

# Thuật toán tiến hóa đa nhiệm tự thích ứng

Lê Tiến Thành

Giáo viên hướng dẫn: **PGS.TS Huỳnh Thị Thanh Bình**

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Agenda

## 1 Giới thiệu

## 2 Cơ sở lý thuyết

- Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
- Mô hình Multi-Armed Bandits

## 3 Các nghiên cứu liên quan

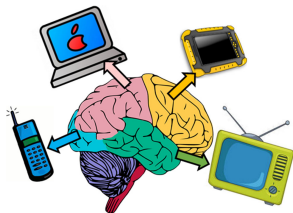
## 4 Thuật toán đề xuất

## 5 Kết quả thực nghiệm

- 10 tác vụ
- 50 tác vụ
- Mujoco tác vụ

# Ý tưởng chính của tiến hóa đa nhiệm

## Ý tưởng

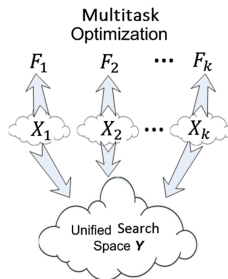


**Hình 1:** Khả năng đa nhiệm của con người

## Xu hướng

Thuật toán mô phỏng trí thông minh trong tự nhiên.

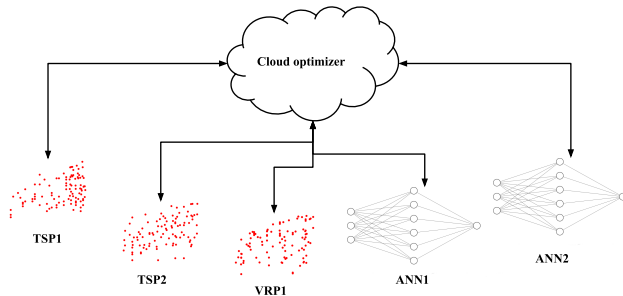
## Thuật toán tiến hóa đa nhiệm



**Hình 2:** Tiến hóa đa nhiệm mô phỏng lại khả năng giải quyết nhiều việc cùng một thời điểm của con người

# Ứng dụng nổi bật của tiến hóa đa nhiệm

## Tối ưu tại cloud computing



## Các nghiên cứu đã áp dụng tiến hóa đa nhiệm

- Huynh Thi Thanh Binh, Pham Dinh Thanh, Tran Ba Trung, and Le Phuong Thao. "Effective multifactorial evolutionary algorithm for solving the cluster shortest path tree problem". In: *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*. IEEE. 2018, pp. 1–8
- Rohitash Chandra, Abhishek Gupta, Yew-Soon Ong, and Chi-Keong Goh. "Evolutionary multi-task learning for modular knowledge representation in neural networks". In: *Neural Processing Letters* 47.3 (2018), pp. 993–1009

# Câu hỏi nghiên cứu còn tồn tại

## Các tồn tại của các nghiên cứu trước

- Ứng dụng hướng đến làm thuật toán tối ưu trên cloud.
- Cloud có **số lượng người dùng lớn**.
- Chỉ thử nghiệm và chứng minh tính hiệu quả trên tập hợp **2 đến 3 tác vụ**.

## Yêu cầu

- Thiết kế thuật toán chạy tốt với số lượng lớn tác vụ.
- Thuật toán có ít tham số.

## Hướng giải quyết cụ thể

- Thiết kế **cấu trúc mới** cho tiến hóa đa nhiệm phù hợp với tối ưu nhiều tác vụ.
- Áp dụng mô hình **Multi-Armed Bandits**, học trên dữ liệu hàm mục tiêu để ghép cặp các tác vụ

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ



# Thuật toán tiến hóa đa nhiệm - 1

## Phát biểu bài toán

- **Cho:**  $K$  bài toán tối ưu.
- Tác vụ  $T_k$  ứng với việc giải bài toán thứ  $k$ .
- $T_k$  có không gian tìm kiếm  $\mathcal{X}_k$ , hàm mục tiêu  $f_k : \mathcal{X}_k \rightarrow \mathbb{R}$
- **Yêu cầu:** tìm  $\{x_1^*, x_2^*, \dots, x_{K-1}^*, x_K^*\} = \operatorname{argmin}\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_{K-1}(x), f_K(x)\}$  với  $x_k^*$  là nghiệm tối ưu toàn cục của  $T_k$ .

