

HỌC VIỆN NGÂN HÀNG

**ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN
DỰ THI CẤP HỌC VIỆN NGÂN HÀNG
NĂM HỌC 2022 – 2023**



**TỐI ƯU HÓA HÀNH TRÌNH CHO HỆ THỐNG
TIẾP QUỸ ATM**

HÀ NỘI – 2023

HỌC VIỆN NGÂN HÀNG

ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN DỰ THI CẤP HỌC VIỆN NGÂN HÀNG NĂM HỌC 2022 – 2023



TỐI ƯU HÓA HÀNH TRÌNH CHO HỆ THỐNG TIẾP QUỸ ATM

Sinh viên thực hiện:	Nguyễn Tiến Mạnh	K24HTTTA	- 24A4040033
	Phan Thị Phương Anh	K24HTTTA	- 24A4043026
	Nguyễn Thị Thùy Giang	K24HTTTA	- 24A4043041
	Nguyễn Thị Hoài Ngọc	K24HTTTA	- 24A4041420

Giảng viên hướng dẫn: Trần Thị Huế - Khoa Hệ thống Thông tin Quản lý – Học viện ngân hàng

HÀ NỘI – 2023

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG BIỂU	iv
DANH MỤC CÁC HÌNH	iv
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	v
MỞ ĐẦU	1
Chương I. Giới thiệu chung	3
1.1. Bài toán giao vận	3
1.2. Bài toán tiếp quỹ ATM	5
1.3. Một số thuật toán thường được dùng để giải quyết bài toán giao vận (VRP) ..	7
1.3.1. Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm)	8
1.3.2. Tìm kiếm địa phương (Local Search)	9
Chương 2. Cơ sở lý luận khoa học	13
2.1. Mô hình bài toán tiếp quỹ	13
2.2. Mô hình giao thông di chuyển về địa bàn trên Hà Nội	15
Chương 3. Đề xuất bài toán tiếp quỹ với vận tốc của phương tiện thay đổi theo thời gian	17
3.1. Đề xuất mô hình bài toán tiếp quỹ	17
3.2. Phương pháp giải quyết bài toán đề xuất	18
3.2.1 Thuật toán di truyền	18
3.2.2 Thuật toán tìm kiếm địa phương	20
3.3. Tính toán thực nghiệm	22
3.3.1 Dữ liệu thực nghiệm	22
3.3.2 So sánh hiệu năng giữa hai thuật toán	23
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	26
TÀI LIỆU THAM KHẢO	27

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1: Thống kê top 4 ngân hàng với số lượng ATM trên toàn quốc lớn nhất	4
Bảng 2: Vận tốc thay đổi theo khung thời gian	22
Bảng 3: Kết quả thực nghiệm	24

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1: Quy trình tiếp quỹ	6
Hình 2: Sơ đồ thuật toán di truyền	8
Hình 3: Minh họa biểu diễn 3 xe và 10 cây ATM.....	18
Hình 4: Lai ghép một điểm cắt.....	19
Hình 5: Lai ghép hai điểm cắt	19
Hình 6: Mô tả hai cá thể trùng.....	19
Hình 7: Đột biến đảo ngược	20
Hình 8: Đột biến hoán đổi	20
Hình 9: Chia lộ trình.....	21
Hình 10: Tối ưu lộ trình được chia.....	21
Hình 11: Chèn phần tử sang lộ trình khác.....	21
Hình 12: Minh họa một lộ trình tiếp quỹ của 2 xe cho 20 ATM	25

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

STT	Từ viết tắt	Từ rõ nghĩa
1	ATM	Automated Teller Machine
2	CPU	Central Processing Unit
3	GPS	Global Positioning System
4	VRP	Vehicle Routing Problem
5	Std	Standard Deviation

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, sự phát triển kinh tế và gia tăng dân số đã dẫn đến nhu cầu sử dụng phương tiện giao thông tăng lên đáng kể. Đi cùng với sự phát triển đó là sự tắc nghẽn trong hệ thống giao vận tại các đô thị lớn, đặc biệt là trong thành phố Hà Nội. Việc di chuyển hàng hóa đang gặp nhiều khó khăn và gây tốn kém cả về mặt chi phí và thời gian. Do đó, việc tìm ra một hành trình tối ưu cho hệ thống giao vận là rất cần thiết. Điều này giúp giảm thiểu tình trạng tắc đường, tăng hiệu quả vận chuyển và tiết kiệm được chi phí về thời gian.

Đã có rất nhiều nghiên cứu liên quan đề cập tới việc tìm ra một hành trình tối ưu cho một hệ thống giao vận và các nghiên cứu này đã đề xuất rất nhiều thuật toán khác nhau, các thuật toán này chủ yếu dựa trên phương pháp tìm lời giải tốt nhất từ một hoặc nhiều lời giải ban đầu.

Với sự phát triển của hệ thống ngân hàng và nhu cầu chi tiêu tiền mặt vẫn đang rất phổ biến ở Việt Nam, nên việc duy trì sự hoạt động của hệ thống ATM là một vấn đề cấp thiết với tất cả các ngân hàng. Một ATM được cho là hoạt động tốt khi nó ở trạng thái kết nối tốt với máy chủ và có tiền cho khách hàng thực hiện giao dịch. Yếu tố thứ hai liên quan tới bộ phận tiếp quỹ của các ngân hàng. Theo thông tin thu thập được về nhu cầu cấp tiền của các ATM, các ngân hàng cần phải chuẩn bị tiền mặt, hệ thống phương tiện giao thông, nhân viên nhằm chuyển tiền từ kho tiền tới các ATM. Việc vận chuyển này hoàn thành sớm hay muộn là do việc điều hành trình của các xe tiếp tiền một cách hiệu quả hay không.

Bài toán tiếp quỹ ATM là bài toán giải quyết việc tìm ra một giải pháp tối ưu cho hoạt động tiếp quỹ ATM của các ngân hàng. Trong bài toán này có rất nhiều giai đoạn, tuy nhiên trong nghiên cứu của đề tài chỉ tập trung vào việc tìm ra hành trình tối ưu cho đội xe tiếp quỹ của các ngân hàng sao cho thời gian hoàn thành nhiệm vụ là ngắn nhất.

Nghiên cứu này nhằm đưa ra một giải pháp xây dựng hành trình tiếp quỹ của các phương tiện vận tải cho tập hợp các cây ATM đã được yêu cầu dựa trên việc tìm hiểu các thuật toán liên quan tới bài toán vận tải, quy trình tiếp quỹ ATM.

Một mô hình vận tải dành cho việc tiếp quỹ ATM trên địa bàn Hà Nội đã được đề xuất trong nghiên cứu với hệ thống vận tải gồm phương tiện, xuất phát từ kho tiền và thực

hiện việc tiếp quỹ cho một tập các cây ATM, vận tốc của phương tiện phụ thuộc vào khung giờ di chuyển do yếu tố tắc đường là một yếu tố phổ biến tại khu vực Hà Nội.

Thuật toán di truyền và thuật toán tìm kiếm địa phương được đề xuất để giải quyết bài toán này. Để đánh giá chất lượng của các thuật toán, chúng tôi đã thu thập vị trí của các ATM của ngân hàng Agribank trên địa bàn Hà Nội với số lượng điểm đặt ATM từ 10 cho đến 50. Các cây ATM này đặt quanh trụ sở chính của Ngân hàng Agribank trong bán kính 25 km.

Kết cấu của báo cáo nghiên cứu này được chia làm 3 chương như sau:

Chương 1. Giới thiệu trình bày tổng quan về khái niệm của bài toán giao vận, bài toán tiếp quỹ ATM, thuật toán di truyền và thuật toán tìm kiếm địa phương.

Chương 2. Cơ sở lý luận khoa học trình bày về nghiên cứu liên quan tới mô hình của bài toán đề xuất

Chương 3. Đề xuất bài toán tiếp quỹ với vận tốc của phương tiện thay đổi theo khung thời gian trình bày chi tiết mô hình của bài toán tiếp quỹ được giải quyết trong nghiên cứu này; nội dung các thuật toán được đề xuất và tính toán thực nghiệm.

Chương I. Giới thiệu chung

Một số khái niệm về bài toán giao vận, tiếp quỹ ATM, thuật toán liên quan được trình bày trong Chương 1.

1.1. Bài toán giao vận

Bài toán giao vận (Vehicle Routing Problem - VRP) là một bài toán phổ biến, trong đó một hoặc nhiều phương tiện sẽ thực hiện nhiệm vụ giao vận (hoặc thu thập) hàng hoá cho một tập các khách hàng. Bài toán giao vận có ý nghĩa rất lớn trong lĩnh vực logistic hay quản lý chuỗi cung ứng vì nó liên quan tới việc tìm ra một pháp khả thi trong thời gian tính toán cho phép để đơn vị vận tải thực hiện nhiệm vụ giao vận của mình.

