

Phát triển thuật toán tìm kiếm cục bộ cho bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và thiết bị bay drone

Sinh viên thực hiện
Nguyễn Tuấn Đạt - 20130856

Giảng viên hướng dẫn
TS. Phạm Quang Dũng

Ngày 10 tháng 1 năm 2018

Nội dung trình bày

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc

- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Bài toán thỏa mãn ràng buộc - Constraint Satisfaction Problem (CSP)

Bài toán thỏa mãn ràng buộc

- ① Một tập các biến X.
- ② Tập giá trị (hữu hạn các giá trị) cho mỗi biến D.
- ③ Một tập hữu hạn các ràng buộc C.

Lời giải của bài toán CSP

Là một phép gán giá trị cho tất cả các biến mà thỏa mãn tất cả ràng buộc C.

Hàm mục tiêu

Yêu cầu tối ưu một hoặc nhiều hàm mục tiêu.

Ví dụ - N con hậu (N-Queen)

Phát biểu

- Xếp n quân hậu trên bàn cờ nxn.
- Hai quân hậu bất kì không ăn được nhau.

Ví dụ - N con hậu (N-Queen)

Mô hình

- Biến $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, x_i - cột của con hậu hàng thứ i .
- Tập giá trị $D(x_i) = \{1, \dots, n\}$, $\forall i = 1, 2, \dots, n$
- Ràng buộc :
 - $x_i \neq x_j$, $\forall i \neq j$, $i, j \in \{1, \dots, n\}$
 - $x_i - x_j \neq i - j$, $\forall i \neq j$, $i, j \in \{1, \dots, n\}$
 - $x_j - x_i \neq i - j$, $\forall i \neq j$, $i, j \in \{1, \dots, n\}$

Ví dụ

	1	2	3	4
1		x		
2				x
3	x			
4			x	

$$x_1 = 2, x_2 = 4, x_3 = 1, x_4 = 3$$

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

Thuật toán giải đúng

- Quy hoạch động (Dynamic Programming).
- Quy hoạch ràng buộc (Constraint Programming).
- Quy hoạch nguyên tuyến tính (Linear Integer Programming).

Thuật toán giải gần đúng

- Thuật toán tham lam (Greedy Algorithms).
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ (Local Search Algorithms).
- Thuật toán di truyền (Genetic Algorithms).

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Mở đầu

Bảng: Bảng thể hiện ưu điểm, nhược điểm của drone và xe tải

	Drone	Xe tải
Ưu điểm	<p>Drone là một phương tiện bay.</p> <p>Drone tốn ít chi phí hơn xe tải.</p> <p>Drone bay giao hàng nhanh hơn xe tải.</p> <p>Drone không cần người lái.</p>	<p>Có nhiều năng lượng.</p> <p>Có thể vận chuyển nhiều hàng hóa.</p>
Nhược điểm	<p>Giới hạn năng lượng.</p> <p>Giới hạn khôi lượng.</p>	<p>Phải đi theo mạng lưới đường bộ.</p> <p>Phải có người lái.</p>

Bài toán min-cost TSPD [Hael et al. 2017]

Xe tải và drone cùng giao hàng trên một lộ trình.



Bài toán min-cost TSPD

Mô tả

- Xuất phát và kết thúc chuỗi giao hàng tại kho.
- Drone cất cánh và hạ cánh từ xe tải.
- Điểm cất cánh và hạ cánh phải là điểm kho hoặc điểm khách hàng.
- Chi phí
 - Drone - C_2 / đơn vị độ dài
 - Xe tải - C_1 / đơn vị độ dài.

Bài toán min-cost TSPD

Các ràng buộc

- Drone chỉ giao một khách hàng một lượt.
- Mỗi khách hàng chỉ được giao bởi drone hoặc xe tải và chỉ duy nhất một drone hoặc xe tải.
- Một drone tại một thời điểm.
- Drone không được giao hàng quá xa (ε).
- Thời gian chờ nhau không được vượt quá Δ .

Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu là tối thiểu tổng chi phí của lộ trình giao hàng.

Một vài định nghĩa

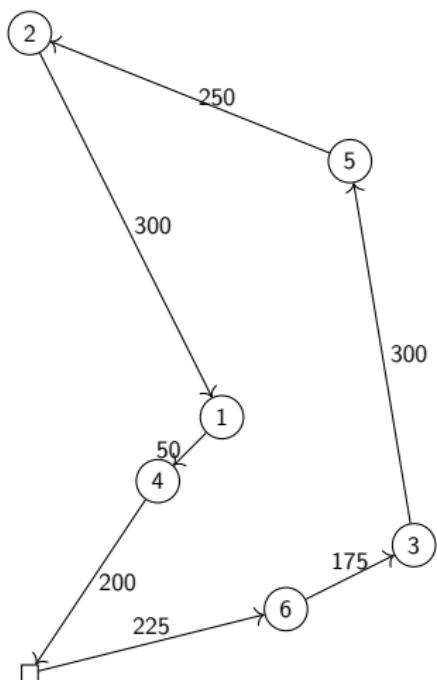
Một chuyến giao hàng bởi drone - Drone Delivery (DD)

$\langle \text{launch_node}, \text{drone_node}, \text{rendezvous_node} \rangle$

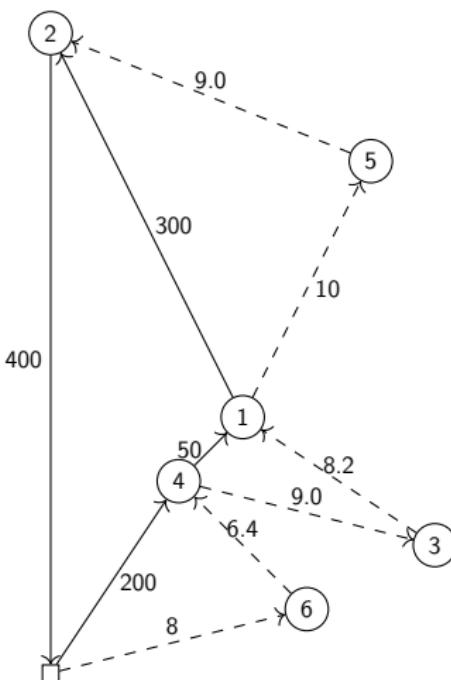
- launch_node - điểm bay của drone.
- drone_node - điểm giao hàng.
- rendezvous_node - điểm hạ cánh, điểm đón.

