

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN



BÁO CÁO CUỐI KÌ
Chất xếp hàng hóa dựa trên Ant Colony
Optimization

Nhóm thực hiện: Nhóm 11
TỐI ƯU HÓA

Hà Nội - 11/2024

Báo Cáo Cuối Kỳ

Tối ưu hóa

Giảng viên hướng dẫn: TS. Hoàng Nam Dũng

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Tiến Đạt - 22000081

Nguyễn Thị Ánh - 22000070

Nguyễn Thành Trung - 22001672

Ngày 14 tháng 11 năm 2024

Tóm tắt nội dung

Mục lục

1	Giới Thiệu	3
1.1	Tổng quan vấn đề:	3
1.2	Thuật toán ACO:	3
1.2.1	Từ những con kiến trong tự nhiên tới thuật toán ACO.	3
1.2.2	Giới thiệu về thuật toán	5
1.2.3	Sơ đồ chung thuật toán đàn kiến	6
1.2.4	Các bước giải quyết bài toán đàn kiến	7
2	Mô tả bài toán và mô hình hóa:	9
2.1	Mô tả bài toán	9
2.1.1	Mô tả	9
2.1.2	Giả thuyết	9
2.2	Mô hình hóa bài toán	10
2.2.1	Hàm mục tiêu	11
2.2.2	Các ràng buộc	11
3	Chiến lược Wall-based loading và mã giả:	13
3.1	Thuật toán đàn kiến (ACO)	13
3.2	Điều chỉnh tham số ACO	15
3.2.1	Điều chỉnh hàm kỳ vọng	15
3.2.2	Điều chỉnh hệ số pheromone và hệ số kỳ vọng.	16
3.3	Quy trình của WBACO	16
3.4	Lưu ý	17
4	Kết quả thực nghiệm:	18
	Tài liệu tham khảo	18
4.1	aaco	18

4.2	Lưu ý	18
-----	-----------------	----

Chương 1

Giới Thiệu

1.1 Tổng quan vấn đề:

Bài báo này cải tiến thuật toán tối ưu đàn kiến (ACO) để tối ưu hóa vấn đề chất tải hàng hóa rời. Trước tiên, khái niệm hàng hóa rời được định nghĩa rõ ràng và một mô hình toán học được thiết lập nhằm tối đa hóa việc sử dụng thể tích dưới nhiều ràng buộc của hàng hóa rời. Tiếp theo, chiến lược chất tải dựa trên tường được đề xuất nhằm hợp lý hóa việc sắp xếp không gian và ổn định hàng hóa đã được chất tải. Sau đó, hàm kỳ vọng của ACO được chỉnh sửa để đảm bảo tính nhất quán giữa việc lựa chọn hàng hóa và chiến lược đã nêu.

Ngoài ra, một yếu tố dẫn đường pheromone và một yếu tố dẫn đường kỳ vọng, cả hai đều được điều chỉnh động, đã được thiết lập để tăng cường khả năng tìm kiếm toàn cục của thuật toán đề xuất, gọi là thuật toán ACO dựa trên tường (WBACO). Cuối cùng, ba thí nghiệm đã được thực hiện lần lượt trên dữ liệu cổ điển có tính không đồng nhất yếu, dữ liệu thực tế trong sản xuất với tính không đồng nhất yếu, và dữ liệu cổ điển có tính không đồng nhất mạnh để kiểm chứng hiệu quả của thuật toán này.

1.2 Thuật toán ACO:

1.2.1 Từ những con kiến trong tự nhiên tới thuật toán ACO.

Thuật toán ACO lấy ý tưởng từ việc kiếm thức ăn của đàn kiến ngoài thực tế để giải quyết các bài toán tối ưu tổ hợp. Chúng dựa trên cơ sở một đàn kiến nhân tạo, chúng được tính toán tìm kiếm thức ăn nhờ mùi lạ nhân tạo.

Cấu trúc cơ bản của thuật toán ACO: trong mỗi thuật toán, tất cả kiến đi xây dựng cách

giải quyết bài toán bằng cách xây dựng một đồ thị. Mỗi cạnh của đồ thị miêu tả các bước kiến có thể đi được kết hợp từ hai loại thông tin hướng dẫn kiến di chuyển:

Thông tin kinh nghiệm giới hạn kinh nghiệm ưu tiên di chuyển từ nút r tới s trên cạnh a_{rs} . Nó được biểu diễn bằng ký hiệu η_{rs} . Thông tin này không được thay đổi bởi kiến trong suốt quá trình chạy thuật toán.