Bài toán VRP được giới thiệu lần đầu tiên bởi Dantzig và Ramser vào năm 1959 (G. B. Dantzig & J. H. Ramser, 1959), bài toán VRP có ý nghĩa quan trọng trong việc tối ưu hóa chi phí hoạt động của các doanh nghiệp cung ứng sản phẩm hay doanh nghiệp cung cấp dịch vụ vận tải. Dantzig và Ramser đã đề xuất một thuật toán nhằm tối thiểu chi phí vận chuyển của một hạm đội các xe tải cùng xuất từ một kho hàng làm nhiệm vụ cung ứng hàng cho một tập các khách hàng. Sau đó, các nhà nghiên cứu khác đã đưa ra rất nhiều các biến thể của bài toán VRP bằng cách đưa thêm các ràng buộc sao cho phù hợp với các ngữ cảnh trong thực tế như: Các phương tiện có trọng tải bị giới hạn, hệ thống bị giới hạn thời gian làm việc, mỗi khách hàng có thể nhận hàng vào các khung giờ khác nhau.

VRP là một bài toán quan trọng và thường xuyên được áp dụng trong thực tiễn. Nó có thể được ứng dụng trong các lĩnh vực như quản lý vận tải, quản lý sản xuất, quản lý tài nguyên và logistics - nơi mà việc vận chuyển hàng hóa được coi là một phần quan trọng trong chuỗi cung ứng. Việc giải quyết bài toán VRP có thể giúp các doanh nghiệp tiết kiệm chi phí, tăng năng suất hoạt động, quản lý tài nguyên hiệu quả và cải thiện chất lượng dịch vụ, tối ưu hóa quá trình vận chuyển hàng hóa.

Bài toán VRP cũng thường được áp dụng trong lĩnh vực vận tải hàng hoá, trong đó bài toán tiếp quỹ mà chúng tôi đề xuất là một trường hợp ứng dụng riêng của bài toán giao vận với loại hàng hoá ở đây là tiền.

Hệ thống cây ATM là đại diện của các ngân hàng tới mọi địa bàn, giúp cho người dân có thể thực hiện việc rút tiền một cách linh hoạt. Nhìn về góc độ giao vận bài toán tiếp

quỹ ATM là một bài toán giao vận với loại hàng hoá chính là tiền mặt. Bảng 1 là kết quả khảo sát số lượng các cây ATM của một số ngân hàng lớn trên toàn quốc. Chúng ta có thể thấy các ngân hàng chứa hàng nghìn cây ATM trên cả nước và hàng trăm cây ATM trên các thành phố lớn, nên có thể nói bài toán tìm kiếm hành trình tiếp quỹ tối ưu là một bài toán khó, vì số lượng cây ATM lớn, nên việc tìm ra một giải pháp phù hợp trong vô vàn giải pháp có thể thực hiện là điều vô cùng quan trọng và mang lại ý nghĩa lớn cho ngành Ngân hàng.

Bảng 1: Thống kê top 4 ngân hàng với số lượng ATM trên toàn quốc lớn nhất

(Nguyễn Thu Thủy, 2023)

TT	Ngân hàng	Số lượng ATM	TP. Hà Nội	TP. Hồ Chí Minh	TP. Hải Phòng	TP. Đà Nẵng	TP. Cần Thơ
Top 1	Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Việt Nam	2.644	286	332	43	65	39
Top 2	Ngân hàng thương mại cổ phần Công thương Việt Nam	2.133	285	341	72	46	37
Top 3	Ngân hàng thương mại cổ phần Đầu tư và Phát triển Việt Nam	1.881	291	161	26	39	24
Top 4	Ngân hàng thương mại cổ phần Ngoại thương Việt Nam	1.609	200	248	33	32	34

Như vậy, có thể thấy bài toán giao vận - VRP liên quan đến tiếp quỹ ATM là một bài toán có tầm quan trọng trong ngành ngân hàng. Việc nghiên cứu và áp dụng các giải pháp giao vận - VRP sẽ giúp các ngân hàng tiết kiệm chi phí, nâng cao an ninh và chất lượng dịch vụ cho khách hàng. Trong phần tiếp theo, bài nghiên cứu sẽ giới thiệu chi tiết về bài toán tiếp quỹ ATM.

1.2. Bài toán tiếp quỹ ATM

ATM là viết tắt của Automated Teller Machine, có nghĩa là máy rút tiền tự động. Đây là một thiết bị điện tử cho phép khách hàng thực hiện các giao dịch ngân hàng như rút tiền mặt, chuyển khoản, kiểm tra số dư, thanh toán hóa đơn... mà không cần qua sự hỗ trợ của nhân viên ngân hàng. Khách hàng chỉ cần có thẻ ATM hoặc thẻ ghi nợ/ghi nợ kết hợp và mã PIN để xác thực danh tính và thực hiện giao dịch trên máy.

ATM được coi là một công cụ hiện đại và tiện lợi trong lĩnh vực ngân hàng, giúp khách hàng tiết kiệm thời gian và chi phí khi giao dịch. ATM cũng giúp ngân hàng giảm bớt áp lực về nhân sự, chi phí và rủi ro khi phục vụ khách hàng tại các điểm giao dịch truyền thống.

Tiếp quỹ ATM là quá trình tiếp tiền mặt vào các máy ATM để duy trì hoạt động của chúng. Việc tiếp quỹ ATM được thực hiện để đảm bảo rằng các máy ATM luôn có đủ tiền mặt để đáp ứng nhu cầu của khách hàng. Bài toán tiếp quỹ ATM là một trong những vấn đề quan trọng của các tổ chức tài chính, đặc biệt là các ngân hàng. Đó là một công việc quan trọng và phức tạp, đòi hỏi sự chính xác, an toàn và kịp thời của các bên liên quan.

Quá trình tiếp quỹ ATM bao gồm việc di chuyển tiền mặt từ ngân hàng hoặc các điểm tiếp quỹ khác đến các máy ATM. Quy trình này thường được thực hiện bởi các nhân viên của ngân hàng hoặc các đơn vị dịch vụ chuyên nghiệp được ngân hàng thuê ngoài. Quy trình tiếp quỹ ATM có thể khác nhau tùy theo từng ngân hàng, nhưng có thể tóm tắt như sau:

- Bước 1: Lập kế hoạch tiếp quỹ. Ngân hàng sẽ dựa vào các thông tin về số lượng máy ATM, vị trí địa lý, lượng giao dịch dự kiến, số dư tối thiểu và tối đa của mỗi máy... để xác định các máy cần được tiếp quỹ, số tiền cần nạp cho mỗi máy và lộ trình di chuyển của xe tiền.
- Bước 2: Chuẩn bị tiền mặt. Ngân hàng sẽ kiểm tra và đóng gói tiền mặt theo từng hộp tiền (cassette) cho mỗi máy ATM. Mỗi hộp tiền sẽ có số seri, số lượng tờ và mệnh giá tiền được ghi rõ. Tiền mặt được chọn lọc sao cho đảm bảo chất lượng và không bị kẹt hay bị xô lệch trong máy.
- Bước 3: Vận chuyển tiền mặt. Ngân hàng sẽ sử dụng xe tiền để vận chuyển tiền mặt từ kho quỹ đến các điểm đặt máy ATM. Xe tiền được trang bị các thiết bị an

