

Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu

Research on optimization model of transport network for exported agricultural products

> CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA*, KS NGUYỄN THANH DANH

Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM

*Email: htthoa@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Xuất khẩu nông sản ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế Việt Nam, kéo theo nhu cầu thiết kế mạng lưới logistics hiệu quả, đặc biệt đối với các sản phẩm dễ hư hỏng như sầu riêng tươi. Bài báo này tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải, tập trung vào mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) và đề xuất một khung mô hình khởi tạo phù hợp với bối cảnh thực tiễn. Mô hình đề xuất cho phép tối ưu đồng thời chi phí và thời gian vận chuyển trong mạng lưới logistics bốn tầng, với tập biến, tham số và ràng buộc phản ánh cấu trúc chuỗi cung ứng nông sản xuất khẩu. Mặc dù chưa triển khai dữ liệu thực nghiệm, mô hình có thể định hướng thu thập dữ liệu và hoạch định vận hành trong các nghiên cứu tiếp theo, đặc biệt trong bài toán vận chuyển sầu riêng từ Đắk Lắk sang Trung Quốc.

Từ khóa: Chuỗi cung ứng nông sản; logistics cho hàng dễ hư hỏng; mô hình MILP đa mục tiêu.

ABSTRACT

The export of agricultural products plays an increasingly vital role in Vietnam's economy, thereby intensifying the demand for efficient logistics network design - particularly for perishable goods such as fresh durians. This paper provides a comprehensive review of transportation network optimization studies, with a specific focus on multi-objective Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model. It further proposes a model initialization framework tailored to practical conditions. The suggested model facilitates the concurrent optimization of transportation costs and time within a four-tier logistics network, integrating variables, parameters and restrictions that represent the framework of the export-oriented agricultural supply chain. Although empirical data has not yet been applied, the model serves as a foundation for future data collection and operational planning, particularly for tackling the transportation issue of durian exports from Daklak to China.

Keywords: Agricultural supply chain; logistics for perishable goods; multi-objective MILP model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam đang khẳng định vị thế là quốc gia xuất khẩu nông sản hàng đầu khu vực Đông Nam Á, trong đó sầu riêng nổi lên như mặt hàng có tốc độ tăng trưởng ấn tượng sau khi ký kết nghị định thư xuất khẩu chính ngạch sang thị trường Trung Quốc. Theo Hiệp hội Rau quả Việt Nam [1], trong nửa đầu năm 2024, tỷ trọng sầu riêng Việt Nam trong tổng kim ngạch nhập khẩu của Trung Quốc đã tăng từ 23,73% lên 32,81%, với dự báo mang lại thêm khoảng 1 tỷ USD vào cuối năm. Tuy nhiên, năng lực logistics hiện tại chưa theo kịp tốc độ tăng trưởng sản lượng và thị trường. Tại Đắk Lắk là vùng trồng sầu riêng lớn thứ hai cả nước nhưng hạ tầng logistics còn thiếu kho lạnh sơ cấp, phương tiện vận tải chuyên dụng và thời gian vận chuyển còn kéo dài, làm giảm chất lượng sản phẩm và khả năng cạnh tranh [2].

Trước thực trạng đó, việc xây dựng một khung mô hình toán học khởi tạo nhằm mô phỏng mạng lưới logistics và có khả năng điều chỉnh linh hoạt theo dữ liệu thực tế là cần thiết, đặc biệt với doanh nghiệp vừa và nhỏ. Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải, bài báo đề xuất mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP), làm cơ sở lý thuyết cho thiết kế mạng lưới logistics nông sản và định hướng triển khai thực tiễn, trước mắt là cho chuỗi cung ứng sầu riêng xuất khẩu từ các tỉnh Tây Nguyên sang thị trường Trung Quốc.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Trong chuỗi cung ứng hàng hóa dễ hư hỏng, thời gian vận chuyển và cấu trúc mạng lưới là các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả phân phối và tổn thất sau thu hoạch. Nhiều nghiên cứu

