

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN TRẮC ĐỊA CAO CẤP

BÁO CÁO HỌC THUẬT
TỐI ƯU HÓA TUYẾN ĐƯỜNG LOGISTICS ĐA ĐIỂM SỬ DỤNG
GOOGLE MAPS: THỰC NGHIỆM TẠI HÀ NỘI

Hà Nội, 2026

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN TRẮC ĐỊA CAO CẤP

BÁO CÁO HỌC THUẬT
TỐI ƯU HÓA TUYẾN ĐƯỜNG LOGISTICS ĐA ĐIỂM SỬ DỤNG
GOOGLE MAPS: THỰC NGHIỆM TẠI HÀ NỘI

Báo cáo viên: PGS.TS Nguyễn Gia Trọng

Hà Nội, 2026

MỤC LỤC

1. bài toán tối ưu tuyến đường logistics	4
1.1 <i>Khái niệm logistics đa điểm</i>	4
1.2 <i>Các mục tiêu tối ưu</i>	5
1.3 <i>Các mô hình tối ưu phổ biến</i>	6
2. Google Maps trong tối ưu lộ trình	8
3. Ứng dụng trong hoạt động logistics tại Hà Nội.....	10
3.1 <i>Kết quả thực nghiệm với quãng đường cố định</i>	10
3.2 <i>Kết quả thực nghiệm với quãng đường xác định trên google maps</i>	13
Tài liệu tham khảo	15

BÁO CÁO HỌC THUẬT CẤP BỘ MÔN

Chủ đề: Tối ưu hóa tuyến đường logistics đa điểm sử dụng Google Maps: Thực nghiệm tại Hà Nội

1. bài toán tối ưu tuyến đường logistics

1.1 Khái niệm logistics đa điểm

Logistics đa điểm là hoạt động vận chuyển hàng hóa từ một điểm trung tâm, chẳng hạn như kho hàng hoặc trung tâm phân phối, đến nhiều địa điểm nhận hàng khác nhau. Trong quá trình vận chuyển, doanh nghiệp cần xác định tuyến đường và thứ tự giao hàng phù hợp nhằm đáp ứng nhu cầu của khách hàng với chi phí thấp nhất [1].

Bài toán phân phối hàng hóa nhiều điểm là sự mở rộng của bài toán người du lịch [1]. Trong bài toán này, một phương tiện xuất phát từ điểm trung tâm (P_0) để giao hàng đến các điểm ($P_1, P_2, \dots, P_n$). Mỗi điểm giao hàng có nhu cầu hàng hóa tương ứng là ($q_1, q_2, \dots, q_n$), trong khi phương tiện vận tải chỉ có sức chứa tối đa là C .

Nếu sức chứa của xe lớn hơn hoặc bằng tổng nhu cầu của tất cả các điểm cần giao hàng, sẽ có mối quan hệ:

$$C \geq q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad (1)$$

Khi đó, xe có thể phân phối hàng hóa cho tất cả các điểm cần giao hàng trong một chuyến duy nhất. Bài toán lúc này chỉ còn là tìm tuyến đường tối ưu ngắn nhất đi qua các điểm.

Tuy nhiên, trong hoạt động logistics thực tế, tổng nhu cầu giao hàng thường lớn hơn sức chứa của một chuyến xe của một phương tiện cụ thể. Khi đó ta sẽ có:

$$C < q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad (2)$$

Từ đó sẽ thấy, cần tổ chức nhiều chuyến xe để có thể giao hàng hóa đến tất cả các điểm theo nhu cầu thực tế hàng hóa cần thiết tại mỗi điểm.

Mục tiêu của bài toán bây giờ sẽ là tìm phương án sao cho tổng quãng đường di chuyển của toàn bộ đội xe là nhỏ nhất. Hàm mục tiêu được biểu diễn như sau:

$$D = d_{00}x_{00} + d_{01}x_{01} + \dots + d_{ij}x_{ij} + \dots + d_{nn}x_{nn} \quad (3)$$

Trong đó:

- + D là tổng quãng đường vận chuyển tối thiểu cần xác định;
- + d_{ij} là khoảng cách giữa hai điểm P_i và P_j ;
- + x_{ij} là biến quyết định, nhận giá trị bằng 1 nếu tuyến đường từ P_i đến P_j được lựa chọn và bằng 0 trong trường hợp ngược lại.

Từ cách tiếp cận trên có thể thấy rằng logistics đa điểm không đơn thuần là việc tìm đường đi ngắn nhất. Bài toán còn phải xem xét đồng thời nhu cầu tại các điểm giao hàng, sức chứa của phương tiện và cách tổ chức các chuyến vận chuyển.

