

KẾT HỢP SONG SONG THUẬT TOÁN TỐI ƯU ĐA VŨ TRỤ VÀ TỐI ƯU BẦY ĐÀN CHO CÁC BÀI TOÁN TỐI ƯU

● NGUYỄN THẾ HỮU - ĐINH NGUYỄN TRỌNG NGHĨA

ABSTRACT:

Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp kết hợp song song giữa thuật toán Tối ưu Đa vũ trụ (Multi-Verse Optimizer - MVO) và Tối ưu Bầy đàn (Particle Swarm Optimization - PSO) để giải quyết các bài toán tối ưu hóa phức tạp. MVO có khả năng khám phá toàn bộ không gian tìm kiếm, trong khi PSO thể hiện hiệu quả cao trong việc khai thác chi tiết các khu vực lân cận. Phương pháp song song này cho phép hai thuật toán hoạt động đồng thời, bên cạnh đó trao đổi thông tin vị trí tốt nhất sau một số vòng lặp nhất định, nhằm cải thiện cả khả năng tìm kiếm toàn cục lẫn khai thác cục bộ. Nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm trên ba hàm Benchmark nổi tiếng (Sphere, Rastrigin, Rosenbrock) và so sánh hiệu suất của MVO, PSO và MVO-PSO song song. Kết quả cho thấy MVO-PSO song song đạt được giá trị fitness tốt hơn so với khi chạy riêng lẻ MVO và PSO, đặc biệt trong các bài toán có nhiều cực trị cục bộ.

Từ khóa: thuật toán Tối ưu Đa vũ trụ (MVO), thuật toán Tối ưu Bầy đàn (PSO), tối ưu song song, thuật toán lai, hàm chuẩn Benchmark.

1. Đặt vấn đề

Trong lĩnh vực tối ưu hóa, việc lựa chọn thuật toán phù hợp đóng vai trò quan trọng đối với khả năng tìm ra giải pháp tối ưu cho các bài toán phức tạp. Hai trong số các thuật toán tối ưu hóa phổ biến hiện nay là Particle Swarm Optimization (PSO) [1] và Multi-Verse Optimizer (MVO) [5]. Mỗi thuật toán đều có những ưu điểm riêng trong việc giải quyết các bài toán tối ưu, tuy nhiên, chúng cũng có những hạn chế cần được khắc phục.

Particle Swarm Optimization (PSO) là một phương pháp dựa trên mô phỏng hành vi của các đàn chim hoặc cá để tìm ra giải pháp tốt nhất. Tuy nhiên, PSO dễ bị hội tụ sớm vào các cực trị cục bộ, đặc biệt là trong các bài toán có nhiều cực trị cục bộ và không gian tìm kiếm phức tạp.

Ngược lại, Multi-Verse Optimizer (MVO) mô

phỏng khái niệm vũ trụ đa chiều và các lỗ sâu để tối ưu hóa hàm mục tiêu. MVO có khả năng mạnh mẽ trong việc khám phá không gian tìm kiếm toàn cầu, nhờ vào cơ chế "lỗ sâu" cho phép các vũ trụ di chuyển ngẫu nhiên giữa các vùng không gian khác nhau. Tuy nhiên, MVO thiếu hiệu quả trong việc khai thác chi tiết vùng lân cận của các điểm cực trị, điều mà PSO có thể thực hiện tốt hơn.

Để khắc phục các hạn chế của từng phương pháp và tận dụng tối đa sức mạnh của cả hai, phương pháp kết hợp chạy song song MVO và PSO được đề xuất. Phương pháp này cho phép hai thuật toán hoạt động đồng thời và trao đổi thông tin về các giải pháp tối ưu trong suốt quá trình tìm kiếm. Trong phương pháp này, PSO sẽ đảm nhận việc khai thác các khu vực tìm kiếm cục bộ, trong khi MVO tập trung vào khám phá không gian tìm kiếm toàn cầu. Bài báo này sẽ tập trung vào việc nghiên

cứu và triển khai phương pháp kết hợp song song PSO và MVO, nhằm cải thiện hiệu suất của các bài toán tối ưu hóa phức tạp.