gần đây đã đề xuất các mô hình tối ưu nhằm đồng thời tối thiểu hóa chi phí logistics, duy trì chất lượng sản phẩm và tăng tính bền vững trong vận hành [3-5]. Các tiếp cận điển hình bao gồm sử dụng mô hình MIP hoặc MILP để tối ưu hóa vị trí cơ sở, phân bổ luồng hàng và lựa chọn tuyến vận tải dưới các ràng buộc ngân sách hoặc năng lực xử lý [3, 4]. Một số nghiên cứu còn tích hợp các yếu tố như tồn kho, tốc độ suy giảm chất lượng theo nhiệt độ và phát thải carbon trong hệ thống logistics lạnh [5-7]. Ngoài ra, các nghiên cứu khác tập trung vào phân phối hợp tác giữa doanh nghiệp, hài lòng khách hàng và tối ưu hóa các tuyến theo mùa vụ, góp phần cải thiện khả năng phản ứng và tiết kiệm chi phí [8-10]. Bên cạnh đó, các mô hình tối ưu hóa trong điều kiện bất định và chuỗi cung ứng đa tầng cũng được phát triển để phản ánh tốt hơn tính động và tính phân tán của hệ thống phân phối nông sản. Các mô hình ba hoặc bốn tầng liên phương thức có tích hợp đa mục tiêu, cân bằng luồng và phân bổ linh hoạt giữa các trung tâm phân phối, giúp giảm trễ, tiết kiệm chi phí và nâng cao độ ổn định của chuỗi cung ứng [11-13].

Một hướng tiếp cận đáng chú ý khác là tích hợp các chi phí ngoại sinh như tắc nghẽn, ô nhiễm không khí, tai nạn giao thông và suy giảm hạ tầng vào hàm mục tiêu tối ưu hóa mạng lưới. Khi các chi phí này được nội hóa, kết quả mô hình cho thấy cấu trúc mạng lưới và lựa chọn phương thức vận tải có xu hướng dịch chuyển theo hướng bền vững hơn, như chuyển từ vận tải đường bộ sang đường sắt [14]. Tổng quan cho thấy, phần lớn các nghiên cứu hiện nay tập trung vào hai mục tiêu chính là giảm chi phí logistics và rút ngắn thời gian vận chuyển. Một số nghiên cứu tiên tiến đã bắt đầu tích hợp các yếu tố bền vững như phát thải khí nhà kính, mức độ phục vụ và khả năng đáp ứng mùa vụ. Về kỹ thuật mô hình hóa, các nghiên cứu sử dụng phổ biến mô hình tuyến tính (LP, MILP), mở rộng sang hướng đa mục tiêu, điều kiện bất định hoặc phi tuyến. Tuy nhiên, vẫn còn khoảng trống trong việc áp dụng các mô hình tối ưu này vào thực tiễn tại Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực logistics cho nông sản, nơi hệ thống còn thiếu đồng bộ, sản xuất phân tán và chịu ảnh hưởng lớn bởi yếu tố mùa vụ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất xây dựng một khung mô hình MILP đa mục tiêu nhằm thiết kế mạng lưới vận tải phù hợp, từ đó định hướng cho các ứng dụng thực nghiệm trong chuỗi cung ứng nông sản xuất khẩu.

