



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.023

MÔ HÌNH TỐI ƯU HÓA TUYẾN ĐƯỜNG VẬN CHUYỂN TRONG CHUỖI CUNG ỨNG LẠNH NÔNG SẢN

Trần Thị Thắm* và Nguyễn Đoàn Trinh

Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trần Thị Thắm (email: ttham@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 09/07/2022

Ngày nhận bài sửa: 03/11/2022

Ngày duyệt đăng: 04/11/2022

Title:

An optimization model for distribution route in cold chain of agricultural product

Từ khóa:

Chuỗi cung ứng lạnh, hoạt động logistics, mô hình tối ưu hóa, quy hoạch tuyến đường_VRP, Mô hình lập trình phi tuyến_NLP

Keywords:

Cold chain, logistics activities, optimization model, vehicle routing problem_VRP, Non-linear Programming_NLP

ABSTRACT

The cold chain is the supply chain of perishable products from the place of origin, through the processes of processing, storage, transportation, distribution, and marketing under the necessary temperature to ensure safety, reduce loss and prevent pollution. In the cold supply chain, one of the crucial requirements is to minimize the time and route of transportation, ensure product quality as well as ensure cost-efficiency. This paper aims to build a mathematical model to minimize the total cost by selecting the route with the shortest travel time. The model is built based on the Vehicle Routing Problem (VRP) model and Non-linear Programming (NLP). Distribution activities of Bach Hoa Xanh stores in Ninh Kieu District, Can Tho City are used as an example of the proposed model. The analysis results provide the suitable transportation routes, to improve logistics costs in the case study at 18 stores of Bach Hoa Xanh, serving as a premise for developing and applying the model, contributing to improving operational efficiency for the whole chain.

TÓM TẮT

Chuỗi cung ứng lạnh là chuỗi cung ứng các loại sản phẩm dễ hư hỏng từ nơi xuất xứ, qua các quy trình chế biến, lưu trữ, vận chuyển, phân phối và tiếp thị dưới nhiệt độ cần thiết để đảm bảo an toàn, giảm tổn thất và ngăn ngừa ô nhiễm. Trong chuỗi cung ứng lạnh, một trong những yêu cầu cần thiết là tối thiểu thời gian và tuyến đường vận chuyển, nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm cũng như hiệu quả chi phí. Bài báo này xây dựng mô hình toán nhằm tối thiểu tổng chi phí thông qua việc lựa chọn tuyến đường có thời gian di chuyển ngắn nhất. Bài toán được xây dựng dựa trên mô hình quy hoạch tuyến đường VRP và mô hình lập trình phi tuyến (Non-linear Programming_NLP). Hoạt động phân phối của chuỗi cửa hàng Bách Hóa Xanh tại quận Ninh Kiều, thành Phố Cần Thơ được sử dụng làm ví dụ cho mô hình đề xuất. Kết quả phân tích cung cấp tuyến đường vận chuyển thích hợp nhằm cải thiện chi phí logistics trong trường hợp nghiên cứu tại 18 điểm cửa hàng Bách Hóa Xanh, làm tiền đề phát triển và áp dụng mô hình, góp phần nâng cao hiệu quả hoạt động cho toàn chuỗi.

1. GIỚI THIỆU

Kinh tế ngày càng phát triển kéo theo yêu cầu của thị trường đối với chất lượng thực phẩm ngày càng cao. Đảm bảo chất lượng sản phẩm từ khâu thu

hoạch đến tiêu thụ là nhiệm vụ không chỉ của hộ nông dân, cơ sở chế biến, tiểu thương, siêu thị hay cửa hàng tiện lợi mà là của toàn chuỗi cung ứng. Nhiệm vụ này đặt ra thúc đẩy định nghĩa chuỗi cung

ứng lạnh ra đời. Lưu và ctv. (2010) giới thiệu quá trình phát triển của chuỗi bảo quản lạnh thực phẩm để thấy được tiềm năng to lớn của chuỗi tại Việt Nam. Hoàng (2015) đã đưa ra nghiên cứu về việc đề xuất các định hướng và giải pháp xây dựng chuỗi cung ứng lạnh cho nông sản Việt Nam dựa trên sự phân tích kinh nghiệm của các quốc gia trên thế giới đã áp dụng thành công chuỗi lạnh. Liên (2020) nghiên cứu về nhu cầu logistics lạnh đối với nông sản Việt Nam. Trong nghiên cứu, các tác giả đã thống kê và phân tích những số liệu về thực trạng của chuỗi cung ứng nông sản nước ta, sau đó đưa ra đánh giá và thảo luận về xu hướng áp dụng chuỗi lạnh trong tương lai. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chỉ dừng lại ở mức đề xuất các giải pháp thông qua khảo sát và đánh giá thực trạng, chưa đưa ra được giải pháp cụ thể cho bài toán mạng lưới logistics trong chuỗi cung ứng lạnh.

