

## ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TIẾN HÓA GIẢI BÀI TOÁN TỐI ƯU ĐA MỤC TIÊU CÓ RÀNG BUỘC

VŨ NGỌC PHÂN

**Abstract.** In the last few years, many attentions have been paid to multi-objective optimization problems. The reason of this phenomenon is the increasingly importance of optimization to many branches of industrialized society. On the other hand the development and confirmation of evolutionary algorithms have reached to a new stage. The target of the present paper is to show the possibility of solving multi-objective optimization problems by evolutionary algorithms.

### 1. KHÁI QUÁT

Tối ưu đa mục tiêu được nghiên cứu nhiều trong thập kỷ 70 và đã được coi là một phần không thể thiếu được trong lý thuyết tối ưu và ứng dụng [4,5]. Nhưng lúc bấy giờ việc thực hiện bài toán trên máy tính gặp nhiều khó khăn. Do dung lượng bộ nhớ và tốc độ các máy tính đã được cải thiện đáng kể trong những năm gần đây, bài toán tối ưu đa mục tiêu ngày càng được quan tâm trong nhiều lĩnh vực như năng lượng, giao thông vận tải, xây dựng, công nghiệp điện tử, kinh tế, dịch vụ v.v.. Thí dụ, trên một địa bàn nào đó, người ta muốn vừa tăng cường phát triển công nghiệp vừa đẩy mạnh dịch vụ du lịch. Một cơ sở sản xuất, với số vốn đầu tư cố định, vừa tăng cường áp dụng tự động hóa để nâng cao chất lượng sản phẩm, vừa thu hút nhiều lao động để giải quyết vấn đề công ăn việc làm cho xã hội. Trong xu thế hội nhập quốc tế, lợi ích của nhiều quốc gia cùng phải được coi trọng và phát triển như nhau. Sau một thời gian im lặng, tối ưu đa mục tiêu lại thu hút sự chú ý của xã hội nói chung và của giới chuyên môn nói riêng [2,6].

Nhiều cách giải bài toán tối ưu đa mục tiêu đã được nêu trong [6]. Như đã biết, thực ra bài toán tối ưu đa mục tiêu không có lời giải tối ưu theo nghĩa đen của từ này. Nói chung không thể cùng một lúc tất cả các mục tiêu đạt giá trị tối ưu, chưa kể chúng có thể đối kháng nhau, nghĩa là mục tiêu này càng tốt lên bao nhiêu thì mục tiêu kia càng xấu đi bấy nhiêu. Lời giải thỏa hiệp hay lời giải hiệu quả vẫn là ý tưởng phù hợp thực tế nhất. Một câu hỏi xuất hiện ở đây là, có bao nhiêu lời giải hiệu quả và làm thế nào tìm ra chúng? Thông thường các hàm mục tiêu là các hàm phi tuyến theo tham số quyết định nên câu hỏi trên hầu như không thể trả lời được. Với độ phức tạp của bài toán, các phương pháp gradient hoặc biến phân đều gặp những trở ngại lớn. Đây cũng là lý do làm cho bài toán tối ưu đa mục tiêu một thời gian dài không có ứng dụng.

Với sự ra đời của các thuật toán tiến hóa, cùng với việc nhìn nhận vấn đề một cách thực dụng hơn, bài toán tối ưu đa mục tiêu đã trở nên đầy hấp dẫn. Chúng ta chấp nhận với nhau những quan điểm cơ bản sau đây:

- Không cần chứng minh sự tồn tại của lời giải tối ưu, không cần giả thiết các hàm mục tiêu có khả vi hay không khả vi, thậm chí không cần biết không gian khảo sát là lồi hay lõm. Tóm lại ta không cần nhiều thông tin tiên nghiệm về các hàm mục tiêu. Những thiếu hụt thông tin này sẽ được khắc phục bởi thuật toán tiến hóa.
- Sử dụng thuật toán tiến hóa để tìm lời giải hiệu quả. Theo thuật toán, thế hệ sau sinh ra không thể xấu hơn thế hệ trước nên dù thế nào đi nữa vẫn tìm được lời giải cho bài toán. Thuật toán tiến hóa không kết thúc khi đã tìm được một lời giải mà sẽ tìm tiếp các lời giải khác nhờ quá trình lai ghép và đột biến.
- Không cần đưa ra một tiêu chuẩn để kết thúc quá trình tìm kiếm. Quá trình tìm kiếm sẽ dừng lại khi người có thẩm quyền quyết định đã chọn ra một lời giải trong số những lời giải hiệu quả đã tìm thấy.

