



Áp dụng tối  
ưu sóng nước  
cho các bài  
toán tối ưu tổ  
hợp

Hoàng Bảo  
An, Phan  
Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật  
áp dụng cho  
tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào  
SO-MKP

Áp dụng trong  
classic  
knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham  
khảo

# Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Đại học Công Nghệ, ĐHQGHN

2025



# Tổng quan về WWO

Áp dụng tối ưu  
sóng nước  
cho các bài  
toán tối ưu tổ  
hợp

Hoàng Bảo  
An, Phan  
Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật  
áp dụng cho  
tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào  
SO-MKP

Áp dụng trong  
classic  
knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham  
khảo

WWO là một kỹ thuật metaheuristic được phát triển dựa trên quan sát các sóng nước tự nhiên. Kỹ thuật này được liệt kê vào mục trí tuệ bầy đàn tự nhiên (Natural swarm-based) [1]

- Được giới thiệu lần đầu bởi Yu-Jun Zheng và các cộng sự vào năm 2015 [2]
- Mô phỏng hành vi lan truyền của sóng nước
- Ban đầu được áp dụng vào các bài toán tối ưu liên tục, nhưng sau đó được sự quan tâm và chú ý trong việc áp dụng với các bài toán tối ưu tổ hợp
- Năm 2019, các tác giả đã tổng hợp một số kỹ thuật và đánh giá WWO trong các bài toán tối ưu tổ hợp [3]



# WWO trong không gian liên tục

Áp dụng tối  
ưu sóng nước  
cho các bài  
toán tối ưu tổ  
hợp

Hoàng Bảo  
An, Phan  
Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật  
áp dụng cho  
tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào  
SO-MKP

Áp dụng trong  
classic  
knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham  
khảo

Mỗi lời giải  $x$  trong quần thể là một gợn sóng. Hàm mục tiêu đánh giá lời giải đó càng tốt thì bước sóng  $\lambda_x$  càng nhỏ (tương đương với việc năng lượng càng lớn, bước sóng càng nhỏ). Thuật toán bao gồm các toán tử cơ bản sau:

- Lan truyền
- Khúc xạ
- Vỡ sóng



# Lan truyền

Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo

Trong không gian liên tục, chiều thứ  $d$  của một lời giải  $\mathbf{x}$  sẽ được cập nhật như sau

$$\mathbf{x}'(d) = \mathbf{x}(d) + \lambda_{\mathbf{x}} \cdot \text{rand}(-1, 1) \cdot L(d) \quad (1)$$

Trong đó:

- $\text{rand}$  là hàm ngẫu nhiên với phân bố đều

- $L(d)$  là khoảng tìm kiếm của chiều thứ  $d$

Bước sóng của tất cả lời giải  $\lambda_{\mathbf{x}}$  được khởi tạo bằng 0.5, sau đó sẽ được điều chỉnh dựa trên độ tốt của lời giải đó  $f(\mathbf{x})$  qua các thể hệ.

$$\lambda_{\mathbf{x}} = \lambda_{\mathbf{x}} \cdot \alpha^{-(f(\mathbf{x}) - f_{\min} + \epsilon) / (f_{\max} - f_{\min} + \epsilon)} \quad (2)$$

Trong đó  $f_{\max}$  và  $f_{\min}$  là giá trị của lời giải tốt nhất và tệ nhất trong quần thể ở thế hệ hiện tại,  $\alpha$  là hệ số suy giảm bước sóng (được đề xuất là 1.0026)[3].



# Khúc xạ và vỡ sóng

Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo

- Khúc xạ: Nếu một gợn sóng (một lời giải) không được cải thiện qua một vài thế hệ thì sẽ bị loại bỏ, một lời giải mới - được tạo bằng cách lấy một điểm ngẫu nhiên nằm giữa lời giải cũ và lời giải tốt nhất  $x^*$  - sẽ thay thế lời giải cũ.
- Vỡ sóng: Khi một lời giải tốt nhất  $x^*$  được tìm thấy, nó sẽ được lưu lại, sau đó vỡ ra thành các lời giải con khác bằng cách di chuyển một khoảng nhỏ so với  $x^*$  theo chiều ngẫu nhiên. Thực chất là ta sẽ áp dụng các kỹ thuật tìm kiếm cục bộ (local search) trong bước này.