Đối với chuỗi cung ứng lạnh thực phẩm, một trong những yêu cầu cần thiết của khách hàng và nhà cung cấp là tối thiểu thời gian và tuyến đường vận chuyển, nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm cũng như đảm bảo hiệu quả chi phí. Tuy nhiên, chưa có tác giả nào trong nước nghiên cứu về vấn đề này. Mục tiêu của nghiên cứu này là đề xuất mô hình tối ưu tuyến đường vận chuyển nhằm tối ưu hóa mạng lưới phân phối trong chuỗi cung ứng lạnh. Đề tài mong muốn cung cấp giải pháp để giảm tối đa mức thất thoát nông sản, kéo dài chu kỳ sống cho sản phẩm cũng như đảm bảo thực phẩm tươi mới và an toàn đến tay người tiêu dùng. Mặt khác, mô hình đề xuất giúp doanh nghiệp tối thiểu được các chi phí liên quan như chi phí vận chuyển, chi phí thất thoát, chi phí làm lạnh trong quá trình vận chuyển. Từ đó, góp phần tăng khả năng cạnh tranh cho sản phẩm trên thị trường.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khái niệm chuỗi cung ứng lạnh

Chuỗi cung ứng lạnh được hiểu là một hệ thống chuỗi cung ứng các loại sản phẩm y tế (thuốc, vắc xin), thực phẩm dễ hư hỏng từ nơi xuất xứ, qua các quy trình chế biến, lưu trữ, vận chuyển, phân phối và tiếp thị dưới nhiệt độ cần thiết để đảm bảo an toàn, giảm tổn thất và ngăn ngừa ô nhiễm. Chuỗi cung ứng lạnh là một hình thức hậu cần đặc biệt và một hệ thống đông lạnh phức tạp, bao gồm một số liên kết, các quy trình tổng thể từ mua sắm, chế biến, phân phối, bán lẻ đến tiêu thụ đều ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bình thường (Shabani, 2015).

Mục đích của chuỗi cung ứng lạnh là giữ cho sản phẩm được vận chuyển ở nhiệt độ thấp phù hợp. Do

ngghiêm ngặt về thời gian, các hàng hóa được ướp lạnh và đông lạnh đòi hỏi cách vận chuyển phức tạp hơn và cách tổ chức quản lý khác biệt so với các hàng hóa được vận chuyển ở nhiệt độ môi trường bình thường.

Các chuỗi cung ứng lạnh bao gồm hai hệ thống Logistics cơ bản:

- Mạng lưới nhà kho lạnh được kiểm soát tốt về nhiệt độ để bảo quản các mặt hàng nhạy cảm và dễ hỏng.

- Hệ thống vận tải lạnh bao gồm các loại phương tiện chuyên chở như xe tải, container lạnh, các thiết bị chuyên dụng cho hoạt động vận chuyển và giao nhận kiểm tra, duy trì nhiệt độ lạnh cần thiết.

Hiệu quả chuỗi cung ứng lạnh đã được cải thiện đáng kể trong những thập kỷ gần đây. Sự thành công của chuỗi lạnh chủ yếu dựa trên cơ sở nắm vững nguyên tắc vận chuyển với sự kiểm soát nhiệt độ nghiêm ngặt. Các sản phẩm khác nhau đòi hỏi phải duy trì các mức nhiệt độ khác nhau để đảm bảo tính nguyên vẹn của sản phẩm trong toàn bộ chuỗi cung ứng. Về cơ bản, kiểm soát nhiệt độ trong chuỗi cung ứng lạnh được chia thành làm lạnh (Chilling) và đông lạnh (Freezing), cụ thể là:

- Làm lạnh (Chilling): liên quan đến việc giảm nhiệt độ thực phẩm xuống dưới nhiệt độ môi trường, nhưng trên mức 1°C. Nhiệt độ này giúp bảo quản thực phẩm trong thời gian ngắn hiệu quả bằng cách ngăn lại nhiều phản ứng vi sinh, vật lý, hóa học và sinh hóa liên quan đến hư hỏng thực phẩm. Tuy nhiên, thực phẩm ướp lạnh lại rất dễ hư hỏng, do đó, thực phẩm ướp lạnh chất lượng cao và an toàn đòi hỏi phải tối thiểu được ô nhiễm trong quá trình sản xuất (ô nhiễm chéo), làm lạnh nhanh và giữ ở nhiệt độ thấp trong quá trình bảo quản, xử lý, phân phối, trưng bày bán lẻ và lưu trữ cho người tiêu dùng.

- Đông lạnh (Freezing): bảo quản tuổi thọ của thực phẩm bằng cách làm cho chúng trở nên chậm các phản ứng bất lợi thúc đẩy quá trình oxy hóa thực phẩm và kéo dài thời hạn sử dụng. Tuy nhiên, cần phải nhận ra rằng một số phản ứng vật lý và sinh hóa vẫn có thể xảy ra và sẽ xảy ra nhanh hơn khi các điều kiện xử lý, sản xuất và lưu trữ khuyến khích không được duy trì. Việc sản xuất thực phẩm đông lạnh an toàn đòi hỏi sự chú ý tương tự đối với các nguyên tắc sản xuất tốt (Good Manufacturing Practices_GMP) và các nguyên tắc (Hazard Analysis and Critical Control Points_HACCP) như đối với thực phẩm ướp lạnh hoặc tươi sống (Bogh & Olsson, 1990).