Thông tin mùi lạ nhân tạo giới hạn "nghiên cứu sự thèm muốn" của chuyển động của kiến nhân tạo và bắt chước mùi lạ thực tế của đàn kiến tự nhiên. Thông tin này bị thay đổi trong suốt quá trình thuật toán chạy, phụ thuộc vào cách giải quyết được tìm thấy bởi những con kiến. Nó được biểu diễn bằng ký hiệu τ_{rs} .

Giới thiệu các bước ảnh hưởng từ những con kiến thật vào ACO. Có hai vấn đề cần chú ý:

- Chúng trừu tượng hoá vài mô hình thức ăn của kiến ngoài thực tế để tìm ra đường đi tìm kiếm thức ăn ngắn nhất.
- Chúng bao gồm vài đặc điểm không giống với tự nhiên nhưng lại cho phép thuật toán phát triển chứa đựng cách giải quyết tốt tới bài toán bị cản (ví dụ: sử dụng thông tin kinh nghiệm để hướng dẫn chuyển động của kiến).

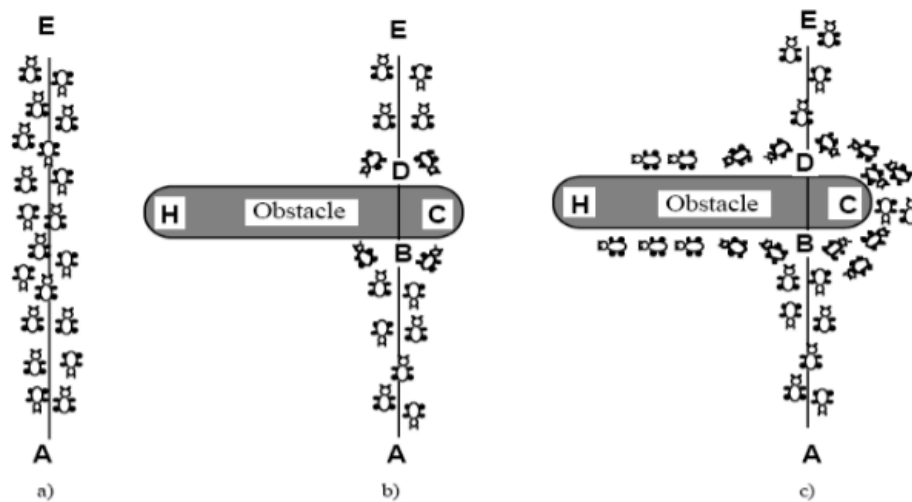
Cách thức hoạt động cơ bản của một thuật toán ACO như sau: m kiến nhân tạo di chuyển, đồng thời và không đồng bộ, qua các trạng thái liên kế của bài toán. Sự di chuyển này theo một tập quy tắc làm cơ sở từ những vùng thông tin có sẵn ở các thành phần (các nút). Vùng thông tin này bao gồm thông tin kinh nghiệm và thông tin mùi lạ để hướng dẫn tìm kiếm. Qua sự di chuyển trên đồ thị kiến xây dựng được cách giải quyết. Những con kiến sẽ giải phóng mùi lạ ở mỗi lần chúng đi qua một cạnh (kết nối) trong khi xây dựng cách giải quyết (cập nhật từng bước mùi lạ trực tuyến). Mỗi lần những con kiến sinh ra cách giải quyết, nó được đánh giá và nó có thể tạo luồng mùi lạ là hoạt động của chất lượng của cách giải quyết của kiến (cập nhật lại mùi lạ trực tuyến). Thông tin này sẽ hướng dẫn tìm kiếm cho những con kiến đi sau.

Hơn thế nữa, cách thức sinh hoạt động của thuật toán ACO bao gồm thêm hai thủ tục, sự bay hơi mùi lạ (pheromone trail evaporation) và hoạt động lạ (daemon actions). Sự bay hơi của mùi lạ được khởi sự từ môi trường và nó được sử dụng như là một kĩ thuật để tránh tìm kiếm bị dừng lại và cho phép kiến khảo sát vùng không gian mới. Daemon actions là những hoạt động tối ưu như một bản sao tự nhiên để thực hiện những nhiệm vụ từ một mục tiêu xa tới vùng của kiến.

1.2.2 Giới thiệu về thuật toán

Các thuật toán kiến là các thuật toán dựa vào sự quan sát các bầy kiến thực. Kiến là loại cá thể sống bầy đàn. Chúng giao tiếp với nhau thông qua mùi mà chúng để lại trên hành trình mà chúng đi qua. Mỗi kiến khi đi qua một đoạn đường sẽ để lại trên đoạn đó một chất mà chúng ta gọi là mùi. Số lượng mùi sẽ tăng lên khi có nhiều kiến cùng đi qua. Các con kiến khác sẽ tìm đường dựa vào mật độ mùi trên đường, mật độ mùi càng lớn thì chúng càng có xu hướng chọn. Dựa vào hành vi tìm kiếm này mà đàn kiến tìm được đường đi ngắn nhất từ tổ đến nguồn thức ăn và sau đó quay trở về của mình.