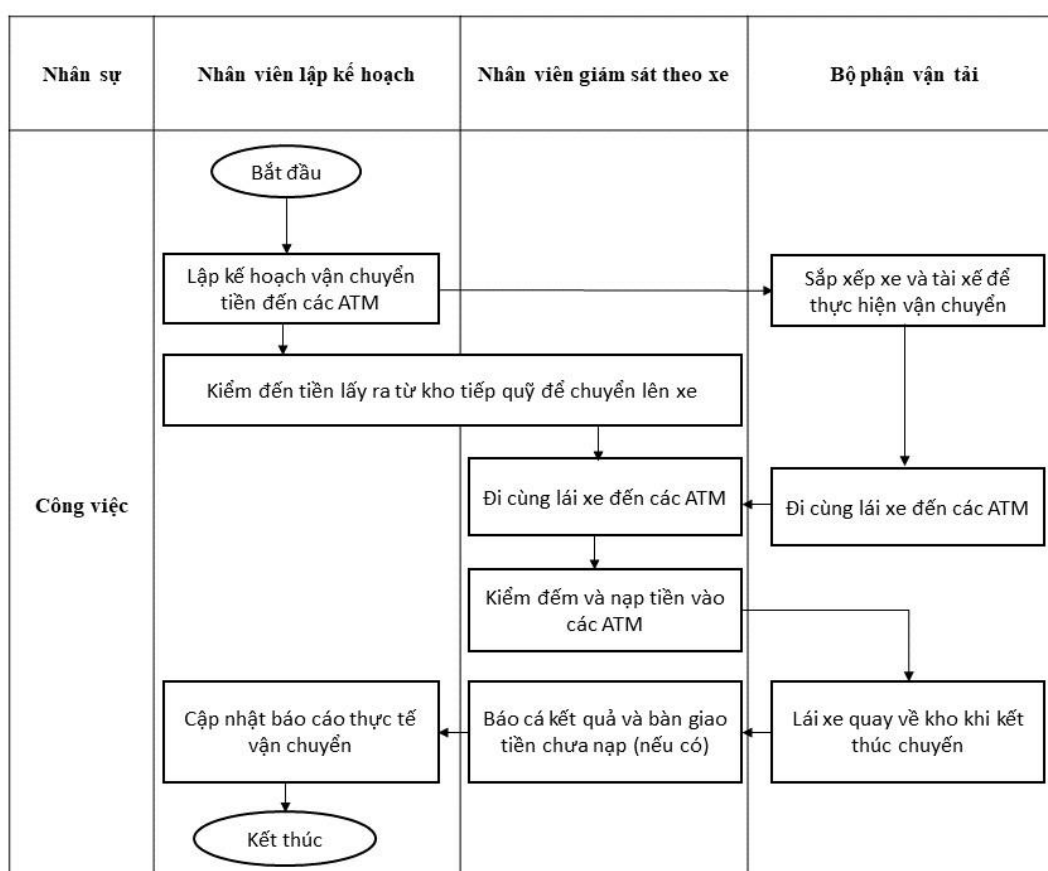
ninh như camera, GPS, khóa điện tử... để đảm bảo an toàn cho tiền mặt và nhân viên. Xe tiền cũng phải tuân thủ các quy định về giờ làm việc, tốc độ di chuyển, lộ trình...

- Bước 4: Thực hiện tiếp quỹ. Nhân viên mở máy ATM bằng mã PIN hoặc khóa cơ, tháo hộp tiền cũ ra và lắp hộp tiền mới vào. Nhân viên cũng sẽ kiểm tra tình trạng hoạt động của máy ATM và xử lý các sự cố nếu có. Sau khi hoàn thành, nhân viên sẽ đóng máy và in biên bản tiếp quỹ để xác nhận số dư của máy.
- Bước 5: Hoàn quỹ và cân đối sổ sách. Ngân hàng sẽ thu hồi các hộp tiền cũ từ xe tiền và kiểm đếm số tiền thực tế trong các hộp. Ngân hàng cũng sẽ so sánh số liệu trên biên bản tiếp quỹ với số liệu trên hệ thống để cân đối sổ sách và xử lý các chênh lệch nếu có.

Quy trình tiếp quỹ của cho hệ thống ATM được thể hiện chi tiết trong Hình 1

Hình 1: Quy trình tiếp quỹ

(Nguyễn Thu Thủy, 2023)



Các phương pháp tối ưu hóa quy trình tiếp quỹ ATM đã được nghiên cứu và áp dụng trong thực tế. Một trong những phương pháp đó là sử dụng các thuật toán tối ưu hóa và

mô hình toán học trong việc lên kế hoạch và quản lý quy trình tiếp quỹ. Việc sử dụng các phương pháp tối ưu hóa có thể giúp giảm thiểu chi phí vận chuyển và tối đa hóa hiệu quả tiếp quỹ.

Ngoài việc sử dụng các phương pháp tối ưu hóa, các tổ chức tài chính cũng có thể áp dụng các công nghệ mới nhằm tăng cường hiệu quả tiếp quỹ ATM. Một trong những công nghệ mới được áp dụng là kết nối các máy ATM vào các hệ thống quản lý tự động. Các hệ thống này giúp tự động xác định số lượng tiền mặt cần tiếp quỹ cho các máy ATM, giảm thiểu thời gian lập kế hoạch và tối ưu hóa việc vận chuyển tiền mặt.

Ngoài ra, các tổ chức tài chính cũng có thể sử dụng các thiết bị định vị GPS để giám sát di chuyển của các phương tiện vận chuyển tiền mặt. Điều này không chỉ đảm bảo an toàn cho tiền mặt mà còn tăng cường khả năng quản lý quy trình tiếp quỹ.

Bài toán tiếp quỹ ATM là bài toán xác định phương án tiếp tiền cho các máy ATM sao cho đảm bảo đủ tiền cho khách hàng rút trong một khoảng thời gian nhất định và tối thiểu hóa chi phí vận chuyển tiền. Bài toán này có ý nghĩa quan trọng đối với các ngân hàng vì nó ảnh hưởng đến chi phí hoạt động, trải nghiệm khách hàng và hiệu quả kinh doanh của ngân hàng.

Lợi ích của việc tiếp quỹ ATM một cách tối ưu là:

- Giảm thiểu chi phí vận chuyển tiền bằng cách tận dụng tối đa dung lượng của các xe vận chuyển, giảm số lần tiếp tiền cho các máy ATM và giảm quãng đường di chuyển của các xe.
- Giảm thiểu rủi ro an ninh bằng cách giảm số lượng tiền mặt được lưu trữ trong các máy ATM và giảm thời gian tiếp xúc của nhân viên với tiền mặt.
- Giảm thiểu tình trạng hết tiền hoặc thiếu loại tiền của các máy ATM, đáp ứng kịp thời các nhu cầu giao dịch của khách hàng, nâng cao chất lượng dịch vụ của các ngân hàng.
- Tăng hiệu quả kinh doanh bằng cách tăng số lượng giao dịch rút tiền tại các máy ATM, tăng thu nhập từ phí rút tiền và tăng sự gắn kết của khách hàng với ngân hàng.

1.3. Một số thuật toán thường được dùng để giải quyết bài toán giao vận (VRP)

Bài toán VRP là bài toán NP khó, có rất nhiều thuật toán đã được các nhà nghiên cứu đề xuất nhưng có thể chia làm hai phương pháp, phương pháp giải chính xác và phương

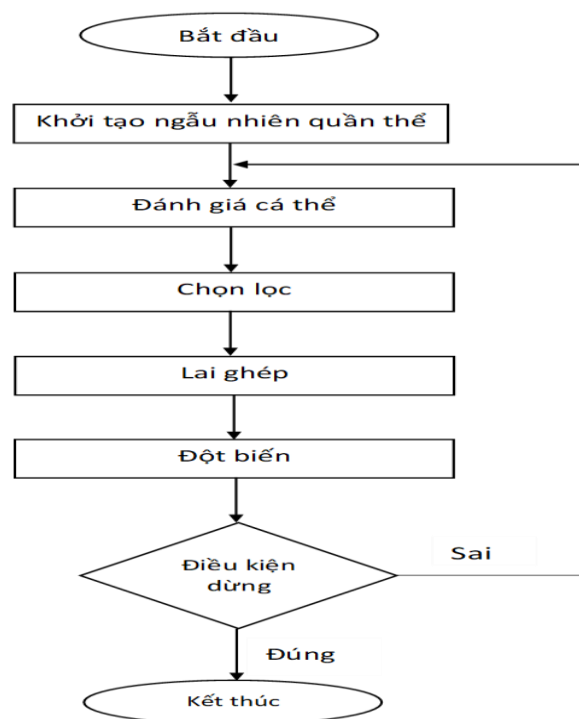
giải gần đúng. Phương pháp giải gần đúng giúp cung cấp cho người dùng lời giải tốt nhất có thể trong phạm vi thời gian cho phép, lời giải người dùng nhận được không chắc chắn là lời giải tối ưu nhưng tốt hơn rất nhiều các lời giải khác. Các thuật toán này thường xuất phát từ một hay nhiều lời giải và dùng các phép biến đổi để đưa người dùng đến các nghiệm tốt hơn. Các phương pháp này thường dựa trên hai kỹ thuật: tìm kiếm dựa trên quần thể hoặc tìm kiếm địa phương.

1.3.1. Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm)

Là phương pháp tìm kiếm dựa trên quần thể theo các nguyên tắc chọn lọc tự nhiên và di truyền của học thuyết Darwin. Thuật toán hoạt động bằng cách tạo ra một tập hợp các giải pháp tiềm năng và áp dụng các toán tử, chẳng hạn như chọn lọc, lai ghép và đột biến nhằm tạo ra các “thế hệ” giải pháp mới. Quá trình này được lặp lại cho đến khi chất lượng lời giải không được cải thiện sau một số lượng thế hệ liên tiếp hoặc đạt đến số lần lặp tối đa.

Chức năng chính của thuật toán di truyền là tìm ra giải pháp tốt nhất có thể cho một bài toán tối ưu hóa hoặc tìm kiếm. Ví dụ, trong bài toán tối ưu hóa đường đi cho quá trình tiếp quỹ, một nhiễm sắc thể đại diện cho một tuyến đường và một gen có thể đại diện cho một cây ATM.