1.2 Các mục tiêu tối ưu

Trong các bài toán tối ưu tuyến đường logistics, mục tiêu của việc xây dựng lộ trình không chỉ là tìm đường đi ngắn nhất mà còn hướng đến việc nâng cao hiệu quả vận hành của toàn bộ hệ thống phân phối. Theo Braekers và cộng sự [2], các nghiên cứu hiện đại về Vehicle Routing Problem (VRP) sử dụng nhiều loại hàm mục tiêu khác nhau để phản ánh các yêu cầu thực tế của doanh nghiệp logistics.

a. Tối thiểu hóa thời gian vận chuyển

Mục tiêu tối thiểu hóa thời gian vận chuyển đặc biệt quan trọng trong môi trường giao thông đô thị. Trong môi trường này, thời gian di chuyển có thể thay đổi do ùn tắc giao thông hoặc các điều kiện vận hành khác. Việc giảm thời gian vận chuyển giúp doanh nghiệp rút ngắn thời gian giao hàng và nâng cao chất lượng dịch vụ khách hàng.

Tổng thời gian di chuyển của các xe trong trường hợp này được biểu diễn như sau:

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n \quad (3)$$

Trong đó:

- + T là tổng thời gian vận chuyển;
- + $t_1, t_2, \dots, t_n$ là thời gian di chuyển giữa các điểm trên tuyến đường.

b. Tối thiểu hóa quãng đường vận chuyển

Mục tiêu này được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu tối ưu trong vận chuyển hàng hóa. Việc giảm quãng đường vận chuyển đồng nghĩa với giảm chi phí nhiên liệu, hạn chế hao mòn phương tiện và giảm chi phí vận hành. Hơn thế nữa, việc giảm chi phí nhiên liệu còn góp phần hướng đến logistics xanh.

Tổng quãng đường vận chuyển được xác định theo công thức sau:

$$D = d_1 + d_2 + \dots + d_n \quad (4)$$

Trong đó:

- + D là tổng quãng đường vận chuyển;
- + $d_1, d_2, \dots, d_n$ là khoảng cách giữa các điểm liên tiếp trên tuyến đường.

c. Tối thiểu hóa số lượng phương tiện sử dụng

Bên cạnh khoảng cách và thời gian, nhiều nghiên cứu còn hướng tới việc giảm số lượng phương tiện cần huy động để thực hiện hoạt động giao hàng. Khi số lượng xe được giảm xuống, doanh nghiệp có thể tiết kiệm chi phí đầu tư, chi phí bảo trì và chi phí nhân công. Mục tiêu này thường xuất hiện trong các bài toán phân phối quy mô lớn hoặc các hệ thống vận tải có nguồn lực hạn chế.

d. Giảm chi phí do giao hàng trễ

Trong thực tế, nhiều khách hàng yêu cầu hàng hóa phải được giao trong một khoảng thời gian nhất định. Nếu phương tiện đến muộn, doanh nghiệp có thể phải chịu các khoản phạt hoặc làm giảm mức độ hài lòng của khách hàng. Vì vậy, một số mô hình

VRP sử dụng hàm mục tiêu dựa trên mức độ giao hàng trễ nhằm giảm thiểu các tổn thất phát sinh.

e. Giảm rủi ro trong vận chuyển

Một số hoạt động logistics đặc thù như vận chuyển hóa chất, nhiên liệu hoặc hàng hóa nguy hiểm còn quan tâm đến yếu tố rủi ro. Trong trường hợp này, mục tiêu tối ưu không chỉ là giảm chi phí mà còn giảm khả năng xảy ra tai nạn hoặc các sự cố ảnh hưởng đến con người và môi trường. Đây là hướng nghiên cứu ngày càng được chú ý trong các mô hình logistics hiện đại.

1.3 Các mô hình tối ưu phổ biến

a. Travelling Salesman Problem

Bài toán tối ưu này sử dụng để mô tả một người xuất phát từ một thành phố cho trước, cần đi qua một loạt thành phố được xác định, mỗi thành phố chỉ ghé thăm 1 lần, sau đó quay trở lại điểm xuất phát. Mục tiêu của bài toán là tìm được hành trình có tổng chiều dài ngắn nhất [3].

Mục tiêu trên được mô tả như sau:

$$D = (d_{ij}) \quad (5)$$

Phương trình (5) được gọi là bài toán ma trận đối xứng trong đó d_{ij} là khoảng cách từ thành phố i đến thành phố j , khoảng cách giữa thành phố i đến thành phố j bằng khoảng cách ngược lại.