Hình 1. Hoạt động logistics trong chuỗi cung ứng lạnh

Các tiêu chuẩn nhiệt độ phổ biến nhất là ướp lạnh (chill) ở mức 2°C, đông lạnh (frozen) ở mức -18°C và đông lạnh sâu (deep frozen) ở mức -29°C, mỗi loại liên quan đến các nhóm sản phẩm cụ thể. Ví dụ như, ướp lạnh (chill) là mức chuẩn nhiệt độ trong tủ lạnh và thường được sử dụng để vận chuyển trái cây và rau quả để có được thời hạn sử dụng tối ưu. Đông lạnh (frozen) chủ yếu dành cho vận chuyển thịt. Đông lạnh sâu (deep frozen) đây là mức nhiệt độ lạnh nhất chủ yếu dành cho vận chuyển hải sản. Ngoài ra mức từ 2°C đến 8°C, là thích hợp để bảo quản được phẩm thông thường. Khoảng nhiệt từ 12°C đến 14°C thích hợp cho chuỗi cung ứng chuỗi, là một trong những loại trái cây sản xuất và vận chuyển nhiều nhất thế giới.

Khi ngày càng có nhiều quốc gia tập trung vào nền kinh tế xuất khẩu, xung quanh việc chế biến và bảo quản thực phẩm, nhu cầu giữ cho các sản phẩm này được tươi trong thời gian dài đã nhận được sự quan tâm đặc biệt vì lý do thương mại và sức khỏe. Chuỗi cung ứng lạnh giúp chuyên môn hóa các chức năng nông nghiệp, cho phép vận chuyển các thực phẩm nhạy cảm với nhiệt độ thấp phù hợp, phục vụ nơi tiêu thụ nội địa hoặc đến các nơi tiêu thụ xa. Khi sản phẩm được vận chuyển đúng cách sẽ làm giảm khả năng nhiễm khuẩn và nấm của lô hàng, đảm bảo sức khỏe người tiêu dùng.

Bên cạnh đó, chuỗi cung ứng lạnh còn cho phép phân phối vắc-xin và các sản phẩm dược phẩm hoặc sinh học khác từ các cơ sở lớn đến bất kỳ nơi tiêu thụ nào trên thế giới, giúp các vấn đề chăm sóc sức khỏe hiệu quả hơn (Rodrigue, 2020). Do đó, chuỗi cung ứng lạnh còn được xem là một giải pháp đảm bảo sức khỏe cộng đồng.

2.2. Bài toán quy hoạch tuyến đường (Vehicle Routing Problem - VRP)

Bài toán quy hoạch tuyến đường (VRP) là một trong những bài toán kinh điển của vận trù học, được nghiên cứu từ rất lâu và lần đầu tiên được đề xuất bởi Dantzig and Ramser (1959). VRP thường được doanh nghiệp sử dụng cho các quyết định ngắn hạn về phân phối hàng hóa. Bài toán VRP cơ bản gồm có một tập hợp các xe được tập kết tại kho hàng và

mỗi khách hàng có yêu cầu vận chuyển khác nhau. Mục đích là tìm ra các tuyến đường giao hàng tối ưu đáp ứng nhu cầu của các khách hàng sao cho tổng chi phí thấp nhất với những ràng buộc nhất định.

VRP có vai trò quan trọng và được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực phân phối hàng hóa, dịch vụ chuyển thư, xe chở xăng dầu, thu gom rác thải sinh hoạt, v.v. Nhiều tác giả đã phát triển bài toán VRP dựa trên nền tảng nghiên cứu của Dantzig và Ramser đồng thời thêm nhiều ràng buộc hơn, từ đó cũng xuất hiện các biến thể của bài toán VRP.

Ai and Kachitvichyanukul (2009) xây dựng bài toán quy hoạch tuyến đường có xét đến khung thời gian đáp ứng (Vehicle Routing Problem with Time Window - VRPTW). Ma and Xu (2015) xây dựng bài toán VRP với nhiều khung thời gian đáp ứng kết hợp lý thuyết ngẫu nhiên mờ. Tương tự, Li et al. (2018) phát triển khung thời gian cho mỗi lộ trình, theo đó mỗi khách hàng chỉ cho phép giao hàng trong một khoảng thời gian nhất định, nếu tài xế đến sớm hoặc trễ hơn thời gian quy định thì sẽ mất một khoản phí chịu phạt. Mô hình bài toán được tiếp tục phát triển trong nghiên cứu của Song et al. (2020). Tương tự, Bai et al. (2021) phát triển mô hình xem xét mức độ phức tạp của mạng lưới giao thông theo thời gian. Mô hình được đề xuất nhằm tối ưu chi phí vận hành, chi phí hao hụt, chi phí phạt và chi phí vận chuyển. Kết quả của nghiên cứu giúp các công ty logistics chuỗi lạnh lựa chọn chiến lược phân phối hiệu quả.

Zhu et al. (2014) và Ji et al. (2015) xây dựng mô hình tối ưu hóa nhằm tối ưu chi phí trong quá trình nhận và giao hàng. Trong các nghiên cứu này, bên cạnh việc giao hàng cho các điểm khách hàng thì các xe tải thu nhận các hàng hóa được trả lại và đem về trung tâm phân phối để xử lý. Trong đó, hàm mục tiêu xem xét chi phí cố định của phương tiện phân phối, chi phí vận chuyển, chi phí làm lạnh hàng hóa và chi phí hao hụt. Bài toán VRP với việc nhận và giao đồng thời sử dụng nhiều phương tiện, nhiều kho hàng và thời gian ràng buộc tiếp tục được nghiên cứu bởi Lagos et al. (2018) và Dridi et al. (2019). Mục đích bài toán là để giảm thiểu tổng khoảng cách

của các tuyến đường trong khi phục vụ đồng thời các nhu cầu giao hàng và nhận hàng của khách hàng. Hiệu quả của mô hình được chứng minh thông qua các ví dụ minh họa.