Hình 2: Sơ đồ thuật toán di truyền



Các bước của thuật toán:

1. Khởi tạo: Quần thể ban đầu được tạo ra với số lượng cá thể tối thiểu theo yêu cầu của người thiết kế thuật toán. Mỗi cá thể tương ứng với một lời giải cho bài toán. Trong quá trình khởi tạo quần thể người dùng cần phải quy định cách mã hoá các lời giải thành các cá thể sao thuận tiện cho phương pháp suy luận ra thể hiện cụ thể của lời giải (kiểu hình) và thực hiện các toán tử di truyền.

Ví dụ như bài toán giao vận có 2 xe thực hiện nhiệm vụ giao vận cho một tập gồm 10 khách hàng thì được mã hoá bằng một mảng một chiều như sau

1	2	3	0	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Lời giải tương ứng về hành trình của xe tải số 1 là các địa điểm $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 0$; xe số 2 là các địa điểm $0 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10$.

2. Đánh giá: Sau khi quần thể được khởi tạo, ta tiến hành đánh giá các cá thể trong quần thể.
3. Lựa chọn: Ưu tiên các cá thể tốt hơn thông qua nhiều thủ tục lựa chọn (Chọn lọc Roulette, chọn lọc cạnh tranh, chọn lọc xếp hạng) để đưa sang thế hệ tiếp theo.
4. Lai ghép: Kết hợp các phần của hai hoặc nhiều giải pháp gốc để tạo ra các giải pháp mới (tức là con cháu). Con cháu sau lai ghép sẽ không giống cha mẹ và thay vào đó sẽ kết hợp đặc điểm của cha mẹ theo một cách mới.
5. Đột biến: Khi quá trình lai ghép diễn ra trên hai hoặc nhiều nhiễm sắc thể của bố
6. Lặp lại các bước 2 - 5 cho đến khi đáp ứng điều kiện kết thúc.
7. Lặp lại các bước 2 - 5 cho đến khi đáp ứng điều kiện kết thúc.

1.3.2. Tìm kiếm địa phương (Local Search)

Thuật toán tìm kiếm địa phương là một loại thuật toán tối ưu hóa heuristics được sử dụng trong nhiều bài toán tối ưu hóa khó tính toán. Đây là một phương pháp đơn giản và hiệu quả giúp cải thiện lặp đi lặp lại một giải pháp ứng cử viên bằng cách thực hiện các thay đổi nhỏ đối với giải pháp đó. Thuật toán bắt đầu với một giải pháp ban đầu và sau đó chuyển sang một giải pháp lân cận tốt hơn giải pháp hiện tại. Quá trình này tiếp tục cho đến khi không thể cải tiến thêm được nữa.

Thuật toán tìm kiếm địa phương được sử dụng rộng rãi trong các bài toán tối ưu, một số ví dụ về các bài toán mà tìm kiếm địa phương đã được áp dụng là:

- Bài toán phủ đỉnh (vertex cover), trong đó một nghiệm là một tập phủ đỉnh của đồ thị, và mục tiêu là tìm một nghiệm có số lượng đỉnh nhỏ nhất.
- Bài toán người du lịch (traveling salesman problem), trong đó một nghiệm là một chu trình đi qua tất cả các đỉnh của đồ thị và mục tiêu là tối thiểu hóa tổng chiều dài của chu trình.
- Bài toán lập lịch y tá (nurse scheduling problem), trong đó một nghiệm là một phân công y tá cho các ca làm việc sao cho thỏa mãn tất cả các ràng buộc đã đặt ra.
- Bài toán phân cụm k-medoid (k-medoid clustering problem) và các bài toán liên quan đến vị trí cơ sở (facility location problem), trong đó local search cung cấp tỉ lệ xấp xỉ tốt nhất từ góc nhìn trường hợp xấu nhất.

Trong bài nghiên cứu này, thuật toán được ứng dụng vào tìm đường đi ngắn nhất. Thuật toán tìm kiếm địa phương có hiệu quả trong việc tìm kiếm các giải pháp chấp nhận được cho các bài toán không gian tìm kiếm lớn và phức tạp trong thời gian tối ưu hóa ngắn.

Để mô tả thuật toán tìm kiếm địa phương cần xác định hai khái niệm quan trọng: không gian tìm kiếm (search space) và quan hệ lân cận (neighborhood relation). Không gian tìm kiếm là tập hợp của tất cả các nghiệm ứng viên có thể, và quan hệ lân cận là một quan hệ xác định hai nghiệm có khác nhau bởi một sự thay đổi nhỏ nhất hay không. Ví dụ, quan hệ lân cận của bài toán phủ đỉnh là hai tập phủ đỉnh chỉ khác nhau bởi một đỉnh. Đối với bài toán thỏa mãn ràng buộc boolean, các gán giá trị lân cận là những gán giá trị có một biến ngược trạng thái.

Thuật toán tìm kiếm địa phương bắt đầu từ một nghiệm ứng viên và sau đó lặp lại việc di chuyển sang một nghiệm lân cận; một lân cận là tập hợp của tất cả các nghiệm tiềm năng khác với nghiệm hiện tại bởi sự thay đổi nhỏ nhất có thể. Điều này yêu cầu quan hệ lân cận phải được xác định trên không gian tìm kiếm.

Thuật toán tìm kiếm địa phương sẽ dừng lại khi không có bước di chuyển nào có thể cải thiện được tiêu chí. Lúc này, ta gọi nghiệm hiện tại là nghiệm cục bộ tối ưu (local optimum). Tuy nhiên, nghiệm cục bộ tối ưu không nhất thiết là nghiệm toàn cục tối ưu (global optimum), tức là không có nghiệm khác có tiêu chí cao hơn. Do đó, thuật toán

local search không đảm bảo tìm được nghiệm toàn cục tối ưu cho các bài toán NP-khó. Các bước cơ bản của thuật toán tìm kiếm địa phương có thể được miêu tả như sau:

- Bước 1: Khởi tạo một nghiệm ứng viên ngẫu nhiên hoặc theo một phương pháp nào đó.
- Bước 2: Tính giá trị của tiêu chí tối ưu cho nghiệm hiện tại.
- Bước 3: Xác định các nghiệm láng giềng của nghiệm hiện tại và tính giá trị của tiêu chí tối ưu cho chúng.
- Bước 4: Chọn một nghiệm láng giềng có giá trị tiêu chí tốt hơn nghiệm hiện tại và gán nó làm nghiệm hiện tại mới.
- Bước 5: Lặp lại các bước 2 đến 4 cho đến khi không có cải thiện nào hoặc đạt đến điều kiện dừng (ví dụ: số lần lặp, thời gian).

Một vấn đề quan trọng trong thuật toán local search là cách xác định các nghiệm láng giềng và cách chọn ra một trong số chúng để di chuyển. Có nhiều kỹ thuật khác nhau để làm điều này, ví dụ như:

- Kỹ thuật cải tiến tốt nhất (Best Improvement): Chọn nghiệm láng giềng có giá trị tiêu chí tốt nhất trong số tất cả các láng giềng.
- Kỹ thuật cải tiến đầu tiên (First Improvement): Chọn nghiệm láng giềng đầu tiên có giá trị tiêu chí tốt hơn nghiệm hiện tại.
- Kỹ thuật cải tiến ngẫu nhiên (Random Improvement): Chọn ngẫu nhiên một nghiệm láng giềng có giá trị tiêu chí tốt hơn nghiệm hiện tại.

Mỗi kỹ thuật có những ưu và nhược điểm riêng. Ví dụ, kỹ thuật cải tiến tốt nhất có thể đưa đến những cải thiện lớn hơn cho mỗi lần di chuyển, nhưng cũng có thể yêu cầu nhiều thời gian để duyệt qua tất cả các láng giềng. Ngược lại, kỹ thuật cải tiến đầu tiên có thể tiết kiệm thời gian, nhưng cũng có thể bỏ qua những cải thiện lớn hơn. Kỹ thuật cải tiến ngẫu nhiên có tính ngẫu nhiên cao, có thể thoát khỏi những điểm yếu của hai kỹ thuật kia, nhưng cũng không đảm bảo được sự tiến triển.

Thuật toán tìm kiếm địa phương là một phương pháp tìm kiếm giải pháp tốt nhất cho các bài toán tối ưu bằng cách tìm kiếm các giải pháp trong một vùng lân cận của giải pháp hiện tại. Thuật toán tìm kiếm địa phương sử dụng một hàm mục tiêu (objective function) và tìm kiếm các giải pháp tốt hơn bằng cách thay đổi các giá trị trong phạm vi của vùng lân cận của giải pháp hiện tại.

Chức năng của thuật toán rất đơn giản: nó khởi đầu từ một điểm hoặc giải pháp (state), và tiếp tục di chuyển đến các điểm lân cận (neighbouring states) sao cho nếu có sự cải thiện về hàm mục tiêu (objective function), nó sẽ chọn một điểm mới để tiếp tục di chuyển. Quá trình này tiếp tục diễn ra cho đến khi không còn điểm nào láng giềng cải thiện hàm mục tiêu.