Nhiệm vụ của bài toán lúc này đó là sắp xếp các thành phố theo một chu trình khép kín sao cho tổng khoảng cách giữa các thành phố liên tiếp đạt giá trị nhỏ nhất. Mỗi tuyến đường được mô tả thông qua biến quyết định x_{ij} . Biến này nhận giá trị bằng 1 nếu tuyến đường giữa hai thành phố i và j được lựa chọn, trong trường hợp còn lại, biến có giá trị bằng 0.

Để đảm bảo mỗi thành phố chỉ ghé thăm một lần, phương trình được thiết lập như sau:

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} = 2 \quad (6)$$

phương trình trên sẽ giới hạn điều kiện mỗi thành phố chỉ có 1 cạnh đi vào và 1 cạnh đi ra từ đó sẽ tạo nên một chu trình liên tục.

Mục tiêu của bài toán là tối thiểu hóa tổng khoảng cách của toàn bộ hành trình, khi đó hàm mục tiêu được biểu diễn:

$$D(x) = \sum d_{ij} x_{ij} \quad (7)$$

Trong đó:

- + $D(x)$ là tổng chiều dài của tuyến đường;
- + d_{ij} là khoảng cách giữa hai thành phố i và j ;
- + x_{ij} là biến quyết định thể hiện việc lựa chọn tuyến đường.

b. Dynamic Routing Problem

Đã có rất nhiều nghiên cứu được thực hiện về các bài toán định tuyến phương tiện động và ngẫu nhiên, qua đó mang lại những bước tiến đáng kể trong việc hiểu và giải quyết các thách thức của lĩnh vực này. Đáng chú ý, theo hiểu biết của chúng tôi, một số bài tổng quan tài liệu toàn diện được công bố gần đây đã tổng hợp các kết quả nghiên cứu hiện có, xác định những xu hướng chủ đạo và làm rõ các khía cạnh phức tạp của lĩnh vực nghiên cứu này [4].

Bài toán này được chia thành 4 nhóm chính như sau:

- + Tĩnh và xác định (Static and Deterministic - SD);
- + Tĩnh và ngẫu nhiên (Static and Stochastic - SS);
- + Động và xác định (Dynamic and Deterministic - DD);
- + Động và ngẫu nhiên (Dynamic and Stochastic - DS).

Trong lĩnh vực bài toán định tuyến phương tiện động (Dynamic Vehicle Routing Problem – DVRP), nhiều hệ thống phân loại đã được đề xuất nhằm giúp mô tả và phân tích các đặc điểm khác nhau của bài toán một cách hiệu quả hơn. Một nghiên cứu đã xây dựng hệ thống phân loại DVRP toàn diện dựa trên 11 tiêu chí chính cùng các biến thể tương ứng của từng tiêu chí. Sau đó, một nghiên cứu khác tiếp tục mở rộng hệ thống này bằng cách bổ sung thêm một chiều phân loại liên quan đến phương pháp giải. Theo cách tiếp cận này, các phương pháp giải được chia thành bốn nhóm chủ đạo và được triển khai theo ba chế độ thực thi gồm ngoại tuyến (offline), trực tuyến (online) và kết hợp (hybrid). Trên cơ sở các hệ thống phân loại đó, các tác giả đã tiến hành phân tích toàn diện những đặc điểm quan trọng của DVRP, bao gồm các nguồn gốc phổ biến tạo nên tính động và tính ngẫu nhiên của bài toán, các phương pháp giải được sử dụng cũng như những lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu của mô hình này [4].

Trong khi các nghiên cứu trước xem xét cả hai nhóm bài toán định tuyến phương tiện tĩnh và động, các bài tổng quan khác lại tập trung hoàn toàn vào khía cạnh động và ngẫu nhiên của bài toán định tuyến phương tiện (Dynamic and Stochastic Vehicle Routing Problems – DSVRPs). Một nghiên cứu đã đề xuất cách phân loại dựa trên thuật toán tối ưu, trong đó phân biệt giữa các phương pháp dựa trên những quyết định được tính toán trước (offline) và các phương pháp tính toán trong thời gian thực (online). Nghiên cứu này cũng thực hiện một khảo sát chuyên sâu về các yếu tố ngẫu nhiên thường gặp trong bài toán, chẳng hạn như thời gian di chuyển, nhu cầu khách hàng, yêu cầu phát sinh từ khách hàng và các mô hình kết hợp nhiều nguồn bất định khác nhau. Bên cạnh đó, một nghiên cứu khác đã cung cấp cái nhìn tổng quan toàn diện về các bài toán định tuyến phương tiện động và ngẫu nhiên dưới góc độ phân tích dự báo. Nội dung khảo sát bao gồm các khái niệm phương pháp luận, kiến trúc xấp xỉ, các nguồn bất định

chủ yếu cùng các phương pháp mô hình hóa tương ứng, cách phân loại các miền bài toán và những phương pháp giải được áp dụng trong thực tế [4].

