

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH TỐI ƯU HỆ THỐNG ĐA HỒ CHỨA THỦY ĐIỆN BẬC THANG BẰNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

Hồ Sỹ Mão¹

Tóm tắt: Vận hành tối ưu các trạm thủy điện (TTĐ) có ý nghĩa quan trọng cho hệ thống điện Việt Nam trong bối cảnh nguồn điện có xu hướng tăng tỷ trọng nguồn phát điện từ năng lượng tái tạo. Các TTĐ có hồ điều tiết có thể là giải pháp hiệu quả để đảm bảo tính cân bằng và ổn định cho hệ thống điện. Đối với bài toán vận hành tối ưu hồ chứa phát điện thường sử dụng các thuật toán tối ưu toán học cổ điển như quy hoạch tuyến tính, quy hoạch phi tuyến, quy hoạch động. Hiện nay thuật toán di truyền (GA) được ứng dụng phổ biến nhất là trong lĩnh vực mạng trí tuệ nhân tạo ANN để tìm trọng số tối ưu. Ứng dụng thuật toán GA vào bài toán vận hành tối ưu nhiều hồ chứa thủy điện bậc thang là giải pháp tốt để đưa ra các quyết định vận hành cho hệ thống hồ chứa. Bài báo này đưa ra cơ sở áp dụng thuật toán GA để tính toán vận hành tối ưu phát điện cho hệ thống hồ chứa bậc thang thủy điện Lai Châu, Bản Chát, Sơn La, Hòa Bình.

Từ khóa: Thuật toán di truyền, hệ thống đa hồ chứa, thủy điện bậc thang.

1. GIỚI THIỆU

Bài toán vận hành tối ưu hệ thống hồ chứa đã được các nhà nghiên cứu thực hiện theo các phương pháp tiếp cận khác nhau. Hầu hết các thuật toán tối ưu đều dựa trên nền tảng toán học như quy hoạch tuyến tính (LP), quy hoạch phi tuyến (NLP), hoặc quy hoạch động (DP). Trong một thời gian dài thuật toán DP (Bellman, 1957) đã được các nhà nghiên cứu áp dụng phổ biến trong các bài toán phát triển tài nguyên nước. Kỹ thuật DP có thể tìm được giải pháp tối ưu tổng thể cho bài toán, tuy nhiên khi hệ thống có nhiều hồ chứa (nhiều chiều không gian) thì kỹ thuật này gặp các vấn đề về tính toán do sự bùng nổ về tổ hợp tính toán và yêu cầu lớn về tài nguyên máy tính cũng như thời gian thực hiện mà theo Bellman đó là “curse of dimensionality”. Nhiều dạng kỹ thuật phát triển từ DP đã được đề xuất để giải quyết vấn đề về chiều cho các bài toán hệ thống nhiều hồ chứa. Larson (1968) đề xuất một nghiên cứu giải quyết bài toán bốn hồ chứa bằng cách sử dụng

kỹ thuật quy hoạch động gia tăng (IDP). Kỹ thuật quy hoạch động xấp xỉ liên tiếp (DPSA) cũng được (Larson, 1968) đề xuất để khắc phục vấn đề nêu trên. Heidari và cộng sự (1971) đã giải bài toán 4 hồ chứa của Larson bằng kỹ thuật quy hoạch động sai phân (DDDP) được phát triển từ IDP. Các dạng kỹ thuật DP vẫn được áp dụng để giải quyết các bài toán vận hành hồ chứa hiện nay và có thể được kết hợp với các thuật toán khác để khắc phục được hạn chế về chiều tính toán.

Các kỹ thuật phát triển từ DP tuy có cải thiện hơn về số chiều tính toán nhưng vẫn còn nhiều hạn chế về tài nguyên máy tính và thời gian tính toán cho nên với công nghệ máy tính thời đó khó có thể giải quyết cho các hệ thống nhiều hồ chứa. Để giải quyết các vấn đề trên, việc tối ưu hóa dựa trên phương pháp tiếp cận thuật toán di truyền (GA) được đề xuất. GA lần đầu tiên được đề xuất bởi Holland (1975) nhưng nó chỉ được phát triển rộng rãi cho các bài toán kỹ thuật cho đến khi Goldberg (1989) đưa ra cái nhìn tổng quát về thuật toán di truyền. Esat và Hall (1994)