Sau đây là ví dụ về luồng đi của đàn kiến thực tế.



Hình 1.1: Luồng đi của đàn kiến thực tế

- a) Kiến đi theo đường thẳng giữa A và E
- b) Khi có chướng ngại vật kiến sẽ chọn hướng đi, có hai hướng với khả năng kiến sẽ chọn là như nhau.
- c) Trên đường ngắn hơn thì nhiều mùi (pheromone) hơn.

Thuật toán tối ưu bầy kiến (ACO) nghiên cứu các hệ thống nhân tạo dựa vào hành vi tìm kiếm của bầy kiến thực và được sử dụng để giải quyết các vấn đề về tối ưu rời rạc. Thuật toán bầy kiến siêu tìm kiếm (ACO meta-heuristic) lần đầu tiên được Dorigo, Di Caro và Gambardella đề xuất vào năm 1999.

Metaheuristic là một tập các khái niệm về thuật toán được sử dụng để xác định các phương thức tìm kiếm thích hợp cho một tập các vấn đề khác nhau. Hay nói cách khác, một siêu tìm kiếm (meta-heuristic) có thể coi là một phương thức tìm kiếm đa năng.

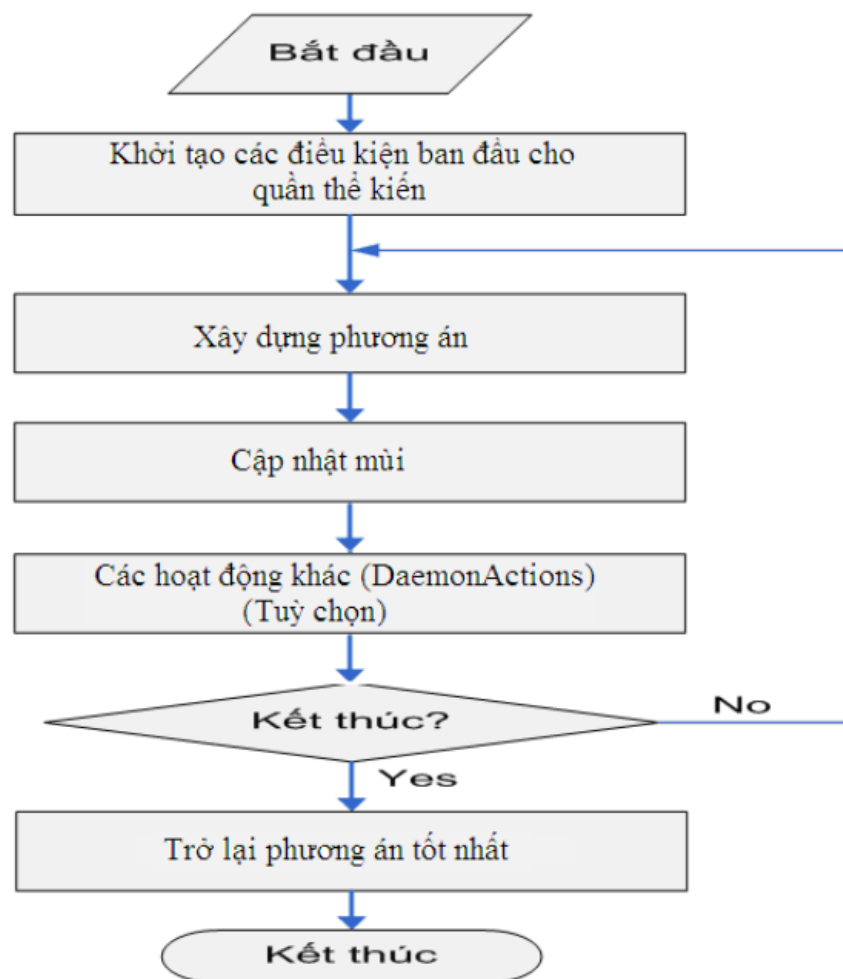
ACO là một meta-heuristic, trong đó một tập các con kiến nhân tạo phối hợp tìm kiếm các giải pháp tốt cho các vấn đề về tối ưu rời rạc. Sự phối hợp là yếu tố cốt lõi của các

thuật toán ACO. Các con kiến nhân tạo liên lạc với nhau thông qua trung gian mà ta thường gọi là mùi.

