

Thuật toán ABC và các biến thể

Báo cáo BTL

Nhập môn Kỹ thuật truyền thông

Nhóm số 117

Thành viên:

Nguyễn Ngọc Dung-20235684

Triệu Trường Giang- 20235700

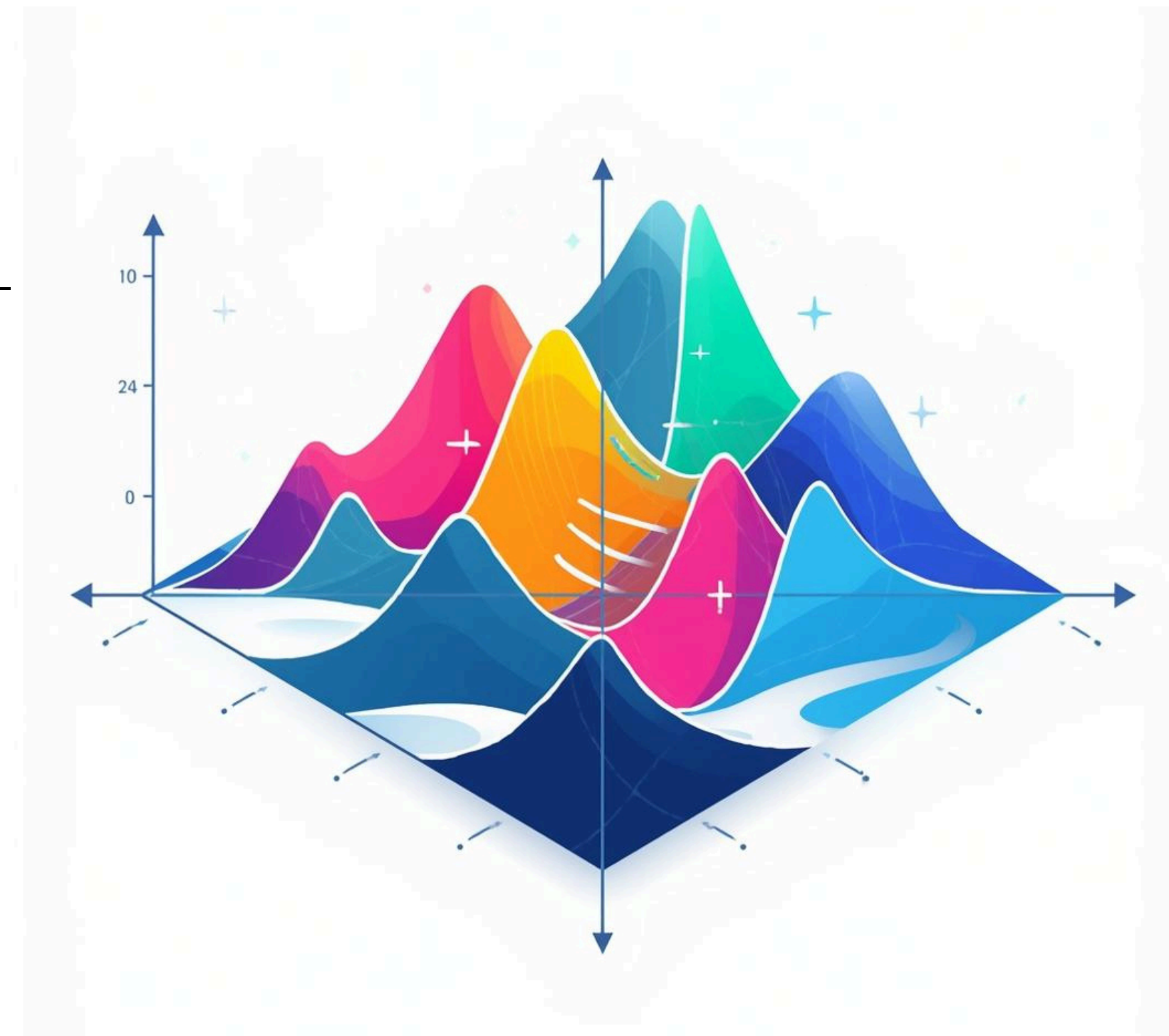


I. Thuật toán ABC

Tại sao cần meta- heuristic?