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

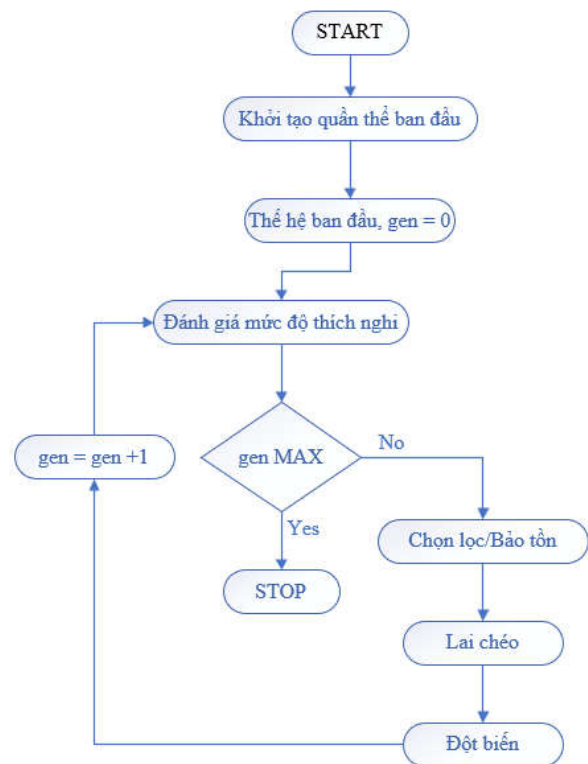
là những người đầu tiên áp dụng một kỹ thuật GA cho bài toán bốn hồ chứa của Larson. Nghiên cứu của Esat và Hall chỉ ra rằng thuật toán GA đưa ra giải pháp tiềm năng trong việc vận hành tối ưu hồ chứa, và nghiên cứu của họ cũng chỉ ra rằng thuật toán GA có thể cải thiện nhiều vấn đề mà kỹ thuật DP gặp phải. Sharif (1999) trong công trình nghiên cứu của mình đã sử dụng thuật toán GA để giải quyết nhiều hệ thống hồ chứa lớn và đưa ra các so sánh về mức độ hiệu quả của GA và DDDP. Wang, M và cộng sự (2022) áp dụng kỹ thuật GA cho bài toán vận hành bậc thang hồ chứa đa mục tiêu.

GA là một loại kỹ thuật trí tuệ nhân tạo dựa trên cơ chế chọn lọc tự nhiên và di truyền tự nhiên bắt nguồn trực tiếp từ thuyết tiến hóa tự nhiên (Sharif, 1999). GA là một phương pháp thông minh để tìm kiếm giải pháp tối ưu cho một bài toán phức tạp. Nghiên cứu ứng dụng GA cho các bài toán vận hành tối ưu hồ chứa thủy điện ở Việt Nam là giải pháp hữu hiệu cho nhà quản lý đưa ra các quyết định vận hành hợp lý cho các hệ thống hồ chứa lớn.

2. THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

GA mô phỏng các cơ chế di truyền quần thể, các quy luật tồn tại trong tự nhiên và sử dụng các thuật ngữ trong di truyền. GA đại diện cho một giải pháp bằng cách sử dụng chuỗi các biến đại diện cho bài toán. Trong sinh học các chuỗi như vậy được gọi là các nhiễm sắc thể (NST) hoặc là các cá thể. Mã hóa các thành phần của các giải pháp trở thành NST là yêu cầu đầu tiên của thuật toán GA. Mỗi NST là một giải pháp tiềm năng bao gồm các chuỗi con hoặc các gen đại diện cho các quyết định có thể được sử dụng để đánh giá hàm mục tiêu của bài toán. Các NST này được kết hợp thông qua các toán tử di truyền để tạo ra các NST nối tiếp nhau. Các toán tử di truyền được sử dụng trong quá trình sinh sản là sự chọn lọc, bảo tồn, lai chéo và đột biến. Các NST trong quần thể có giá trị thể trạng tốt có khả năng được lựa chọn để tổ hợp với các NST khác cũng có thể trạng tốt. Đột biến cho

phép tạo ra các đột biến ngẫu nhiên của các bit thông tin trong các gen cá thể. Sự phù hợp các NST sẽ được cải thiện dần dần qua các thế hệ. Toàn bộ quy trình GA được phép phát triển trong một số thế hệ đủ lớn và vào cuối quá trình tiến hóa, một NST đại diện cho một giải pháp tối ưu (hoặc cận tối ưu) cho bài toán sẽ thu được. Quy trình thuật toán GA được thể hiện trong sơ đồ Hình 1.