Các thuật toán ACO được sử dụng để giải quyết các vấn đề về tối ưu tổ hợp tĩnh và động. Các vấn đề tĩnh là các vấn đề mà ở đó các đặc tính của vấn đề là không thay đổi trong suốt quá trình giải quyết vấn đề. Còn các vấn đề động thì ngược lại là một hàm các tham số mà giá trị của nó là động hay thay đổi trong quá trình giải quyết vấn đề, ví dụ bài toán người đưa thư là một vấn đề dynamic problem.

Hệ thống ACO lần đầu tiên được Marco Dorigo giới thiệu trong luận văn của mình vào năm 1992, và được gọi là Hệ thống kiến (Ant System, hay AS). AS là kết quả của việc nghiên cứu trên hướng tiếp cận trí tuệ máy tính nhằm tối ưu tổ hợp mà Dorigo được hướng dẫn ở Politecnico di milano với sự hợp tác của Alberto Colorni và Vittorio Maniezzo. AS ban đầu được áp dụng cho bài toán người du lịch (TSP) và QAP.

1.2.3 Sơ đồ chung thuật toán đàn kiến



Hình 1.2: Sơ đồ chung của thuật toán bầy kiến

1.2.4 Các bước giải quyết bài toán đàn kiến

Từ thuật toán trên ta có thể rút ra các bước giải quyết một bài toán ứng dụng với thuật toán đàn kiến:

Bước 1: Thể hiện bài toán

Bài toán được biểu diễn trong khung của tập các thành phần và sự chuyển đổi hoặc bởi một đồ thị được đánh dấu, tạo nền tảng để kiến xây dựng cách giải quyết.

Bước 2: Định nghĩa mùi lạ τ_{rs}

Mùi lạ τ_{rs} là một xu hướng quyết định quan trọng trong thuật toán. Đây là bước chủ yếu trong việc hình thành thuật toán ACO. Việc định nghĩa mùi lạ không phải là một nhiệm vụ tầm thường, vì nó yêu cầu sự tính toán bên trong bài toán và có liên quan trực tiếp đến đáp án của bài toán.

Bước 3: Định nghĩa thông tin kinh nghiệm η_{rs}

Mỗi quyết định cần được định nghĩa thông tin kinh nghiệm η_{rs} , kết hợp với mỗi thành phần hoặc trạng thái chuyển đổi. Thông tin kinh nghiệm là yếu tố chủ chốt trong việc tìm kiếm lời giải, đặc biệt trong các vùng mà thuật toán gặp khó khăn hoặc không thể ứng dụng.

Bước 4: Tạo vùng tìm kiếm hiệu quả

Nếu có thể, cần tạo ra một vùng tìm kiếm hiệu quả cho bài toán sau đáp án. Nhiều ứng dụng của ACO trên các bài toán tối ưu tổ hợp NP-hard đã chứng minh rằng kết quả tốt nhất đạt được khi thuật toán ACO có vùng tìm kiếm hợp lý và lạc quan.

Bước 5: Lựa chọn thuật toán ACO

Lựa chọn một thuật toán ACO phù hợp và ứng dụng nó vào bài toán cần giải quyết.

Bước 6: Tối ưu hóa tham số của thuật toán

Việc tối ưu hóa tham số là rất quan trọng để đạt hiệu quả cao nhất. Một điểm bắt đầu hợp lý là sử dụng các giá trị tham số mặc định đã được chứng minh hiệu quả trên các bài

toán đơn giản. Ngoài ra, thủ tục động để điều chỉnh tham số cũng có thể được áp dụng nhằm nâng cao hiệu suất của thuật toán.

Các bước trên cung cấp hướng dẫn cụ thể trong việc xây dựng và áp dụng thuật toán ACO để giải quyết các bài toán tối ưu tổ hợp. Việc thực hiện đúng từng bước sẽ đảm bảo thuật toán đạt hiệu quả tối đa trên các bài toán thực tế.

Chương 2

Mô tả bài toán và mô hình hóa:

2.1 Mô tả bài toán

2.1.1 Mô tả

Vấn đề của chúng ta có thể được mô tả như sau: Trung tâm phân phối có một lô hàng hóa rời. Các tham số của từng loại hàng hóa được biết trước. Tất cả hàng hóa cần được vận chuyển đến cùng một điểm đích. Lô hàng này cần được chất lên một xe tải có sức chứa đã biết, sao cho trọng tâm của xe tải sau khi chất hàng nằm trong vùng an toàn, hàng hóa được hỗ trợ ổn định và chịu một lượng tải hợp lý, đồng thời tận dụng tối đa sức chứa của xe tải.