Đối mặt với các bài toán tối ưu phức tạp trong truyền thông hiện đại

Các bài toán tối ưu thường gặp nhiều cực trị cục bộ và không lồi, khiến cho việc tìm kiếm nghiệm tối ưu trở nên khó khăn. Sử dụng meta-heuristic như ABC giúp tìm ra nghiệm gần tối ưu với chi phí hợp lý, đồng thời tránh bẫy cực bộ nhờ vào cơ chế thăm dò hiệu quả của nó.



I. Thuật toán ABC

Ý tưởng sinh học

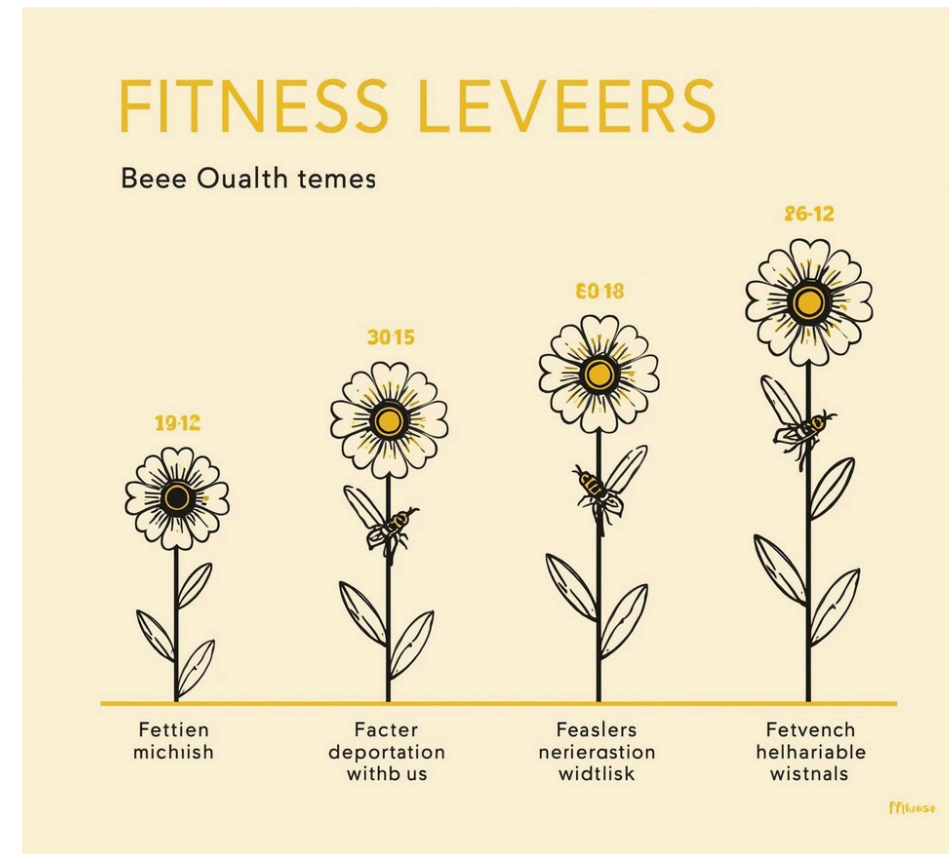
Nguồn thức ăn