Chuyến giao hàng bởi xe tải - Truck Delivery (TD)

Một chuỗi lộ trình qua các điểm với hai điểm đầu cuối là điểm kho.



(a) Một hành trình người du lịch



(b) Một hành trình TSPD

Hình: Lộ trình bài toán TSP và lộ trình bài toán TSPD tương ứng

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- **Thuật toán GRASP**
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Thuật toán GRASP

Ý tưởng

Thuật toán bao gồm 2 bước:

- Thuật toán phân tách.
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ.

Thuật toán phân tách

Thuật toán phân tách

- ① Xây dựng auxiliary graph;
- ② Sinh lời giải.

Auxiliary graph

Ý nghĩa

Mỗi cạnh $\langle i j \rangle$ của đồ thị thể hiện lộ trình con từ $i \rightarrow j$ trong lộ trình TSP ban đầu.

Chi phí

- Nếu i, j liên tiếp nhau

$$c_{ij} = C_1 d_{ij}$$

- Nếu i, k không liên tiếp mà $\langle i, j, k \rangle \in P$

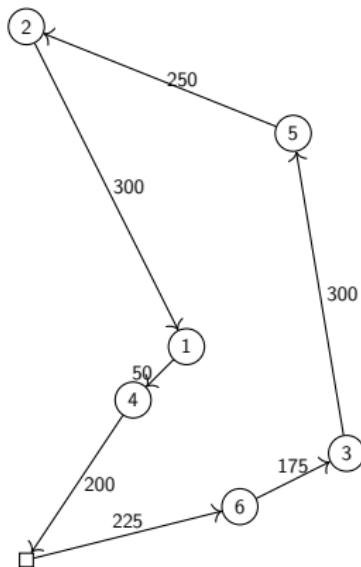
$$\begin{aligned} c_{ik} = & \min_{\langle i, j, k \rangle \in P} \text{cost}(\text{sub}(i, k, s)) \\ & + C_1(d_{\text{prev}_s j, \text{next}_s j} - d_{\text{prev}_s j, j} - d_{j, \text{next}_s j}) + \text{cost}(i, j, k) \end{aligned}$$

- Ngược lại

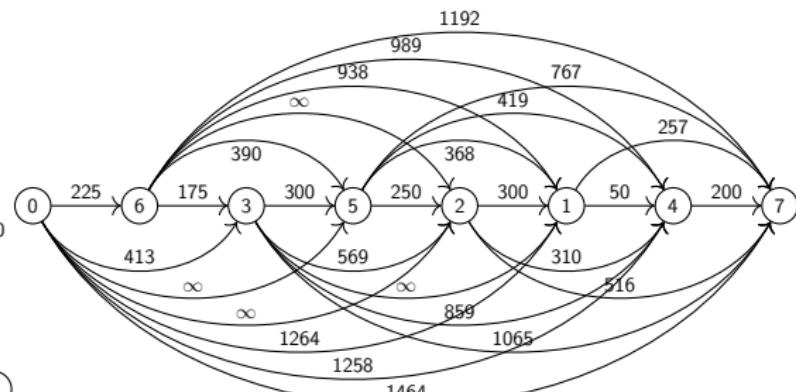
$$c_{ik} = +\infty$$



Ví dụ



(a) Một hành trình người du lịch



(b) Auxiliary graph cho lô trình TSP được trình bày trong hình (a)

Hình: Một ví dụ về lô trình và auxiliary graph tương ứng

Xây dựng lời giải

Xây dựng lời giải

Auxiliary graph được sử dụng để tính v_k là đường đi ngắn nhất từ kho đến đỉnh k .

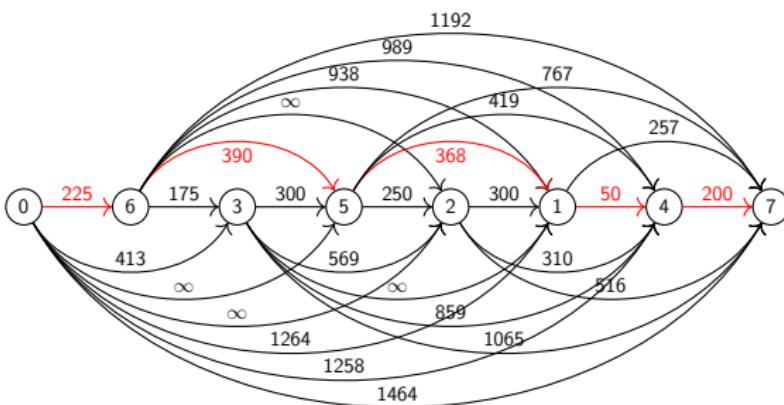
Cụ thể, đặt $v_0 = 0$ giá trị v_k của mỗi đỉnh được tính bằng:

$$v_k = \min\{v_i + c_{ik} : (i, k) \in A'\} \quad \forall k = 1, 2, \dots, n+1$$

Ví dụ

Bảng: Bảng quy hoạch động

Đỉnh	Min cost	Đỉnh kè trước
0	0	-1
6	225	0
3	400	6
5	615	6
2	865	5
1	983	5
4	1033	1
7	1233	4