Hình 1. Lưu đồ thuật toán GA

Đánh giá mức độ thích nghi

Hàm đánh giá mức độ thích nghi hay là hàm thể lực thông thường là hàm mục tiêu của bài toán. Trong phương pháp di truyền giá trị của hàm thích nghi được dùng để đánh giá thể trạng của các NST để tham gia quá trình di truyền. Mỗi NST đều bao gồm các gen (hay còn gọi là các bit) đại diện cho các biến quyết định được sử dụng để xác định giá trị thích nghi của NST. Giá trị thích nghi của NST được coi là mức độ để đánh giá cá thể này của quần thể có truyền cho thế hệ sau hay không. Mục đích trong thuật

toán di truyền là kết thúc với NST tốt nhất mang lại giá trị hàm mục tiêu tối ưu, tức là giá trị thể chất tốt nhất.

Quá trình khởi tạo bộ gen trong NST là quá trình ngẫu nhiên trong không gian biến quyết định của bài toán nên không tránh khỏi các trường hợp vi phạm điều kiện ràng buộc của bài toán. Những cá thể vi phạm này không bị loại bỏ khỏi thế hệ sau mà thay vào đó cần áp dụng hàm phạt trong tính toán giá trị thích nghi. Khi áp dụng hàm phạt cho các trường hợp này sẽ hạn chế một phần các cá thể kém di truyền sang thế hệ sau nhưng cũng đảm bảo không làm mất đi những gen tốt trong các cá thể này.

Chọn lọc

Chọn lọc là quá trình mà các NST từ thế hệ trước được chọn cho thế hệ tiếp theo. Nguyên tắc lựa chọn trong các thuật toán di truyền về cơ bản tuân theo chọn lọc tự nhiên của Darwin. Lựa chọn cung cấp động lực trong thuật toán di truyền. Nếu số lượng quần thể nhiều thì quá trình tìm kiếm di truyền sẽ kết thúc sớm, ngược lại với số lượng quần thể quá ít, quá trình tiến hóa sẽ chậm hơn. Quá trình lựa chọn hướng tìm kiếm di truyền tới các vùng có triển vọng trong không gian tìm kiếm. Hiện nay có nhiều phương pháp lựa chọn đã được đề xuất như lựa chọn tỷ lệ, lựa chọn giải đấu và lựa chọn xếp hạng.

Bảo tồn

Sau khi tính toán giá trị thích nghi cho từng cá thể (NST) của quần thể sẽ tìm được cá thể có giá trị thích nghi cao nhất, không vi phạm các ràng buộc. Cá thể này cho giải pháp tốt nhất trong thế hệ tính toán đó và có thể là giải pháp tối ưu cho bài toán. Cá thể này sẽ được chọn lọc ưu tiên bảo toàn bộ gen sang thế hệ sau mà không phải tham gia vào quá trình lai chéo hoặc đột biến.

Lai chéo

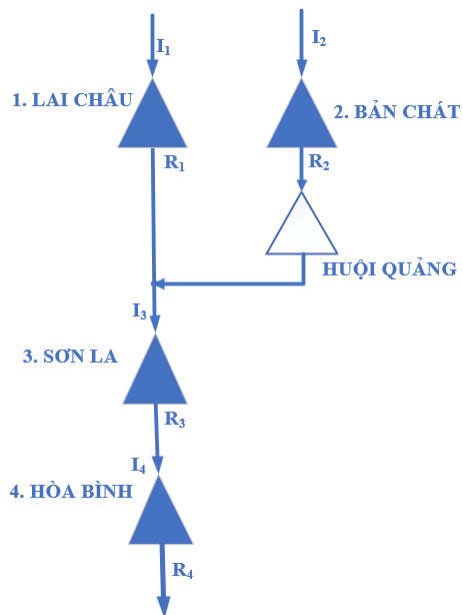
Lai chéo là một trong những toán tử nổi bật được sử dụng trong các thuật toán di truyền.