Thể hiện nghiệm ứng viên trong tối ưu



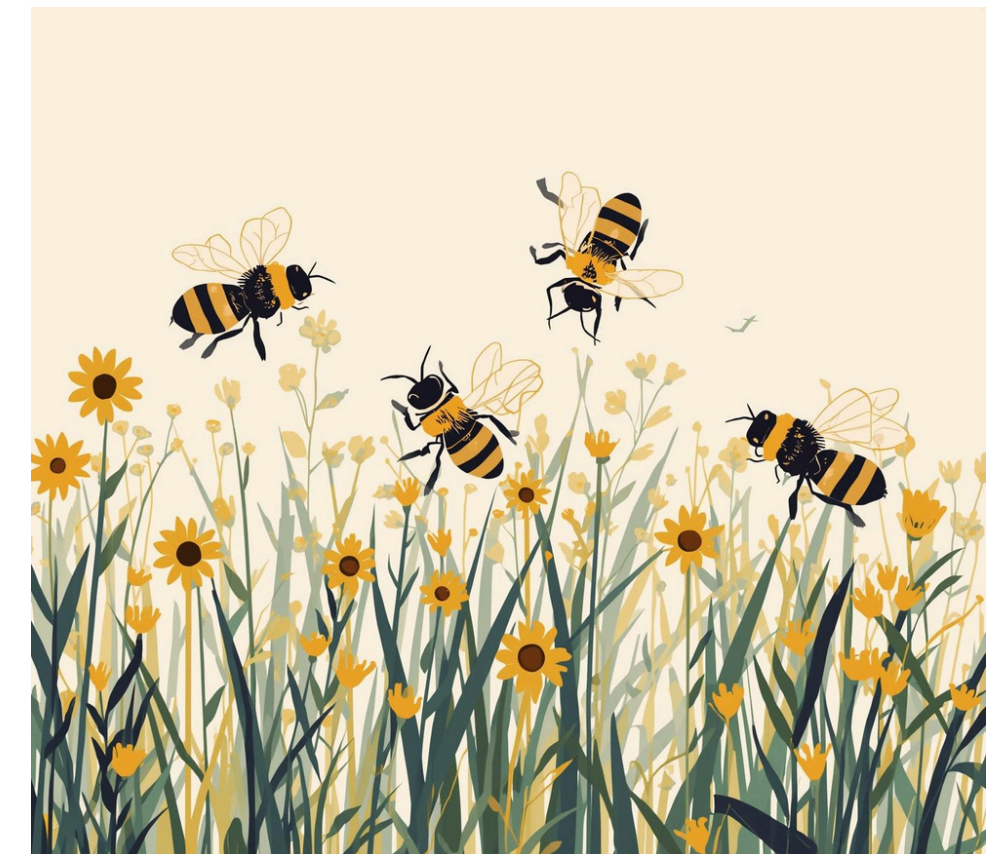
Độ thích nghi

Phản ánh sự phù hợp của nghiệm trong tối ưu

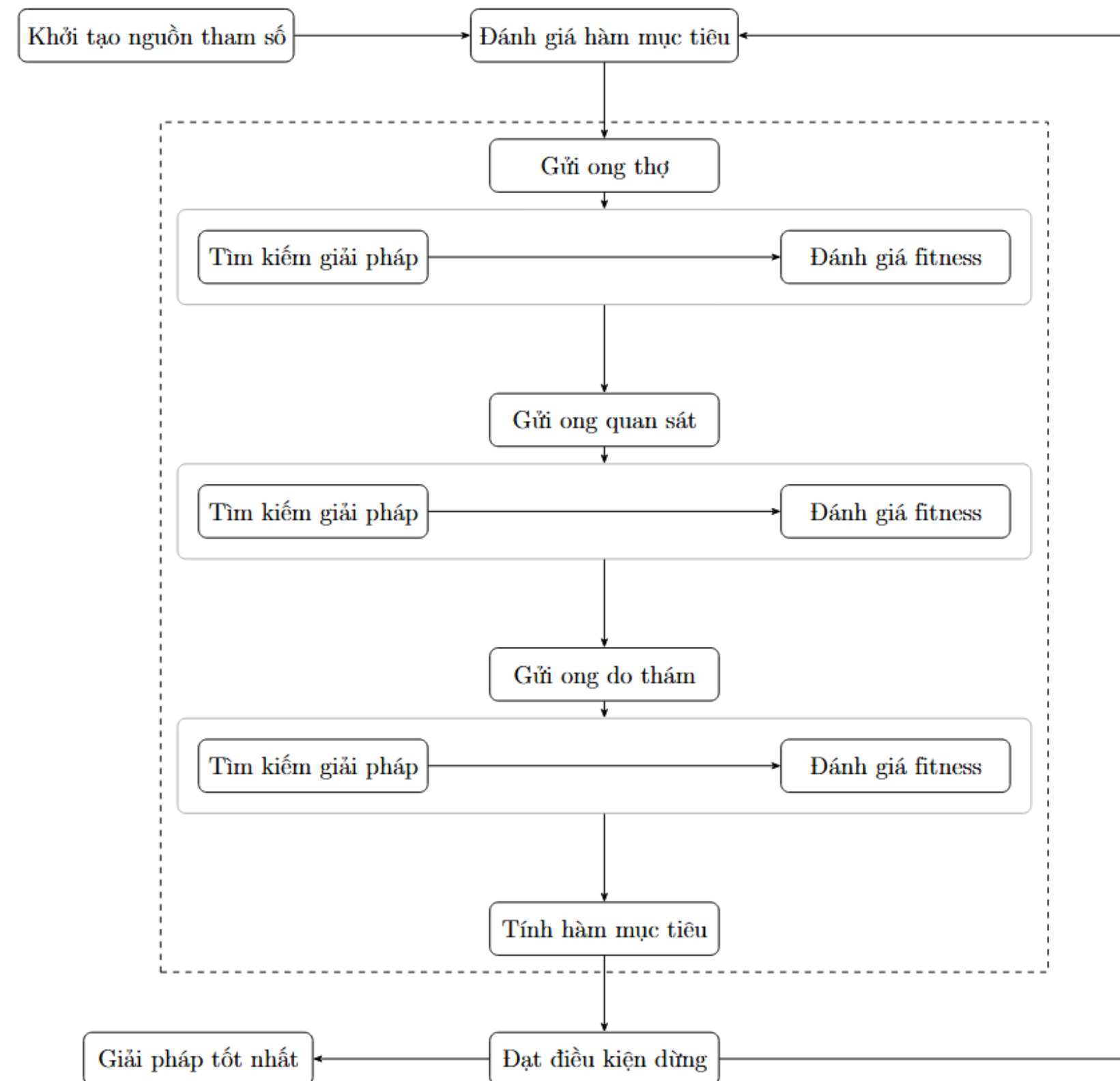
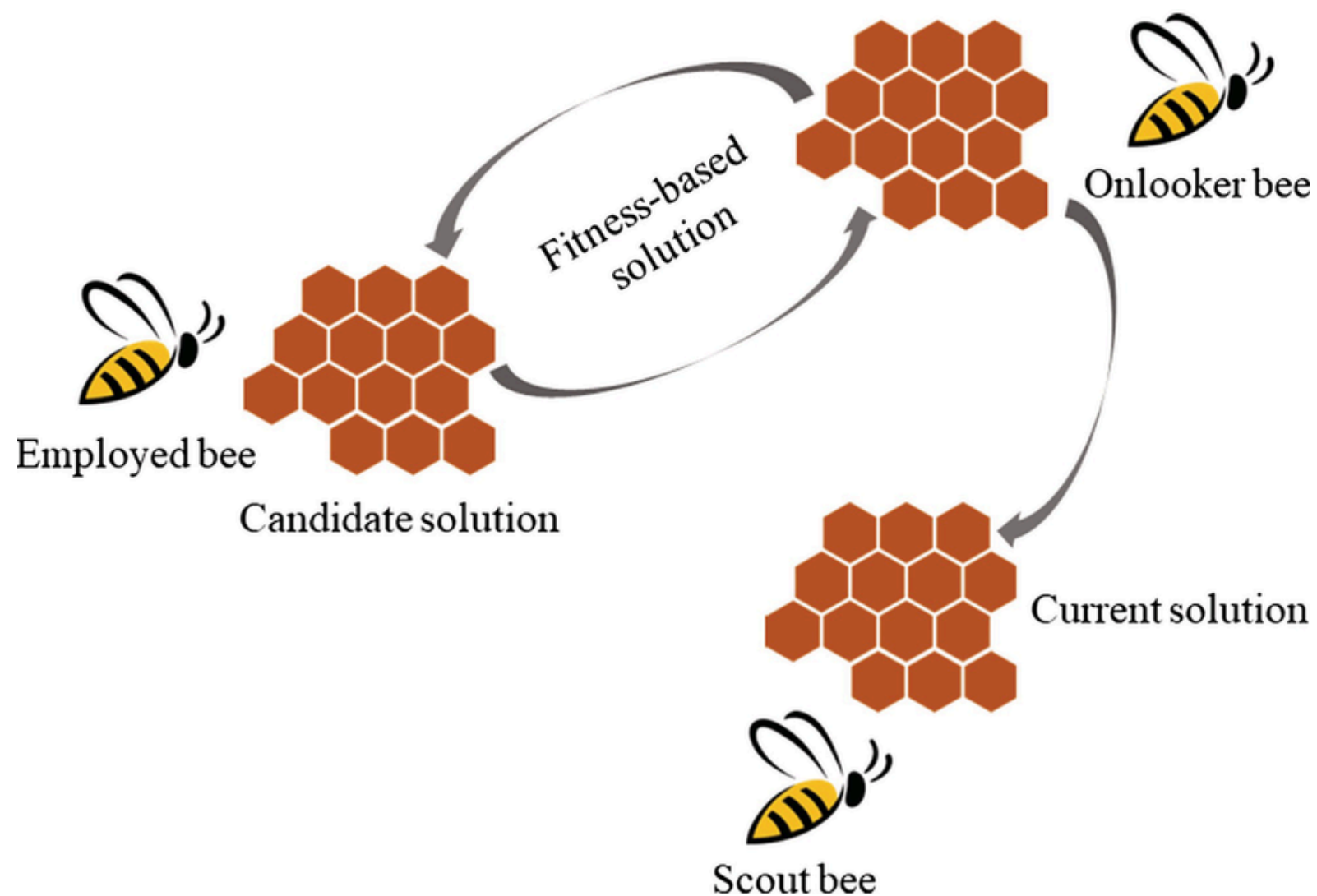