Wang et al. (2017) đề xuất mô hình tối thiểu chi phí cho mạng lưới logistics có xem xét đến chi phí hao hụt. Chi phí hao hụt được tính dựa trên tỷ lệ thất thoát trong quá trình vận chuyển cũng như trong lúc dỡ tải hàng hóa ở các điểm khách hàng. Hannan et al. (2018) và Iswari and Asih (2018) xem xét bài toán hoạch định tuyến đường có xét đến khả năng cố định của phương tiện (Capacitated Vehicle Routing Problem_CVRP).

Wang et al. (2018) nghiên cứu mô hình tối ưu hóa tuyến đường vận chuyển cho hoạt động logistics chuỗi cung ứng lạnh dựa trên chính sách thuế carbon ở Trung Quốc. Hàm mục tiêu của mô hình nhằm tối ưu tổng chi phí phân phối, bao gồm: chi phí phát sinh trong quá trình phân phối, chi phí vận chuyển, chi phí thiệt hại, chi phí kho lạnh, chi phí thiếu hụt và chi phí phát thải carbon. Liu et al. (2018) xây dựng mạng lưới logistics nhằm tối ưu chi phí, nguồn lực và hiệu quả phân phối trong chuỗi cung ứng lạnh ngành công nghiệp điện, siêu thị, công nghiệp thực phẩm và đồ uống tại Trung Quốc. Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu tham khảo quan trọng cho những nghiên cứu tiếp theo về tối ưu tuyến đường vận chuyển trong chuỗi cung ứng lạnh.

Bên cạnh đó, Liu et al. (2020) đề xuất mô hình, trong đó các công ty logistics chuỗi lạnh hợp tác với nhau để cung cấp hàng hóa cho khách hàng. Ví dụ được đưa ra dựa trên dữ liệu kinh doanh thực tế từ bốn công ty chuỗi lạnh và 28 khách hàng. Kết quả chỉ ra rằng hợp tác trong phân phối là một cách hiệu quả để giảm tổng chi phí và lượng khí thải carbon khi so sánh với phân phối đơn lẻ. Wang and Wen (2020) đề xuất mô hình tối ưu hóa có xem xét đến sự hài lòng của khách hàng. Kết quả cho thấy sự hài lòng của khách hàng là yếu tố quan trọng để các công ty hoạch định chiến lược phân phối. Một số đề xuất được đưa ra cho các doanh nghiệp, chính phủ và người tiêu dùng để giúp cải thiện sự phát triển của hệ thống logistics chuỗi lạnh.

Tóm lại, dựa trên các yêu cầu trong thực tế, rất nhiều dạng biến thể khác của mô hình VRP được đề xuất bằng cách sử dụng các ràng buộc về độ dài lộ trình, ràng buộc về số lượng xe sử dụng, thời gian giao hàng, hay ngoài mục tiêu tối thiểu chi phí vận chuyển thì có thêm các mục tiêu khác như tối thiểu chi phí hao hụt, tối thiểu lượng phát thải carbon, tối đa mức độ phục vụ khách hàng, v.v. Nghiên cứu này kế thừa các hàm mục tiêu trong những nghiên cứu trước đó về tối ưu chi phí cố định, chi phí vận

chuyển, chi phí hao hụt trong quá trình vận chuyển. Ngoài các chi phí hao hụt trong quá trình vận chuyển, đề tài còn đề cập đến hao hụt trong quá trình phục vụ tại các điểm khách hàng.

Bài toán hoạch định tuyến đường rất phức tạp, được tiếp cận bằng các phương pháp giải khác nhau. Ví dụ phương pháp tối ưu hóa chính xác (Exact Optimization) phù hợp với những bài toán có phạm vi áp dụng tương đối nhỏ nhưng cho kết quả tối ưu trong khoảng thời gian chấp nhận được. Bên cạnh đó, các giải thuật dựa trên kinh nghiệm như GA (Genetic Algorithm), PSO thích hợp cho bài toán có nhiều ràng buộc và phạm vi áp dụng với kích thước dữ liệu lớn, cho kết quả nhanh chóng.

3. MÔ HÌNH TOÁN

Trong chuỗi cung ứng lạnh, hệ thống logistics đóng vai trò quan trọng, bao gồm hệ thống kho bãi và vận chuyển. Để cải thiện hiệu quả trong vận chuyển, nghiên cứu sử dụng mô hình quy hoạch tuyến đường VRP để xây dựng mạng lưới phân phối. Mục tiêu mô hình nhằm tối thiểu tổng chi phí bao gồm chi phí cố định của phương tiện vận chuyển, chi phí vận chuyển, chi phí làm lạnh và chi phí thất thoát trong quá trình vận chuyển cũng như trong quá trình phục vụ khách hàng.

Các giả định của mô hình

Mô hình được xây dựng với một số giả định sau:

- Chỉ có một loại xe tải lạnh với tải trọng như nhau. Tải trọng của xe là biết trước, bằng với sức chứa của xe.
- Tổng nhu cầu của khách hàng trên mỗi tuyến không được vượt quá tải trọng của xe.
- Xe di chuyển từ kho đến các điểm khách hàng, sau đó về kho.
- Trong quá trình phân phối xe tải chỉ giao hàng và không có trường hợp nhận hàng từ các cửa hàng. Xe đi từ khách hàng cuối về kho là không tải. Mặt khác, xe không hư hỏng trong lúc vận chuyển.
- Xe tải chạy ở vận tốc như nhau trong quá trình giao hàng.
- Nhu cầu của khách hàng phải được đáp ứng, mỗi cửa hàng chỉ được phục vụ một lần duy nhất bởi 1 xe.
- Sản phẩm được vận chuyển chỉ bao gồm các mặt hàng rau, củ, quả.

