tổng dung tích đơn hàng không vượt quá không gian chứa hàng của xe.

$$\sum_{i \in N} v_i X_{ij} \leq V_j \quad \forall j \in M \quad (4)$$

Ràng buộc về thời gian hoạt động của xe: Xe phải bắt đầu và kết thúc hành trình trong khoảng thời gian quy định, đảm bảo tuân thủ lịch trình vận hành.

$$T_{start,j} \leq t_{ij} X_{ij} \leq T_{end,j} \quad \forall i \in N, \forall j \in M \quad (5)$$

Ràng buộc về số lượng xe: Số lượng xe được phân công không vượt quá tổng số lượng xe sẵn có.

$$\sum_{j \in M} Y_j \leq |M| \quad (6)$$

Ràng buộc phân công – sử dụng xe: Một đơn hàng chỉ có thể được phân công cho xe j khi xe j được quyết định sử dụng.

$$X_{ij} \leq Y_j, \quad \forall i \in N, \forall j \in M \quad (7)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Trường hợp nghiên cứu điển hình

Trong phần này, một trường hợp nghiên cứu điển hình được giải định để minh họa việc ứng dụng mô hình tối ưu được đề xuất. Mô hình được xem xét có gồm có 30 xe tải và 200 đơn hàng, các thông tin cụ thể được mô tả trong Bảng 1. Mô hình toán được lập trình và giải bằng phần mềm CPLEX và được xử lý trên máy tính có cấu hình Intel Core i5-10300H CPU, 8GB RAM.

Bảng 2 trình bày kết quả tối ưu phân bổ đơn hàng cho các xe tải. Về hiệu suất sử dụng xe, mỗi xe chở từ 2.590 kg đến 5.830 kg, tỷ lệ sử dụng tải trọng trung bình mỗi xe là 66,17%, dung tích từ 10 đến 28 m³, tỷ lệ sử dụng dung tích trung bình mỗi xe là 78,65%. Về việc lợi nhuận mang lại, lợi nhuận từng xe dao động từ 7,50 triệu đồng đến 19,15 triệu đồng. Về việc tận dụng chiều về trống, mô hình đề xuất phục vụ các đơn hàng trên các tuyến đường chiều về, bao gồm: TP.HCM - Tiền Giang - Long An - Vĩnh Long - Cần Thơ để tối đa lợi nhuận.

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào của mô hình

Tham số	Giá trị trung bình, giá trị nhỏ nhất và lớn nhất	Đơn vị
Số lượng xe tải	30	xe
Tải trọng xe	6.000 (min: 5.000; max: 7.000)	kg
Dung tích xe	25 (min: 20; max: 30)	m ³
Chi phí cố định xe	1,49 (min: 1,30; max: 1,65)	triệu đồng
Thời gian xe hoạt động	12 giờ/ngày (từ 7:00 giờ đến 19:00 giờ tối)	giờ
Số lượng đơn hàng	200	đơn
Trọng lượng đơn hàng	565 (min: 450; max: 700)	kg
Thể tích đơn hàng	3,58 (ước tính từ chiều dài, rộng, cao)	m ³
Doanh thu đơn hàng	2,10 (min: 1,70; max: 2,50)	triệu đồng
Thời gian giao hàng	12,06 (min: 7,50; max: 18,10)	giờ
Số lượng địa điểm	5 (điểm xuất phát và điểm đến)	trạm

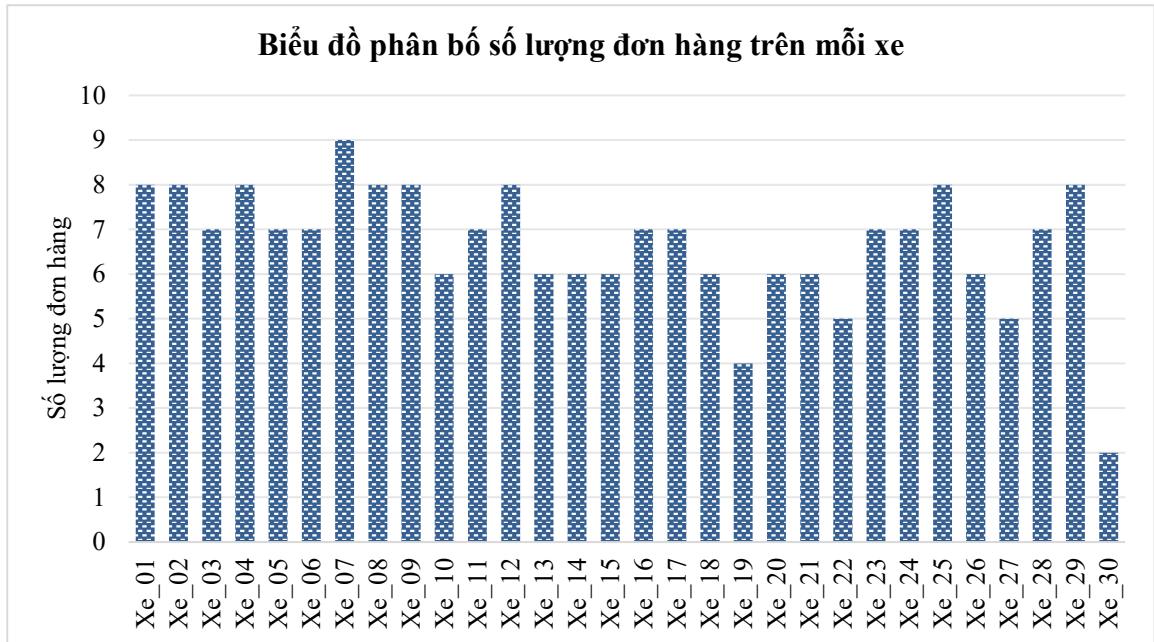
Bảng 2. Kết quả tối ưu hóa phân bổ đơn hàng cho các xe tải