3. MÔ HÌNH TOÁN ĐỀ XUẤT

Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu về thiết kế mạng lưới logistics, nghiên cứu này đề xuất sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) như một công cụ lý thuyết để lựa chọn cấu trúc mạng lưới vận tải phù hợp cho nông sản tươi. Mô hình MILP cho phép xử lý đồng thời các biến liên tục (như lượng hàng vận chuyển) và biến nhị phân (như lựa chọn tuyến hoặc điểm trung chuyển), phù hợp với tính chất tổ hợp của bài toán thiết kế mạng lưới. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chứng minh tính hiệu quả của MILP trong việc mô hình hóa luồng vận chuyển có ràng buộc về thời gian và điều kiện bảo quản lạnh [3, 4]. Dù chưa áp dụng cho một trường hợp cụ thể, mô hình được đề xuất có thể đóng vai trò như một khung thiết kế khởi tạo, hỗ trợ định hướng thu thập dữ liệu và lựa chọn chiến lược vận hành phù hợp với điều kiện thực tiễn của doanh nghiệp xuất khẩu nông sản. Để minh họa cấu trúc logic của mô hình, Bảng 1 và Bảng 2 trình bày lần lượt các biến quyết định và tham số đầu vào sử dụng trong quá trình xây dựng mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải.

Bảng 1. Các biến quyết định

Biến	Diễn giải
x_{ler}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút l đến nút e bằng phương thức vận tải m nhằm đáp ứng nhu cầu của khu vực nhập khẩu r
x_{edr}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút e đến nút d bằng phương thức vận tải m nhằm đáp ứng nhu cầu của khu vực nhập khẩu r
x_{dr}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
y_{ler}^m	Biến nhị phân biểu thị nhu cầu của khu vực r được vận chuyển từ nút l đến nút e bằng phương thức vận tải m. Nếu được chọn, $y_{ler}^m = 1$, ngược lại bằng 0
y_{edr}^m	Biến nhị phân biểu thị nhu cầu của khu vực r được vận chuyển từ nút e đến nút r bằng phương thức vận tải m. Nếu được chọn, $y_{edr}^m = 1$, ngược lại bằng 0
Q	Biến tối thiểu hóa cực đại (minimax variable)

Bảng 2. Tham số đầu vào

Tham số	Diễn giải
c_{le}^m	Chi phí vận chuyển từ nút l đến e bằng phương thức vận tải m
c_{ed}^m	Chi phí vận chuyển từ nút e đến d bằng phương thức vận tải m
c_{dr}^m	Chi phí vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
t_{le}^m	Thời gian vận chuyển từ nút l đến e bằng phương thức vận tải m
t_{ed}^m	Thời gian vận chuyển từ nút e đến d bằng phương thức vận tải m
t_{dr}^m	Thời gian vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
D_r	Nhu cầu tại khu vực nhập khẩu r
ω	Tổng thời gian vận chuyển tối đa cho phép (hàng số)
c^*, t^*	Giá trị kỳ vọng của tổng chi phí và tổng thời gian vận chuyển
W_n	Trọng số được gán cho hàm mục tiêu n, với $n = 1, \dots, N$, trong đó N là số lượng hàm mục tiêu

Mạng lưới vận tải trong khung mô hình được tổ chức theo cấu trúc nhiều tầng, phản ánh quá trình luân chuyển hàng hóa từ khu vực sản xuất đến thị trường tiêu thụ. Cụ thể, các điểm bốc hàng tiềm năng (I_{ELP}) được xác định là điểm khởi đầu trong chuỗi cung ứng. Từ đó, hàng hóa được vận chuyển qua các điểm vào (e_{EEP}) và tiếp tục đến các điểm phân phối (d_{EDP}), trước khi đến các khu vực nhập khẩu (r_{EIA}), nơi có nhu cầu tiêu thụ cuối cùng. Trong quá trình vận chuyển, mô hình giả định rằng mỗi chặng luân chuyển chỉ sử dụng một phương thức vận tải duy nhất ($m = 1, \dots, M$), nhằm đơn giản hóa bài toán và phản ánh thực tiễn lựa chọn tuyến tối ưu. Theo đó,

chuỗi luồng vận chuyển được xác lập theo trình tự: Từ điểm xuất phát (LP) đến điểm vào (EP), sau đó đến điểm phân phối (DP) và cuối cùng đến khu vực nhập khẩu (IA). Mục tiêu của việc thiết kế mạng lưới này là đảm bảo vận chuyển hàng hóa dễ hư hỏng một cách an toàn, đúng thời gian và hiệu quả về chi phí, trong điều kiện đa tuyến và đa phương thức.