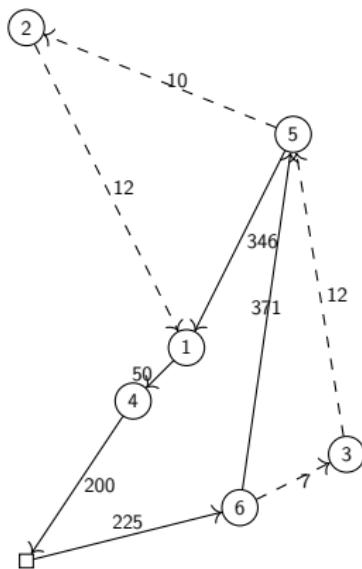
Hình: Auxiliary graph cho lô trình TSP được trình bày trong hình 1

Xây dựng lời giải

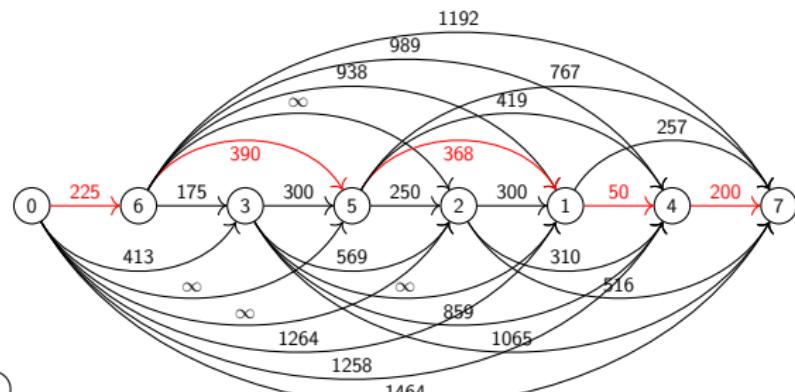
Xây dựng lời giải

- Tạo các DD còn thiếu.
- Hình thành TD.

Ví dụ



(a) Một hành trình
TSPD



(b) Auxiliary graph cho lô trình TSP được trình bày trong hình 1

Hình: Một ví dụ về lô trình và auxiliary graph tương ứng

Tìm kiếm cục bộ

Mục đích

Nhằm cải thiện lời giải được đưa ra bởi thuật toán phân tách.

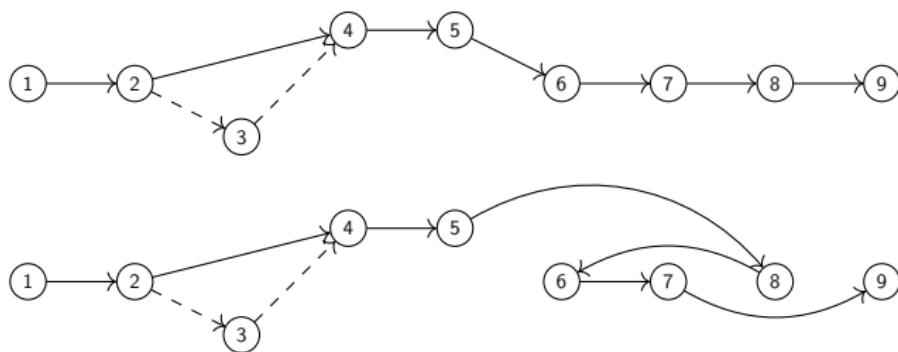
Toán tử *relocation_truck*

Phạm vi

Các điểm không thuộc bất kì DD nào.

Thực hiện

Di chuyển các nút trong TD.



Hình: Toán tử *truck_relocation*

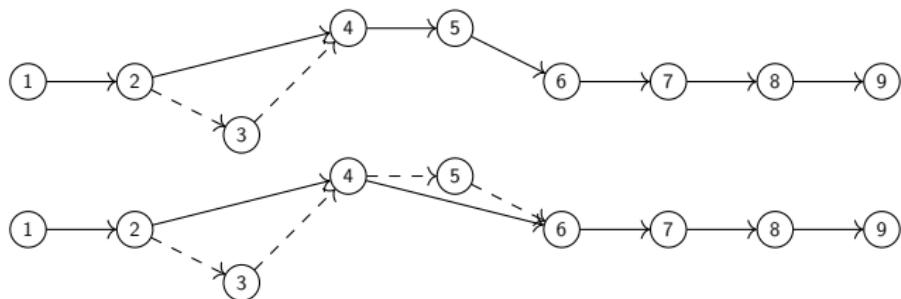
Toán tử *drone_relocation*

Phạm vi

Các điểm giao hàng bởi drone, các điểm không thuộc bất kì DD nào.

Thực hiện

Di chuyển điểm giao hàng bởi drone qua điểm bay và điểm đón khác, chuyển điểm giao hàng bởi xe tải thành drone.



Hình: Toán tử *drone_relocation*

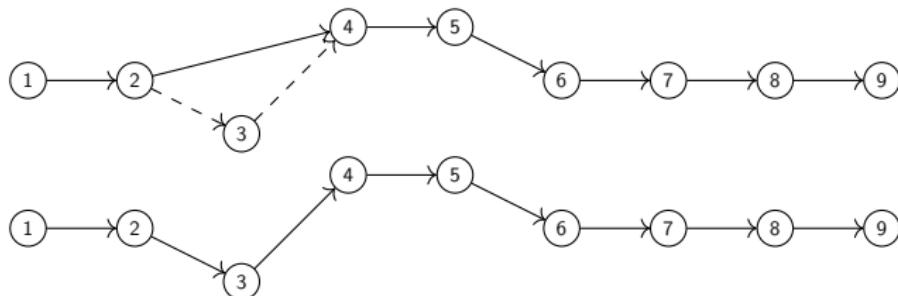
Toán tử *drone_removal*

Phạm vi

Các điểm giao hàng bởi drone.

Thực hiện

Xóa bỏ DD chuyển thành giao hàng bằng xe tải.