Quá trình lai chéo rất quan trọng trong việc tạo ra các NST mới bằng cách kết hợp hai hoặc nhiều NST cha mẹ với hy vọng rằng chúng tạo ra các NST mới và hiệu quả. Lai chéo xảy ra sau khi đã lựa chọn các cặp NST của cha mẹ và giúp trao đổi thông tin di truyền giữa cha mẹ để tạo ra con cái. Trong quá trình lai chéo, các NST của bố mẹ được lấy theo cặp và các gen của chúng được trao đổi theo thứ tự nhất định để tạo ra thế hệ con cái. Những con cái này trở thành NST cha mẹ ở thế hệ tiếp theo. Ý tưởng chính của hoạt động lai chéo là bằng cách trao đổi các hệ gen quan trọng giữa bố và mẹ hoạt động tốt, GA cố gắng tạo ra những thế hệ con cái có những đặc điểm tốt nhất từ cả bố và mẹ và do đó sẽ hoạt động tốt hơn cả bố và mẹ. Hiện nay có một số phương pháp thực hiện phép lai chéo: phép lai 1 điểm (Single Point), phép lai 2 điểm (Two Point) và phép lai đồng nhất (Uniform).

Đột biến

Đột biến đóng vai trò tương đối quan trọng trong việc tối ưu di truyền, nó giới thiệu các gen mới xuất hiện trong một quần thể của từng thế hệ. Đột biến xảy ra với một số xác suất xác định thường rất thấp ($0,001 \div 0,1$) cho mỗi gen trong chuỗi. Trong mã hóa nhị phân, toán tử đột biến thay đổi giá trị của bit thành giá trị ngược lại, tức là 0 thành 1 hoặc 1 thành 0. Hiện nay, có nhiều phương pháp tạo toán tử đột biến trong đó phổ biến nhất là đột biến đồng nhất và đột biến không đồng nhất.

Sau khi thực hiện các toán tử di truyền thì một thế hệ mới, một quần thể mới với các bộ gen mới được tạo ra. Quá trình tính toán đánh giá mức độ phù hợp được lặp lại và chọn ra các cá thể mang gen tốt vào các thế hệ tiếp theo. Quy trình tính toán kết thúc khi giá trị phù hợp tốt nhất không được cải thiện ở các thế hệ tiếp sau và cá thể cho giá trị thể lực tốt nhất đó là giải pháp tốt nhất và có thể là giải pháp tối ưu tổng thể cho bài toán.



Hình 2. Hệ thống 4 hồ chứa Lai Châu, Bản Chất, Sơn La, Hòa Bình

3. BÀI TOÁN ÁP DỤNG

Để đánh giá tính thực tế của kỹ thuật được đề xuất, một hệ thống hồ chứa hiện có, cụ thể là hệ thống 4 hồ chứa thủy điện điều tiết dài hạn là Lai Châu, Bản Chất, Sơn La, Hòa Bình (Hình 2) được xem là một trường hợp nghiên cứu để phát triển các chính sách vận hành hồ chứa tối ưu. Thủy điện Huội Quảng nằm bậc dưới thủy điện Bản Chất không được xét tới trong sơ đồ do hồ chứa này chỉ điều tiết ngày đêm. Cả 4 thủy điện nằm trên lưu vực sông Đà, phụ lưu chính của hệ thống sông Hồng nằm ở miền bắc của Việt Nam. Lượng mưa trung bình hàng năm trong lưu vực từ 1300mm ÷ 1500mm với 90% lượng mưa xảy ra trong thời kỳ mùa mưa từ tháng 6 đến tháng 10.

Hồ thủy điện Lai Châu có dung tích hữu ích

$$\begin{Bmatrix} S_1(t+1) \\ S_2(t+1) \\ S_3(t+1) \\ S_4(t+1) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} S_1(t) \\ S_2(t) \\ S_3(t) \\ S_4(t) \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} I_1(t) \\ I_2(t) \\ I_3(t) \\ I_4(t) \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R_1(t) \\ R_2(t) \\ R_3(t) \\ R_4(t) \end{Bmatrix} \quad (3)$$

- Điều kiện ràng buộc về dung tích:

$$S_i^{min} \leq S_{i,t} \leq S_i^{max} \quad (4)$$

0,8 tỷ m³; MNDBT là 295m; công suất lắp máy 1200MW. Hồ thủy điện Bản Chất có dung tích hữu ích 1,7 tỷ m³; MNDBT là 475m; công suất lắp máy 220MW. Hồ chứa thủy điện Sơn La có dung tích hữu ích là 6,5 tỷ m³; dung tích phòng lũ là 4,0 tỷ m³; công suất lắp máy 2400MW. Hồ chứa thủy điện Hòa Bình có dung tích hữu ích là 6,06 tỷ m³; dung tích phòng lũ là 3,0 tỷ m³; công suất lắp máy 1920MW. Hình 2 mô tả sơ đồ của hệ thống hồ chứa lai Châu, Bản Chất, Sơn La, Hòa Bình.