Mã xe	Mã đơn (DH)	Trọng lượng (kg)	Dung tích (m ³)	Điểm nhận	Điểm giao	Lợi nhuận (triệu đồng)
01	23, 32, 37, 38, 46, 76, 96, 197	4.300	19	TP.HCM, Long An, Tiền Giang	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long	15,00
02	3, 47, 48, 68, 88, 123, 126, 130, 153, 167	5.620	25	TP.HCM, Tiền Giang, Long An	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An	19,00
03	15, 22, 31, 70, 116, 163, 180, 190	4.530	21	Tiền Giang, Long An, TP.HCM	Vĩnh Long, Tiền Giang, Cần Thơ	15,25
04	1, 8, 13, 19, 54, 58, 106, 131, 173, 187	5.520	27	TP.HCM, Long An, Vĩnh Long, Tiền Giang	Tiền Giang, Cần Thơ, Vĩnh Long	18,50
05	9, 44, 74, 89, 111, 152, 177, 196	4.560	22	Tiền Giang, TP.HCM, Long An	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An	15,60
06	18, 40, 65, 144, 182	2.900	15	Long An, TP.HCM	Cần Thơ, Long An, Tiền Giang	9,30
07	2, 41, 42, 128	2.100	10	Long An, TP.HCM	Cần Thơ, Long An, Tiền Giang	6,75
08	99, 168, 172, 181, 199	3.070	17	Tiền Giang, Long An	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long	8,50
09	17, 101, 183	1.620	9	TP.HCM, Vĩnh Long	Vĩnh Long, Tiền Giang, Cần Thơ	4,75
10	118, 120, 139, 140, 154, 158, 170, 178	4.900	27	Vĩnh Long, TP.HCM, Long An	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An	16,75
11	10, 30, 79, 90, 143, 159	3.630	19	Long An, TP.HCM	Cần Thơ, Vĩnh Long, Tiền Giang, Long An	11,55
12	145, 147, 174	1.830	10	TP.HCM, Long An	Tiền Giang, Cần Thơ	5,00
13	25, 33, 55, 57, 61, 142, 150	4.070	21	Tiền Giang, TP.HCM, Long An	Vĩnh Long, Cần Thơ	13,30
14	29, 35, 53, 62, 69, 113, 114, 135	4.640	23	TP.HCM, Long An	Cần Thơ, Long An, Tiền Giang, Vĩnh Long	16,65
15	59, 85, 108, 112, 119, 132	3.210	17	TP.HCM, Long An, Vĩnh Long, Tiền Giang	Vĩnh Long, Cần Thơ, Long An	11,40
16	12, 95, 127, 185	2.260	12	Tiền Giang, TP.HCM	Cần Thơ, Vĩnh Long, Tiền Giang	7,85
17	27, 34, 94, 105, 141, 169, 200	3.790	17	Tiền Giang, Long An, TP.HCM, Vĩnh Long	Cần Thơ	12,80