Tập hợp

$V = \{1, 2, \dots, m\}$: tập hợp các xe tải lạnh

$N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$: tập hợp các điểm khách hàng, trong đó 0 là nhà kho

Tham số

d_i Nhu cầu của khách hàng i , $i \in N$, (kg)

q_k tải trọng của xe k , $k \in V$, (kg)

d_{ij} khoảng cách giữa cửa hàng i và j , $i, j \in N$ (km)

cvc chi phí vận chuyển của xe (đồng/km)

ccd chi phí cố định của xe (đồng)

v vận tốc xe k , (km/giờ)

w_j thời gian phục vụ tại cửa hàng j (giờ)

ct Chi phí làm lạnh trong quá trình vận chuyển (đồng)

cs Chi phí làm lạnh trong quá trình phục vụ (đồng)

φ_1 tỷ lệ hao hụt trong lúc đóng cửa và vận chuyển từ i đến j (%)

φ_2 tỷ lệ hao hụt trong lúc mở cửa phục vụ tại cửa hàng j (%)

p Giá đơn vị của sản phẩm (đồng/kg)

t_{ij} Thời gian di chuyển giữa i và j , tính dựa trên quãng đường và vận tốc của xe (giờ)

Biến số

$X_{ij}^k = 1$ Nếu xe k có di chuyển từ i đến j , $x_{ij}^k = 0$ không có xe k di chuyển từ i đến j

Y_{ij}^k Lượng vận chuyển từ cửa hàng i đến cửa hàng j bằng xe k

Hàm mục tiêu

Hàm tổng chi phí

$$Z = CP1 + CP2 + CP3 + CP4 \quad (6)$$

– Chi phí cố định của xe k được tính dựa trên chi phí cho một xe tải lạnh trong một lần sử dụng để giao hàng (được tính dựa trên khấu hao), chi phí trả cho tài xế và công nhân bốc dỡ với số xe tải lạnh sử dụng trong quá trình giao hàng.

$$CP1 = \sum_{j=0}^n ccd * X_{0j}^k \quad \forall j \in N, k \in V \quad (7)$$

– Chi phí vận chuyển được tính bằng tích giữa chi phí vận chuyển đơn vị (cvc) với khoảng cách di chuyển tương ứng (d_{ij}).

$$CP2 = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m cvc * d_{ij} * X_{ij}^k \quad \forall i, j \in N, k \in V, i \neq j \quad (8)$$

– Chi phí làm lạnh gồm có chi phí làm lạnh trong quá trình vận chuyển và chi phí làm lạnh trong lúc phục vụ khách hàng. Trong đó, chi phí làm lạnh trong quá trình vận chuyển được tính bằng tích giữa thời gian di chuyển giữa i và j (t_{ij}) và chi phí làm lạnh đơn vị trong lúc vận chuyển (ct). Chi phí làm

lạnh trong lúc phục vụ khách hàng j bằng tích của chi phí làm lạnh đơn vị trong lúc phục vụ (cs) với thời gian phục vụ khách hàng tại j (w_j).

$$CP3 = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m X_{ij}^k * (ct * t_{ij} + cs * w_j) \quad \forall i, j \in N, k \in V, i \neq j \quad (9)$$

– Chi phí thất thoát trong quá trình vận chuyển và trong lúc phục vụ khách hàng. Chi phí thất thoát được tính dựa trên giá bán với tỷ lệ phần trăm thất thoát trong quá trình vận chuyển và tỷ lệ thất thoát trong lúc dỡ hàng ở các cửa hàng.

$$CP4 = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m X_{ij}^k * p * [d_j * (1 - e^{-\varphi_1 t_{ij}}) + (Y_{ij}^k - d_j) * (1 - e^{-\varphi_2 w_j})] \quad \forall i, j \in N, k \in V, i \neq j \quad (10)$$

Ràng buộc

– Ràng buộc về số lần phục vụ tại các cửa hàng: mỗi cửa hàng chỉ được phục vụ bởi một xe và phục vụ một lần duy nhất.

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^n X_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in N, \forall i \neq j \quad (11)$$

– Ràng buộc về nhu cầu và tải trọng của xe: tổng nhu cầu của các cửa hàng trong cùng một chuyến giao hàng không vượt quá tải trọng của xe.