2.1.2 Giả thuyết

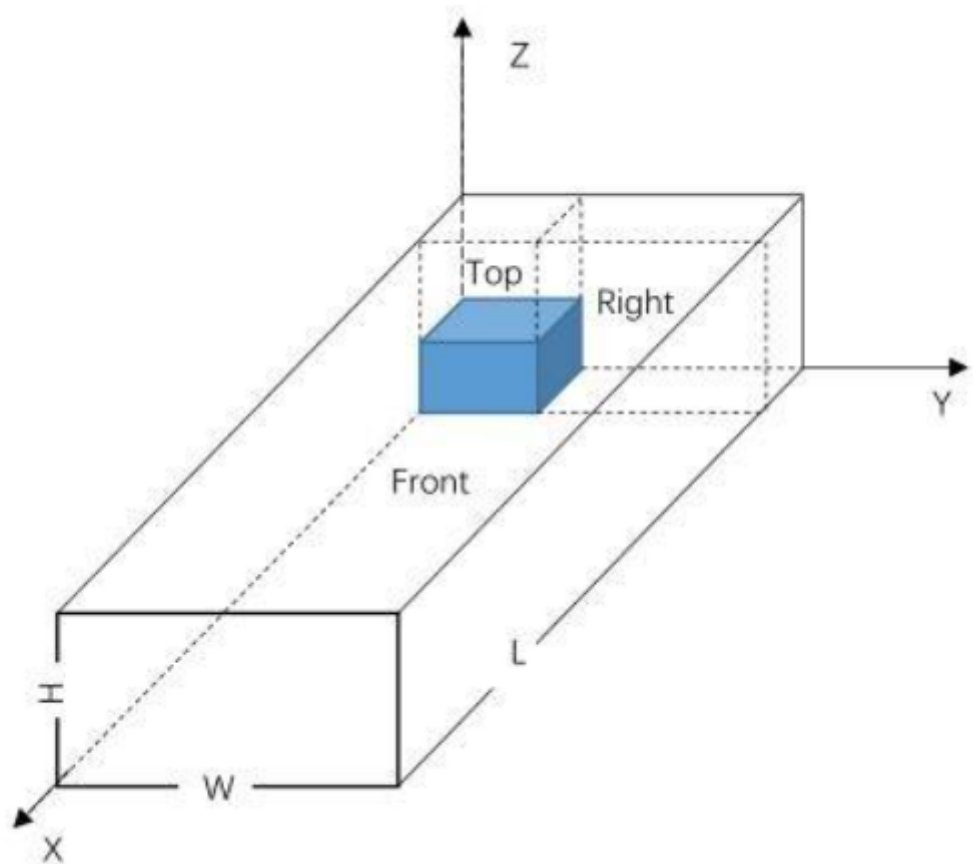
Các giả thuyết sau được đưa ra cho bài toán của chúng ta:

- **Giả thuyết 1:** Không có hàng hóa nào cần được chất lên một xe tải riêng biệt.
- **Giả thuyết 2:** Thân xe tải và các hàng hóa đều có dạng hình chữ nhật và không biến dạng.
- **Giả thuyết 3:** Kích thước tổng thể của một loại hàng hóa không vượt quá kích thước thân xe tải theo bất kỳ hướng nào.
- **Giả thuyết 4:** Trọng tâm của mỗi hàng hóa nằm gần tâm hình học của nó.
- **Giả thuyết 5:** Hàng hóa phải được đặt theo một hướng vuông góc với thân xe tải.
- **Giả thuyết 6:** Tất cả các hàng hóa đều có cùng mức độ ưu tiên.

- **Giả thuyết 7:** Tất cả các hàng hóa có thể chịu được một mức tải nhất định.

2.2 Mô hình hóa bài toán

Để thuận tiện cho việc mô hình hóa, một hệ thống tọa độ đã được thiết lập cho thân xe tải, lấy đỉnh dưới bên trái gần cabin làm gốc tọa độ và hướng cabin là hướng âm của trục X. Mỗi hàng hóa được đặt vào thân xe tải, sao cho cạnh bên phải, cạnh trên và cạnh trước hướng về phía dương của các trục Y, Z và X, tương ứng.



Hình 2.1: Sơ đồ hệ tọa độ của thân xe tải

Các ký hiệu được sử dụng trong nghiên cứu của chúng tôi được giới thiệu như sau:

- M : số lượng kiện;
- N : tổng số kiện hàng;
- n : tổng số loại kiện hàng;
- l_i, w_i, h_i và g_i : lần lượt là chiều dài, chiều rộng, chiều cao và khối lượng của kiện hàng loại i ;

- L, W và H : lần lượt là chiều dài, chiều rộng và chiều cao của thùng xe;
- $[c1x, c2x], [c1y, c2y]$ và $[0, cz]$: các khoảng giới hạn cho phép của trọng tâm thùng xe trên các trục X, Y và Z ;
- (x_i, y_i, z_i) : tọa độ của kiện hàng thứ i trong thùng xe;
- V và G : lần lượt là thể tích tối đa và khả năng chịu tải tối đa của thùng xe;
- N_{C_max} : số lần lặp tối đa;
- U_i : biến quyết định ($U_i = 1$ nếu kiện hàng thứ i được chất lên xe; ngược lại, $U_i = 0$).