Mã xe	Mã đơn (DH)	Trọng lượng (kg)	Dung tích (m ³)	Điểm nhận	Điểm giao	Lợi nhuận (triệu đồng)
18	66, 77, 117, 146, 193	2.670	14	Vĩnh Long, Long An, TP.HCM	Cần Thơ, Tiền Giang	8,70
19	45, 52, 75, 149, 156, 160, 175, 192, 198	5.160	26	Tiền Giang, TP.HCM, Long An	Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An	17,00
20	39, 78, 83, 134, 165	3.000	15	TP.HCM, Long An	Tiền Giang, Vĩnh Long, Cần Thơ	8,95
21	11, 14, 16, 50, 87, 92, 110	3.930	20	Vĩnh Long, TP.HCM, Long An	Cần Thơ, Long An, Tiền Giang, Vĩnh Long	12,85
22	36, 80, 148, 151, 171, 191	3.150	13	Long An, TP.HCM	Tiền Giang, Vĩnh Long, Cần Thơ	10,75
23	20, 51, 91, 93, 102, 121, 157	3.700	19	Tiền Giang, TP.HCM, Long An	Vĩnh Long, Cần Thơ, Tiền Giang	12,45
24	4, 6, 21, 49, 100, 109, 138, 161, 162, 179	5.830	28	Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An, TP.HCM	Vĩnh Long, Cần Thơ, Tiền Giang	19,15
25	67, 82, 136, 184, 186, 194	2.960	14	Long An, TP.HCM, Tiền Giang	Vĩnh Long, Tiền Giang, Cần Thơ	11,50
26	64, 72, 98, 104, 155, 195	3.730	19	Vĩnh Long, Long An, TP.HCM	Cần Thơ, Vĩnh Long, Tiền Giang	12,30
27	28, 56, 60, 63, 71, 97, 103, 137, 164, 176	5.530	25	Long An, TP.HCM, Vĩnh Long, Tiền Giang	Tiền Giang, Vĩnh Long, Cần Thơ, Long An	17,85
28	7, 81, 86, 107, 115, 124, 125, 166	4.400	22	TP.HCM, Tiền Giang, Long An	Cần Thơ, Vĩnh Long, Tiền Giang	14,90
29	5, 43, 129, 133	2.590	15	Long An, TP.HCM, Tiền Giang	Vĩnh Long, Tiền Giang, Cần Thơ	7,50
30	24, 26, 73, 84, 122, 188, 189	4.080	19	Tiền Giang, TP.HCM	Vĩnh Long, Long An	13,35
Tổng	200	113.280	560			375,20

Hình 1 trình bày biểu đồ phân bố số lượng đơn hàng trên mỗi xe tải cho thấy, phần lớn các xe được phân bổ từ 6 đến 8 đơn hàng, phản ánh sự phân bố tương đối đồng đều giữa các phương tiện. Tuy nhiên, vẫn tồn tại sự chênh lệch nhất định, khi một

số xe chỉ nhận từ 2 đến 3 đơn hàng, trong khi một số xe khác nhận từ 9 đến 10 đơn hàng. Sự khác biệt này xuất phát từ các ràng buộc trong mô hình, chẳng hạn như tuyến đường cố định, tải trọng, dung tích chuyên chở của từng xe.



Hình 1. Biểu đồ phân bố số lượng đơn hàng trên mỗi xe tải

3.2. Ảnh hưởng của kích thước mô hình

Kết quả trong Bảng 3 phản ánh sự tác động của kích thước mô hình đến chất lượng lời giải. Thời gian tính toán tăng theo kích thước bài toán nhưng mức tăng cũng rất nhỏ. Bên cạnh đó, kết quả khoảng

cách tối ưu (optimality gap) ở tất cả các trường hợp đều rất thấp, cho thấy CPLEX có khả năng tìm được lời giải tối ưu toàn cục cho bài toán trong thời gian ngắn và mô hình có khả năng mở rộng khi áp dụng trong thực tế.