Chương 2. Cơ sở lý luận khoa học

Chương này viết về mô hình bài toán tiếp quỹ và mô hình giao thông di chuyển trên địa bàn Hà Nội dựa trên các bài nghiên cứu khoa học. Chúng tôi sẽ trình bày hai mô hình bài toán tối ưu hóa: bài toán tiếp quỹ và bài toán giao thông di chuyển về địa bàn trên Hà Nội để có cái nhìn sâu sắc hơn về hai bài toán tối ưu hóa khác nhau và các phương pháp tối ưu hóa được sử dụng để giải quyết chúng.

2.1. Mô hình bài toán tiếp quỹ

Ngày nay, với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ và nhu cầu của con người, các máy rút tiền tự động (ATM) đã trở nên phổ biến và thiết yếu trong cuộc sống hàng ngày. Tuy nhiên, việc bổ sung tiền mặt cho các máy ATM luôn là một vấn đề cần được giải quyết một cách hiệu quả.

Bài nghiên cứu "*Routing optimization for ATM cash replenishment*" (Peter Kurdel & Sebestyénová, 2013), được công bố trên ResearchGate vào tháng 1 năm 2013 đề xuất một mô hình toán học nhằm giảm thiểu chi phí và thời gian đi lại của đội ngũ tiếp quỹ.

Trong bài nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất một mô hình toán học sử dụng kỹ thuật heuristics để giải quyết bài toán tối ưu hóa đường đi cho việc bổ sung tiền mặt cho máy ATM. Bài toán được xem xét như sau:

1. Cho một danh sách các máy ATM cần được bổ sung tiền mặt.
2. Mỗi máy ATM cần được bổ sung một lượng tiền mặt nhất định.
3. Có một số điểm thu gom tiền mặt, nơi từ đó đội ngũ tiếp quỹ sẽ lấy tiền và di chuyển đến các máy ATM.
4. Yêu cầu tối đa hóa lượng tiền được bổ sung cho các máy ATM và tối thiểu hóa tổng chi phí di chuyển của đội ngũ tiếp quỹ.

Tác giả đề xuất áp dụng kỹ thuật heuristics, bao gồm hai bước chính:

Bước 1 - Xây dựng cây quyết định: Tạo ra một cây quyết định chứa tất cả các đường đi có thể từ điểm thu gom tiền đến các máy ATM. Mỗi nhánh của cây tương ứng với một hành động cụ thể, như di chuyển đến máy ATM hoặc quay trở lại điểm thu gom tiền.

Bước 2 - Tối ưu hoá đường đi: Dựa trên cây quyết định, tìm kiếm đường đi tối ưu nhằm giảm thiểu tổng chi phí di chuyển và đảm bảo việc bổ sung tiền mặt cho các máy ATM hiệu quả.

Bằng cách áp dụng phương pháp heuristics, bài nghiên cứu này đã thành công trong việc tìm ra lộ trình tối ưu cho việc bổ sung tiền mặt cho máy ATM, đồng thời giảm thiểu được chi phí và thời gian đi lại của đội ngũ tiếp quỹ.

Mô hình tối ưu hóa đường đi trong việc bổ sung tiền mặt cho máy ATM được đề xuất trong bài nghiên cứu này đã chứng minh hiệu quả của mình, giúp giảm thiểu chi phí hoạt động, thời gian đi lại và nâng cao hiệu suất công việc của đội ngũ tiếp quỹ.

Bài báo "*ATM cash replenishment under varying population coverage requirements*" (Chiussi et al., 2022) trình bày một mô hình toán học để tối ưu hóa số dư của máy ATM. Cụ thể, mô hình xác định lượng tiền mặt nên được phân bổ để bổ sung cho mỗi máy ATM, xem xét các yêu cầu về độ bao phủ dân số khác nhau. Độ phủ được định nghĩa là tỷ lệ số lượng dân cư trong khu vực được phục vụ bởi một máy ATM so với tổng số dân cư trong khu vực đó.

Input của bài toán bao gồm thông tin về độ phủ yêu cầu của từng khu vực dân cư, thông tin về số lượng và tình trạng tiền mặt còn lại trong các máy ATM, thông tin về khoảng cách giữa các máy ATM và thông tin về thời gian hoạt động của các máy ATM.

Output của bài toán là lịch trình tiếp tiền cho các máy ATM sao cho đáp ứng được yêu cầu độ phủ của từng khu vực dân cư và tiết kiệm được chi phí cho việc tiếp tiền.

Ràng buộc của bài toán bao gồm giới hạn về số lượng tiền mặt có thể chứa trong mỗi máy ATM, giới hạn về khoảng cách giữa các máy ATM để giảm chi phí di chuyển và giới hạn về thời gian hoạt động của các máy ATM. Nghiên cứu này nhằm giảm chi phí quản lý tiền mặt đồng thời đáp ứng yêu cầu dịch vụ của người sử dụng ATM.

Mô hình sử dụng thuật toán heuristic xem xét các yêu cầu dịch vụ của từng ATM trong một khu vực nhất định. Thuật toán được thiết kế để giảm thiểu chi phí quản lý tiền mặt đồng thời cung cấp dịch vụ hiệu quả cho người dùng ATM. Thuật toán heuristic là một quy trình toán học được sử dụng để tìm giải pháp cho một vấn đề bằng cách lặp lại các giải pháp khả thi khác nhau.

Yêu cầu về độ bao phủ dân số là yếu tố cần thiết quyết định số dư tiền mặt cho mỗi máy ATM. Phạm vi dân số đề cập đến số người có quyền truy cập vào máy ATM trong một

phạm vi cụ thể. Phạm vi này được xác định bởi lượng thời gian tối đa mà người dùng ATM sẵn sàng di chuyển để đến máy ATM. Ví dụ: nếu thời gian di chuyển tối đa là 10 phút, phạm vi dân số là số người sống trong bán kính 10 phút của máy ATM.

Để tối ưu hóa số dư ATM, mô hình xem xét một số yếu tố, bao gồm việc sử dụng ATM, yêu cầu về độ bao phủ dân số và chi phí bổ sung cho mỗi ATM. Chi phí bổ sung cho mỗi máy ATM được xác định bởi các yếu tố như khoảng cách giữa trung tâm quản lý tiền mặt và mỗi máy ATM và thời gian cần thiết để bổ sung cho mỗi máy ATM.

Mô hình trình bày trong bài báo có giá trị vì nó có thể được sử dụng để tối ưu hóa số dư của ATM, giảm chi phí quản lý tiền mặt và nâng cao hiệu quả hoạt động của ATM. Bằng cách sử dụng mô hình này, các ngân hàng và tổ chức tài chính có thể cung cấp dịch vụ hiệu quả và tiết kiệm chi phí cho khách hàng của họ đồng thời đảm bảo rằng các máy ATM có đủ tiền mặt để đáp ứng nhu cầu của họ.

2.2. Mô hình giao thông di chuyển về địa bàn trên Hà Nội

Nghiên cứu *Traveling Salesman Problem with Truck and Drones: A case study of Parcel Delivery in Hanoi* (Vuong et al., 2021) đã đưa ra một mô hình giao thông di chuyển mới, sử dụng xe tải và máy bay không người lái (drone) để phân phối hàng hóa song song. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả cần phải tìm ra giải pháp về hành trình của các phương tiện sao cho tối thiểu hoá thời gian hoàn thành nhiệm vụ, được hiểu là thời gian mà tất cả các phương tiện thực hiện xong nhiệm vụ giao vận và quay trở về điểm xuất phát.

Trong bài nghiên cứu, tác giả sử dụng mô hình vận tải mà vận tốc xe tải phụ thuộc vào tình trạng giao thông của từng khung giờ. Thời gian trong ngày chia thành L khung thời gian $[T_l, T_{l+1}]$. Vận tốc trung bình của xe tải đã được biết trước (V_{truck}).

Trong khi đó, tốc độ di chuyển của xe tải (v_{ijl}) có thể thay đổi trong từng khung thời gian, phụ thuộc vào hệ số tắc đường của từng khung giờ. Trong bài nghiên cứu, hệ số tắc đường được chọn ngẫu nhiên trong khoảng $[F_L, F_U]$. Hệ số tắc đường càng lớn thì tốc độ di chuyển càng nhỏ. Công thức tính tốc độ di chuyển trong từng khung thời gian là:

$$v_{ijl} = V_{truck} * rand[F_L, F_U]$$

Xe tải sẽ xuất phát từ kho, lần lượt đi đến vị trí từng khách hàng, sau đó quay trở lại kho. Một xe tải có thể phục vụ nhiều khách hàng.

Đồng thời trong khi lập lịch trình cho xe tải, bài toán cũng lập lịch trình cho các máy bay không người lái. Mỗi một máy bay không người lái sẽ xuất phát từ kho, đến vị trí phục vụ một khách hàng, sau đó quay trở về kho. Như vậy, trong một lộ trình di chuyển của máy bay không người lái sẽ chỉ có một khách hàng duy nhất.