## Tính chất đặt biệt của tiến hóa đa nhiệm

Việc giải tác vụ  $T_k$  có thể có ảnh hưởng tốt giúp giải  $T_{k'}, k' \neq k$  tối ưu hơn.

# Thuật toán tiền hóa đa nhiệm - 2

## Không gian biểu diễn chung

- **Cho:**  $K$  tác vụ với chiều lần lượt là  $\{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ .
- **Biểu diễn chung:**  $D_{unified} = \max\{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ .

## Không gian biểu diễn chung trong tối ưu số thực

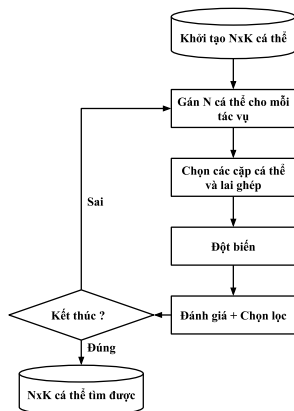
- Quy ước là  $[0, 1]^{D_{unified}}$ .

## Cách sử dụng không gian biểu diễn chung

- Thực hiện toán tử tiền hóa trên cá thể với chiều  $D_{unified}$ .
- Đánh giá trên cá thể với chiều  $\{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ .

# Thuật toán tiến hóa đa nhiệm - 3

## MFEA - Multifactorial Evolutionary Algorithm



Hình 3: Khung thuật toán MFEA

## Skill factor

*Skill factor*  $\tau_i$  của cá thể  $i^{th}$  là index của tác vụ trong  $K$  tác vụ, mà cá thể  $i$  thuộc về.

## Algorithm 1 Lai ghép trong MFEA

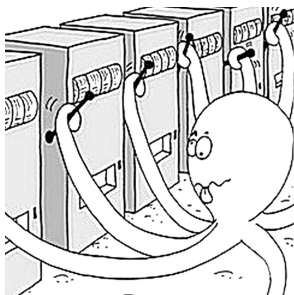
- 1: Lấy ngẫu nhiên hai cá thể cha mẹ  $p_a$  và  $p_b$  từ  $P$
- 2: **if**  $\tau_a == \tau_b$  **then**
- 3:    $[c_a, c_b] \leftarrow$  Lai ghép cùng tác vụ giữa  $p_a$  và  $p_b$
- 4:   Gán skill factor  $\tau_a$  cho  $c_a$  và  $c_b$
- 5: **else if**  $rand \leq rmp$  **then**
- 6:    $[c_a, c_b] \leftarrow$  Lai ghép khác tác vụ giữa  $p_a$  và  $p_b$
- 7:   Gán ngẫu nhiên skill factor  $\tau_a$  or  $\tau_b$  cho từng con sinh ra
- 8: **else**
- 9:   Gán skill factor  $\tau_a$  cho  $c_a$
- 10:   Gán skill factor  $\tau_b$  cho  $c_b$
- 11: **end if**

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - **Mô hình Multi-Armed Bandits**
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Mô hình Multi-Armed Bandits - 1

Nguồn gốc tên gọi Multi-Armed Bandits



**Hình 4:** Lựa chọn chơi máy nào, thứ tự thế nào, mỗi máy bao lần, thắng càng nhiều tiền càng tốt

---

## Algorithm 2 Mô hình Multi-armed bandits

---

- 1: **Cho:**  $K$  lựa chọn,  $T$  vòng.
  - 2: **for** vòng thứ  $t \in \{1, \dots, T\}$  **do**
  - 3:     Chọn lựa chọn  $a_t$ ;
  - 4:     Nhận về phần thưởng  $r_t \in [0, 1]$  cho lựa chọn  $a_t$ ;
  - 5: **end for**
-

# Mô hình Multi-Armed Bandits - 2

## Ứng dụng của MAB



Hình 5: Lựa chọn nguồn tin và đề xuất tin tức sao cho người dùng xem nhiều nhất



Hình 6: Lựa chọn kênh đầu tư sao cho lãi nhất

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# MFEA - giải số lượng tác vụ nhỏ

## MFEA

- Abhishek Gupta, Yew-Soon Ong, and Liang Feng. “Multifactorial evolution: toward evolutionary multitasking”. In: *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 20.3 (2015), pp. 343–357
- **Vấn đề:** Lai ghép khác tác vụ một cách ngẫu nhiên.