# Các bước áp dụng vào trong bài toán tối ưu tổ hợp

Áp dụng tối  
ưu sống nước  
cho các bài  
toán tối ưu tổ  
hợp

Hoàng Bảo  
An, Phan  
Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật  
áp dụng cho  
tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào  
SO-MKP

Áp dụng trong  
classic  
knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham  
khảo

Để áp dụng được WWO vào trong bài toán tối ưu tổ hợp, sẽ có 4 bước để rời rạc hóa các thuật toán, cụ thể như sau:

- Xác định biểu diễn của lời giải và cấu trúc lân cận của các lời giải để sử dụng local search
- Xác định toán tử [lan truyền](#)
- Xác định cách tính toán bước sóng sử dụng trong bước [lan truyền](#)
- Điều chỉnh lại thuật toán để thích nghi với các khía cạnh khác của thuật toán tối ưu rời rạc



# Xác định toán tử lan truyền

Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo

Biến đổi  $\mathbf{x}$  với xác suất tỷ lệ thuận với bước sóng  $\lambda_{\mathbf{x}}$

Ví dụ với bài toán TSP: Lời giải hiện tại là  $\mathbf{x} = \{x_1, \dots, x_n\}$  Với mỗi  $i$  từ 1 đến  $n$ , với xác suất  $\lambda_{\mathbf{x}}$ , đảo ngược một dãy con  $\{x_i, \dots, x_{i+l}\}$  trong đó  $l$  là một số ngẫu nhiên nằm giữa  $[1, n - i]$ . Trong trường hợp này,  $\lambda_{\mathbf{x}}$  phải là một số thực nằm giữa  $[0, 1]$ .

Biến đổi  $\mathbf{x}$  bằng cách thực hiện  $k$  bước tìm kiếm cục bộ

Với bài toán TSP, ta có thể thực hiện  $k$  lần hoán đổi hai thành phố ngẫu nhiên, với  $k$  là một số nguyên ngẫu nhiên trong khoảng  $[1, \lambda_{\mathbf{x}}]$ . Trong trường hợp này,  $\lambda_{\mathbf{x}}$  phải là một số nguyên nằm trong khoảng  $[1, n]$ .



# Xác định cách tính toán bước sóng mới

Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo

Đặt  $\lambda_{\mathbf{x}}$  tỉ lệ nghịch với độ tốt của lời giải  $f(\mathbf{x})$ :

Có hai dạng điển hình được sử dụng. Gọi  $\mathbf{P}$  là quần thể nghiệm,  $\lambda_{max}$  và  $\lambda_{min}$  lần lượt là bước sóng cho phép lớn nhất và nhỏ nhất.

$$\lambda_{\mathbf{x}} = \lambda_{max} \frac{(\sum_{\mathbf{x}' \in \mathbf{P}} f(\mathbf{x}')) - f(\mathbf{x})}{\sum_{\mathbf{x}' \in \mathbf{P}} f(\mathbf{x}')} \quad (3)$$

và

$$\lambda_{\mathbf{x}} = \lambda_{min} + (\lambda_{max} - \lambda_{min}) \frac{f_{max} - f(\mathbf{x}) + \epsilon}{f_{max} - f_{min} + \epsilon} \quad (4)$$





# Xác định cách tính toán bước sóng mới

Áp dụng tối ưu sóng nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo

Đặt  $\lambda_x$  tỉ lệ nghịch với  $f(\mathbf{x})$  dựa trên mô hình hàm mũ.

$$\lambda_x = \lambda_{min} \cdot b^{\alpha \cdot (f_{max} - f(\mathbf{x}) + \epsilon) / (f_{max} - f_{min} + \epsilon)} \quad (5)$$

trong đó  $b$  và  $\alpha$  là hai tham số điều khiển. Để thuận tiện,  $\alpha$  thường được đặt bằng 1, sau đó  $b$  được điều chỉnh theo  $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ .

Cập nhật  $\lambda_x$  theo chiều nghịch đảo với sự thay đổi của  $f(\mathbf{x})$

$$\lambda_{x'} = \min\left(\lambda_x + \alpha \frac{f(\mathbf{x}) - f(\mathbf{x}')}{f_{max}}, \lambda_{max}\right) \quad (6)$$

Ngoài các giá trị tốt nhất/tệ nhất của toàn quần thể trong một thế hệ, ta có thể theo dõi các giá trị tốt nhất/tệ nhất của một lời giải qua các thế hệ khác nhau.



# Tài liệu tham khảo I

Áp dụng tối ưu sống nước cho các bài toán tối ưu tổ hợp

Hoàng Bảo An, Phan Tiến Đạt

Tổng quan

Các kỹ thuật áp dụng cho tối ưu tổ hợp

Áp dụng vào SO-MKP

Áp dụng trong classic knapsack

Tổng kết

Tài liệu tham khảo



Kashif Hussain, Mohd Najib Mohd Salleh, Shi Cheng, and Yuhui Shi.  
Metaheuristic research: a comprehensive survey.  
*Artificial intelligence review*, 52(4):2191–2233, 2019.



Yu-Jun Zheng.  
Water wave optimization: a new nature-inspired metaheuristic.  
*Computers & Operations Research*, 55:1–11, 2015.



Yu-Jun Zheng, Xue-Qin Lu, Yi-Chen Du, Yu Xue, and Wei-Guo Sheng.  
Water wave optimization for combinatorial optimization: Design strategies and applications.  
*Applied Soft Computing*, 83:105611, 2019.