2.2.1 Hàm mục tiêu

Việc sử dụng khả năng chuyên chở của xe tải được mô tả là việc sử dụng khối lượng của thân xe tải (Z). Do đó, chức năng khách quan có thể được thiết lập như sau:

$$\max Z = \frac{\sum_{i=1}^N l_i w_i h_i U_i}{V} \quad (1)$$

2.2.2 Các ràng buộc

1. **Ràng buộc thể tích.** Tổng thể tích của tất cả các kiện hàng được xếp lên không được vượt quá thể tích của thùng xe:

$$\sum_{i=1}^N l_i w_i h_i U_i \leq V \quad (2)$$

2. **Ràng buộc khối lượng.** Tổng khối lượng của tất cả các kiện hàng được xếp lên không được vượt quá khả năng chịu tải của xe:

$$\sum_{i=1}^N g_i U_i \leq G \quad (3)$$

3. **Ràng buộc trọng tâm.** Trọng tâm của thùng xe khi chất hàng phải thỏa mãn các

điều kiện sau trong mỗi hướng của ba trục trong hệ tọa độ:

$$\left\{ \begin{array}{l} c1x \leq \frac{\sum_{i=1}^N g_i U_i x_i}{\sum_{i=1}^N g_i U_i} \leq c2x \\ c1y \leq \frac{\sum_{i=1}^N g_i U_i y_i}{\sum_{i=1}^N g_i U_i} \leq c2y \\ 0 \leq \frac{\sum_{i=1}^N g_i U_i z_i}{\sum_{i=1}^N g_i U_i} \leq cz \end{array} \right. \quad (4)$$

Chương 3

Chiến lược Wall-based loading và mã giả:

3.1 Thuật toán đàn kiến (ACO)

```
1  # Khởi tạo
2  Đặt các kiến vào các vị trí ngẫu nhiên
3
4  # Lặp lại cho đến khi đạt số chu kỳ tối đa
5  REPEAT
6      FOR mỗi kiến
7          # Chọn kiến hàng tiếp theo dựa trên xác suất
8          Chọn kiến hàng tiếp theo theo xác suất
9
10         # Kiểm tra các ràng buộc
11         IF các ràng buộc được thỏa mãn THEN
12             # Chốt hàng theo quy tắc
13             Chốt hàng theo quy tắc
14         END IF
15
16         # Kiểm tra nếu hàng chưa đầy
17         IF hàng chưa đầy THEN
18             Tiếp tục chọn kiến hàng
19         END IF
```



```

20     END FOR
21
22     # Kiểm tra nếu đã duyệt hết hàng
23     IF đã duyệt hết hàng THEN
24         # Cập nhật pheromone
25         Cập nhật pheromone
26     END IF
27 UNTIL đạt số chu kỳ tối đa (Nc_max)

```

Xác suất để một kiến chọn kiện hàng tiếp theo được biểu diễn như sau:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in allow_k} [\tau_{is}(t)]^\alpha \times [\eta_{is}(t)]^\beta}, & j \in allow_k \\ 0, & j \notin allow_k \end{cases}$$

Trong đó:

- $allow_k$: Tập hợp các kiện hàng mà kiến k có thể chọn.
- $\eta_{ij}(t)$: Hàm kỳ vọng thể hiện mức độ mong muốn của kiến khi di chuyển từ kiện hàng i đến kiện hàng j .
- $\tau_{ij}(t)$: Mật độ pheromone trên cung ij tại thời điểm t .
- α và β : Lần lượt là hệ số ảnh hưởng của pheromone và hệ số ảnh hưởng của thông tin kỳ vọng.

Quá trình bay hơi hoặc tích lũy pheromone được mô tả bởi các công thức lặp sau:

$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = \rho \times \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}, & 0 < \rho < 1 \\ \Delta\tau_{ij}(t, t+1) = \sum_{k=1}^M \Delta\tau_{ij}^k(t, t+1) \\ \Delta\tau_{ij}^k(t, t+1) = Q_t \times Z(N_c, k) \end{cases}$$

Trong đó:

- ρ : Hệ số pheromone còn lại.

