VIETNAM
MATH MODELING
Competition

Kỳ thi Mô hình hóa Toán học Việt Nam 2023

VIETNAM MATH MODELING COMPETITION 2023

VÒNG 1

FIRST ROUND

15/06/2023

PROBLEM A

BAN TỔ CHỨC - ORGANIZER

VIASM
VIETNAM INSTITUTE FOR
ADVANCED STUDY IN MATHEMATICS

IEG foundation
Broaden Education Impacts

Tối ưu hóa vận hành máy bay phun thuốc trừ sâu

1. Giới thiệu

Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ chế tạo drone, việc sử dụng drone trong nông nghiệp ngày càng trở nên phổ biến, đặc biệt trong việc phun thuốc trừ sâu. Thời gian để phun 1 hecta lúa chỉ mất từ 7 đến 10 phút, với chi phí dịch vụ chỉ từ 160 đến 180 nghìn đồng. Trong khi đó, nếu tiến hành thủ công sẽ mất nhiều buổi với chi phí gấp 5 đến 10 lần. Máy bay phun thuốc bên cạnh hiệu quả với chi phí dịch vụ thấp, thời gian hoàn thành công việc nhanh còn tiết kiệm 40-50% thuốc trừ sâu, không giẫm lúa, phun đều, phòng trừ sâu bệnh hiệu quả và ít ảnh hưởng sức khoẻ người phun. Đồng thời, nông dân dịch chuyển từ việc phun thủ công ít lần một vụ, mỗi lần lượng thuốc sử dụng lớn sang phun nhiều lượt với lượng thuốc nhỏ rải đều trong mùa vụ, qua đó, nâng cao hiệu quả sử dụng thuốc trừ sâu trong phòng chống sâu bệnh và giảm lượng thuốc thừa ngấm vào lòng đất. Không chỉ hỗ trợ nông dân trong việc phun thuốc, drone còn có thể sử dụng cho việc rải phân bón và gieo xạ. Việc áp dụng drone vào sản xuất nâng cao hiệu suất lao động, giảm chi phí, bảo vệ sức khỏe nông dân và giảm ảnh hưởng đến môi trường.

2. Yêu cầu

Bạn hãy phát triển thuật toán để tối ưu hóa vận hành của drone nhằm đạt được mục đích hoàn thành công việc trong thời gian ngắn nhất và giảm thiểu tiêu hao năng lượng pin nhiều nhất.

3. Một số lưu ý

Khi xây dựng mô hình và thuật toán các nhóm cần lưu ý các điểm sau:

1. Bình chứa thuốc trừ sâu có dung tích có hạn. Khi hết thuốc, cần quay trở về điểm tập kết để tiếp thêm thuốc.
2. Tiêu hao pin tỉ lệ thuận với trọng lượng của drone, tức là khi bình chứa thuốc đầy thì drone sẽ tiêu hao pin nhiều hơn so với khi bình chứa vơi. Khi drone hết pin, nó cũng cần quay lại điểm tập kết để thay pin dự phòng.
3. Thuật toán đề xuất áp dụng cho một loại drone có trên thị trường mà bạn lựa chọn và có thể áp dụng cho một mảnh ruộng có hình dạng và diện tích bất kì.
4. Trong vận hành 1 drone thường đi kèm với 3 cục pin. Khi drone bay thì người điều khiển có thể tiếp tục nạp các cục pin còn lại. Do đó có thể đảm bảo việc điều khiển drone liên tục, không mất thêm thời gian đợi nạp pin. Thông thường, pin hay được nạp sử dụng các máy phát điện chạy xăng hoặc dầu. Vì vậy, để giảm chi phí, người ta mong muốn lượng tiêu hao pin là nhỏ nhất có thể.
5. Địa điểm tập kết để nạp thuốc trừ sâu cũng như thay pin là cố định. Vì vậy drone luôn phải trở về địa điểm này để thay pin hay thêm thuốc. Địa điểm này sẽ được cho trước như là một yếu tố đầu vào cùng với mảnh ruộng.