Phần 2 sẽ mô tả thuật toán tiến hóa đã được cải tiến cho phù hợp với bài toán tối đa mục tiêu. Trong Phần 3, bài toán tối ưu đa mục tiêu sẽ được trình bày tóm lược và đưa ra những kỹ thuật cần thiết để có thể áp dụng thuật toán tiến hóa. Đặc biệt việc xử lý điều kiện ràng buộc được nghiên cứu kỹ và một dạng hàm phạt được đưa ra nhằm khắc phục nhược điểm của các dạng hàm phạt đã biết.

## 2. THUẬT TOÁN TIẾN HÓA

### 2.1. Các thuật toán tiến hóa

Thuật toán tiến hóa là khái niệm dùng để chỉ những thuật toán tìm kiếm và tối ưu hóa dựa trên nguyên lý tiến hóa tự nhiên. Xin kể ra đây một số thuật toán tiến hóa đã được công bố.

- Quy hoạch tiến hóa EP do D. B. Fogel đề xuất. Có thể diễn tả EP đơn giản như sau: Cho một lớp các phương pháp khả dĩ giải quyết được một hay nhiều phần của một vấn đề. Dựa vào quy luật tiến hóa, tìm một phương pháp liên hợp đủ khả năng giải quyết trọn vẹn vấn đề đó.

- Chiến lược tiến hóa do T. Baeck, F. H. Hofmeister và H. P. Schwefel đề xuất. Thuật toán này cho phép từ một số chiến lược ban đầu, tạo ra những chiến lược mới phù hợp với môi trường thực tế một cách tốt nhất.

- Thuật toán di truyền do D. E. Goldberg đề xuất, được L. Davis và Z. Michalewicz phát triển. Đây là một phương pháp tìm kiếm ngẫu nhiên mở rộng [1, 3]. Thuật toán này đã được sử dụng vào việc thiết kế bộ điều khiển tối ưu theo tiêu chuẩn  $H_\infty$  [7].

Các thuật toán trên hình thành dựa vào quan niệm cho rằng, quá trình tiến hóa tự nhiên là quá trình hoàn hảo nhất, hợp lý nhất và tự nó đã mang tính tối ưu. Quan niệm này có thể xem như một tiên đề đúng, không chứng minh được, nhưng phù hợp với thực tế khách quan. Quá trình tiến hóa thể hiện tính tối ưu ở chỗ, thế hệ sau bao giờ cũng tốt hơn (phát triển hơn, hoàn thiện hơn) thế hệ trước. Tiến hóa tự nhiên được duy trì nhờ hai quá trình cơ bản: sinh sản và chọn lọc tự nhiên. Xuyên suốt sự tiến hóa tự nhiên, các thế hệ mới luôn luôn được sinh ra để bổ sung thay thế thế hệ cũ. Cá thể nào phát triển hơn, thích ứng hơn với môi trường sẽ tồn tại. Cá thể nào không thích ứng được với môi trường sẽ bị đào thải. Sự thay đổi môi trường là động lực thúc đẩy quá trình tiến hóa. Ngược lại, tiến hóa góp phần làm thay đổi môi trường.

Các thế hệ mới sinh ra trong quá trình tiến hóa nhờ sự lai ghép ở thế hệ bố mẹ. Một cá thể mới có thể mang những tính trạng của bố mẹ (di truyền), cũng có thể mang những tính trạng hoàn toàn mới (đột biến). Di truyền và đột biến là hai cơ chế có vai trò quan trọng như nhau trong tiến hóa, mặc dù hiện tượng đột biến xảy ra với xác suất nhỏ hơn nhiều so với hiện tượng di truyền. Các thuật toán tiến hóa tuy có những điểm khác nhau nhưng đều mô phỏng bốn quá trình cơ bản: lai ghép, đột biến, sinh sản và chọn lọc tự nhiên.

#### *Quá trình lai ghép*

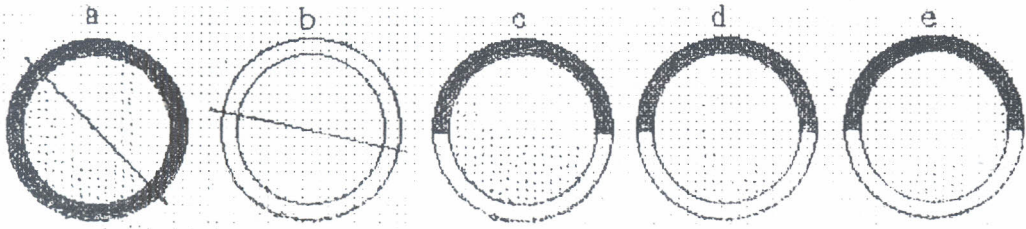
Quá trình lai ghép là quá trình hình thành nhiễm sắc thể mới trên cơ sở các nhiễm sắc thể cha mẹ, bằng cách ghép một hay nhiều đoạn alen của hai nhiễm sắc thể cha mẹ với nhau. Quá trình lai ghép xảy ra với xác suất  $P_c$ , có thể mô phỏng như sau:

- Chọn ngẫu nhiên hai cá thể bất kỳ của quần thể. Giả sử gen di truyền của bố mẹ đều bao gồm  $m$  alen.
- Tạo một số ngẫu nhiên trong khoảng từ 1 đến  $m - 1$  (điểm phân chia chuỗi alen). Giả sử điểm đó chia chuỗi  $m$  alen thành hai nhóm  $m_1$  và  $m_2$ . Hai chuỗi alen mới sẽ là  $m_{11} + m_{22}$  và  $m_{21} + m_{12}$ .
- Đưa hai cá thể mới này vào quần thể để tham gia các quá trình tiến hóa tiếp theo.