Một nghiên cứu tổng quan chi tiết về các bài toán định tuyến phương tiện động và ngẫu nhiên (SDVRP) dựa trên phương pháp Học tăng cường (Reinforcement Learning - RL) đã được thực hiện nhằm làm rõ những thách thức đặc trưng của lĩnh vực này. Các tác giả chỉ ra rằng một trong những khó khăn lớn nhất của SDVRP là hiện tượng “lời nguyền chiều không gian” (curse of dimensionality), khi số lượng trạng thái và quyết định tăng rất nhanh theo quy mô của bài toán. Thách thức này được phản ánh rõ trong các phương pháp giải hiện có, vốn được chia thành hai nhóm chính: nhóm có sử dụng thông tin tuyến đường trong không gian trạng thái và nhóm không sử dụng thông tin này. Các phương pháp không đưa dữ liệu tuyến đường vào trạng thái thường tập trung đánh giá tính khả thi và lợi ích của việc phân công yêu cầu cho các phương tiện, sau đó sử dụng các thuật toán heuristic đơn giản để xây dựng lộ trình. Ngược lại, các phương pháp có tích hợp dữ liệu tuyến đường cho phép đưa ra những quyết định chính xác và giàu thông tin hơn, nhưng phải đánh đổi bằng độ phức tạp tính toán cao hơn và không gian hành động bị giới hạn hơn. Từ đó, các tác giả nhấn mạnh sự cần thiết của việc kết hợp giữa quá trình tìm kiếm trong không gian hành động tổ hợp với khả năng đánh giá và học hỏi của phương pháp Học tăng cường. Bên cạnh đó, một nghiên cứu khác tập trung vào các bài toán DVRP có sự xuất hiện ngẫu nhiên của các yêu cầu khách hàng đã đề xuất một hệ thống phân loại dựa trên ba tiêu chí chính, bao gồm nguồn gốc của tính động, loại yêu cầu khách hàng và khoảng thời gian lập kế hoạch [4].

2. Google Maps trong tối ưu lộ trình

Các dịch vụ điều hướng phổ biến như Google Maps, Waze và Apple Maps hiện đang được sử dụng rộng rãi bởi người lái xe trên toàn thế giới để lập kế hoạch cho các chuyến đi và lựa chọn lộ trình tối ưu theo tình hình giao thông thực tế nhằm tránh ùn tắc. Những dịch vụ này sử dụng dữ liệu vị trí hoặc dữ liệu GPS từ điện thoại thông minh để thu thập thông tin giao thông theo thời gian thực, chẳng hạn như tình trạng giao thông, tai nạn giao thông hoặc các tuyến đường bị đóng, sau đó tính toán và tối ưu hóa lộ trình cho từng phương tiện sử dụng phần mềm điều hướng. Nhiều dịch vụ điều hướng còn cung cấp các giao diện lập trình ứng dụng (API), cho phép người dùng truy cập nhiều loại dữ liệu khác nhau như ma trận khoảng cách, thời gian di chuyển dự báo, định tuyến theo tình trạng giao thông, dữ liệu giao thông thời gian thực, chế độ xem đường phố và nhiều thông tin khác. Các dịch vụ này cung cấp nguồn dữ liệu thời gian thực phong phú và dễ tiếp cận, góp phần khắc phục một số hạn chế của các nguồn dữ liệu truyền thống như cảm biến giao thông, camera giám sát hoặc các phương tiện thu thập dữ liệu chuyên dụng. Những nguồn dữ liệu truyền thống thường khó tiếp cận, chi phí thu thập cao, số lượng hạn chế và có thể gây sai lệch trong quá trình lấy mẫu dữ liệu, chẳng hạn như sử

dùng dữ liệu từ xe taxi để đại diện cho hành vi của toàn bộ người tham gia giao thông. Vì vậy, mục tiêu chính của nghiên cứu là khắc phục những hạn chế của các nguồn dữ liệu và phương pháp mô hình hóa truyền thống thông qua việc sử dụng các công cụ thống kê kết hợp với dữ liệu do Google Maps cung cấp nhằm mô hình hóa mạng lưới giao thông và đánh giá độ tin cậy của thời gian di chuyển [5].