Mô hình bài toán

Hàm mục tiêu được xem xét trong mô hình là tối đa hóa sản lượng thủy điện hàng năm của hệ thống 4 hồ chứa.

$$\text{Max } E = \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^{11} 9.81 \eta_{i,t} Q_{i,t} H_{i,t} \Delta T_{i,t} \quad (1)$$

Trong đó điện năng E hàng năm (10⁶ kWh); i-chỉ số hồ chứa trong mô hình; t=0 ÷ 11 tương ứng với số tháng trong 1 năm; $\eta_{i,t}$ hiệu suất tuốc bin; $Q_{i,t}$ lưu lượng xả ra từ tuabin thủy điện hồ i trong giai đoạn t (m³/s); và $H_{i,t}$, cột nước phát điện của thủy điện hồ i trong giai đoạn t (m); $\Delta T_{i,t}$ thời gian phát điện trong giai đoạn t của hồ i (giờ).

Các điều kiện ràng buộc:

- Phương trình liên tục:

$$S_{i,t+1} = S_{i,t} + I_{i,t} - R_{i,t} \quad (2)$$

Trong đó $S_{i,t}$, $I_{i,t}$, $R_{i,t}$ tương ứng là dung tích hồ chứa, dòng chảy vào hồ, lượng xả ra khỏi hồ chứa i tại giai đoạn t; $S_{i,t+1}$ là dung tích hồ chứa tại giai đoạn tiếp theo.

Hệ thống có 4 hồ chứa được quy định hồ 1: Lai Châu, hồ 2: Bản Chất, hồ 3: Sơn La, hồ 4: Hòa Bình, phương trình liên tục biểu diễn như sau:

Trong đó S_i^{\min} , S_i^{\max} tương ứng là dung tích tối thiểu và dung tích toàn phần của hồ chứa i . Ngoài ra $S_{i,t}$ phải thỏa mãn đường cong đặc tính lòng hồ i và quy trình vận hành liên hồ chứa.

- Điều kiện ràng buộc về lưu lượng xả:

$$Q_i^{\min} \leq Q_{i,t} \leq Q_i^{\max} \quad (5)$$

Trong đó Q_i^{\min} , Q_i^{\max} tương ứng là lưu lượng xả qua tuốc bin tối thiểu và tối đa của hồ chứa i . Ngoài ra $Q_{i,t}$ phải thỏa mãn đường cong đặc tính vận hành lưu lượng của tuốc bin thủy điện hồ i .

- Điều kiện ràng buộc về mực nước theo Quy trình vận hành liên hồ chứa :

$$Z_{i,t}^{\min} \leq Z_{i,t} \leq Z_{i,t}^{\max} \quad (6)$$

Trong đó $Z_{i,t}^{\min}$, $Z_{i,t}^{\max}$ tương ứng là mực nước tối thiểu và tối đa của hồ chứa i ở thời đoạn t theo quyết định của Quy trình vận hành liên hồ chứa.

- Điều kiện ràng buộc về công suất:

$$N_i^{\min} \leq N_{i,t} \leq N_i^{\max} \quad (7)$$

Trong đó N_i^{\min} , N_i^{\max} tương ứng là công suất phát tối thiểu và tối đa của nhà máy thủy điện hồ chứa i . Ngoài ra $N_{i,t}$ phải thỏa mãn đường cong đặc tính vận hành của tuốc bin thủy điện hồ i .

- Điều kiện ràng buộc về lưu lượng xả yêu cầu:

$$Q_{i,t} \geq Q_{i,t}^{yc} \quad (8)$$

Trong đó $Q_{i,t}^{yc}$ là lưu lượng xả yêu cầu hàng tháng của hồ chứa i , nó phụ thuộc vào nhu cầu lợi dụng tổng hợp nguồn nước cho các mục đích khác.

Nếu các điều kiện ràng buộc về dung tích không đảm bảo thì một hàm phạt được đưa vào hàm mục tiêu (1) để tính toán giá trị thích nghi của các cá thể.

Nếu $S_{i,t} \geq S_i^{\max}$ thì hàm phạt

$\sum_{i=1}^I \sum_{t=0}^{11} c_1 [S_i^{\max} - S_{i,t}]$ được đưa vào phương trình (1).