- $\Delta\tau_{ij}(t, t+1)$: Tổng lượng pheromone được phát hành bởi tất cả các kiến đi qua cung ij .
- $\Delta\tau_{ij}^k(t, t+1)$: Lượng pheromone mới được kiến k phát hành trên cung ij .
- Z : Mức độ sử dụng thể tích của thùng xe.
- N_c : Số lần lặp.
- Q_t : Hệ số tăng cường pheromone (giá trị của Q_t được chọn thông qua thực nghiệm).

3.2 Điều chỉnh tham số ACO

3.2.1 Điều chỉnh hàm kỳ vọng

Chiến lược xếp hàng mong đợi các loại hàng hóa tiếp theo được xếp trong tường có thể tích tương tự, trọng lượng nhẹ hơn và mức đáy cao hơn so với các loại hàng hóa hiện tại. Sau khi xây dựng một bức tường mới, mong muốn xếp các kiện hàng lớn, nặng và có mức đáy thấp vào lớp đáy của bức tường. Ngoài ra, ưu tiên cho các kiện hàng tối đa hóa chiều ngắn nhất của không gian mới. Dựa trên những điều trên, hai hàm kỳ vọng đã được thiết lập, bao gồm hàm kỳ vọng giữa các bức tường $\eta_{ij1}(t)$ (để chọn kiện hàng tham chiếu cho bức tường mới) và hàm kỳ vọng trong bức tường $\eta_{ij2}(t)$ (để chọn loại hàng hóa tiếp theo cho bức tường hiện tại):

$$\eta_{ij1}(t) = \frac{v_j \times g_j \times \min_size_j}{dz(j)^2}$$

$$\eta_{ij2}(t) = \frac{g_j \times \min_size_j}{|v_i - v_j| \times dz(j)}$$

Trong đó:

- i là loại hàng hóa hiện tại;
- j là loại hàng hóa tiếp theo;
- v_j và g_j lần lượt là thể tích và trọng lượng của kiện hàng;
- \min_size_j là kích thước nhỏ nhất trong chiều dài, chiều rộng và chiều cao của kiện hàng.

3.2.2 Điều chỉnh hệ số pheromone và hệ số kỳ vọng.

Trong ACO truyền thống, không có giới hạn nào về sự gia tăng pheromone sau mỗi vòng lặp. Tuy nhiên, thuật toán có thể rơi vào bẫy tối ưu cục bộ dưới các phản hồi tích cực quá mạnh. Để giải quyết vấn đề này, hệ số pheromone α và hệ số kỳ vọng β cần được điều chỉnh để thay đổi ảnh hưởng của chúng lên hàm xác suất.

Trong bài báo này, thời điểm điều chỉnh hai hệ số này được tinh chỉnh để làm cho quá trình điều khiển chính xác hơn. Cụ thể, quá trình lặp được chia thành ba giai đoạn, mỗi giai đoạn lại được chia thành ba phần bằng nhau. Sau đó, số lần lặp trong mỗi phần có thể được biểu diễn là $N_{C_max}/9$. Theo cách này, α và β của mỗi phần được tính toán và ghi lại trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 3.1: Giá trị của hệ số pheromone và hệ số kỳ vọng

Giai đoạn	1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
α	1	2	4	6	8	9	4	2	1
β	9	8	6	4	2	1	6	8	9

3.3 Quy trình của WBACO

Bước 1: Khởi tạo thuật toán.

Bước 2: Đặt các con kiến một cách ngẫu nhiên trên các loại hàng hóa khác nhau và tra cứu giá trị α và β từ Bảng 1.

Bước 3: Tính toán hàm xác suất bằng $\eta_{ij1}(t)$, chọn kiện hàng đầu tiên cho bức tường mới, và xếp kiện hàng có cạnh dài nhất dọc theo trục X .

Bước 4: Nếu các ràng buộc cho phép, chọn một kiện hàng cùng loại với kiện hàng hiện tại, và xếp kiện hàng theo cách tương tự. Lặp lại bước này cho đến khi bức tường được lấp đầy với loại hàng này dọc theo trục X hoặc tất cả các kiện hàng loại này đã được xếp.

Bước 5: Nếu không phải tất cả các kiện hàng loại hiện tại đã được xếp, hợp nhất các không gian con. Sau đó, xếp các kiện hàng loại này vào không gian còn lại theo một hướng khác. Tiếp tục quá trình xếp hàng cho đến khi bức tường được lấp đầy với loại hàng này theo hướng mới hoặc tất cả các kiện hàng loại này đã được xếp.