Cách mô phỏng quá trình lai ghép trên đã được sử dụng trong [7]. Đối với bài toán tối ưu đa mục tiêu, cách lai ghép này cần phải được mở rộng. Thay vì chọn một cặp bố mẹ để lai ghép, ta sẽ chọn ra hai nhóm có cùng số cá thể như nhau. Cho các nhóm alen này khép kín thành vòng tròn.



Với mỗi vòng tròn ta tạo ra một nhát cắt ngẫu nhiên (hình 1.a, 1.b). Lấy nửa vòng tròn này ghép với nửa vòng tròn kia (hình 1.c, 1.d). Quá trình cắt ghép các vòng tròn alen có thể diễn ra một số lần. Cuối cùng từng vòng tròn lại được cắt một cách ngẫu nhiên thành những đoạn alen có độ dài ban đầu (hình 1.e).



Hình 1

### Quá trình đột biến

Đột biến là hiện tượng cá thể con mang một hay nhiều tính trạng không có trong mã di truyền của bố mẹ. Quá trình đột biến xảy ra với xác suất  $P_m$  nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất lai ghép  $P_c$ . Quá trình đột biến có thể mô phỏng như sau:

- Chọn ngẫu nhiên một cá thể bất kỳ của quần thể.
- Tạo một số ngẫu nhiên  $k$  trong khoảng từ 1 đến  $m$ ,  $1 \leq k \leq m$ .
- Thay đổi alen thứ  $k$  và trả cá thể vào quần thể để tham gia quá trình tiến hóa tiếp theo.

Quá trình đột biến cũng có thể xảy ra ở nhiều vị trí của chuỗi alen.

### Quá trình sinh sản và chọn lọc tự nhiên

Quá trình sinh sản là quá trình trong đó các cá thể được sao chép trên cơ sở giá trị fitness của nó. Quá trình này có thể mô phỏng như sau:

- Tính giá trị fitness của từng cá thể, lập bảng cộng dồn các giá trị fitness (theo số thứ tự gán cho các cá thể). Giả sử quần thể có  $n$  cá thể. Ký hiệu giá trị fitness của cá thể thứ  $i$  là  $F_i$ , tổng dồn thứ  $i$  là  $F_{ti}$ , tổng các giá trị fitness trên cả quần thể là  $F_m$ .
- Tạo một số ngẫu nhiên  $F$  trong khoảng từ 0 đến  $F_m$ .
- Chọn cá thể thứ  $k$  đầu tiên thỏa mãn điều kiện  $K \geq F_{tk}$  đưa vào thế hệ mới của quần thể. Cũng có thể chọn tất cả các cá thể có  $F_k$  bằng phần nguyên của  $F(F_k/F_m)$ .

## 2.2. Rút gọn miền tìm kiếm

Khi quá trình tìm kiếm đang hội tụ dần đến một điểm tối ưu cục bộ, quá trình đột biến có thể sinh ra các cá thể cho giá trị fitness nhỏ hơn so với cá thể hiện tại trong nhiều thế hệ liên tiếp, đôi khi mất hẳn khả năng trở lại điểm tối ưu cục bộ đã sắp đạt đến ở các thế hệ trước. Để khắc phục tình trạng này, ta sử dụng phương pháp rút gọn miền tìm kiếm. Khi thấy quá trình tìm kiếm có xu thế dần đến điểm tối ưu cục bộ (giá trị fitness tăng chậm), quá trình tiến hóa sẽ chỉ xảy ra với quần thể gồm những cá thể lân cận (xem hình 2).

Trong hình 2, giả sử điểm đen là điểm tối ưu cục bộ, điểm trắng là điểm hiện thời của quá trình tìm kiếm. Quá trình tiến hóa khi đó chỉ cho diễn ra với các cá thể nằm trong đường tròn tâm là điểm trắng và bán kính là  $r$ . Khi đã đạt đến điểm tối ưu cục bộ (độ tăng giá trị fitness nhỏ hơn một số  $\varepsilon$  cho trước), vòng tròn hạn chế sẽ được phá vỡ. Quá trình tiến hóa lại được tiến hành trên toàn cục.