2. Cơ sở lý thuyết

Particle Swarm Optimization (PSO), được giới thiệu lần đầu bởi Kennedy và Eberhart vào năm 1995 [1], là một trong những thuật toán tối ưu hóa quần thể dựa trên hành vi của các loài chim và cá. PSO được phát triển như một phương pháp trực quan và dễ triển khai, có khả năng tối ưu hóa mạnh mẽ cho các bài toán không tuyến tính và liên tục [2].

Để giải quyết vấn đề hội tụ sớm của PSO, nhiều biến thể của thuật toán này đã được đề xuất. Một ví dụ điển hình là sự kết hợp của PSO với thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA), nhằm tận dụng khả năng khám phá toàn cục của GA và khả năng khai thác cục bộ của PSO [3]. Ngoài ra, PSO cải tiến (Improved PSO - IPSO), với cơ chế động trong việc điều chỉnh trọng số quán tính và các tham số tăng tốc, đã được áp dụng thành công trong các bài toán đa mục tiêu và tối ưu hóa đa chiều [4].

Multi-Verse Optimizer (MVO), được Mirjalili đề xuất vào năm 2016 [5], là một thuật toán tối ưu hóa hiện đại, dựa trên lý thuyết đa vũ trụ trong vật lý. Nghiên cứu ban đầu cho thấy, MVO có khả năng vượt trội trong việc tìm kiếm các giải pháp tối ưu toàn cục, đặc biệt trong các bài toán không tuyến tính, đa chiều và có nhiều cực trị cục bộ [6].

Sự kết hợp của MVO với các thuật toán khác cũng đã được đề xuất nhằm tăng cường hiệu suất tổng thể. Ví dụ, một số nghiên cứu đã kết hợp MVO với simulated annealing (SA) để thực hiện tối ưu hóa chức năng [7].

3. Thuật toán đề xuất

Để tận dụng ưu điểm của cả Multi-Verse Optimizer (MVO) và Particle Swarm Optimization (PSO), thuật toán đề xuất thực hiện việc chạy song song hai thuật toán này. Mỗi thuật toán sẽ hoạt động trên một quần thể riêng biệt, đồng thời trao đổi thông tin về các vị trí tốt nhất sau một số vòng lặp nhất định. Mục tiêu của việc kết hợp này là cải thiện hiệu suất tối ưu hóa bằng cách tận dụng khả năng khám phá toàn cục của MVO và khả năng khai thác cục bộ của PSO.

Thuật toán MVO-PSO song song được thực hiện như trong Thuật toán 1.

Thuật toán 1: Kết hợp MVO-PSO bằng cách chạy song song 2 thuật toán

1. Khởi tạo: Khởi tạo hai quần thể độc lập cho PSO và MVO.
2. Vận hành song song:
 - Cập nhật vị trí và độ phù hợp của các hạt trong PSO.
 - Cập nhật vị trí và độ phù hợp của các vũ trụ trong MVO.
3. Trao đổi thông tin sau mỗi K vòng lặp: Trao đổi vị trí tốt nhất giữa PSO và MVO.
4. Điều kiện dừng: Kết thúc khi đạt điều kiện dừng (số vòng lặp tối đa hoặc không cải thiện về độ phù hợp).
5. Trả về kết quả: Kết quả là vị trí tốt nhất tìm được từ cả hai quần thể.

4. Kết quả và thảo luận

Các thực nghiệm được tiến hành trên máy tính có cấu hình như sau: CPU: AMD Ryzen 7 3700X (8 Cores, 16 Threads, 3.6 GHz), RAM: 16GB DDR4, GPU: Nvidia GeForce GTX 1650 (2GB GDDR5), Hệ điều hành: Windows 10 64-bit.

Cấu hình này đảm bảo tất cả các thuật toán được triển khai có thể chạy hiệu quả và không bị giới hạn bởi phần cứng, đồng thời tận dụng được khả năng tính toán của CPU đa nhân và GPU.