Bài nghiên cứu sử dụng các tham số thực tế trên địa bàn Hà Nội để thử nghiệm và đánh giá hiệu suất. Để giải tìm hành trình của các xe, đầu tiên nghiên cứu này đề xuất khởi tạo một lộ trình T đi qua tất cả vị trí của khách hàng và kho bằng thuật toán tham lam (greedy algorithm) bằng cách đưa hai điểm ngẫu nhiên vào hành trình của mỗi xe, rồi lần lượt đưa thêm một điểm mới vào lộ trình đó sao cho thời gian hoàn thành nhiệm vụ của các xe đi qua tập hợp các điểm đang xét là thấp nhất cho tới khi không còn điểm nào chưa được đưa vào hành trình của xe tải nữa.

Trong nghiên cứu đề xuất, chúng tôi kế thừa các giả thiết thay đổi vận tốc do yếu tố tắc đường của nghiên cứu này.

Chương 3. Đề xuất bài toán tiếp quỹ với vận tốc của phương tiện thay đổi theo thời gian

Trong chương này, chúng tôi sẽ đề xuất một mô hình để giải quyết bài toán tiếp quỹ. Bài toán này là một bài toán tối ưu hóa, tìm cách phân bổ số tiền quỹ cho các hoạt động sao cho chi phí là thấp nhất với một số phương pháp để giải quyết bài toán. Từ đó chúng tôi sẽ tính toán thực nghiệm để đánh giá hiệu quả của các phương pháp này khi áp dụng vào bài toán tiếp quỹ. Kết quả tính toán sẽ giúp chúng ta đưa ra những phân tích và nhận xét về hiệu quả của các phương pháp này. Qua đó, chúng ta có thể đưa ra các khuyến nghị và đề xuất cho việc giải quyết các bài toán tương tự trong tương lai.

3.1. Đề xuất mô hình bài toán tiếp quỹ

Bài toán tối ưu hóa quá trình tiếp quỹ ATM được xác định trên đồ thị có hướng $G = (V, E)$. Trong đó: $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ là tập các đỉnh, đỉnh 0 đại diện cho kho tiền, đỉnh 1, 2, \dots , n đại diện cho các cây ATM cần tiếp tiền. $E = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$ là tập các cung đường hay cạnh của đồ thị.

Các ràng buộc cần có trong bài toán:

- Ràng buộc về kho: các phương tiện di chuyển bắt đầu từ một kho tiền, sau khi hoàn thành lộ trình di chuyển của mình thì quay lại đúng kho tiền đó.
- Ràng buộc về phương tiện di chuyển: các phương tiện di chuyển thuần nhất về sức chứa và chi phí vận chuyển
- Ràng buộc về cây ATM: các cây ATM vẫn hoạt động bình thường, không bị hỏng hóc.
- Hàm mục tiêu bài toán: cho ra một lộ trình tối ưu, tối thiểu hóa và đảm bảo thời gian tiếp quỹ
- Ràng buộc về vận tốc của các phương tiện: ở đây chúng tôi kế thừa đề xuất của (Quang Huy Vuong, 2021), vận tốc của các xe sẽ thay đổi theo các khung thời gian, tùy vào mỗi khung thời gian thì vận tốc của các phương tiện sẽ là $\alpha * v$, trong đó α được gọi là hệ số tắc, còn v là vận tốc tối đa của xe có thể đạt được trong điều kiện bình thường.

Input: Số lượng phương tiện di chuyển, tọa độ của kho tiền và các cây ATM cần tiếp tiền.

Trong tính toán thực nghiệm chung tôi sử dụng vị trí của kho tiếp tiền là trụ sở chính ngân hàng Agribank tại Láng Hạ, Ba Đình, Hà Nội. Các cây ATM có tọa độ nằm trong bán kính 10km từ kho tiếp tiền được lấy thông qua google API.

Output: Hành trình của các phương tiện sao cho thời gian hoàn thành nhiệm vụ của đội xe tiếp tiền là nhỏ nhất.

3.2 Phương pháp giải quyết bài toán đề xuất

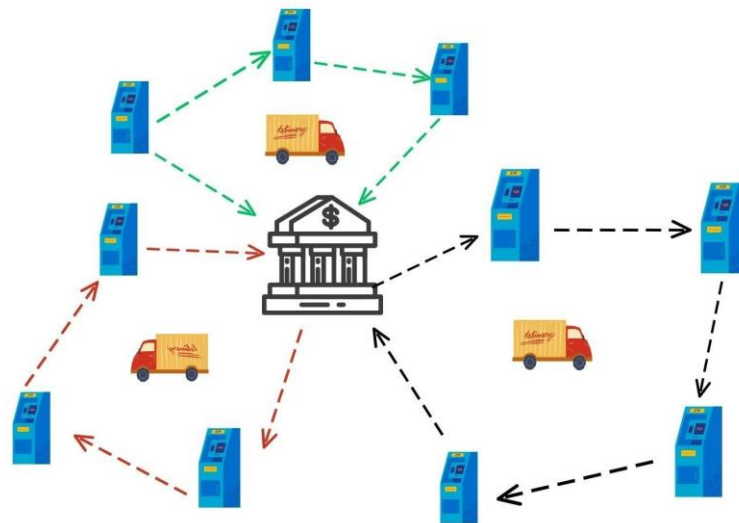
Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng thuật toán di truyền và thuật toán local search để tìm ra lời giải tối ưu cho bài toán.

3.2.1 Thuật toán di truyền

a) Biểu diễn lời giải

Mỗi một lời giải của bài toán được mã hóa thành một mảng một chiều có độ dài bằng số lượng nhiệm sác thẻ có trong cá thẻ con, tức chứa các giá trị nguyên là số thứ tự của các ATM và giá trị đặc biệt 0 thể hiện điểm ngát hành trình của mỗi xe.

Hình 3: Minh họa biểu diễn 3 xe và 10 cây ATM



b) Khởi tạo quần thể

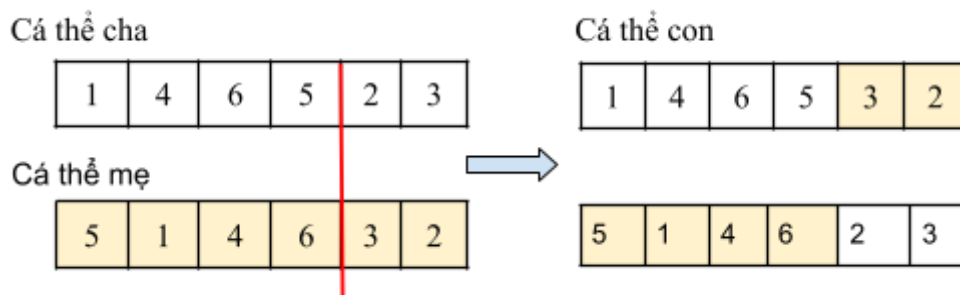
Hàm random được sử dụng để tạo ra các tổ hợp của tập số thứ tự các cây ATM cần được tiếp quỹ, sau đó ta đưa giá trị 0 vào các vị trí bất kỳ trong cá thẻ làm vị trí ngát quãng giữa các xe.

c) Các phép lai ghép

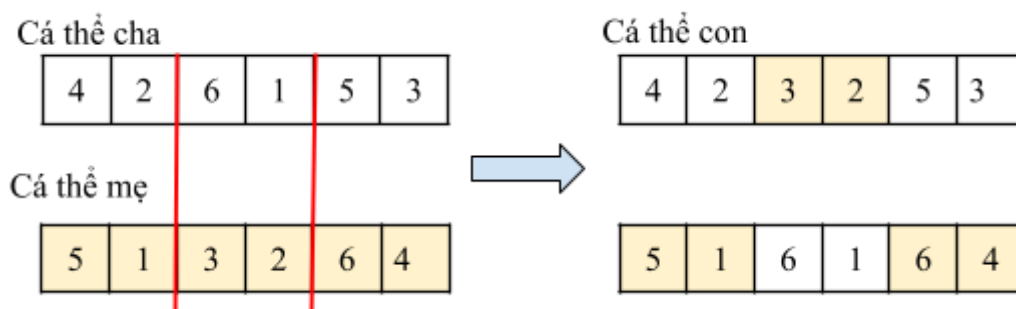
Để tiến hành lai ghép, đầu tiên ta lựa chọn 2 cá thể cha mẹ tốt nhất qua 2 phương pháp là chọn lọc cạnh tranh và chọn lọc Roulette_wheel.

Sau khi đã chọn ra được những cá thể cha mẹ tốt nhất, ta tiến hành lai ghép thông qua sử dụng lai ghép một điểm cắt, lai ghép hai điểm cắt

Hình 4: Lai ghép một điểm cắt



Hình 5: Lai ghép hai điểm cắt



Các thể con sinh ra không được trùng với cá thể cha mẹ, nghiên cứu đã đề xuất phương pháp kiểm tra các cá thể bị trùng.