Khai thác cục bộ

Khi ong thợ tìm kiếm thức ăn hiệu quả



I. Thuật toán ABC



I. Thuật toán ABC

Công thức sinh nghiệm: $v_{ij} = x_{ij} + \phi(x_{ij} - x_{kj})$

Độ thích nghi

$$fitness(f(x)) = \begin{cases} \frac{1}{1 + f(x)} & \text{nếu } f(x) \geq 0, \\ 1 + |f(x)| & \text{nếu } f(x) < 0. \end{cases}$$

Xác suất chọn:

$$p_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n}.$$

I. Thuật toán ABC

Công thức sinh nghiệm: $v_{ij} = x_{ij} + \phi(x_{ij} - x_{kj})$

Độ thích nghi

$$fitness(f(x)) = \begin{cases} \frac{1}{1 + f(x)} & \text{nếu } f(x) \geq 0, \\ 1 + |f(x)| & \text{nếu } f(x) < 0. \end{cases}$$

Xác suất chọn:

$$p_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n}.$$

II. CÁC BIẾN THỂ ABC

Biến thể GABC: Tăng tốc hội tụ

- Thêm hướng từ nghiệm tốt nhất
- Công thức có gbest
- Hội tụ nhanh hơn

Tăng cường hội tụ nhờ lực kéo từ nghiệm tốt nhất.

II. CÁC BIẾN THỂ ABC

Biến thể qABC: Tối ưu nhanh hơn

- Giảm số phép đánh giá
- Tập trung quanh nghiệm tốt
- Tốc độ cao, dễ kết cực trị

qABC sử dụng nghiệm tốt nhất để tăng tốc độ hội tụ.