Để đánh giá hiệu suất của các thuật toán tối ưu hóa, ba hàm Benchmark nổi tiếng được chọn làm hàm mục tiêu để kiểm tra hiệu quả của MVO, PSO và MVO-PSO song song. Các hàm này bao gồm:

- Hàm Sphere (liên tục, lồi, không có cực trị cục bộ):

$$f(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

- Hàm Rastrigin (liên tục, không lồi, nhiều cực trị cục bộ):

$$f(x) = 10\pi + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i))$$

- Hàm Rosenbrock (liên tục, không lồi, có cực trị toàn cục ở vùng hẹp):

$$f(x) = \sum_{i=1}^n [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$$

Ba thuật toán được cài đặt với các tham số giống nhau để đảm bảo tính công bằng khi so sánh: Số chiều: 30, Giới hạn tìm kiếm: [-5,5], Số vòng lặp: 1000.

Thực nghiệm so sánh 3 thuật toán dựa trên giá trị fitness tốt nhất đạt được sau mỗi 1000 vòng lặp. Kết quả của các thuật toán trên 3 hàm Benchmark được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. So sánh giá trị fitness sau 1000 vòng lặp trên 3 hàm Benchmark

Thuật toán	Hàm Sphere	Hàm Rastrigin	Hàm Rosenbrock
PSO	1.25E-05	7.57	1.31
MVO	3.12E-05	10.6	2.52
MVO-PSO song song	9.81E-06	5.9	0.91

Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

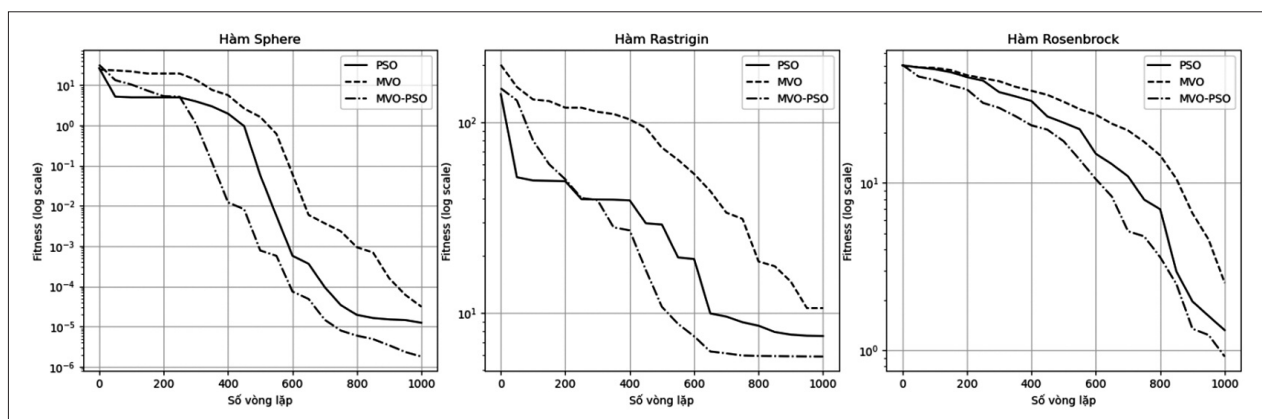
phương pháp này trong các bài toán tối ưu hóa có không gian tìm kiếm phức tạp và đa cực trị.

5. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã đề xuất một phương pháp kết hợp song song Multi-Verse Optimizer (MVO) và Particle Swarm Optimization (PSO) nhằm tận dụng ưu điểm của cả 2 thuật toán. MVO có khả năng mạnh mẽ trong việc khám phá không gian tìm kiếm toàn cục, trong khi PSO thể hiện hiệu quả cao trong việc khai thác chi tiết các vùng lân cận. Phương pháp MVO-PSO song song cho phép 2 thuật toán hoạt động độc lập, đồng thời trao đổi thông tin vị trí tốt nhất để cải thiện khả năng tìm kiếm giải pháp tối ưu.