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_i * X_{ij}^k \leq q_k \quad \forall k \in V, \forall i \neq j \quad (12)$$

– Ràng buộc về số lần xe ra vào kho: mỗi xe xuất phát và trở lại kho 1 lần duy nhất

$$\sum_{j=1}^n X_{0j}^k = 1 \quad \forall k \in V \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0}^k = 1 \quad \forall k \in V \quad (14)$$

– Ràng buộc về tuyến đường giao nhận: tuyến đường đi từ cửa hàng i đến cửa hàng j và ngược lại là như nhau.

$$\sum_{j=0}^n X_{ij}^k - \sum_{j=0}^n X_{ji}^k = 0 \quad \forall k \in V; \forall i \in N, \forall i \neq j \quad (15)$$

– Ràng buộc về lượng hàng hóa vận chuyển trên xe: lượng hàng hóa vận chuyển giữa i và j phải lớn hơn nhu cầu của điểm j

$$f_{ij}^k \geq d_j * X_{ij}^k \quad \forall k \in V; \forall i, j \in N, \forall i \neq j \quad (16)$$

– Ràng buộc về lượng hàng hóa vận chuyển và tải trọng của xe: lượng hàng hóa vận chuyển giữa i và j không được vượt quá tải trọng của xe.

$$f_{ij}^k \leq q_k * X_{ij}^k \quad \forall k \in V; \forall i, j \in N, \forall i \neq j \quad (17)$$

– Ràng buộc về lượng vận chuyển và nhu cầu của mỗi điểm.

$$\sum_{i=0}^n Y_{ij}^k - \sum_{i=0}^n Y_{ji}^k = d_j * \sum_{i=0}^n X_{ij}^k \quad \forall k \in V; \forall i, j \in N, j \neq 0, i \neq j \quad (18)$$

4. VÍ DỤ ĐIỂN HÌNH

4.1. Chuỗi cung ứng Bách Hóa Xanh

Theo kết quả của nghiên cứu trước đó về thực trạng áp dụng chuỗi cung ứng lạnh nông sản tại thành phố Cần Thơ (TPCT) cho thấy hiện tại chuỗi lạnh chỉ được áp dụng tại các kênh thương mại hiện đại (Thắm và ctv., 2021). Trong đó, nông sản được cung cấp từ các nông trường, các trang trại, nhà phân phối tại Đà Lạt, các hợp tác xã nông sản tại TPCT, phân phối đến các kho sơ chế và các siêu thị, cửa hàng tiện lợi tại TPCT (Vinmart, Bách hóa xanh, v.v.). Trong đó chuỗi cửa hàng Bách Hóa Xanh (BHX) chiếm số lượng lớn nên nghiên cứu đề xuất mô hình tối ưu mạng lưới phân phối cho chuỗi cung ứng cửa hàng BHX như một ví dụ điển hình cho chuỗi lạnh nông sản.

BHX là một hệ thống siêu thị mini, được đầu tư từ tập đoàn thế giới di động. Hiện nay BHX có gần 2.000 điểm bán hàng với lực lượng lao động gần 20.000 người. Trong mỗi cửa hàng BHX có từ 3.000 - 5.000 mã sản phẩm khác nhau. Lượng hàng hóa luân chuyển qua hệ thống của BHX khoảng 2.000 - 3.000 tấn/ngày, gồm thực phẩm tươi sống và những hàng hóa thiết yếu khác.

Thực phẩm tại cửa hàng đều có nguồn gốc và xuất xứ rõ ràng, đảm bảo chất lượng cũng như vệ sinh an toàn thực phẩm. Đặc biệt, mô hình trang trại rau an toàn 4 không (4KFarm) “không thuốc trừ sâu, không chất bảo quản, không chất tăng trưởng, không giống biến đổi gen” được BHX đầu tư nhằm cung cấp rau củ an toàn đến người tiêu dùng ở một số tỉnh thành. Ngoài ra các loại rau củ cũng được cung cấp bởi các cơ sở sản xuất uy tín từ Đà Lạt, Long An, Cần Thơ, Tiền Giang, Hậu Giang.

Hiện tại trên địa bàn TPCT hiện có gần 50 cửa hàng BHX phân bố ở các quận, huyện. Nguồn cung cấp nông sản cho BHX đến từ các công ty phân phối tại Lâm Đồng, Hợp tác xã nông sản xanh Cần Thơ và Công ty Trách nhiệm hữu hạn Hữu Tuấn. Kho tại Thốt Nốt sẽ nhận nông sản từ các nhà cung cấp để

tiến hành sơ chế, bảo quản và phân phối đến các hệ thống cửa hàng BHX.

Với mô hình kinh doanh hiện đại, BHX đáp ứng tốt nhu cầu khách hàng và được đánh giá là nhà bán lẻ có lượng khách hàng lớn hơn nhiều so với các cửa hàng tiện lợi khác trong khu vực. Nhu cầu tại các cửa hàng lớn nên việc tối ưu chi phí logistics trong quá trình phân bổ hàng hóa luôn là vấn đề doanh nghiệp quan tâm. Do đó phát triển mô hình tối ưu tuyến đường vận chuyển là vô cùng cấp thiết, giúp doanh nghiệp vận hành hiệu quả chuỗi cung ứng sản phẩm.

4.2. Thu thập số liệu

Ví dụ được áp dụng cho 18 cửa hàng BHX tại Quận Ninh Kiều, TPCT. Dựa trên việc tham khảo ý kiến của nhà quản lý và các tài liệu liên quan, nghiên cứu thu thập được các thông số cho việc xây dựng mô hình (Bảng 1 và Bảng 2).