Việc mô hình hóa mạng lưới giao thông từ lâu đã là một chủ đề nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực vận tải. Tuy nhiên, nhiều mô hình được đề xuất trước đây vẫn tồn tại những hạn chế nhất định, chẳng hạn như dựa trên các giả định khó áp dụng trong thực tế hoặc có cấu trúc mô hình phức tạp. Nghiên cứu này hướng tới việc khắc phục một phần các hạn chế đó bằng cách đề xuất một phương pháp mới để xây dựng mô hình mạng lưới giao thông thông qua việc áp dụng các công cụ thống kê kết hợp dữ liệu tuyến đường và dữ liệu các đoạn đường (link) được thu thập từ Google Maps. Cụ thể, mạng lưới giao thông được mô hình hóa như một hệ thống nhiều cấp gồm các đoạn đường và các tuyến đường được lựa chọn. Trong mạng lưới này, dữ liệu về tình trạng giao thông trên từng đoạn đường cũng như thời gian di chuyển giữa các cặp điểm xuất phát - đích trên một số tuyến đường cụ thể được thu thập và phân tích. Nghiên cứu sử dụng phương pháp ước lượng hợp lý cực đại (Maximum Likelihood Estimation - MLE) để xác định giá trị trung bình của tỷ lệ lưu thông thành công trên các đoạn đường, trong đó trạng thái không ứ tắc được xem là thành công và trạng thái ứ tắc được xem là thất bại. Các kết quả ước lượng này cũng có thể được sử dụng để dự báo thời gian di chuyển trên những tuyến đường bất kỳ. Lý do chính của việc áp dụng phương pháp MLE dựa trên dữ liệu tuyến đường và đoạn đường là vì tồn tại mối quan hệ phức tạp giữa hành vi giao thông trên toàn tuyến và dòng lưu thông trên từng đoạn đường. Trên thực tế, các yếu tố như tai nạn giao thông, khu vực thi công, điều kiện thời tiết bất lợi, hành vi của người đi bộ hoặc sự thiếu hợp lý trong điều khiển tín hiệu giao thông đều có thể ảnh hưởng đến lưu lượng giao thông và rất khó được mô tả chính xác bằng các mô hình toán học truyền thống. Trong khi đó, việc sử dụng các ước lượng MLE dựa trên dữ liệu thực tế cho phép khai thác đồng thời thông tin ở cả cấp độ đoạn đường và cấp độ tuyến đường, từ đó phản ánh tốt hơn các mối liên hệ này và gián tiếp mô tả được tính động của hệ thống giao thông.

Phương pháp hệ thống nhiều cấp (multi-level systems method) dành cho các hệ thống hoàn chỉnh có các hệ thống con dạng nhị phân lần đầu tiên được đề xuất và xây dựng trong một nghiên cứu trước đó. Sau đó, Spall đã phát triển cơ sở lý thuyết cho phương pháp này bằng cách chứng minh tính phân phối chuẩn tiệm cận và xây dựng các khoảng tin cậy cho các ước lượng độ tin cậy dựa trên mô hình hệ thống tổng thể và hệ thống con sử dụng phương pháp ước lượng hợp lý cực đại (MLE). Ngoài ra, một số ví dụ số cũng đã được thực hiện nhằm minh họa tính khả thi và hiệu quả của phương pháp

trong thực tế. Phương pháp này tiếp tục được áp dụng cho một tuyến đường đơn lẻ tại khu vực trung tâm thành phố Baltimore và cho thấy ưu điểm là đơn giản, dễ triển khai và dễ áp dụng trong các bài toán giao thông thực tế. Trên cơ sở đó, nghiên cứu hiện tại mở rộng ý tưởng từ việc phân tích một tuyến đường riêng lẻ sang mô hình hóa toàn bộ mạng lưới giao thông.