Bảng 3. Các chỉ số đánh giá ảnh hưởng của quy mô mô hình

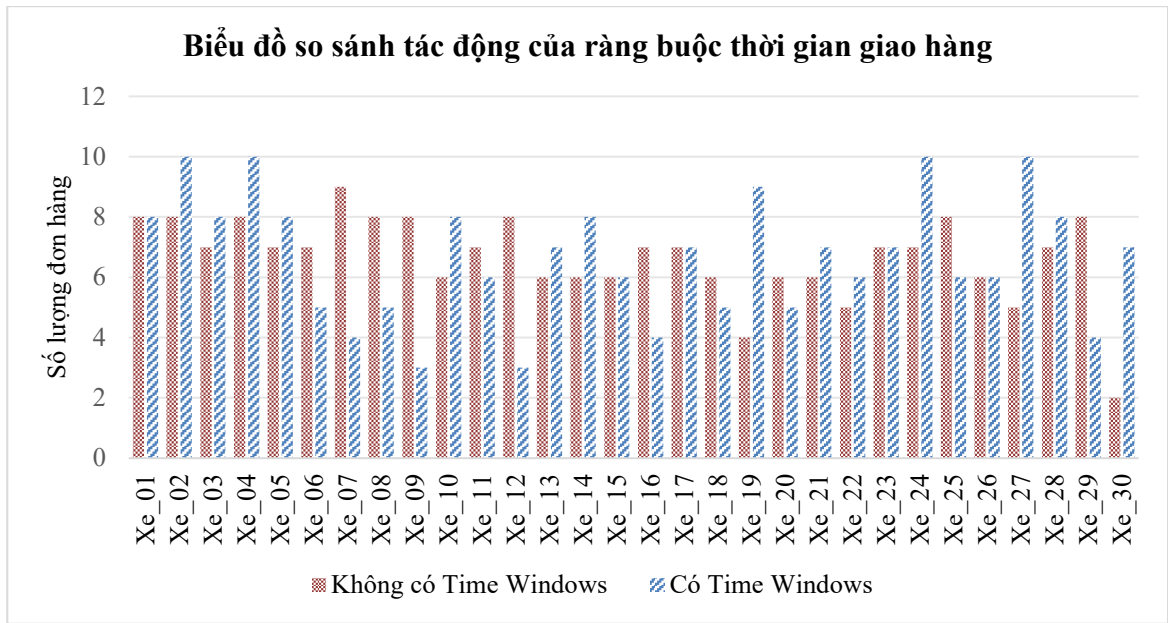
Cỡ mô hình	Tổng lợi nhuận (triệu đồng)	Tỷ lệ đơn hàng nhận (%)	Tỷ lệ sử dụng tải trọng trung bình mỗi xe (%)	Tỷ lệ sử dụng dung tích trung bình mỗi xe (%)	Thời gian tính toán (giây)	Khoảng cách tối ưu (%)	Số nút tìm kiếm
10 xe - 50 đơn hàng	90,40	100	48,82	58,77	1,19	0,00	24
30 xe - 200 đơn hàng	375,20	100	66,17	78,65	2,40	0,00	61
50 xe - 400 đơn hàng	765,50	100	76,42	88,13	6,69	0,05	210

3.3. Ảnh hưởng của ràng buộc thời gian giao hàng

Mô hình tối ưu phân bổ đơn hàng được thực hiện trên dữ liệu gồm 30 xe tải và 200 đơn hàng. Tất cả các tham số khác được giữ nguyên. Hai kịch bản được xây dựng để đánh giá ảnh hưởng của ràng buộc thời gian giao hàng đến hiệu quả hoạt động.

Kịch bản 1 (Không có ràng buộc thời gian giao hàng): Xe tải có thể giao hàng bất kỳ thời điểm nào trong khoảng thời gian hoạt động. Trong trường hợp này, mô hình tối ưu bỏ qua ràng buộc số (5).

Kịch bản 2 (Có ràng buộc thời gian giao hàng): Mỗi đơn hàng được giao trong một khoảng thời gian nhất định. Trong trường hợp này, mô hình tối ưu xem xét ràng buộc số (5).



Hình 2. Biểu đồ so sánh tác động của ràng buộc thời gian giao hàng đến sự phân bổ đơn hàng từng xe

Hình 2 thể hiện kết quả so sánh số lượng đơn hàng phân bổ cho từng xe ở hai kịch bản. Kết quả cho thấy, ở kịch bản 1, mô hình được phép linh hoạt hơn so với kịch bản 2 trong việc phân bổ đơn hàng lên các xe do bỏ qua ràng buộc về thời gian giao hàng. Vì vậy, sự phân bổ đơn hàng trên các xe tương đối đồng đều. Lợi nhuận của từng kịch bản được trình bày trong Bảng 4. Mặc dù tổng lợi nhuận giữa hai trường hợp không chênh lệch đáng kể, nhưng vẫn cho thấy sự ảnh hưởng của ràng buộc thời gian giao hàng lên lợi nhuận là không đồng đều giữa các xe. Cụ thể, tổng lợi nhuận trong trường hợp không ràng buộc thời gian là 375,20 triệu đồng. Còn tổng lợi nhuận trong trường hợp có ràng buộc thời gian là 296,20 triệu đồng.

Trong đó, 4 trên 30 xe (13%) có lợi nhuận tăng lên, chứng minh rằng mô hình có ràng buộc vẫn có khả năng phát huy hiệu quả kinh tế nếu đơn hàng được phân bổ hợp lý theo thời gian; 8 trên 30 xe (27%) có lợi nhuận giảm nhẹ (mức giảm nhỏ hơn 2 triệu), cho thấy mô hình có ràng buộc không gây ảnh hưởng tiêu cực trong một số trường hợp cụ thể; 18/30 xe (60%) có lợi nhuận giảm mạnh (mức giảm trên 2 triệu) do giới hạn về thời gian khiến việc kết hợp đơn hàng gặp khó khăn hơn. Điều này cho thấy mô hình chịu ảnh hưởng đáng kể bởi ràng buộc thời gian giao hàng. Tuy nhiên, ràng buộc này giúp mô hình bám sát thực tế hơn.