Nếu $S_{i,t} \leq S_i^{\min}$ thì hàm phạt

$\sum_{i=1}^I \sum_{t=0}^{11} c_2 [S_i^{\min} - S_{i,t}]$ được đưa vào phương trình (1).

Trong đó c_1 , c_2 là các hằng số được điều

chỉnh trong quá trình chạy mô hình để đảm bảo các toán tử di truyền được lựa chọn hợp lý và làm đa dạng quần thể.

4. QUY TRÌNH ÁP DỤNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

Quy trình áp dụng thuật toán GA cho 4 hồ thủy điện Lai Châu, Bản Chát, Sơn La, Hòa Bình được thực hiện theo các bước sau:

B1. Khởi tạo: Một quần thể NST, mỗi NST đại diện cho một giải pháp khả thi của bài toán được tạo ra một cách ngẫu nhiên. Các gen của NST được phân bố các giá trị giữa cận trên và cận dưới của các giá trị biến đổi. Quần thể ban đầu phải cung cấp nhiều loại vật liệu di truyền. Với quy mô quần thể đủ lớn, sẽ đạt được sự đa dạng đầy đủ.

B2. Đánh giá mức độ thích nghi: Đối với mỗi NST, mức độ thích nghi được tính bằng cách sử dụng một hàm đánh giá thông thường được chọn là hàm mục tiêu của bài toán. Đối với bài toán 4 hồ chứa, giá trị thích nghi tương ứng với tổng khả năng phát điện của các nhà máy thủy điện. Hàm thích nghi cũng bao gồm một hàm phạt nếu dung tích hoặc mực nước vượt quá giới hạn theo quy định của quy trình vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Hồng theo Quyết định số 740/QĐ-TTg ngày 17/6/2019.

B3. Bảo tồn: NST tốt nhất của thế hệ trước được bảo tồn sao cho nó không bị mất giữa các thế hệ. Nếu NST tốt nhất của thế hệ hiện tại xấu hơn NST tốt nhất của thế hệ trước thì NST tốt nhất ở thế hệ trước được bảo toàn cho thế hệ hiện tại, ngược lại nó bị thay thế bởi NST mới tốt hơn.

B4. Chọn lọc: Mỗi NST có một giá trị liên kết tương ứng với mức độ thích nghi của quá trình tiến hóa mà nó đại diện. Đối với bài toán đang được xem xét, tổng điện năng thu được sau khi kết thúc 12 giai đoạn vận hành được sử dụng làm thước đo tính thích nghi của giải pháp. Dựa trên giá trị này, các NST được lựa chọn để tham gia vào thế hệ tiếp theo bằng cách sử dụng sơ đồ lựa chọn. Có 3 sơ đồ lựa chọn hay được

áp dụng trong GA đó là sơ đồ lựa chọn theo tỷ lệ, lựa chọn dựa trên xếp hạng, lựa chọn theo giải đấu. Trong bài báo này sơ đồ lựa chọn theo giải đấu được áp dụng vào quy trình lựa chọn các cá thể di truyền vào thế hệ sau.

B5. Lai chéo: Các cặp NST được lựa chọn ngẫu nhiên và thông tin di truyền được trao đổi giữa các NST này để tạo ra các NST mới. Xác suất lai chéo thường được đặt trong khoảng từ $0,5 \div 0,95$. Lai chéo đồng nhất đã được sử dụng cho bài toán này.

B6. Đột biến: GA hoạt động bằng cách loại bỏ các NST có giá trị thích nghi kém trong mỗi thế hệ và làm như vậy có thể làm mất một số thông tin di truyền quan trọng. Điều này có thể khiến GA hội tụ sớm đến mức tối ưu cục bộ. Để duy trì sự đa dạng trong quần thể, một số gen bị đột biến ngẫu nhiên để giữ cho quần thể không hội tụ quá nhanh. Đột biến xảy ra với xác suất thấp thông thường lấy bằng tỷ lệ đột biến 1 gen trên tổng số gen trong NST. Trong nghiên cứu này, đột biến đồng nhất được sử dụng với xác suất đột biến ($P_{\text{mutation}}=1/48$).

B7. Thay thế: Một quần thể NST mới thu được để xử lý di truyền tiếp theo sau khi áp dụng các toán tử lựa chọn, lai chéo và đột biến. Các NST mới này thay thế các NST từ quần thể cũ với số lượng quần thể không thay đổi.