- Bước 1: Tìm nghiệm đơn mục tiêu để xác định giá trị tối ưu cho từng tiêu chí

Ở bước đầu tiên, mô hình được giải dưới dạng bài toán tối ưu theo từng mục tiêu đơn nhằm xác định giá trị mục tiêu tốt nhất có thể đạt được cho từng tiêu chí riêng lẻ:

$$\text{Min} \sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M c_{le}^m \cdot x_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{ed}^m \cdot x_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{dr}^m \cdot x_{dr}^m) \quad (1)$$

$$\text{Min} \sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m) \quad (2)$$

Trong đó, hàm mục tiêu (1) hướng đến tối thiểu hóa tổng chi phí vận tải, bao gồm toàn bộ chi phí vận chuyển phát sinh trên mạng lưới. Hàm mục tiêu (2) tối thiểu hóa tổng thời gian vận chuyển trên toàn mạng lưới, được xác định dựa trên tổng thời gian di chuyển của các tuyến đường tương ứng với các phương thức vận tải được lựa chọn. Thời gian vận chuyển được tính toán có xét đến các biến nhị phân đại diện cho quyết định lựa chọn tuyến và phương thức vận chuyển, bảo đảm rằng mỗi luồng hàng chỉ đi theo một tuyến cụ thể trong từng giai đoạn của chuỗi cung ứng. Các ràng buộc trong mô hình được xây dựng nhằm kiểm soát luồng hàng, giới hạn lựa chọn phương thức vận tải giữa hai điểm nút liền kề và bảo đảm các điều kiện thời gian phù hợp với đặc tính của sản phẩm.

$$\sum_{l \in LP} \sum_{m=1}^M x_{ler}^m = \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M x_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall r \in IA \quad (3)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M x_{edr}^m = \sum_{r \in IA} \sum_{m=1}^M x_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA \quad (4)$$

$$\sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M x_{dr}^m = D_r, \forall r \in IA \quad (5)$$

$$x_{ler}^m \leq D_r \cdot y_{ler}^m, \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (6)$$

$$x_{edr}^m \leq D_r \cdot y_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (7)$$

$$x_{dr}^m \leq D_r \cdot y_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (8)$$

$$\sum_{l \in LP} \sum_{m=1}^M y_{ler}^m = \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall r \in IA \quad (9)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m = \sum_{m=1}^M y_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA \quad (10)$$

$$\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M y_{ler}^m = 1, \forall r \in IA \quad (11)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m = 1, \forall r \in IA \quad (12)$$

$$\sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{dr}^m = 1, \forall r \in IA \quad (13)$$

$$t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m \leq \omega, \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (14)$$

$$y_{ler}^m, y_{edr}^m, y_{dr}^m \in \{0; 1\} \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (15)$$

$$x_{le}^m, x_{ed}^m, x_{dr}^m \geq 0 \quad (16)$$

Ràng buộc (3) đến (10) nhằm đảm bảo cân bằng luồng hàng giữa dòng vào và dòng ra tại các nút trong mạng lưới. Ràng buộc (11) đến (13) giới hạn việc lựa chọn phương thức vận tải với giả định rằng chỉ một phương thức vận tải duy nhất có thể được chọn giữa hai nút trong mỗi chặng. Ràng buộc (14) giới hạn tổng thời gian vận chuyển qua từng chặng không vượt quá ngưỡng ω cho phép. Ràng buộc (15) quy định các biến lựa chọn tuyến là biến nhị phân, phản ánh việc sử dụng hoặc không sử dụng một phương thức vận tải cụ thể. Ràng buộc (16) đảm bảo tính không âm cho các biến lượng hàng được vận chuyển.