Hình 6: Mô tả hai cá thể trùng

1	2	3	0	4	5	6	0	7	8	9
4	5	6	0	7	8	9	0	1	2	3

Coi 0 là điểm ngắt của một lộ trình chia cho 3 xe. Mặc dù 2 nhiễm sắc thể là khác nhau nhưng lời giải là giống nhau do thứ tự lộ trình của các xe trong 2 nhiễm sắc thể là như nhau.

d) Các phép đột biến

Để tiến hành đột biến, ta sử dụng các hàm: Đột biến đảo ngược, đột biến hoán đổi.

Đột biến đảo ngược: Chọn 2 vị trí ngẫu nhiên trong một cá thể, sau đó tiến hành nghịch đảo chuỗi giữa 2 vị trí được chọn.

Hình 7: Đột biến đảo ngược

Cá thể ban đầu

6	3	5	2	1	4	7
---	---	---	---	---	---	---

Cá thể đột biến

6	3	1	2	5	4	7
---	---	---	---	---	---	---

Đột biến hoán đổi: Tương tự đột biến đảo ngược, ta chọn ra 2 vị trí ngẫu nhiên trong một cá thể, sau đó đổi chỗ 2 vị trí này để thực hiện đột biến.

Hình 8: Đột biến hoán đổi

Cá thể ban đầu

6	3	5	2	1	4	7
---	---	---	---	---	---	---

↑ ↑

Cá thể đột biến

6	3	1	2	5	4	7
---	---	---	---	---	---	---

e) Lựa chọn cá thể

Từ các hàm lai ghép, đột biến, ta tạo ra nhiều cá thể mới. Sau đó, tiến hành đưa tập hợp cá thể cha mẹ tốt nhất và các cá thể con được tạo sang thế hệ tiếp theo. Dựa trên hàm đánh giá cá thể Fitness, chọn ra cá thể con tốt nhất.

Bài toán sẽ kết thúc khi chạy xong số thế hệ đã quy định sau đó chọn ra được cá thể có Fitness nhỏ nhất là kết quả cần tìm.

3.2.2 Thuật toán tìm kiếm địa phương

a) Biểu diễn lời giải

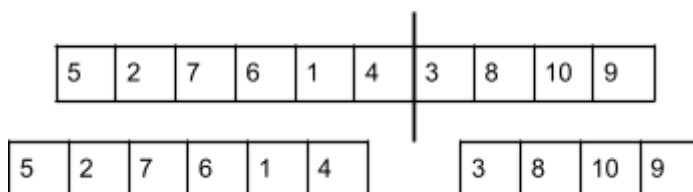
Mỗi một lời giải được biểu diễn dưới dạng mảng một chiều có độ dài bằng số phương tiện di chuyển. Mỗi một phần tử trong mảng là một lộ trình di chuyển tối ưu của một phương tiện di chuyển.

b) Tìm kiếm lân cận dựa trên phương pháp chèn

Dùng hàm random tạo ngẫu nhiên một tổ hợp số thứ tự các cây ATM cần được tiếp quỹ.

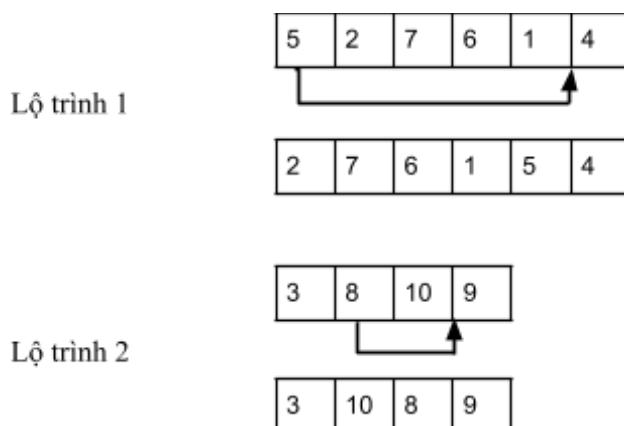
Chia lộ trình ban đầu thành tập các lộ trình nhỏ hơn. Số lộ trình sau khi chia bằng số phương tiện di chuyển.

Hình 9: Chia lộ trình



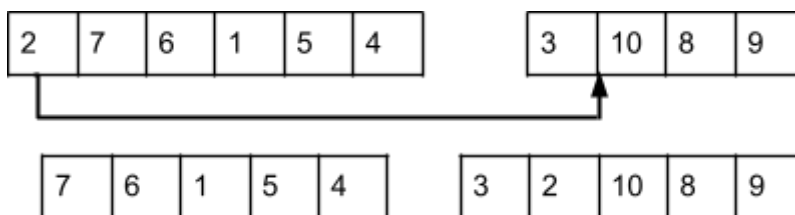
Dùng thuật toán tìm kiếm lân cận để tìm ra lộ trình tối ưu hơn. Thuật toán tìm kiếm lân cận sử dụng phương pháp chèn, chèn một phần tử i trong lộ trình vào sau một phần tử j bất kỳ khác ($i \neq j$). Tính tổng độ dài lộ trình mới tìm được (đi từ kho, qua các điểm trong lộ trình, về lại kho). So sánh với độ dài lộ trình hiện tại, lưu lại lộ trình có độ dài nhỏ hơn và giá trị độ dài lộ trình đó. Tính thời gian hoàn thành việc tiếp quỹ (thời gian hoàn thành việc tiếp quỹ bằng thời gian di chuyển lớn nhất của các lộ trình nhỏ). Lưu lại lời giải có giá trị thời gian hoàn thành tiếp quỹ nhỏ nhất.

Hình 10: Tối ưu lộ trình được chia



Sau đó chèn phần tử của một lộ trình vào vị trí bất kỳ của lộ trình khác, lặp lại bước trên để tìm ra lộ trình tối ưu hơn.

Hình 11: Chèn phần tử sang lộ trình khác



3.3. Tính toán thực nghiệm

3.3.1 Dữ liệu thực nghiệm

Hệ thống tọa độ các điểm trong bài toán thực nghiệm chính là tọa độ của các ATM thuộc ngân hàng Agribank được phân bố trên các địa bàn thành phố Hà Nội. Dữ liệu trên được thu thập thông qua việc sử dụng hàm Geopy. Geopy là một thư viện cung cấp quyền truy cập vào một số dịch vụ web mã hóa địa lý phổ biến, chẳng hạn như Google Maps, Bing Maps, Openstreet map. Đây được đánh giá như một công cụ hữu ích và đáng tin cậy phục vụ cho quá trình trích xuất, xử lý dữ liệu liên quan đến không gian địa lý.

Tập ATM được sử dụng trong bài toán có số lượng từ 10 đến 50 với bán kính phân bố là 50 km. Trong đó, trung tâm là kho tiền (trụ sở chính) tại số 2 Láng hạ, Đống Đa, Hà Nội.

Để tính toán được khoảng cách giữa hai điểm (ATM) theo đường chim bay khi đã biết latitude (vĩ độ) và longitude (kinh độ), chúng tôi sử dụng công thức tính khoảng cách Manhattan.

Công thức khoảng cách Manhattan là một phương pháp được sử dụng để tính độ dài giữa hai điểm trên không gian Euclide với hệ tọa độ Descartes. Khoảng cách Manhattan rất hữu ích trong việc giải quyết các bài toán liên quan đến định tuyến và vận chuyển hàng hóa. Khi tính toán độ dài giữa hai điểm (x_1, y_1) và (x_2, y_2) , ta thực hiện như:

Khoảng cách Mahattan = $|x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$

Trong bài nghiên cứu, chúng tôi lựa chọn thời gian bắt đầu tiếp tiền là 7h, kết thúc vào 24h. Trong khoảng thời gian tiếp tiền, chúng tôi chia thành các khung thời gian liên tiếp nhau, mỗi khung thời gian kéo dài trong 1 giờ. Với mỗi khung giờ khác nhau sẽ có hệ số tron khác nhau được thể hiện dưới bảng sau:

Bảng 2: Vận tốc thay đổi theo khung thời gian

Thời gian bắt đầu khung giờ	Thời gian kết thúc khung giờ	Hệ số tron
7	8	0.5
8	9	0.5

9	10	0.6
10	11	0.7
11	12	0.8
12	13	0.9
13	14	1
14	15	0.7
15	16	0.8
16	17	0.9
17	18	0.5
18	19	1
19	20	1
20	21	1
21	22	1
22	23	1
23	24	1

3.3.2 So sánh hiệu năng giữa hai thuật toán

Khi thực hiện quá trình thực nghiệm hai thuật toán địa phương và thuật toán di truyền, bài nghiên cứu tiến hành chạy thực nghiệm chương trình trong 10 lần do trong thuật toán có sử dụng hàm random (ngẫu nhiên). Từ đó sẽ cho ra kết quả tối ưu nhất nhằm phục vụ cho việc phân tích, so sánh mức độ hiệu quả giữa hai thuật toán và đưa ra quyết định đề xuất thuật toán phù hợp cho bài toán tiếp quỹ.