Bảng 4. So sánh lợi nhuận khi không có ràng buộc thời gian và có ràng buộc thời gian

Xe tải	Lợi nhuận không có ràng buộc thời gian giao hàng	Lợi nhuận có ràng buộc thời gian giao hàng	Chênh lệch
Xe 01	15,00	10,10	-4,90
Xe 02	19,00	15,20	-3,80
Xe 03	15,25	12,30	-2,95
Xe 04	18,50	13,50	-5,00
Xe 05	15,60	9,70	-5,90
Xe 06	9,30	4,90	-4,40
Xe 07	6,75	4,30	-2,45
Xe 08	8,50	10,50	2,00
Xe 09	4,75	6,80	2,05
Xe 10	16,75	15,70	-1,05
Xe 11	11,55	8,20	-3,35
Xe 12	5,00	7,30	2,30
Xe 13	13,30	10,50	-2,80

Xe tải	Lợi nhuận không có ràng buộc thời gian giao hàng	Lợi nhuận có ràng buộc thời gian giao hàng	Chênh lệch
Xe 14	16,65	9,60	-7,05
Xe 15	11,40	11,70	0,30
Xe 16	7,85	6,70	-1,15
Xe 17	12,80	11,60	-1,20
Xe 18	8,70	8,60	-0,10
Xe 19	17,00	11,20	-5,80
Xe 20	8,95	5,60	-3,35
Xe 21	12,85	11,20	-1,65
Xe 22	10,75	10,00	-0,75
Xe 23	12,45	11,20	-1,25
Xe 24	19,15	14,60	-4,55
Xe 25	11,50	7,20	-4,30
Xe 26	12,30	8,80	-3,50
Xe 27	17,85	12,70	-5,15
Xe 28	14,90	11,90	-3,00
Xe 29	7,50	6,30	-1,20
Xe 30	13,35	8,30	-5,05
Tổng lợi nhuận	375,20	296,20	

3.4. Phân tích độ nhạy

Ba nhóm tham số được lựa chọn để phân tích gồm: tải trọng và thể tích xe tải, chi phí vận hành và doanh thu từ việc giao hàng. Trong thí nghiệm này, cỡ mô hình với 30 xe và 200 đơn hàng (kết quả thực nghiệm của mô hình này được trình bày trong Bảng 3). Kết quả của mô hình cơ sở được sử dụng làm nền tảng để so sánh cho các kịch bản phân tích độ nhạy tiếp theo. Với mỗi mức thay đổi, mô hình được chạy lại. Các chỉ tiêu quan trọng được thu thập bao gồm: tổng doanh thu đạt được, số đơn hàng được phân bổ, số xe được sử dụng. Từ đó, việc so sánh với mô hình cơ sở đã được thực hiện để đánh giá tác động của từng thay đổi.

Thay đổi tải trọng và thể tích xe tải:

Bảng 5. Kết quả khi thay đổi tải trọng và thể tích xe

Kịch bản	Tổng lợi nhuận (triệu đồng)	Số đơn hàng phân bổ (đơn)	Số lượng xe sử dụng
Giảm 20% tải trọng	351,60	192	30
Tăng 20% tải trọng	378,20	200	28
Cơ sở (0%)	375,20	200	30
Giảm 20% thể tích	348,90	190	30
Tăng 20% thể tích	378,20	200	28

Thay đổi chi phí vận hành của xe

Theo kết quả được trình bày ở Bảng 6, chi phí vận hành được điều chỉnh theo ba mức: giảm 20%, giữ nguyên (mức cơ sở) và tăng 20%. Kết quả phản ánh tổng lợi nhuận giảm dần khi chi phí vận hành tăng và lợi nhuận tăng khi chi phí vận hành

Bảng 5 thể hiện kết quả phân tích thay đổi tải trọng và thể tích xe tải. Các kịch bản được xây dựng bao gồm: giảm 20% tải trọng so với giá trị cơ sở, tăng 20% tải trọng, giữ nguyên (mô hình cơ sở), giảm 20% thể tích và tăng 20% thể tích. Mỗi lần thay đổi chỉ điều chỉnh một trong hai tham số (tải trọng hoặc thể tích), các tham số còn lại không thay đổi. Khi tải trọng hoặc thể tích xe giảm, mô hình vẫn phân bổ tối đa các đơn hàng có hiệu quả kinh tế cao, nhưng số đơn phân bổ giảm do giới hạn khả năng chuyên chở. Tổng lợi nhuận giảm do doanh thu giảm. Ngược lại, khi tải trọng hoặc thể tích tăng, số đơn phân bổ đạt tối đa (200 đơn), mô hình sử dụng ít xe hơn, lợi nhuận tăng khoảng 2,98 triệu so với mô hình cơ sở.