Hình: Toán tử *drone_removal*

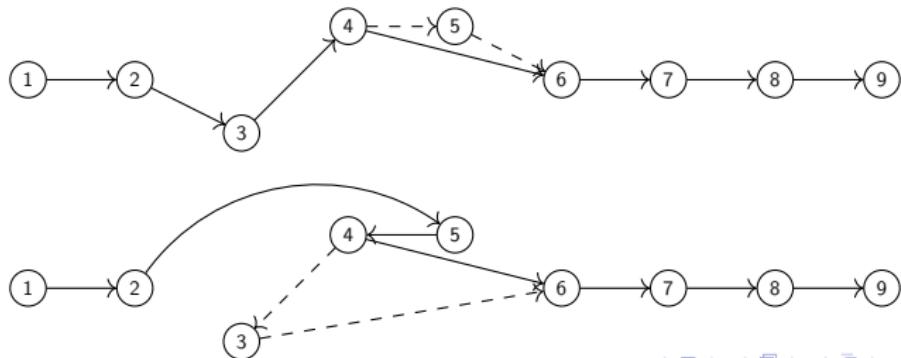
Toán tử *two_exchange*

Phạm vi

- Hai điểm giao hàng bởi drone.
- Hai điểm giao hàng bởi xe tải.
- Một điểm giao hàng bởi xe tải và drone.

Thực hiện

Đổi vị trí hai điểm.



1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- **Thuật toán TSP-LS**

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Thuật toán TSP-LS

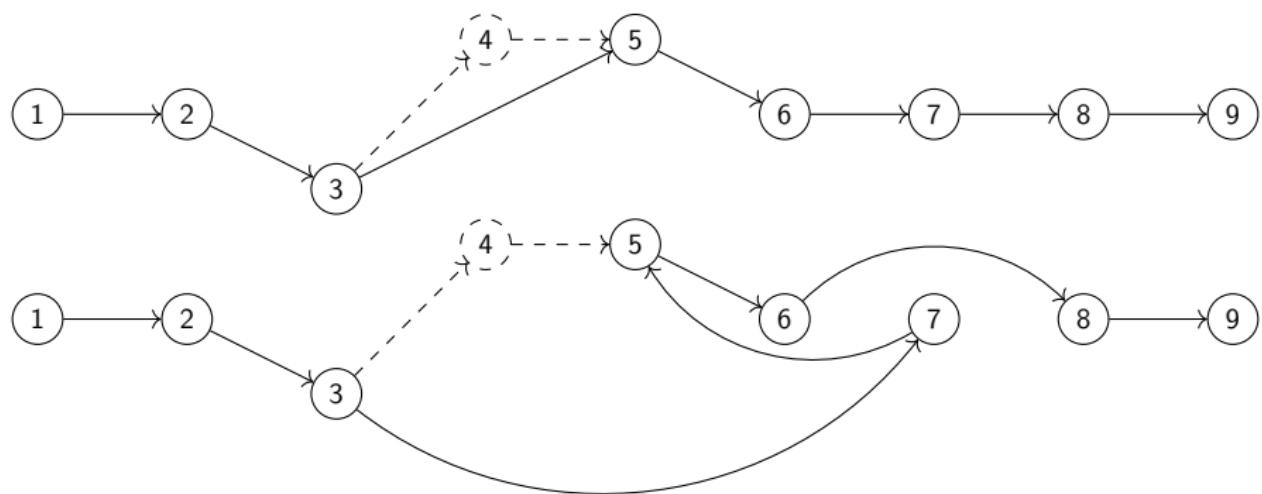
Ý tưởng

Lặp đi lặp lại hai thao tác :

- relocateAsTruck - cập nhật lại vị trí của các điểm trong TD.
- relocateAsDrone - chuyển một điểm giao hàng bằng xe tải thành drone.

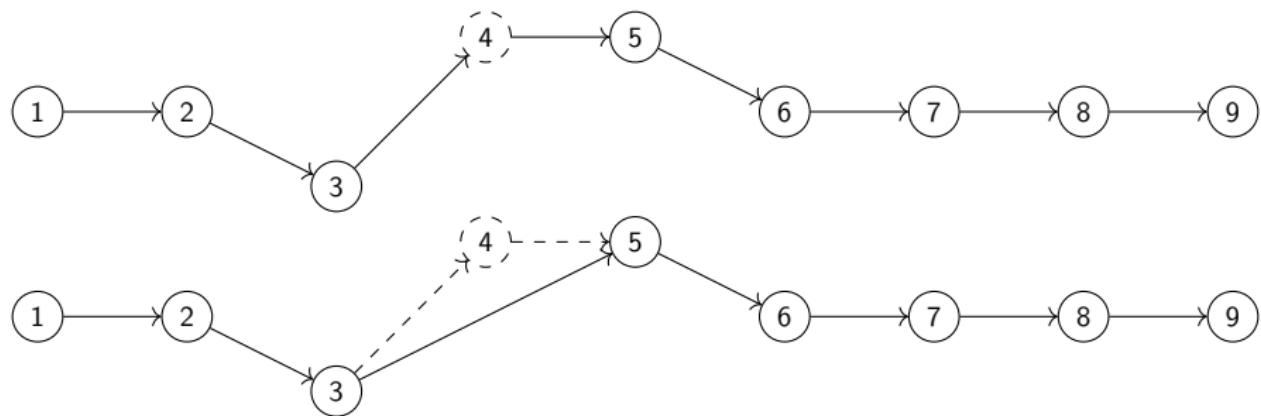
đến khi chi phí không giảm được nữa.

Mô phỏng hai thao tác



Hình: Mô phỏng thao tác relocateAsTruck

Mô phỏng hai thao tác



Hình: Mô phỏng thao tác relocateAsDrone

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

Nhận xét

Dựa vào các ưu nhược điểm của xe tải và drone được đưa ra vào phần trước.

- Sử dụng thêm drone có thể giảm chi phí nhiều hơn một drone.
- Xe tải với năng lực của nó có thể mang nhiều hơn 1 drone.