## MFEA-II

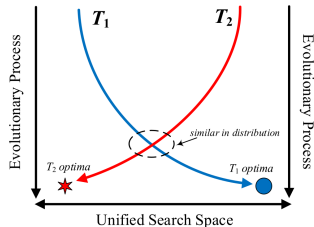
- Kavitesh Kumar Bali, Yew-Soon Ong, Abhishek Gupta, and Puay Siew Tan. “Multifactorial evolutionary algorithm with online transfer parameter estimation: MFEA-II”. In: *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 24.1 (2019), pp. 69–83
- **Ý tưởng:** Giải quyết bài toán con (tối ưu hàm lồi), tối ưu  $RMP \in \mathbb{R}^{K \times K}$  sao cho con sinh ra từ quần thể cha mẹ và  $RMP$  giống với con được chọn lọc sang thế hệ tiếp theo nhất.
- **Vấn đề:** Thuật toán chạy chậm, khi phải giải quyết  $K^2$  bài toán con.



# MFEA - giải số lượng tác vụ lớn

## GMFEA

- Jing Tang, Yingke Chen, Zixuan Deng, Yanping Xiang, and Colin Paul Joy. "A Group-based Approach to Improve Multifactorial Evolutionary Algorithm.". In: *IJCAI*. 2018, pp. 3870–3876
- Với mỗi tác vụ, chọn một vài cá thể tốt nhất làm đại diện, gộp lại thành một tập dữ liệu
- Dùng thuật toán K-Means, nhóm dữ liệu trên lại.
- Các tác vụ ở cùng một cụm mới được trao đổi thông tin cho nhau.
- **Vấn đề:** trường hợp quần thể cùng phân phối nhưng cần đi về khác hướng (Hình 7).



**Hình 7:** Hai tác vụ cùng vị trí quần thể, khác vị trí cực trị.

# MFEA - giải số lượng tác vụ lớn

## SBSGA

- Rung-Tzuo Liaw and Chuan-Kang Ting. “Evolutionary manytasking optimization based on symbiosis in biocoenosis”. In: *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. Vol. 33. 01. 2019, pp. 4295–4303
- Trao đổi thông tin giữa các tác vụ bằng việc trao cá thể (swap) thay vì lai ghép.
- Lưu lại số lần trao đổi thành công  $T^{pos}$  (con được chọn lọc vào quần thể mới) và thất bại  $T^{neg}$ .
- Xác suất trao đổi tính bằng công thức:

$$RMP_{i,j} = \frac{T^{pos}}{T^{pos} + T^{neg}} \quad (1)$$

- **Vấn đề:** Phương pháp ghép cặp tự thiết kế không dựa trên lý thuyết.

# MFEA - giải số lượng tác vụ lớn

## MaTGA

- Yongliang Chen, Jinghui Zhong, Liang Feng, and Jun Zhang. “An adaptive archive-based evolutionary framework for many-task optimization”. In: *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence* 4.3 (2019), pp. 369–384
- Lưu một phần quần thể của từng tác vụ qua nhiều thế hệ.
- Tính khoảng cách KL Divergence giữa các tập quần thể đã lưu.
- **Vấn đề:** Có nhiều tham số, thời gian tính toán chậm.

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Cơ chế chọn tác vụ hỗ trợ - MAB

Mô hình hóa việc chọn tác vụ để lai ghép bằng MAB

## Definition (Lựa chọn)

Với mỗi tác vụ  $T_k$ , sẽ có  $K - 1$  lựa chọn, tương ứng với  $K - 1$  tác vụ  $T_{k'}$  mà  $k' \in \{1, \dots, K\}$  và  $k' \neq k$ .