Bảng 3: Kết quả thực nghiệm

	Tìm kiếm địa phương			Thuật toán di truyền			GAP
Số lượng ATM	Objective	Std	CPU time	Objective	Std	CPU time	
10	1.61	0.06	0.03	1.56	0.11	2.48	3.11
20	2.95	0.18	0.1	2.15	0.06	15.13	27.12
30	3.98	0.44	0.35	2.92	0.08	43.18	26.38
40	7.92	0.78	1.48	6.04	0.29	57.54	23.74
50	8.97	0.44	3.78	6.61	0.12	98.38	26.31
AVG	5.09	0.38	1.15	3.86	0.13	43.34	21.33

- Objective: Giá trị hàm mục tiêu sau 10 lần chạy
- Std: Độ lệch chuẩn
- CPU time: thời gian trung bình chạy thuật toán
- GAP: độ chênh lệch giá trị hàm mục tiêu giữa hai phương pháp.

$$GAP = \frac{Obj_{Localsearch} - Obj_{GA}}{Obj_{LocalSearch}} \times 100$$

Bảng trên thể hiện sự tương quan giữa thời gian hoàn thành nhiệm vụ, độ lệch chuẩn và thời gian xử lý giữa hai thuật toán tìm kiếm địa phương và thuật toán di truyền với số lượng từ 10 đến 50 cây ATM sau 10 lần tiến hành thử nghiệm chạy chương trình.

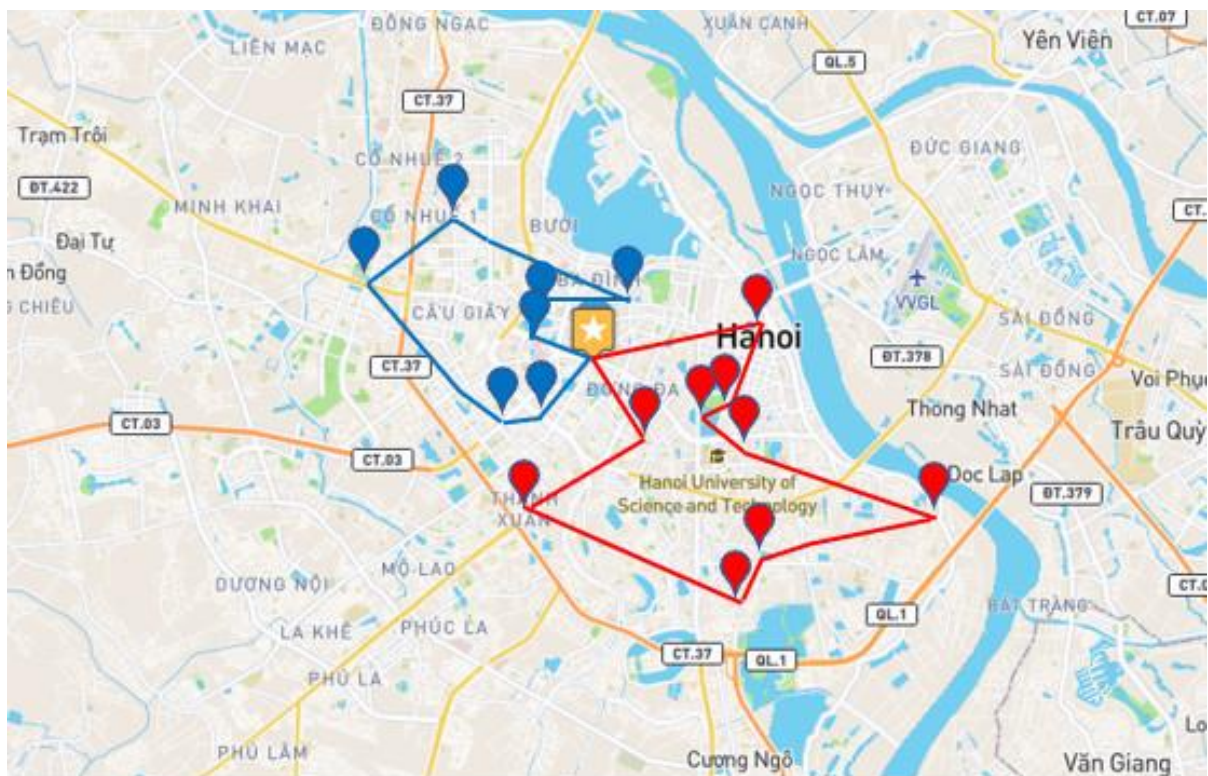
Có thể thấy, giá trị Std trung bình của thuật toán tìm kiếm địa phương cao hơn gấp 3 lần so với thuật toán di truyền. Qua đó thể hiện sự ổn định đáng kể về mức độ biến động của thuật toán di truyền so với thuật toán tìm kiếm địa phương.

Thời gian trung bình để tiến hành thực hiện thuật toán di truyền lớn hơn rất nhiều lần so với thuật toán tìm kiếm địa phương (gấp khoảng 43 lần). Do thuật toán di truyền cần thực hiện nhiều câu lệnh tiến hành lai ghép, đột biến ... dẫn đến độ phức tạp cũng như thời gian chạy chương trình lâu hơn thuật toán tìm kiếm địa phương.

Xét về giá trị GAP, với số lượng ATM nhỏ là 10 thì GAP giữa 2 thuật toán chênh lệch không quá lớn, chỉ ở mức 3%. Tuy nhiên, khi số lượng ATM tăng dần từ 20 - 50 cây, giá trị GAP đã tăng lên xấp xỉ 9 lần (26.38% - 27.12%).

Sau quá trình tìm hiểu hai thuật toán được đề xuất và tiến hành so sánh, phân tích dựa vào các khía cạnh trên, thuật toán di truyền luôn thể hiện được sự vượt trội hơn. Như vậy, bài nghiên cứu đi đến kết luận đề xuất sử dụng thuật toán di truyền cho bài toán được đặt ra trong đề tài “Tối ưu hóa hành trình cho hệ thống tiếp quỹ ATM”, đặc biệt với số lượng ATM lớn. Dưới đây là minh họa cho một lộ trình tối ưu của thuật toán:

Hình 12: Minh họa một lộ trình tiếp quỹ của 2 xe cho 20 ATM



KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã đề xuất mô hình tiếp quỹ ATM, với vận tốc của phương tiện thay đổi theo khung thời gian dựa trên các nghiên cứu liên quan và đề xuất thuật toán di truyền và thuật toán tìm kiếm địa phương để giải quyết bài toán đề xuất. Kết quả thực nghiệm đã chỉ ra rằng thời gian chạy thuật toán là khả thi và có thể áp dụng được. Tuy nhiên nghiên cứu được thực hiện bởi nhóm tác giả là sinh viên năm hai nên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Trong thời gian tới, chúng em sẽ đề xuất được mở rộng nghiên cứu của mình bằng cách đưa thêm các ràng buộc phù hợp với thực tế như sau:

- Đưa thêm ràng buộc về thời gian tiếp tiền tại các cây ATM
- Mỗi xe tiếp tiền có lượng tiền bị hạn chế
- Mỗi cây ATM có ràng buộc time window về thời điểm tiếp tiền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ahmadreza Ghodrati, H. A. (2013). ATM cash management using genetic algorithm. *Growing Science*, 3(7), 2007-2041.
2. Archetti, C., & Speranza, M. G. (2013). Vehicle routing problems with split deliveries. *International transactions in operational research*, 19(1-2), 3-22.
3. Chiussi, A., Orlis, C., Roberti, R., & Dullaert, W. (2022). ATM cash replenishment under varying population coverage requirements. *Journal of the Operational Research Society*, 73(4), 869-887.
4. Christian Prins, P. L. (2014). Order-first split-second methods for vehicle routing problems: A review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 179-200.
5. G. B. Dantzig, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 1-140.
6. Nguyễn Thu Thủy, Đ. V. (2023). Tự động hóa và tối ưu Logistics trong quy trình tiếp quỹ ATM. *Tạp chí Ngân hàng*.
7. P. Kurdel, J. S. (2013). Routing optimization for ATM cash replenishment. *International journal of computers*, 7(4).
8. Quang Huy Vuong, G. T.-H.-T. (2021). Traveling Salesman Problem with Truck and Drones: A Case Study of Parcel Delivery in Hanoi. *Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences: Proceedings of the 4th International Conference on Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences-MCO 2021*, 363, 75-86.
9. Rimvydas Simutis, R. S. (2007). Optimization of cash management for ATM network. *Information technology and control*, 3(1).