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Bài toán min-cost TSPkD

Mô tả

- Xuất phát và kết thúc chuỗi giao hàng tại kho.
- Drone cất cánh và hạ cánh từ xe tải.
- Điểm cất cánh và hạ cánh phải là điểm kho hoặc điểm khách hàng.
- Chi phí
 - Drone - C_2 / đơn vị độ dài
 - Xe tải - C_1 / đơn vị độ dài.
- Xe tải cần đợi tất cả drone quay về trước khi bắt đầu thực hiện chuyến giao hàng mới hoặc thả drone thực hiện chuyến giao hàng mới.
- Các drone xuất phát ở cùng một điểm thì coi như xuất phát cùng lúc

Bài toán min-cost TSPkD

Các ràng buộc

- Drone chỉ giao một khách hàng một lượt.
- Mỗi khách hàng chỉ được giao bởi drone hoặc xe tải và chỉ duy nhất một drone hoặc xe tải.
- K drone tại một thời điểm.
- Drone không được giao hàng quá xa (ε).
- Thời gian chờ nhau không được vượt quá Δ .

Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu là tối thiểu tổng chi phí của lộ trình giao hàng.

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

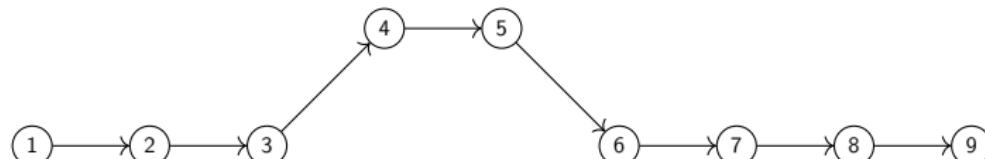
- Giới thiệu bài toán
- **Toán tử**
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

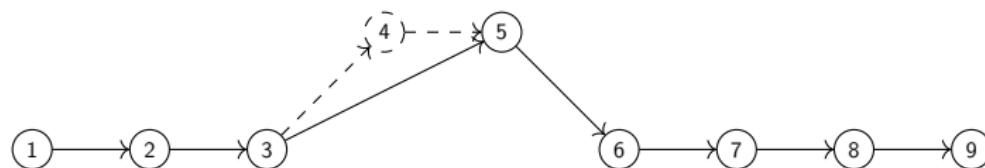
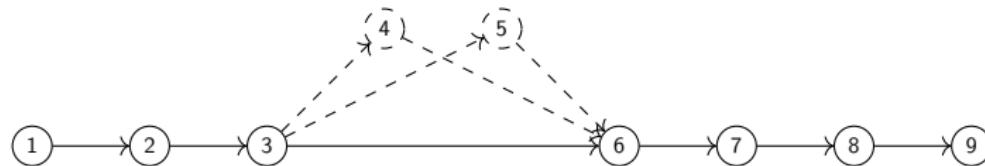
- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Ví dụ



(a) Lộ trình TSP ban đầu

(b) Lời giải ứng với toán tử $relocation_D$ 

(c) Lời giải đúng cho bài toán min cost TSPkD

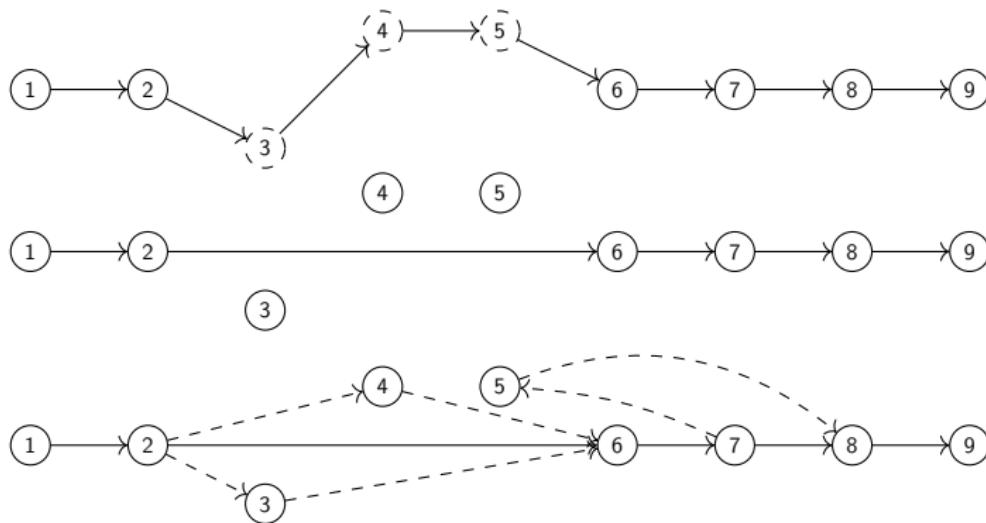
Hình: Ví dụ cho thao tác $relocate_D$ sang bài toán min-cost TSPkD

Toán tử move-t-point

Thực hiện

- Bước 1: Chọn t điểm giao hàng liên tiếp trong lộ trình $\langle v_1, v_2, \dots, v_t \rangle$
- Bước 2: Xóa bỏ t điểm giao hàng vừa chọn ra khỏi lộ trình.
- Bước 3: Với mỗi v_i ta thực hiện các bước:
 - ① Tìm hai điểm v_{il} v_{ir} trong lộ trình sao cho lượng chi phí giảm được nhiều nhất.
 - ② Tạo DD mới với v_{il} v_i v_{ir}

Mô phỏng thao tác move-t-point



Hình: Mô phỏng thao tác move-3-point

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- **Thuật toán tìm kiếm cục bộ**

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Ý tưởng

Ý tưởng

Với một lần lặp các thao tác move

- $relocate_T$
- $relocate_D$
- $remove_D$
- $two_exchange$
- $move_t_point$

được đưa ra tính toán chi phí. Toán tử move cho chi phí giảm nhiều nhất được chọn. Thuật toán dừng lại khi không còn toán tử move nào cho chi phí giảm.