## Definition (Phần thưởng)

Sau khi tác vụ  $T_{k'}$  được lựa chọn để ghép cặp với tác vụ  $T_k$ , phần thưởng của việc chọn tác vụ  $T_{k'}$  được định nghĩa như sau:

$$r(k, k') = \begin{cases} 1 & \text{nếu } f_k(c) < f_k(p), \exists p \in P^k \\ 0 & \text{trong các trường hợp khác.} \end{cases} \quad (2)$$

- $c$  là con sinh ra trong quá trình lai ghép khác tác vụ
- $f_k(\cdot)$  là hàm đánh giá của tác vụ  $T_k$

# Cách giải bài toán con chọn tác vụ hỗ trợ - KLUCB

## Giả định

- **Phần thưởng:** Biến ngẫu nhiên với giá trị  $\{0, 1\}$
- **Giả định:** Phần thưởng sinh từ phân phối Bernoulli chưa biết trước.

## Cách giải - KLUCB

$$k' = \operatorname{argmax}_j \mu(j) + \frac{1 + t \times \log^2(t)}{N(j)} \quad (3)$$

- $\mu(j)$  là giá trị trung bình ước lượng được của phần thưởng khi lựa chọn  $j$
- $N(j)$  là tổng số lần thuật toán đã lựa chọn  $j$
- $t$  là tổng số của tất cả các lần lựa chọn

## Tham khảo

Tor Lattimore and Csaba Szepesvári. *Bandit algorithms*. Cambridge University Press, 2020

# Cấu trúc cập nhật tuần tự

Viết cái giải thuật mô tả

# Cấu trúc cập nhật tuần tự

Vẽ cái nguyên lý, giải thích lý do.



# Tóm tắt

Tóm tắt những ý tốt xấu so với các nghiên cứu liên quan

# Áp dụng - Tối ưu nhiều mạng nơ-ron

Tổng kết vào đây.

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 **Kết quả thực nghiệm**
  - **10 tác vụ**
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Dữ liệu thử nghiệm

Như trong luận văn

# Cài đặt thực nghiệm

Như trong luận văn

# Kết quả tối ưu

Như trong luận văn

# Kết quả ghép cặp

Như trong luận văn



# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Dữ liệu thử nghiệm

Như trong luận văn

# Cài đặt thực nghiệm

Như trong luận văn

# Kết quả tối ưu

Như trong luận văn

# So sánh thời gian chạy

Như trong luận văn

# Agenda

- 1 Giới thiệu
- 2 Cơ sở lý thuyết
  - Thuật toán tiến hóa đa nhiệm
  - Mô hình Multi-Armed Bandits
- 3 Các nghiên cứu liên quan
- 4 Thuật toán đề xuất
- 5 Kết quả thực nghiệm
  - 10 tác vụ
  - 50 tác vụ
  - Mujoco tác vụ

# Dữ liệu thử nghiệm

Như trong luận văn

# Cài đặt thực nghiệm

Như trong luận văn



# Kết quả tối ưu

Như trong luận văn

# So sánh thời gian chạy

Như trong luận văn

# Tóm tắt và kết luận

Như trong luận văn

## Bài báo trong quá trình học

- Le Tien Thanh, La Van Cuong, Ta Bao Thang, and Huynh Thi Thanh Binh. “Multi-Armed Bandits for Many-task Evolutionary Optimization”. In: *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*. IEEE. 2021, pp. 1–8
- Le Van An, Le Tien Thanh, Nguyen Phi Le, Huynh Thi Thanh Binh, Akerkar Rajendra, and Yusheng Ji. “GCRINT: Network Traffic Imputation Using Graph Convolutional Recurrent Neural Network”. In: *2021 IEEE International Conference on Communications*. IEEE. 2021, pp. 1–8
- Le Van An, Le Tien Thanh, Nguyen Phi Le, Huynh Thi Thanh Binh, and Yusheng Ji. “Multi-time-step Segment Routing based Traffic Engineering Leveraging Traffic Prediction”. In: *2021 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*. IEEE. 2021, pp. 1–8

Cảm ơn thầy cô đã lắng nghe!