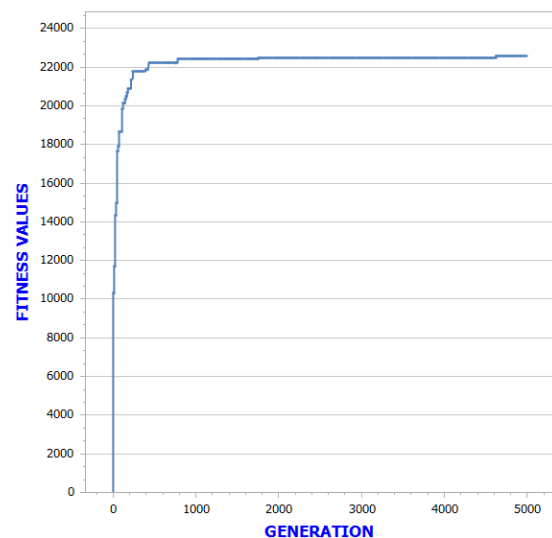
Thuật toán GA lặp lại các bước từ 2 đến 7 để tạo ra các thế hệ kế tiếp và thu được các giải pháp cải tiến dần qua các thế hệ. Trong bài báo này thuật toán GA được cài đặt bằng phần mềm Microsoft Visual Studio C# được thực hiện trên máy tính Core i7-2.5GHz, RAM 32GB.

5. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Đối với bài toán vận hành hồ chứa, hàm ngẫu nhiên tạo giá trị thực giữa các giới hạn dưới và trên được xác định trước, do đó đảm bảo các biến quyết định được gán là các biến liên tục và bao phủ toàn bộ không gian tìm kiếm. Số lượng gen trong NST phụ thuộc vào số lượng các hồ chứa và các bước thời gian được xem xét trong mô hình. Bài toán 4 hồ chứa Lai Châu, Bản

Chát, Sơn La, Hòa Bình được tính toán với 12 bước thời gian (12 tháng) tương ứng có 48 biến quyết định được biểu diễn trong NST của GA. Do đó, mỗi NST đại diện cho một giải pháp tiềm năng cho bài toán bao gồm 48 gen.

Kích thước quần thể 1000 được chọn để có thể duy trì mức độ đa dạng di truyền mong muốn cho các quần thể ban đầu và các quần thể tiếp theo. Xác suất lai chéo được chọn là 0,75 phù hợp với nhiều bài toán di truyền đã được áp dụng. Xác suất đột biến tương ứng với khoảng 1 gen đột biến trên mỗi NST đã được xem xét. Giá trị xác suất đột biến là 0,02. Số lượng thế hệ được chọn là 5000. Sự thay đổi của giá trị hàm thích nghi tối đa với số thế hệ được thể hiện trong Hình 3. Có thể quan sát từ biểu đồ cho thấy GA liên tục cải thiện giải pháp qua từng thế hệ mặc dù tốc độ cải thiện chậm trong phần sau của quá trình chạy và dần đạt đến giá trị lớn nhất. Sự thay đổi về giá trị hàm thích nghi các thế hệ là thấp khi thời gian chạy gần kết thúc, giá trị hàm thích nghi của quần thể đạt đến tối đa.



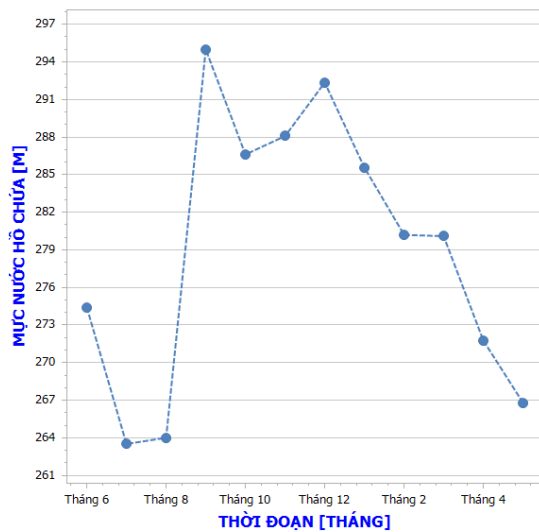
Hình 3. Biểu đồ sự thay đổi giá trị hàm thích nghi qua từng thế hệ.