Nghiên cứu [5] mở rộng khuôn khổ được đề xuất trong công trình trước nhằm cho phép áp dụng mô hình mạng lưới giao thông vào việc xây dựng phân phối thời gian di chuyển và dự báo độ tin cậy của thời gian di chuyển trên các mạng lưới giao thông bất kỳ. Trong bối cảnh nghiên cứu, độ tin cậy của thời gian di chuyển được hiểu là mức độ ổn định hoặc tính nhất quán của thời gian di chuyển giữa các ngày khác nhau hoặc giữa các thời điểm khác nhau trong ngày. Đây được xem là một yếu tố quan trọng trong việc mô hình hóa và phân tích hành vi đi lại của con người, bởi nó phản ánh mức độ không chắc chắn về mặt thời gian mà người tham gia giao thông phải đối mặt khi di chuyển giữa một cặp điểm xuất phát và điểm đến trong mạng lưới giao thông. Chủ đề này đã được nghiên cứu rộng rãi trong khoảng hai thập kỷ gần đây. Một phương pháp thường được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của thời gian di chuyển là khai thác trực tiếp dữ liệu thực nghiệm mà không xây dựng mô hình phân phối xác suất cho dữ liệu. Tuy nhiên, cách tiếp cận này có thể bỏ qua những đặc điểm quan trọng của phân phối thời gian di chuyển cơ bản. Ngoài ra, phương pháp được đề xuất trong nghiên cứu còn có thể được áp dụng để ước lượng độ tin cậy trong các mô hình nhu cầu giao thông, nơi cần tính toán độ tin cậy cho các ma trận điểm xuất phát - điểm đến (Origin–Destination Matrix). Do các chỉ số độ tin cậy ở cấp độ đoạn đường, chẳng hạn như độ lệch chuẩn, không thể cộng dồn trực tiếp để tính toán độ tin cậy ở cấp độ tuyến đường do tồn tại sự phụ thuộc giữa các đoạn đường, nghiên cứu đã đề xuất một cách tiếp cận mới bằng cách kết hợp dữ liệu tuyến đường và dữ liệu đoạn đường thông qua phương pháp ước lượng hợp lý cực đại (MLE), đồng thời xây dựng chiến lược thu thập dữ liệu nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của sự phụ thuộc dữ liệu ở cấp độ đoạn đường.

3. Ứng dụng trong hoạt động logistics tại Hà Nội

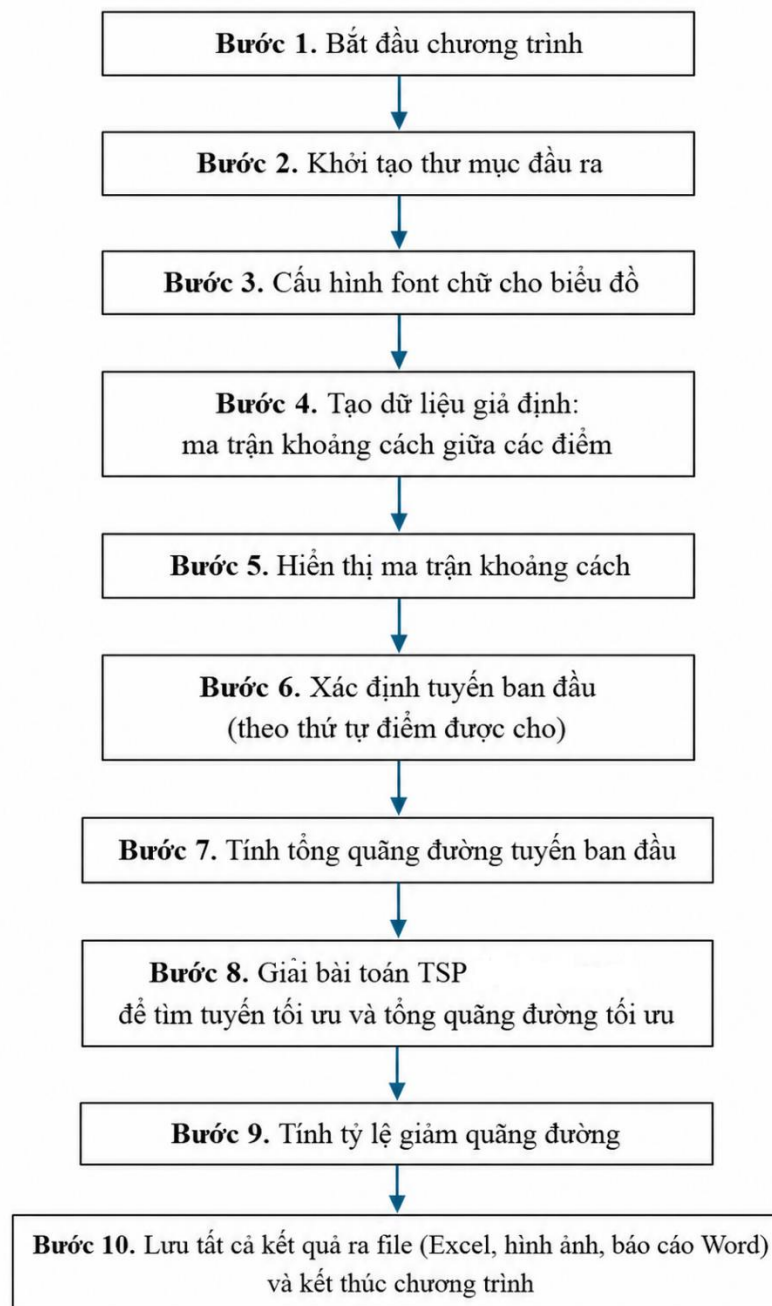
3.1 Kết quả thực nghiệm với quãng đường cố định