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Dữ liệu

Bảng: Bảng thể hiện thông số bộ dữ liệu 1,2

	Bộ dữ liệu 1	Bộ dữ liệu 2
Dữ liệu	<p>Bao gồm 35 tập dữ liệu với số điểm là 10 và 50.</p> <p>Chú ý: Bộ dữ liệu có định nghĩa sẵn tập điểm giao hàng mà được phép giao hàng bởi drone.</p>	<p>Bao gồm 10 tập dữ liệu với số điểm lần lượt 10, 20, 30, 40, 50, tương ứng một số điểm có 2 tập dữ liệu.</p>
Khoảng cách	<p>Drone : Euclidean Xe tải : Manhattan</p>	<p>Drone : Euclidean Xe tải : GoogleMap</p>

Các tham số chung

- TruckSpeed: 40 km/h
- DroneSpeed: 40 km/h
- TruckCost: 25/1km
- DroneCost: 1/1km
- Δ : 15 phút
- ε : 15 km

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Môi trường thực nghiệm

Thuật toán được cài đặt bằng ngôn ngữ lập trình Java, chạy trên máy sử dụng hệ điều hành Window, cấu hình máy :

- CPU: Intel Core i5-2520M CPU @ 2,25 GHz.
- Memory: 8Gb.

Trong thực nghiệm chúng tôi chọn bộ tham số như sau :

- Với thư viện CBLSVR:
 - MaxStable 50
 - MaxIter 300
 - TimeLimit 10
- Với TSPkD :
 - maxRangeMove 7

Bộ dữ liệu 1

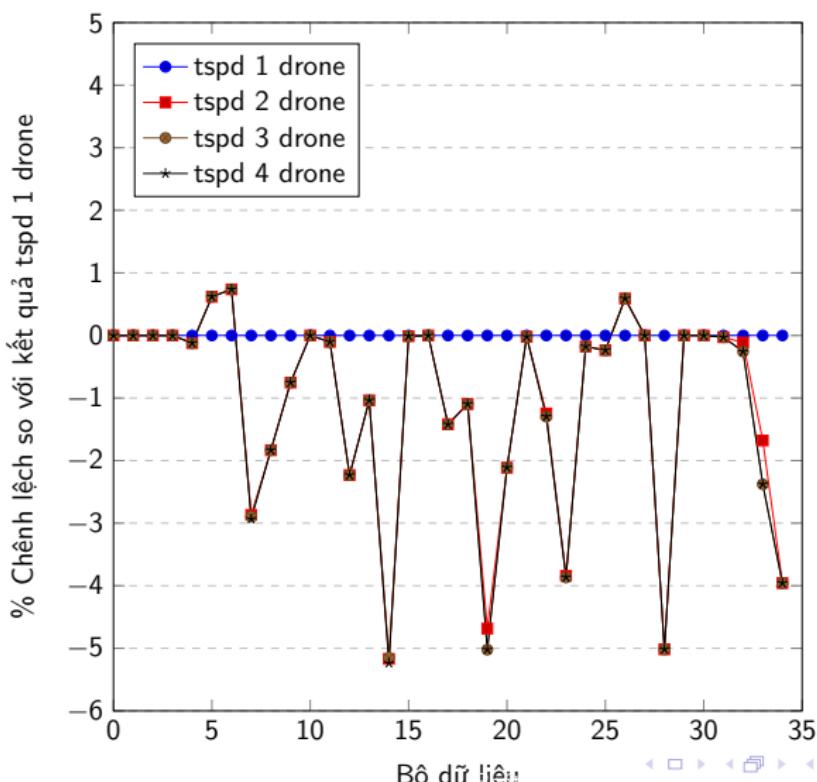
Bảng: Bảng kết quả bộ dữ liệu 1 ứng với 1, 2, 3, 4 drones

STT	Tập dữ liệu	tspd-1-drone		tspd-2-drone		tspd-3-drone		tspd-4-drone	
		Chi phí	Thời gian (ms)						
0	<i>mbA101</i>	990.53	1.00	990.53	0.00	990.53	1.00	990.53	0.00
1	<i>mbA102</i>	953.64	3.00	953.64	0.00	953.64	1.00	953.64	0.00
2	<i>mbA103</i>	985.68	1.00	985.68	0.00	985.68	1.00	985.68	0.00
3	<i>mbA104</i>	911.87	1.00	911.87	1.00	911.87	0.00	911.87	1.00
4	<i>mbA105</i>	911.67	2.00	910.55	0.00	910.55	1.00	910.55	0.00
5	<i>mbB101</i>	2086.51	228515.00	2099.51	488.00	2099.51	286.00	2099.51	382.00
6	<i>mbB102</i>	1943.58	641944.00	1958.00	264.00	1958.00	308.00	1958.00	276.00
7	<i>mbB103</i>	1925.97	471074.00	1872.30	350.00	1871.79	465.00	1871.10	480.00
8	<i>mbB104</i>	2160.91	160644.00	2122.00	57.00	2122.00	68.00	2122.00	81.00
9	<i>mbB105</i>	1983.99	378731.00	1969.16	148.00	1969.16	123.00	1969.16	126.00
10	<i>mbB106</i>	2081.65	322429.00	2081.65	83.00	2081.65	80.00	2081.65	90.00
11	<i>mbB107</i>	2066.85	253436.00	2064.72	248.00	2064.72	298.00	2064.72	293.00
12	<i>mbB108</i>	2013.60	475925.00	1969.65	220.00	1969.65	242.00	1969.65	243.00
13	<i>mbB109</i>	1967.11	1026864.00	1946.92	298.00	1946.92	293.00	1946.92	295.00
14	<i>mbB110</i>	2047.90	177981.00	1947.27	367.00	1947.57	350.00	1945.99	375.00
15	<i>mbC101</i>	3964.19	8536.00	3963.72	61.00	3963.72	82.00	3963.72	83.00
16	<i>mbC102</i>	3732.77	6601.00	3732.77	160.00	3732.77	182.00	3732.77	166.00
17	<i>mbC103</i>	3713.82	15427.00	3661.81	417.00	3661.81	490.00	3661.81	450.00
18	<i>mbC104</i>	4103.35	11749.00	4058.82	184.00	4058.82	233.00	4058.82	224.00