Bảng 1. Nhu cầu và thời gian phục vụ tại các cửa hàng

STT cửa hàng	Nhu cầu (kg)	Thời gian phục vụ (w_t)
1	620	0,13
2	640	0,14
3	780	0,17
4	810	0,18
5	600	0,13
6	730	0,16
7	530	0,11
8	570	0,12
9	570	0,12
10	680	0,15
11	650	0,14
12	750	0,16
13	695	0,15
14	700	0,15
15	750	0,16
16	600	0,13
17	690	0,15
18	550	0,12

Bảng 2. Các tham số sử dụng trong mô hình

Loại chi phí	Giá trị
Chi phí cố định của xe (ccd)	645.000 đồng
Chi phí vận chuyển (cvc)	3.000 đồng/km
Chi phí làm lạnh đơn vị trong quá trình vận chuyển (ct)	30.000 đồng/giờ
Chi phí làm lạnh đơn vị trong lúc phục vụ khách hàng (cs)	45.000 đồng/giờ
Hệ số hao hụt trong quá trình vận chuyển (φ_1)	0,05
Hệ số hao hụt trong lúc mở cửa phục vụ khách hàng (φ_2)	0,075
Giá đơn vị sản phẩm (p)	15.000 đồng/kg
Tải trọng của các xe tải lạnh (q_k)	2.000 kg
Vận tốc xe (v)	35km/giờ

4.3. Kết quả phân tích

Nghiên cứu sử dụng gói phần mềm CPLEX API PYTHON tích hợp dựa trên phần mềm ILOG CPLEX để giải mô hình lập trình phi tuyến. Cấu hình máy tính được sử dụng để giải mô hình là Intel(R) Core(TM) i5-10400 CPU @ 2.90GHz, 4.30 GHz, RAM 8.00 GB. Mô hình chạy trong 3 phút, kết quả được mô tả như sau.

Kết quả phân tích cho thấy hàm mục tiêu có tổng chi phí là 11.893.600 đồng. Kết quả đề nghị 6 xe tải lạnh tương ứng với 6 tuyến giao hàng, để đáp ứng nhu cầu của các cửa hàng (tổng nhu cầu là 11.915 kg). Thứ tự giao hàng và lượng vận chuyển giữa các cửa hàng được trình bày cụ thể qua Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 3. Thứ tự giao hàng của các xe tải lạnh

Khí hiệu xe	Tuyến đường	Tổng lượng vận chuyển của xe (kg)
1	0-1-4-9-0	2.000
2	0-7-12-10-0	1.960
3	0-18-17-15-0	1.990
4	0-8-3-2-0	1.980
5	0-5-6-11-0	1.980
6	0-16-13-14-0	1.995

Bảng 4. Lượng vận chuyển giữa các cửa hàng

Xe (k)	Cửa hàng (i)	Cửa hàng (j)	Lượng vận chuyển (Y_{ij}^k)
1	0	1	2.000
	1	4	1.380
	4	9	570
	9	0	0
2	0	7	1.960
	7	12	1.430
	12	10	680
	10	0	0
3	0	18	1.990
	18	17	1.440
	17	15	750
	15	0	0
4	0	8	1.990
	8	3	1.420
	3	2	640
	2	0	0
5	0	5	1.980
	5	6	1.380
	6	11	650
	11	0	0
6	0	16	1.995
	16	13	1.395
	13	14	700
	14	0	0

Theo kết quả từ Bảng 3 và Bảng 4, xe 1 sẽ giao hàng theo tuyến đường 0-1-4-9-0 với tổng nhu cầu bằng với tải trọng của xe là 2.000 kg. Cụ thể, xe 1 sẽ xuất phát từ kho sơ chế, giao hàng đến cửa hàng số 1 với số lượng 620 kg, lúc này nông sản còn lại trong xe là 1.380 kg, tiếp đến xe đi từ cửa hàng 1 đi đến cửa hàng 4 và cung cấp cho cửa hàng này 810 kg, lượng nông sản còn 570 kg đủ để cung cấp cho cửa hàng cuối cùng là cửa hàng 9, sau đó xe sẽ trở về kho. Giải thích tương tự cho những tuyến đường còn lại.

Các loại chi phí ảnh hưởng đến việc lựa chọn tuyến đường bao gồm chi phí cố định, chi phí vận chuyển, chi phí làm lạnh, và chi phí thất thoát. Bài toán được giải dựa trên việc xem xét tất cả các loại chi phí nêu trên và các điều kiện ràng buộc, trong đó khoảng cách giữa các cửa hàng đóng vai trò quan trọng trong việc lựa chọn tuyến đường. Khi xe tải phục vụ các cửa hàng có khoảng cách gần nhau sẽ giảm được chi phí vận chuyển, chi phí làm lạnh trong thời gian vận chuyển, đồng thời cũng giảm chi phí thất thoát trong quá trình vận chuyển, do đó làm giảm tổng chi phí.

5. KẾT LUẬN

Bài báo tập trung xây dựng mô hình tối ưu hóa tuyến đường vận chuyển nhằm tối thiểu chi phí logistics trong chuỗi cung ứng lạnh. Ví dụ điển hình từ chuỗi cửa hàng BHX được sử dụng để minh họa cho mô hình đề xuất. Kết quả mô hình VRP đã cung cấp kết quả tuyến đường tối ưu phân phối nông sản từ kho sơ chế đến 18 cửa hàng BHX xung quanh quận Ninh Kiều.