giảm. Điều này cho thấy chi phí vận hành không ảnh hưởng trực tiếp đến quyết định phân bổ đơn hàng, nhưng có tác động đáng kể đến tổng lợi nhuận. Mô hình có xu hướng ưu tiên sử dụng toàn bộ xe để giao được tối đa số lượng đơn hàng. Điều này phản ánh chính sách khai thác tối đa hiệu quả

sử dụng phương tiện và tối đa hóa doanh thu từ việc phục vụ các đơn hàng là yếu tố quyết định.

Thay đổi doanh thu của đơn hàng

Trong phân tích ở Bảng 7, mô hình được kiểm tra độ nhạy với các thay đổi của doanh thu của đơn hàng nhằm đánh giá ảnh hưởng của mức thu nhập từ đơn hàng đến kết quả phân bổ, số lượng đơn hàng được nhận và tổng lợi nhuận của hệ thống. Kết quả cho thấy mô hình phân bổ giữ nguyên số đơn hàng và số lượng xe sử dụng trong toàn bộ các kịch bản thay đổi doanh thu, chứng tỏ phương án phân bổ ổn định trước biến động doanh thu. Sự

thay đổi doanh thu chỉ tác động tuyến tính đến tổng lợi nhuận, cho thấy các đơn hàng không bị từ chối phục vụ dù doanh thu giảm nhẹ hoặc tăng.

Tóm lại, kết quả phân tích độ nhạy cho thấy tải trọng và thể tích xe tải ảnh hưởng rõ rệt đến khả năng nhận đơn hàng, số xe sử dụng và tổng lợi nhuận. Đồng thời, chi phí vận hành tác động chủ yếu đến tổng lợi nhuận, nhưng không làm thay đổi phương án phân bổ. Lợi nhuận đơn hàng ảnh hưởng trực tiếp đến tổng lợi nhuận, nhưng không tác động đến quyết định phân bổ đơn hàng trong điều kiện không thay đổi ràng buộc.

Bảng 6. Kết quả khi thay đổi chi phí vận hành

Kịch bản chi phí vận hành	Tổng lợi nhuận (triệu đồng)	Số đơn hàng phân bổ (đơn)	Số lượng xe sử dụng
Giảm 20%	384,12	200	30
Cơ sở (0%)	375,20	200	30
Tăng 20%	366,28	200	30

Bảng 7. Kết quả khi thay đổi doanh thu của đơn hàng

Kịch bản doanh thu	Tổng lợi nhuận (triệu đồng)	Số đơn hàng phân bổ (đơn)	Số lượng xe sử dụng
Giảm 10%	333,22	200	30
Cơ sở (0%)	375,20	200	30
Tăng 10%	417,18	200	30

3.5. Phân tích kịch bản

Việc phân tích này được thực hiện nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của hai yếu tố tỷ lệ tận dụng xe chiều về (mức tải trọng tối đa của mỗi xe được khai thác) và mức ưu tiên đơn hàng (số lượng đơn hàng tối đa được lựa chọn phục vụ trên tổng số các đơn hàng) đến tổng lợi nhuận của mô hình. Mục đích của thực nghiệm này nhằm phân tích hai quyết định quan trọng trong vận hành thực tế: khai thác năng lực vận chuyên dư thừa và lựa chọn đơn hàng khi nhu cầu vượt quá năng lực. Việc phân tích hai yếu tố này giúp đánh giá sự đánh đổi giữa hiệu quả kinh tế và tính khả thi, từ đó cung cấp cơ sở cho doanh nghiệp ra quyết định vận hành phù hợp.