Trong báo cáo này, 5 vị trí kho hàng được giả định bao gồm Cầu Giấy, Đống Đa, Hoàng Mai, Long Biên, Hà Đông với ma trận khoảng cách như sau:

Điểm xuất phát \ Điểm đến	Kho	Cầu Giấy	Đống Đa	Hoàng Mai	Long Biên	Hà Đông
Kho	0.0	4.2	5.1	8.5	7.9	9.3

Điểm xuất phát \ Điểm đến	Kho	Cầu Giấy	Đồng Đa	Hoàng Mai	Long Biên	Hà Đông
Cầu Giấy	4.2	0.0	2.1	6.4	5.7	7.5
Đồng Đa	5.1	2.1	0.0	5.5	6.3	6.2
Hoàng Mai	8.5	6.4	5.5	0.0	4.1	5.6
Long Biên	7.9	5.7	6.3	4.1	0.0	8.2
Hà Đông	9.3	7.5	6.2	5.6	8.2	0.0

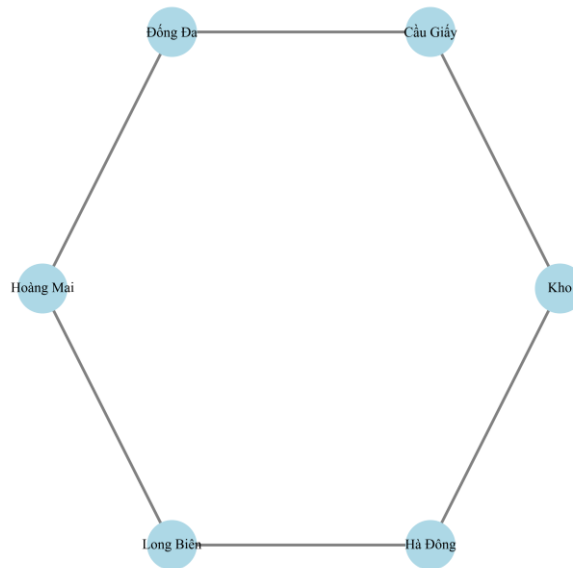
Sơ đồ thực thi trong trường hợp này như sau:



Hình 1. Chu trình thực hiện tối ưu hóa tuyến đường

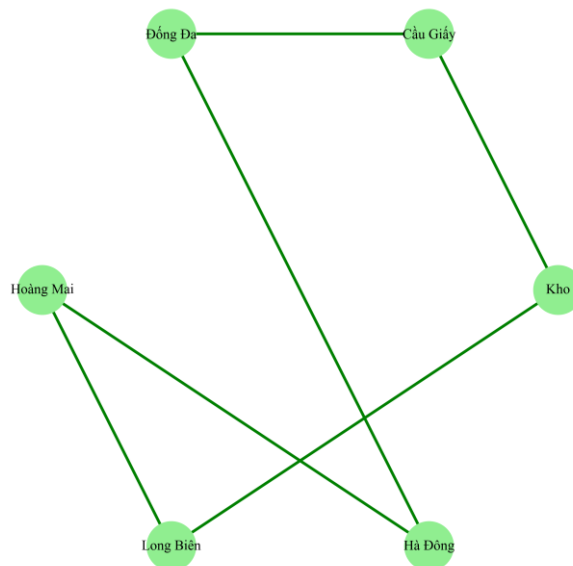
Kết quả chạy chương trình thu được như sau:

- Tuyến đường ban đầu được giả định (hình 2): Kho → Cầu Giấy → Đống Đa → Hoàng Mai → Long Biên → Hà Đông → Kho



Hình 2. Tuyến đường tuần tự ban đầu

- Tuyến đường tối ưu (hình 3): Kho → Cầu Giấy → Đông Đa → Hà Đông → Hoàng Mai → Long Biên → Kho