- Bước 2: Xác định một giải pháp cân bằng

Mỗi hàm độ lệch đều được gán một trọng số (w_n) và một ràng buộc MINIMAX được đưa vào mô hình. Bài toán được giải quyết thông qua việc tối thiểu hóa biến Q như một hàm mục tiêu:

$$\text{Minimize } Q \quad (17)$$

Trong đó, Q đại diện cho phần trăm độ lệch lớn nhất so với giá trị mục tiêu của từng mục tiêu tối ưu. Việc tối thiểu hóa Q giúp đảm bảo rằng không có mục tiêu nào bị tối ưu hóa quá kém so với phần còn lại, từ đó hướng đến một phương án cân bằng và khả thi trong thực tiễn. Việc tối thiểu hóa hàm mục tiêu (17) được thực hiện dưới điều kiện của các ràng buộc bổ sung sau:

$$w_{n1} \cdot ((\sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M c_{le}^m \cdot x_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{ed}^m \cdot x_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{dr}^m \cdot x_{dr}^m) - c^*) / c^*) \leq Q \quad (18)$$

$$w_{n2} \cdot ((\sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m) - t^*) / t^*) \leq Q \quad (19)$$

$$0 \leq w_n \leq 1 \quad (20)$$

$$\min f_n, \quad n = 1, \dots, N \quad (21)$$

$$\min f_{n+1}, \quad n = 1, \dots, N \quad (22)$$

$$f_n \leq f^{\min}_n + \Delta_n, \quad n = 1, \dots, N \quad (23)$$

$$\Delta_n \geq 0 \quad (24)$$

$$\delta_n = \frac{f_n^{\max} - f_n^{\min}}{f_n^{\max}}, \quad n = 1, \dots, N \quad (25)$$

$$w_n = \frac{\delta_n}{\sum_{n=1}^N \delta_n}, \quad n = 1, \dots, N \quad (26)$$

$$\sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad (27)$$

Các ràng buộc (18) đến (20) quy định độ lệch phần trăm có trọng số so với giá trị mục tiêu mong muốn của từng hàm mục tiêu phải nhỏ hơn hoặc bằng biến Q. Trọng số w_n (20) phản ánh mức độ ưu tiên của từng mục tiêu cụ thể. Giải pháp tối ưu tương ứng với mục tiêu có mức ưu tiên cao nhất được xác định tại (21). Sau đó, mô hình tiếp tục xác định lời giải tối ưu cho mục tiêu có thứ hạng thấp hơn (22), trong điều kiện rằng lựa chọn đối với mục tiêu đầu tiên đã được thực hiện (23). Giá trị phân bố Δ_n (24) được xác định dựa trên bài toán cụ thể đang được phân tích, mô hình để xuất điều chỉnh giá trị này trong phạm vi sai số 5% so với giá trị tối thiểu của mục tiêu ưu tiên. Trong giai đoạn tiếp theo, với mỗi hàm mục tiêu f_n , mô hình tiến hành tính toán độ phân tán tương đối δ_n (25) và thiết lập trọng số w_n tương ứng (26 - 27). Các trọng số này được phân bổ theo nguyên tắc: Mục tiêu nào có độ phân tán tương đối lớn hơn sẽ được ưu tiên hơn trong hàm mục tiêu tổng hợp.

Việc giải mô hình được thực hiện bằng phần mềm IBM ILOG CPLEX, cho phép xử lý hiệu quả các mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp với quy mô và số lượng ràng buộc lớn. Trong bối cảnh tối ưu hóa đa mục tiêu, hai phương pháp tiếp cận phổ