(. . . còn 16 hàng nữa)

Bộ dữ liệu 1

Biểu đồ thể hiện kết quả của k drone so với một drone (Bộ dữ liệu 1)



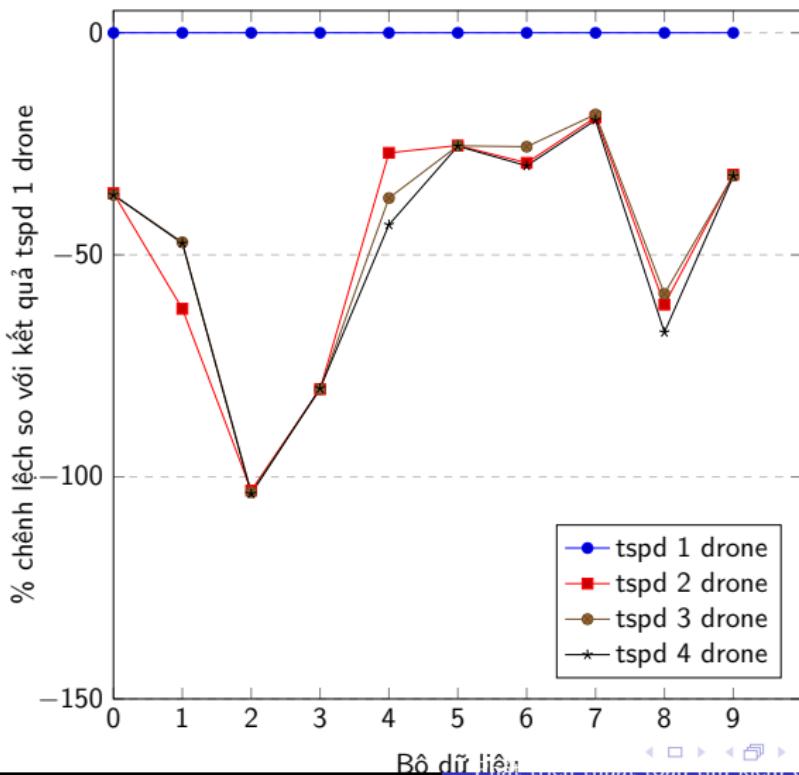
Bộ dữ liệu 2

Bảng: Bảng kết quả bộ dữ liệu 2 ứng với 1, 2, 3, 4 drones

STT	Tập dữ liệu	tspd-1-drone		tspd-2-drone		tspd-3-drone		tspd-4-drone	
		Chi phí	Thời gian (ms)						
0	<i>data10</i> ₁	471	3	346	5	345	3	345	2
1	<i>data10</i> ₂	908	3	560	5	617	6	616	5
2	<i>data20</i> ₁	1123	721	553	44	552	35	551	80
3	<i>data20</i> ₂	1716	336	952	48	952	61	953	63
4	<i>data30</i> ₁	1438	18864	1132	312	1048	304	1004	350
5	<i>data30</i> ₂	2149	15166	1714	292	1713	322	1712	374
6	<i>data40</i> ₁	1254	245945	970	1487	998	3269	965	3049
7	<i>data40</i> ₂	1339	334655	1125	979	1131	1271	1119	1402
8	<i>data50</i> ₁	2418	874590	1500	3454	1523	5536	1444	4055
9	<i>data50</i> ₂	3779	294517	2864	6131	2859	4897	2857	5954

Bộ dữ liệu 2

Biểu đồ thể hiện kết quả của k drone so với một drone (Bộ dữ liệu 2)

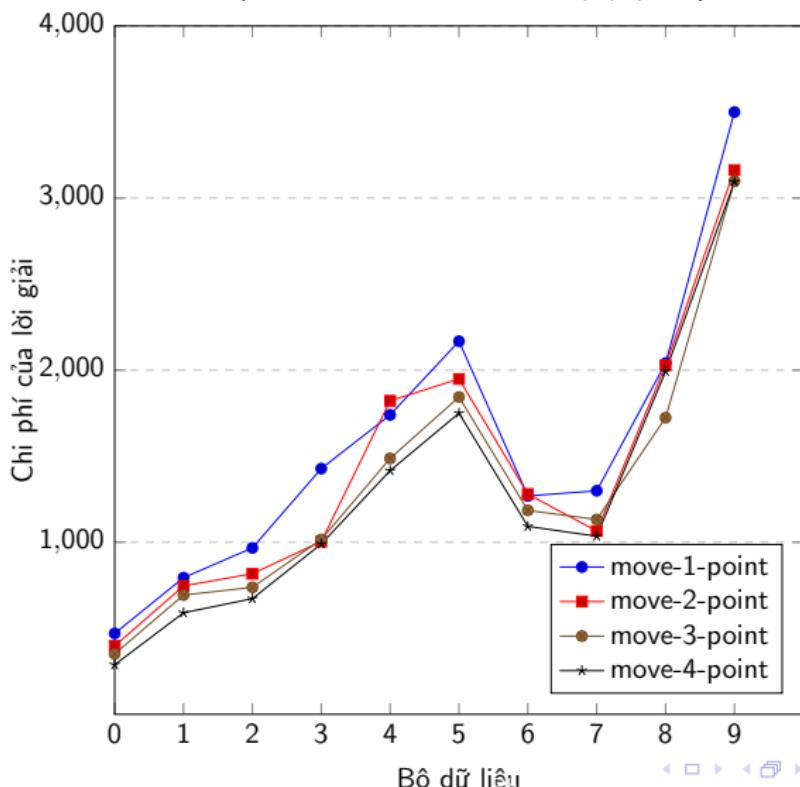


So sánh kết quả move-1-point với move- t -point

Bảng: Bảng kết quả bộ dữ liệu 2 ứng *move 1, 2, 3, 4 point* cho bài toán min-cost TSPkD 2 drones