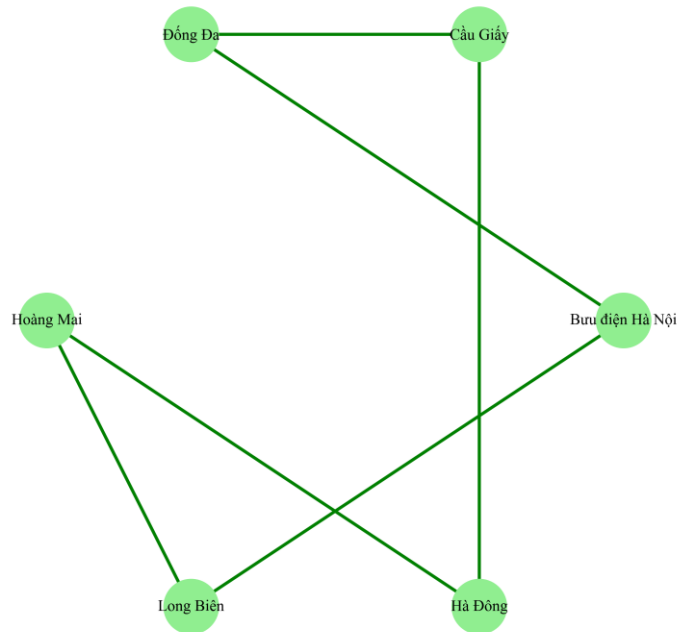


Hình 3. Tuyến đường đã tối ưu khoảng cách

Trong đó, tổng quãng đường ban đầu là 33,40 km, tổng quãng đường sau tối ưu là 30,10 km. Tỷ lệ quãng đường giảm được là 9,88%.

3.2 Kết quả thực nghiệm với quãng đường xác định trên google maps

Trong trường hợp này, hàm thư viện googlemaps được ứng dụng để xác định tuyến đường tối ưu với kết quả như sau:



Hình 4. Xác định tuyến đường tối ưu với googlemaps

- Thứ tự phân bổ ban đầu:

Bưu điện Hà Nội → Cầu Giấy → Đống Đa → Hoàng Mai → Long Biên → Hà Đông → Bưu điện Hà Nội

- Thứ tự lộ trình tối ưu:

Bưu điện Hà Nội → Đống Đa → Cầu Giấy → Hà Đông → Hoàng Mai → Long Biên → Bưu điện Hà Nội

+ Tổng quãng đường phân bổ ban đầu: 55.30 km

+ Tổng quãng đường sau tối ưu: 42.00 km

+ Hiệu suất cải thiện rút ngắn: 24.05%

Danh sách chi tiết các trục đường chính và tuyến phố kết nối bắt buộc phải đi qua được bóc tách từ bản đồ số cho hành trình tối ưu chu trình toàn diện:

Chặng 1: Từ Bưu điện Hà Nội đi Đống Đa

Lộ trình đi qua: Phố Lê Thạch → Phố Trần Hưng Đạo → Phố Bà Triệu → Đường Nguyễn Khuyến → Phố Tôn Đức Thắng

Chặng 2: Từ Đống Đa đi Cầu Giấy

Lộ trình đi qua: Phố Ô Chợ Dừa → Phố Xã Đàn → Đường Nguyễn Lương Bằng → Đường Láng → Đường Cầu Giấy

Chặng 3: Từ Cầu Giấy đi Hà Đông

Lộ trình đi qua: Đường vành đai 3 → Đường Khuất Duy Tiến → Đường Nguyễn Xiển → Đường Trần Phú (Hà Đông)

Chặng 4: Từ Hà Đông đi Hoàng Mai

Lộ trình đi qua: Đường Lê Trọng Tấn (Hà Đông) → Đường Phúc La → Đường Nghiêm Xuân Yêm → Đường Giải Phóng

Chặng 5: Từ Hoàng Mai đi Long Biên

Lộ trình đi qua: Đường Tam Trinh → Đường Minh Khai → Cầu Vĩnh Tuy → Đường Nguyễn Văn Linh → Đường Cổ Linh

Chặng 6: Từ Long Biên đi Bưu điện Hà Nội

Lộ trình đi qua: Đường Nguyễn Văn Cừ → Cầu Chương Dương → Phố Trần Nhật Duật → Phố Hàng Thùng → Phố Đinh Tiên Hoàng

Tài liệu tham khảo

1. Dantzig, G.B. and J.H. Ramser, *The truck dispatching problem*. Management science, 1959. **6**(1): p. 80-91.
2. Braekers, K., K. Ramaekers, and I. Van Nieuwenhuyse, *The vehicle routing problem: State of the art classification and review*. Computers industrial engineering, 2016. **99**: p. 300-313.
3. Dantzig, G., R. Fulkerson, and S. Johnson, *Solution of a large-scale traveling-salesman problem*. Journal of the operations research society of America, 1954. **2**(4): p. 393-410.
4. Mardešić, N., et al., *Review of stochastic dynamic vehicle routing in the evolving urban logistics environment*. Mathematics, 2023. **12**(1): p. 28.
5. Zhao, X. and J.C. Spall, *Modeling traffic networks using integrated route and link data*. arXiv preprint arXiv:1801.01314, 2018.