biến là tổng trọng số và phân tích mặt trận Pareto, giúp xác định các phương án không trội và hỗ trợ ra quyết định đa tiêu chí. Các phương pháp này đặc biệt phù hợp với thiết kế mạng lưới logistics nhiều tầng trong điều kiện thực tiễn tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam [13]. Mặc dù dữ liệu thực nghiệm còn hạn chế, mô hình được đề xuất có thể đóng vai trò như một khung thiết kế khởi tạo, có khả năng điều chỉnh linh hoạt theo từng bối cảnh thực tế.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải trong bối cảnh vận chuyển nông sản tươi, đồng thời đề xuất một khung mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) làm công cụ phân tích cấu trúc mạng lưới phù hợp cho hoạt động xuất khẩu. Mô hình hướng tới tối ưu hóa đồng thời chi phí và thời gian vận chuyển, phản ánh rõ các yếu tố đánh đổi trong thực tiễn. Các thành phần chính của mô hình bao gồm biến, tham số, hàm mục tiêu và hệ ràng buộc được thiết kế nhằm hỗ trợ hoạch định vận hành trong điều kiện dữ liệu hạn chế. Tuy nhiên, mô hình hiện mới dừng ở mức đề xuất lý thuyết và chưa được kiểm chứng bằng dữ liệu thực tế. Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả dự kiến áp dụng mô hình này cho bài toán thiết kế chuỗi cung ứng sâu riêng xuất khẩu từ tỉnh Đắk Lắk, với dữ liệu đầu vào được xây dựng từ khảo sát doanh nghiệp và thông tin vận tải đa phương thức. Mô hình cũng sẽ được mở rộng theo hướng tích hợp yếu tố bất định và phân tích độ nhạy, nhằm đánh giá mức độ ổn định của các phương án tối ưu trong bối cảnh biến động. Kết quả kỳ vọng sẽ góp phần hoàn thiện công cụ hỗ trợ ra quyết định chiến lược trong lĩnh vực logistics nông sản, đồng thời nâng cao hiệu quả và tính bền vững cho chuỗi cung ứng xuất khẩu của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hiệp hội Rau quả Việt Nam, Bản tin rau quả thế giới tuần lễ từ 21 - 25/4/2025.
- [2]. Vietnam News (2024, March 14), Đắk Lak Province strives to tackle durian quality issues.
- [3]. Ghaderi, A. (2014), Heuristic algorithms for solving an integrated dynamic center facility location - network design model, Springer Science+Business Media.
- [4]. De Keizer, M., Akkerman, R., Grunow, M., Bloemhof, J. M., Haijema, R., & van der Vorst, J. G. A. J. (2017), Logistics network design for perishable products with heterogeneous quality decay, *European Journal of Operational Research*, 262(2), 535-549.
- [5]. 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.
- [6]. Orjuela-Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2021), Logistics network configuration for seasonal perishable food supply chains, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 135-151.
- [7]. Orjuela-Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2022), Multi-objective model for perishable food logistics networks design considering availability and access, *OPSEARCH*, 59(4), 1244-1270.
- [8]. 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.
- [9]. Wang, Y., Zhang, J., & Xu, M. (2020), Collaborative multiple centers fresh logistics distribution network optimization with resource sharing and temperature control constraints, *Expert Systems with Applications*, 160, 113709.
- [10]. Dutta, P., & Shrivastava, H. (2020), The design and planning of an integrated

supply chain for perishable products under uncertainties, *Journal of Modeling in Management*, 15(4), 1301-1337.

[11]. Rahmati, R., & Neghabi, H. (2021), Adjustable robust balanced hub location problem with uncertain transportation cost, *Computational and Applied Mathematics*, 40, 193.

[12]. Wang, C.-N., Nhieu, N.-L., Chung, Y.-C., & Pham, H.-T. (2021), Multi-objective optimization models for sustainable perishable intermodal multi-product networks with delivery time window, *Mathematics*, 9(9), 988.

[13]. Nasiri, M. M., Khaleghi, A., Govindan, K., & Bozorgi-Amiri, A. (2023), Sustainable hierarchical multi-modal hub network design problem: Bi-objective formulations and solution algorithms. *Operational Research*.

[14]. Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2021), Impact of externalities on the design and management of multimodal logistic networks, Department of Economics and Business Studies, University of Genoa.