4. Dữ liệu đầu vào

Các nhóm cần thực thi thuật toán của mình trên các dữ liệu các mảnh ruộng tại đường dẫn này.

5. Gợi ý

Để xử lý bài toán trên các nhóm có thể sẽ cần phải thực hiện một số bước sau:

5.1. Mô hình hóa hoạt động của drone

Để có thể tiến hành tối ưu hóa vận hành, trước tiên ta cần phải mô hình hóa được hoạt động của drone.

a. Xây dựng hàm tiêu hao pin của drone

Tiêu hao pin phụ thuộc vào trọng lượng của drone. Drone càng nhẹ bay được càng lâu và ngược lại, drone càng nặng thì thời gian bay được càng ngắn. Trong suốt thời gian vận hành, trọng lượng của drone giảm liên tục do lượng thuốc trừ sâu được phun ra. Để có thể tối ưu hóa vận hành của drone, việc đầu tiên ta cần làm chính là xây dựng hàm tiêu hao pin của drone phụ thuộc vào trọng lượng. Thông số này các nhóm có thể tìm kiếm trên mạng hoặc từ nhà sản xuất hoặc tự xây dựng cho mình một hàm tiêu hao xấp xỉ thực tế.

***Cách thức xây dựng một hàm xấp xỉ*:** Giả sử ta có được dữ liệu cho một số trọng lượng $w_1, w_2, \dots, w_k$. Dữ liệu này có thể là tại trọng lượng w_i tốn bao nhiêu phần trăm pin để bay được một quãng đường l mét hoặc drone bay được bao xa với lượng tiêu hao ứng với $p\%$ pin. Trong đó l và p là các hằng số chung cho mọi trọng lượng $w_1, w_2, \dots, w_k$. Từ các điểm dữ liệu này, ta có thể nội suy cho các giá trị khác. Các điểm dữ liệu trên hoặc có thể có được thông qua thu thập từ các nguồn thông tin, hoặc có thể sử dụng thêm các mô hình tiêu hao pin từ tài liệu để tạo thêm các điểm dữ liệu từ một số điểm dữ liệu có trước.

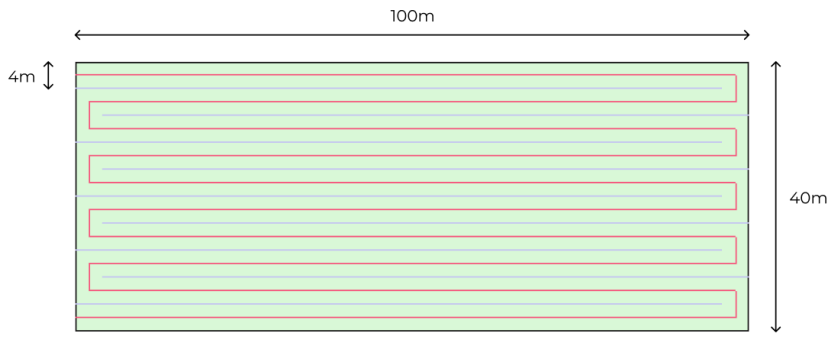
Ví dụ với drone Agras T30, từ thông số do nhà sản xuất cung cấp, ở trạng thái đầy pin (29,000 mAh) drone có thể bay được 20.5 phút với trọng lượng cất cánh là 36.5 kg và chỉ 7.8 phút với trọng lượng 66.5 kg. Lưu ý rằng bình chứa của drone có sức chứa cực đại 30 kg. Trọng lượng 36.5 kg ứng với khi bình rỗng và 66.5 kg là khi drone có tải trọng tối đa. Nếu ta xây dựng hàm thời gian bay qua nội suy tuyến tính từ 2 điểm dữ liệu này thì nó sẽ có dạng

$$t = t_1 + (w - w_1)\frac{t_2 - t_1}{w_2 - w_1} = 20.5 + (w - 36.5)\frac{7.8 - 20.5}{66.5 - 36.5} \approx -0.4233w + 35.95$$

trong đó t là thời gian bay và w là trọng lượng. Lưu ý rằng cách tính này không giống với gợi ý phía trên và hiển nhiên hàm tiêu hao dựa trên nội suy tuyến tính chỉ từ 2 điểm dữ liệu sẽ không đủ chính xác. Ví dụ này chỉ nhằm minh họa cho việc xây dựng hàm tiêu hao xấp xỉ từ các điểm dữ liệu.