Bước 6: Nếu tất cả các kiện hàng của loại hiện tại đã được xếp hoặc bức tường đã được lấp đầy với loại hàng này theo bất kỳ hướng nào, hợp nhất lại các không gian con. Nếu

không còn kiện hàng nào có thể được xếp vào không gian còn lại mới, chuyển sang Bước 7; Nếu không, tính toán lại hàm xác suất bằng $\eta_{ij2}(t)$, chọn loại hàng hóa tiếp theo sẽ được xếp vào bức tường, và lặp lại các Bước 4-6.

Bước 7: Nếu kích thước còn lại của thân xe dọc theo hướng dương của trục X lớn hơn cạnh ngắn nhất của bất kỳ kiện hàng nào còn lại, lặp lại các Bước 3-7; Nếu không, kết thúc quá trình xếp hàng của con kiến hiện tại, và chuyển sang Bước 8.

Bước 8: Đánh giá kế hoạch xếp hàng của con kiến đối với ràng buộc trọng tâm của trọng lượng và ràng buộc tải hàng. Nếu cả hai ràng buộc đều được thỏa mãn, tính toán hàm mục tiêu và cập nhật thông tin về kế hoạch tối ưu cho vòng lặp hiện tại; Nếu không, đặt giá trị hàm mục tiêu của vòng lặp hiện tại bằng không. Lặp lại các Bước 3-8 cho đến khi tất cả các con kiến hoàn thành nhiệm vụ xếp hàng.

Bước 9: Cập nhật thông tin về kế hoạch tối ưu và cập nhật lượng pheromone. Kiểm tra xem số vòng lặp tối đa đã đạt chưa. Nếu có, kết thúc thuật toán và xuất kế hoạch tối ưu; Nếu không, lặp lại các Bước 2-9.

3.4 Lưu ý

Các tham số được khởi tạo như sau:

$$M = 1.5 \times n, \quad c1x = 0.1 \times L, \quad c2x = 0.75 \times L, \quad c1y = 0.25 \times W,$$

$$c2y = 0.75 \times W, \quad cz = 0.5 \times H, \quad \rho = 0.6, \quad Q_t = 10.$$

Chương 4

Kết quả thực nghiệm:

4.1 aaco

Bước 7: Nếu kích thước còn lại của thân xe dọc theo hướng dương của trục X lớn hơn cạnh ngắn nhất của bất kỳ kiện hàng nào còn lại, lặp lại các Bước 3–7; Nếu không, kết thúc quá trình xếp hàng của con kiến hiện tại, và chuyển sang Bước 8.

Bước 8: Đánh giá kế hoạch xếp hàng của con kiến đối với ràng buộc trọng tâm của trọng lượng và ràng buộc tải hàng. Nếu cả hai ràng buộc đều được thỏa mãn, tính toán hàm mục tiêu và cập nhật thông tin về kế hoạch tối ưu cho vòng lặp hiện tại; Nếu không, đặt giá trị hàm mục tiêu của vòng lặp hiện tại bằng không. Lặp lại các Bước 3–8 cho đến khi tất cả các con kiến hoàn thành nhiệm vụ xếp hàng.

Bước 9: Cập nhật thông tin về kế hoạch tối ưu và cập nhật lượng pheromone. Kiểm tra xem số vòng lặp tối đa đã đạt chưa. Nếu có, kết thúc thuật toán và xuất kế hoạch tối ưu; Nếu không, lặp lại các Bước 2–9.

4.2 Lưu ý

Các tham số được khởi tạo như sau:

$$M = 1.5 \times n, \quad c1x = 0.1 \times L, \quad c2x = 0.75 \times L, \quad c1y = 0.25 \times W,$$

$$c2y = 0.75 \times W, \quad cz = 0.5 \times H, \quad \rho = 0.6, \quad Q_t = 10.$$

aco

ace

```
1  # Khởi tạo
2  Đặt các kiến vào các vị trí ngẫu nhiên
3  # Lặp lại cho đến khi đạt số chu kỳ tối đa
4  REPEAT
5      FOR mỗi kiến
6          # Chọn kiện hàng tiếp theo dựa trên xác suất
7          Chọn kiện hàng tiếp theo theo xác suất
8          # Kiểm tra các ràng buộc
9          IF các ràng buộc được thỏa mãn THEN
10             # Chất hàng theo quy tắc
11             Chất hàng theo quy tắc
12          END IF
13          # Kiểm tra nếu hàng chưa đầy
14          IF hàng chưa đầy THEN
15             Tiếp tục chọn kiện hàng
16          END IF
17      END FOR
18      # Kiểm tra nếu đã duyệt hết hàng
19      IF đã duyệt hết hàng THEN
20          # Cập nhật pheromone
21          Cập nhật pheromone
22      END IF
23  UNTIL đạt số chu kỳ tối đa (Nc_max)
```