II. CÁC BIẾN THỂ ABC

Biến thể 3: CABBC (Chaotic ABC)

- Dùng Logistic map
- Tăng tính ngẫu nhiên
- Giảm kẹt local optimum

CABBC sử dụng logistic map để tăng cường khám phá.

So sánh ABC, GABC, qABC, CABC

Thuật toán	Tốc độ	Ổn định	Khám phá
ABC	Trung bình	Tốt	Tốt
GABC	Nhanh	Cao	Trung bình
qABC	Rất nhanh	Trung bình	Thấp
CABC	Chậm	Thấp	Rất cao

III. BÀI TOÁN MULTIBEAM JCAS

Bối cảnh JCAS & bài toán đặt ra

- Joint Communication and Sensing (JCAS) tích hợp truyền thông + cảm biến trên cùng hạ tầng phần cứng.
- Dùng chung dàn anten và chuỗi RF \rightarrow giảm chi phí phần cứng, tăng hiệu quả sử dụng phổ tần.
- Thiết kế beamforming khó vì yêu cầu khác nhau:
 - Truyền thông: ưu tiên beam hẹp, hướng chính xác tới user.
 - Sensing: cần beam rộng hoặc đa tia để quét không gian.

Mục tiêu : thiết kế multibeam và tối ưu tham số kết hợp beam để cực đại hóa công suất thu.

III. BÀI TOÁN MULTIBEAM JCAS

Xét mảng anten tuyến tính đều (ULA) gồm M phần tử, khoảng cách $\lambda/2$.

- Véc-tơ hướng theo góc θ :

$$\mathbf{a}(\theta) = [1, e^{j\pi \sin(\theta)}, \dots, e^{j\pi(M-1) \sin(\theta)}]^T.$$

- Kênh đa đường gồm L thành phần (AoD, AoA, trễ, Doppler):

$$\mathbf{H}(t) = \sum_{l=1}^L b_l \delta(t - \tau_l) e^{j2\pi f_{D,l} t} \mathbf{a}(\theta_{t,l}) \mathbf{a}^T(\theta_{r,l}),$$

- Tín hiệu thu sau beamforming:

$$y(t) = \mathbf{w}_r^H \mathbf{H} \mathbf{w}_t s(t) + \mathbf{w}_r^H \mathbf{z}(t).$$