b. Tính độ phủ và tốc độ bay của drone

Độ phủ của drone được tính bằng độ rộng của giải phun mà drone thực hiện. Ví dụ như trong hình dưới đây, ở mảnh ruộng có kích thước 100m x 40m, độ phủ của drone là 4m thì drone sẽ cần phải bay từ trái sang phải rồi từ phải sang trái tổng cộng là 10 lần để phủ hết mảnh ruộng. Đường màu đỏ thể hiện đường bay của drone.



Thông thường, độ phủ và tốc độ bay của drone là các thông số được cung cấp từ nhà sản xuất. Các nhóm có thể thử tìm kiếm các thông số này trên mạng. Trong trường hợp không tìm được thì nhóm hãy thử xây dựng ra các con số hợp lý dựa trên kích thước drone, tốc độ phù hợp cho các drone trong nông nghiệp và các thông số hãng đưa ra về thời gian cần thiết để có thể phun xong 1 hecta lúa.

5.2. Xây dựng thuật toán tối ưu hóa

Có 2 yếu tố ảnh hưởng đến vận hành của drone mà ta cần đưa ra quyết định là quỹ đạo bay và trọng lượng thuốc từ sâu mà ta bơm vào bình chứa mỗi lần hạ cánh để thay pin và tiếp thêm thuốc trừ sâu. Đây là 2 yếu tố có quan hệ qua lại với nhau. Trong quá trình vận hành, khi drone hết thuốc trừ sâu hay chuẩn bị hết pin thì đều phải quay trở về địa điểm tập kết. Lượng pin còn lại phải đảm bảo để drone quay được về địa điểm này. Khoảng thời gian drone bay từ vị trí dừng phun đến điểm tập kết (để thay pin hay tiếp thêm thuốc trừ sâu) có thể coi là thời gian lãng phí. Quỹ đạo bay cần được thiết kế sao cho tổng thời gian lãng phí là nhỏ nhất.

Lưu ý rằng với những mảnh đất rộng thì drone có thể phải quay trở về điểm tập kết nhiều lần. Ở vùng Tây Nam Bộ, những mảnh ruộng có diện tích vài chục hay thậm chí cả trăm hecta không phải hiếm. Mỗi lần thay pin, ta có thể giả thiết pin thay thế đã được nạp đầy và trọng lượng pin không thay đổi trong suốt quá trình vận hành. Tuy nhiên, lượng thuốc trừ sâu tiếp thêm mỗi lần là yếu tố cần được quyết định và ảnh hưởng đến thời gian bay của drone do sự tiêu hao pin phụ thuộc vào trọng lượng của drone hay chính là trọng lượng của lượng thuốc trừ sâu trong bình chứa. Vì vậy tiếp thêm bao nhiêu thuốc trừ sâu và quỹ đạo bay tiếp theo như thế nào (bao gồm cả quyết định về điểm dừng để quay lại điểm tập kết) là 2 yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vận hành mà thuật toán cần phải xử lý và đưa ra kết quả tốt nhất có thể.

6. Một số thông tin tham khảo

1. Sử dụng drone phun thuốc trừ sâu: https://vnexpress.net/nong-dan-sam-may-bay-phun-thuoc-thue-4433131.html
2. Thông tin về phun thuốc thủ công: https://tuoitre.vn/nong-nghiep-nghien-thuoc-va-hoa-chat-20180816112843206.htm
3. Video drone phun thuốc trừ sâu: https://www.youtube.com/watch?v=gywt3CFqPp4
4. Thông tin về drone Agras T30 https://www.dji.com/t30/downloads?startPoint=0, hướng dẫn sử dụng https://dl.djicdn.com/downloads/t30/UMmulti/T30_User_Manual_v1.4_VI.pdf