Mức giá trị trong thiết kế thực nghiệm của tỷ lệ tận dụng xe chiều về trống đại diện cho ba trạng thái vận hành: mức thấp (30% tải trọng của xe) phản ánh việc khai thác chiều về ở mức hạn chế, ưu tiên tính

ổn định; mức trung bình (60% tải trọng xe) thể hiện sự cân bằng giữa hiệu quả kinh tế và khả năng điều phối và mức cao (90% tải trọng xe) tương ứng với việc khai thác gần tối đa năng lực chuyên chở chiều về nhằm tối đa hóa lợi nhuận. Mức độ ưu tiên lựa chọn đơn hàng được thiết lập ở ba mức: thấp (30% số đơn hàng), trung bình (60% số đơn hàng), cao (90% số đơn hàng) tương ứng với việc tập trung phục vụ các đơn hàng mang lại hiệu quả kinh tế lớn nhất. Cụ thể, mức thấp ưu tiên 60/200 đơn, mức trung bình ưu tiên 120/200 đơn, và mức cao ưu tiên 180/200 đơn có lợi nhuận cao nhất. Do số lượng kịch bản cần được giới hạn để đảm bảo tính khả thi trong tính toán, nhóm lựa chọn các mức có khoảng cách đủ lớn nhằm phản ánh rõ rệt sự thay đổi của kết quả theo từng mức tải.

Từ dữ liệu đầu vào trên, tác giả tiếp tục sử dụng để phân tích ANOVA bằng phần mềm Minitab. Kết quả thu được ở Bảng 9.

Bảng 8. Dữ liệu đầu vào cho phân tích ANOVA

Tỷ lệ tận dụng	Ưu tiên đơn hàng	Tổng lợi nhuận (triệu đồng)
Thấp	Thấp	290,50
Thấp	Trung bình	305,80
Thấp	Cao	318,60
Trung bình	Thấp	325,40
Trung bình	Trung bình	345,10
Trung bình	Cao	360,90
Cao	Thấp	355,60
Cao	Trung bình	368,70
Cao	Cao	378,40

Bảng 9. Kết quả phân tích ANOVA

Nguồn biến	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tỷ lệ tận dụng	2	5991,64	2995,82	293,29	0,000
Ưu tiên đơn hàng	2	1249,50	624,75	61,16	0,001
Sai số	4	40,86	10,21		
Tổng	8	7282,00			

Bảng 10. Tổng quan mô hình

Thông số	Giá trị
S	4,62
R-sq (R ²)	99,09%
R-sq (adj)	97,58%
R-sq (pred)	97,16%

Kết quả mức độ phù hợp của mô hình được trình bày trong Bảng 10. Sai số chuẩn của mô hình ($S = 4,62$) cho thấy sai lệch giữa giá trị dự đoán và giá trị thực tế ở mức thấp. Các chỉ số R^2 , R^2 điều chỉnh và R^2 dự đoán đều đạt trên 97%, cho thấy mô hình ANOVA có mức độ phù hợp cao và có khả năng dự đoán tốt.

4. KẾT LUẬN

4.1. Thảo luận kết quả nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, mô hình toán tối ưu giúp tối đa hóa lợi nhuận đã được xây dựng bằng cách tối ưu hóa việc phân bổ đơn hàng để tận dụng các phương tiện vận tải trống chiều về. Mô hình là công cụ hỗ trợ ra quyết định hiệu quả, giúp doanh nghiệp khai thác tối đa năng lực vận chuyên chiều về, tối ưu hóa lợi nhuận và nâng cao hiệu quả chuỗi cung ứng. Bằng cách tận dụng năng lực chuyên chở của xe tải chiều về trống, mô hình không chỉ cải thiện lợi nhuận mà còn góp phần giảm thiểu tác động môi trường do giảm số chuyến xe rỗng, nâng cao hiệu quả kinh tế và tăng sự hài lòng về chất lượng dịch vụ cho khách hàng bởi thời gian giao hàng được cải thiện.

Kết quả phân tích cho thấy cả hai yếu tố đều có $P\text{-value} < 0,05$, chứng tỏ tỷ lệ tận dụng và ưu tiên đơn hàng đều có ảnh hưởng đáng kể đến tổng lợi nhuận. Trong đó, yếu tố tỷ lệ tận dụng xe chiều về có ảnh hưởng mạnh hơn ($F = 90,92$) so với ưu tiên đơn hàng ($F = 27,29$). Nghĩa là việc tăng tỷ lệ tận dụng xe chiều về trống mang lại hiệu quả lợi nhuận rõ rệt hơn. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng tương tác giữa tỷ lệ tận dụng xe chiều về trống và ưu tiên đơn hàng không được xem xét vì lý do cỡ mẫu tương đối nhỏ để phân tích ANOVA hai yếu tố có tương tác.

Mô hình không chỉ đạt được mục tiêu tối đa hóa lợi nhuận ròng mà còn đảm bảo tuân thủ các ràng buộc vận hành như tải trọng, thể tích, thời gian làm việc và thời gian giao hàng. Việc đưa vào ràng buộc thời gian đảm bảo tính thực tiễn của mô hình, giúp mô hình có thể áp dụng trong thực tế. Tuy nhiên, các ràng buộc hiện được xử lý theo kiểu “bắt buộc” (hard constraints). Việc thêm các ràng buộc mềm, chẳng hạn như cho phép vi phạm nhẹ với chi phí phạt hợp lý, có thể giúp tăng tính khả thi trong điều kiện thực tế biến động.