III. BÀI TOÁN MULTIBEAM JCAS

Hàm mục tiêu

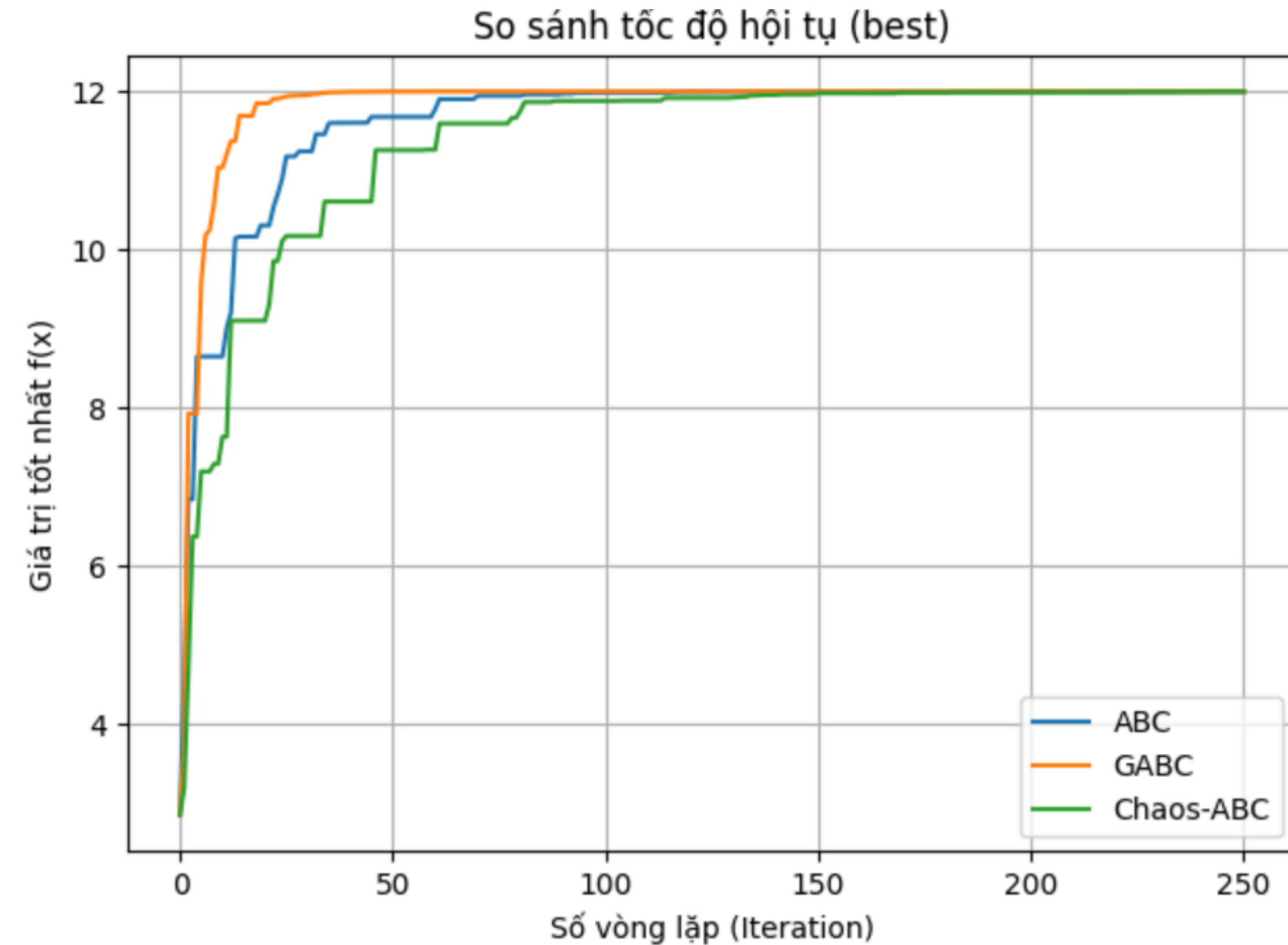
$$f(\rho, \phi) = \frac{\mathbf{w}_t^H(\rho, \phi) \mathbf{H}^H \mathbf{H} \mathbf{w}_t(\rho, \phi)}{\|\mathbf{w}_t(\rho, \phi)\|^2}.$$

Hàm mục tiêu khi chỉ biết AoD trội

$$\tilde{f}(\rho, \phi) = \frac{\|\mathbf{a}^T(\theta_t) \mathbf{w}_t(\rho, \phi)\|^2}{\|\mathbf{w}_t(\rho, \phi)\|^2}.$$

III. BÀI TOÁN MULTIBEAM JCAS

Kết quả Mô phỏng: Tốc độ Hội tụ



ABC: 0.9462 (1.7640s, ~150 vòng)

gABC: 0.9735 (1.6334s, ~50 vòng)

Chaos-ABC: 0.9088 (1.5274s, ~120 vòng)

→ gABC tốt nhất về f_{\max} và tốc độ.

Tổng kết

1. Đã nắm vững và triển khai thuật toán ABC
2. Đã nghiên cứu và so sánh các biến thể ABC (gABC, qABC/Chaos-ABC) để thấy rõ trade-off tốc độ hội tụ và khả năng khám phá nghiệm.
3. Đã mô hình hoá và giải bài toán multibeam beamforming trong JCAS
4. Đã áp dụng ABC/biến thể vào bài toán multibeam và đánh giá kết quả bằng mô phỏng + đồ thị hội tụ, hoàn thành mục tiêu ban đầu của project.