Thực nghiệm trên 3 hàm Benchmark nổi tiếng

Hình 1: Đồ thị giá trị fitness theo số vòng lặp trên 3 hàm Benchmark



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

Thực nghiệm trên 3 hàm Benchmark phổ biến cho thấy phương pháp MVO-PSO song song mang lại hiệu suất tối ưu tốt hơn so với các thuật toán MVO và PSO chạy riêng lẻ. Với khả năng trao đổi thông tin giữa PSO và MVO, thuật toán kết hợp này không chỉ khai thác hiệu quả các vùng cục bộ mà còn khám phá toàn bộ không gian tìm kiếm, giúp tránh được hiện tượng hội tụ sớm vào các cực trị cục bộ.

Việc thử nghiệm trên các bài toán thực tiễn cũng có thể chứng minh thêm tính hiệu quả của

(Sphere, Rastrigin, Rosenbrock) cho thấy phương pháp kết hợp này vượt trội hơn so với MVO và PSO chạy riêng lẻ. Sau 1000 vòng lặp, MVO-PSO song song đạt được giá trị fitness tốt hơn ở tất cả các bài toán, đặc biệt trong các bài toán có nhiều cực trị cục bộ và không gian tìm kiếm phức tạp. Điều này chứng tỏ việc kết hợp khả năng khai thác của PSO và khả năng khám phá của MVO giúp thuật toán tối ưu hóa đạt hiệu suất cao hơn và giảm nguy cơ bị kẹt ở các cực trị cục bộ ■

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN VÀ THAM KHẢO:

1. Kennedy J., & Eberhart R. (1995). Particle swarm optimization. Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks.
2. Clerc M., & Kennedy J. (2002). The particle swarm - Explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. IEEE Transactions on Evolutionary Computation.

3. Hamed Soleimani, Govindan Kannan (2015). A hybrid particle swarm optimization and genetic algorithm for closed-loop supply chain network design in large-scale networks. *Applied Mathematical Modelling*.
4. Zhan Z.-H., Zhang J., Li Y., & Chung H.S.-H. (2009). Adaptive particle swarm optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*.
5. Mirjalili S., Mirjalili S. M., & Hatamlou A. (2016). Multi-verse optimizer: a nature-inspired algorithm for global optimization. *Neural Computing and Applications*.
6. Yuan Wang, Xiaobing Yu (2023). A novel hybrid multi-verse optimizer with queuing search algorithm. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*.
7. Ömer Yılmaz, Adem Alpaslan Altun, Murat Köklü (2022). A new hybrid algorithm based on MVO and SA for function optimization. *International Journal of Industrial Engineering Computations*.

Ngày nhận bài: 21/7/2024

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 10/8/2024

Ngày chấp nhận đăng bài: 23/8/2024

Thông tin tác giả:

1. NGUYỄN THẾ HỮU

2. DINH NGUYỄN TRỌNG NGHĨA*

Khoa Công nghệ Thông tin - Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

** Tác giả liên hệ - Email: nghiadnt@huit.edu.vn*

PARALLEL COMBINATION OF MULTI-VERSE OPTIMIZER AND PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR OPTIMIZATION PROBLEMS

● NGUYEN THE HUU¹

● DINH NGUYEN TRONG NGHIA¹

¹Faculty of Information Technology,
Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

ABSTRACT:

This study presents a novel optimization approach that combines the Multi-Verse Optimizer (MVO) and Particle Swarm Optimization (PSO) algorithms in a parallel framework. MVO's strength lies in its ability to explore a wide search space, while PSO excels at exploiting local optima. By running these algorithms concurrently and exchanging information periodically, the study aims to enhance both global exploration and local exploitation capabilities. To evaluate the performance of this hybrid approach, experiments on three benchmark functions (Sphere, Rastrigin, and Rosenbrock) were conducted. The results demonstrate that the parallel MVO-PSO consistently outperforms both MVO and PSO when used independently, particularly in problems with multiple local minima. This suggests that the proposed hybrid approach is a promising solution for tackling complex optimization challenges.

Keywords: Multi-Verse Optimizer (MVO), Particle Swarm Optimization (PSO), parallel optimization, hybrid algorithms, benchmark functions.