4.2. Đề xuất cải tiến

Một số hướng cải tiến mô hình trong những nghiên cứu tiếp theo:

Xem xét các yếu tố bất định: Việc giả định một số thông tin đầu vào cố định và chưa xem xét đầy đủ các yếu tố bất định có thể ảnh hưởng đến kết quả vận hành thực tế.

Đa mục tiêu: Trong thực tế, doanh nghiệp không chỉ tối đa lợi nhuận mà còn muốn cân bằng số lượng đơn hàng phục vụ, thời gian sử dụng xe hoặc phân bổ đều công việc cho các xe. Việc mở rộng sang mô hình tối ưu đa mục tiêu có thể mang lại kế hoạch vận hành linh hoạt hơn.

Tích hợp với tuyến đường: Mặc dù bài toán hiện tại không xét tuyến đường cụ thể, nhưng trong giai đoạn triển khai thực tế, việc tích hợp thêm yếu tố lộ trình, khoảng cách và thời gian di chuyển có thể được thực hiện để tăng tính chính xác của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Arcelus, F. J., Eiselt, H. A., & Lin, E. Y. (1998). Minimizing Empty Hauls in Multi-day, Multi-depot Trucking. *International Transactions in Operational Research*, 5(3), 201-210. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.1998.tb00115.x>
- Agarwal, R., Ergun, Ö., Houghtalen, L., & Ozener, O. O. (2009). Collaboration in cargo transportation. In Chaovalitwongse, W., Furman, K. C. & Pardalos, P. M. (eds.), *Optimization and Logistics Challenges in the Enterprise* (pp. 373 – 409). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-88617-6_14
- Chuân, N. (2021). *Kết nối chuỗi logistics bằng công nghệ*. <https://tapchikinhthetaichinh.vn/ket-noi-chuoi-logistics-bang-cong-nghe-54431.html>
- Dong, Y., Bai, Y., Olinick, E. V., & Yu, A. J. (2022). The Backhaul Profit Maximization Problem: Optimization Models and Solution Procedures. *INFORMS Journal on Optimization*, 4(4), 373 – 402. <https://doi.org/10.1287/ijoo.2022.0071>
- Horst, van der, M. R., & Langen, de, P. W. (2008). Coordination in hinterland transport chains: a major challenge for the seaport community. *Maritime Economics and Logistics*, 10(1-2), 108-129. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100194>
- Islam, S. (2017). Empty truck trips problem at container terminals: A review of causes, benefits, constraints and solution approaches. *Business Process Management Journal*, 23(2), 248-274. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2015-0086>
- Mai, B. (2025). *Chi phí logistics của Việt Nam lọt top đắt đỏ trong khu vực: Điểm nghẽn ở đâu*. <https://tuoitre.vn/chi-phi-logistics-cua-viet-nam-lot-top-dat-do-trong-khu-vuc-diem-nghen-o-dau-20251211190945899.htm>
- Ong, J. O. & Suprayogi (2011). Vehicle routing problem with backhaul, multiple trips and time window. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1), 1 – 10. <https://doi.org/10.9744/jti.13.1.1-10>
- Phuong, M. Q., & Duyên, N. T. K. (2023). Thực trạng và giải pháp phát triển xanh hóa hoạt động vận tải tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế Châu Á - Thái Bình Dương*, 5, 16 – 18.
- Quỳnh, K. (2025). *Ứng dụng T-FLY: Giải pháp tối ưu chi phí logistics cho doanh nghiệp*. <https://thanhvien.vn/ung-dung-t-fly-giai-phap-toi-uu-chi-phi-logistics-cho-doanh-nghiep-185251113153311494.htm>
- Tiến, P. X., & Linh, Đ. G. (2026). *Ứng dụng nền tảng ContLink trong tối ưu chi phí logistics và phát triển vận tải xanh*. <https://tapchicongthuong.vn/ung-dung-nen-tang-contlink-trong-toi-uu-chi-phi-logistics-va-phat-trien-van-tai-xanh-363091.htm>
- Trâm, N. T., Hòa, H. T. T., & Danh, N. T. (2025). Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu. *Tạp chí Xây dựng*, 7, 66 – 69.
- Tütüncü, G. Y. (2010). An interactive GRAMPS algorithm for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem with and without backhauls. *European Journal of Operational Research*, 201(2), 593 – 600. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.03.044>