STT	Tập dữ liệu	move-1-point		move-2-point		move-3-point		move-4-point	
		Chi phí	Thời gian (ms)						
0	<i>data10₁</i>	470	1	397	1	351	3	288	1
1	<i>data10₂</i>	794	1	746	2	693	4	590	2
2	<i>data20₂</i>	1428	17	1004	19	1016	114	990	39
3	<i>data20₁</i>	967	19	817	17	738	37	672	38
4	<i>data30₁</i>	1740	100	1822	153	1487	376	1416	209
5	<i>data30₂</i>	2168	96	1949	146	1844	343	1750	235
6	<i>data40₁</i>	1269	294	1280	443	1185	1073	1092	985
7	<i>data40₂</i>	1299	482	1065	506	1132	1263	1035	959
8	<i>data50₁</i>	2041	1407	2029	2005	1724	4635	1993	2330
9	<i>data50₂</i>	3500	1334	3163	1966	3099	3868	3094	2394

So sánh kết quả move-1-point với move- t -point

Biểu đồ thể hiện kết quả thuật toán với $move - 1, 2, 3, 4 - point$ - Bộ dữ liệu 2

1 Cở sở lý thuyết

- Bài toán thỏa mãn ràng buộc
- Các hướng tiếp cận giải bài toán thỏa mãn ràng buộc

2 Bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp một xe tải với một thiết bị bay drone

- Mô tả bài toán
- Thuật toán GRASP
- Thuật toán TSP-LS

3 Đề xuất thuật toán tìm kiếm cục bộ giải bài toán lập lộ trình giao hàng kết hợp xe tải và nhiều thiết bị bay drone

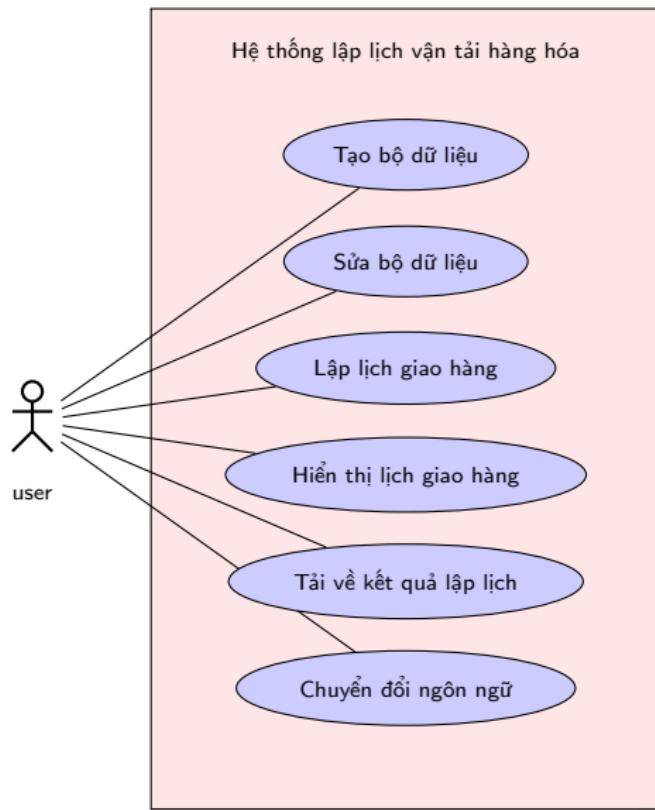
- Giới thiệu bài toán
- Toán tử
- Thuật toán tìm kiếm cục bộ

4 Thực nghiệm và đánh giá

- Dữ liệu
- Kết quả thử nghiệm

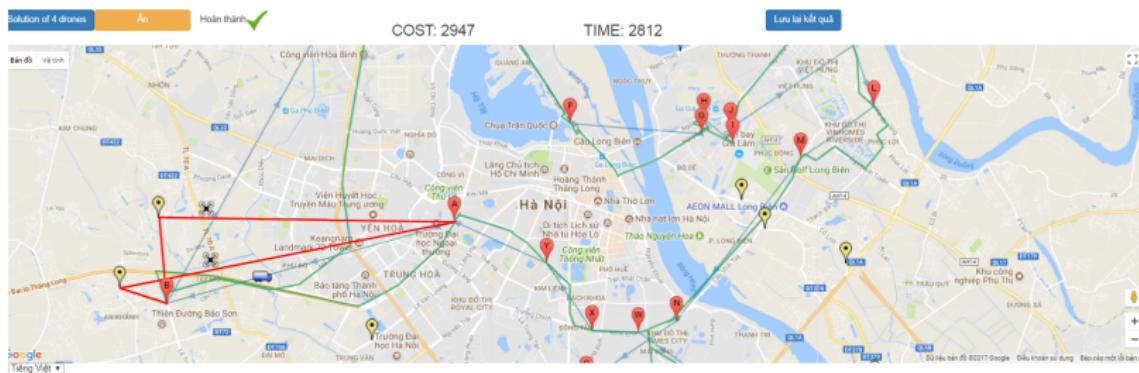
5 Thiết kế và xây dựng chương trình ứng dụng

Sơ đồ use-case



Các màn hình

Kết quả bài toán người du lịch sử dụng nhiều drone



Hình: Màn hình kết quả với bốn drone

Video Demo

(Loading sample.avi)

Thank you for attention!