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả đạt được, đề tài còn những mặt hạn chế. Đề tài chỉ xem xét mặt hàng rau, củ, quả, trong khi quá trình giao hàng sẽ đồng thời vận chuyển nhiều loại sản phẩm khác ngoài nông sản như thịt, hải sản đông lạnh. Đề tài chưa xem xét đến chi phí xây dựng, triển khai kho lạnh. Mô hình chỉ mới áp dụng cho 18 điểm cửa hàng xung quanh quận Ninh Kiều, chưa áp dụng cho toàn bộ gần 50 cửa hàng của BHX trong TPCT. Kết quả chưa được kiểm chứng và so sánh với tình hình phân phối thực tế. Do đó, với quy mô đề tài, kết quả chỉ phần nào góp phần cải thiện hiệu quả chuỗi phân phối nhưng chưa hoàn toàn là giải pháp tối ưu cho thực trạng phân phối hiện tại của chuỗi. Để đạt hiệu quả tối ưu hơn, mô hình cần được xây dựng toàn bộ gần 50 điểm cửa hàng tại TPCT, cũng như kết hợp nhiều loại sản phẩm. Sau khi giải mô hình, kết quả cần được so sánh với tình hình phân phối thực tế để kiểm chứng hiệu quả của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ai, T. J., & Kachitvichyanukul, V. (2009). A particle swarm optimization for vehicle routing problem with time windows. *International Journal of Operational Research*, 6(4), 519-537.
- Bai, Q., Yin, X., Lim, M. K., & Dong, C. (2021). Low-carbon VRP for cold chain logistics considering real-time traffic conditions in the road network. *Industrial Management & Data Systems*, 122(2), 521-543.
- Bogh, S. & Olsson, P. (1990). *The Chill Chain. Chilled Foods: the State of the Art*, T.R. Gormley (ed.). London: Elsevier Applied Science. 245-267.
- Dantzig, G., & Ramser J. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6, 80-91.
- Dridi, I. H., Alaïa, E. B., Borne, P., & Bouchriha, H. (2019). Optimization of m-MDPDPTW using the continuous and discrete PSO. *Studies in Informatics and Control*, 28(3), 289-298.
- Hannan, M. A., Akhtar, M., Begum, R. A., Basri, H., Hussain, A., & Scavino, E. (2018). Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm. *Waste management*, 71, 31-41.
- Hoàng, N. V. (2015). *Chuỗi cung ứng lạnh mặt hàng nông sản của Pháp và Ấn Độ và bài học kinh nghiệm cho Việt Nam*. Đại học Ngoại Thương.
- Iswari, T., & Asih, A. M. S. (2018, April). Comparing genetic algorithm and particle swarm optimization for solving capacitated vehicle routing problem. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 337(1), 012004.
- Ji, Y., Yang, H., & Yong, Z. (2015). Vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup for cold-chain logistics. In *Proceedings of the International Conference on Modelling, Simulation and Applied Mathematics, Phuket, Thailand*, 122 (pp. 70-74).
- Lagos, C., Guerrero, G., Cabrera, E., Moltedo, A., Johnson, F., & Paredes, F. (2018). An improved particle swarm optimization algorithm for the VRP with simultaneous pickup and delivery and time windows. *IEEE Latin America Transactions*, 16(6), 1732-1740.
- Li, X., Yuan, M., Chen, D., Yao, J., & Zeng, J. (2018, July). A data-driven three-layer algorithm for split delivery vehicle routing problem with 3D container loading constraint. In *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 528-536).
- Liên, B. T. B. (2020). Nhu cầu logistics lạnh đối với hàng nông sản Việt Nam. *Tạp chí khoa học và công nghệ giao thông vận tải*, 35, 95-101.
- Liu, G., Hu, J., Yang, Y., Xia, S., & Lim, M. K. (2020). Vehicle routing problem in cold Chain logistics: A joint distribution model with carbon trading mechanisms. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104715.
- Liu, H., Pretorius, L., & Jiang, D. (2018). Optimization of cold chain logistics distribution network terminal. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018(1), 1-9.
- Luu, N. V., Nghi, H. K., Wen, Y. J., Lin, L. B., Chao, H. T. (2010). Chuỗi bảo quản lạnh thực phẩm và kỹ thuật liên quan. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 8(4), 684-692.
- Ma, Y., & Xu, J. (2015). A cloud theory-based particle swarm optimization for multiple decision maker vehicle routing problems with fuzzy random time windows. *Engineering Optimization*, 47(6), 825-842.
- Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Shabani, A., Torabipourv, S. M. R., & Saen, R. F. (2015). A new super-efficiency dual-role FDH procedure: an application in dairy cold chain for vehicle selection. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 7(4), 426-456.
- Song, M. X., Li, J. Q., Han, Y. Q., Han, Y. Y., Liu, L. L., & Sun, Q. (2020). Metaheuristics for solving the vehicle routing problem with the time windows and energy consumption in cold chain logistics. *Applied Soft Computing*, 95, 106561.
- Thắm, T. T., Nghĩa, L., & Trinh, N. Đ. (2021). Khảo sát thực trạng áp dụng chuỗi cung ứng lạnh nông sản (mặt hàng rau, củ, quả) tại thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57(5), 292-303.
- Wang, S., Tao, F., & Shi, Y. (2018). Optimization of location-routing problem for cold chain logistics considering carbon footprint. *International journal of environmental research and public health*, 15(1), 86.
- Wang, S., Tao, F., Shi, Y., & Wen, H. (2017). Optimization of vehicle routing problem with time windows for cold chain logistics based on carbon tax. *Sustainability*, 9(5), 694.
- Wang, Z., & Wen, P. (2020). Optimization of a low-carbon two-echelon heterogeneous-fleet vehicle routing for cold chain logistics under mixed time window. *Sustainability*, 12(5), 1967.
- Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z., & Li, J. (2014). A flexsim-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre. *Journal of applied research and technology*, 12(2), 270-288.