Hàm mục tiêu đạt giá trị lớn nhất tương ứng với tổ hợp cho giá trị lớn nhất của hàm thích nghi. Tính toán kiểm định kết quả một số năm thủy văn điển hình của các năm kiệt thiết kế ($P=95\%$):

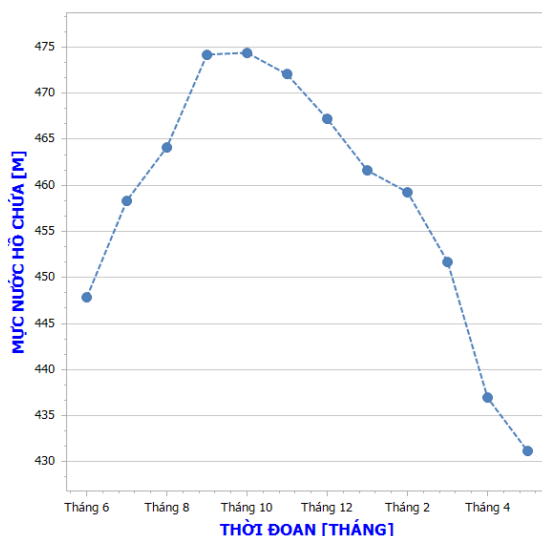
1992-1993, năm trung bình nước (P=50%): 1974-1975 và năm nhiều nước (P=5%): 1999-2000 được so sánh với số liệu tính toán theo phương pháp Quy hoạch động DPDP (Hồ Ngọc Dung, 2017) cho sơ đồ 2 hồ Sơn La-Hòa Bình kết quả tính toán thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. So sánh kết quả tính toán điện lượng tối ưu E_0 [GWh] bằng DPDP với GA cho 2 hồ Sơn La-Hòa Bình

TT	DPDP	GA	Δ (%)
1974-1975	21347	21628	+1,32
1992-1993	16194	17479	+7,93
1999-2000	26350	26854	+0,02

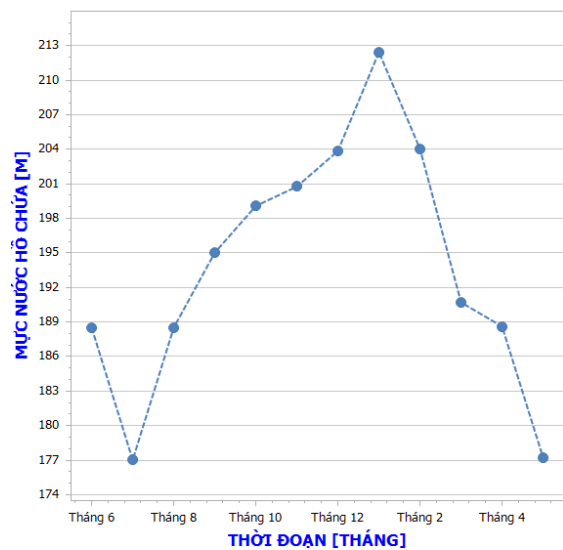


Hình 4. Mức nước hồ Lai Châu năm 1992-1993

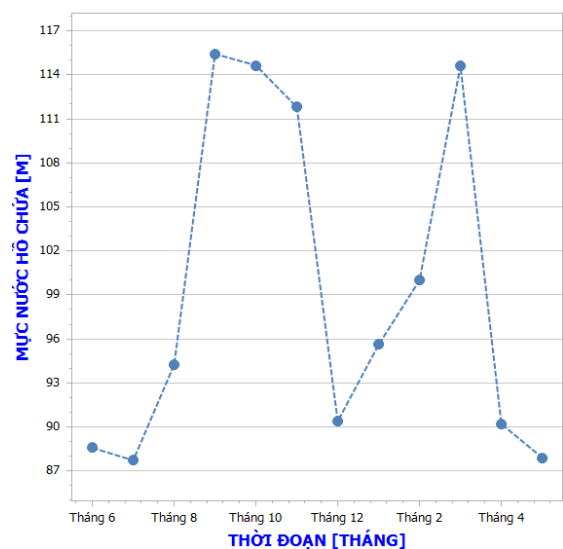


Hình 5. Mức nước hồ Bản Chất năm 1992-1993

Kết quả cho thấy đối với năm kiệt thiết kế 1992-1993, giá trị điện lượng năm thu được bằng phương pháp GA cao hơn do trong sơ đồ đã tính đến điều tiết vận hành đồng thời của 2 hồ Lai Châu và Bản Chất trong khi trong phương pháp DPDP mới chỉ xét 2 hồ Sơn La, Hòa Bình. Các năm trung bình nước và năm nhiều nước kết quả chênh lệch không nhiều vì những năm này lượng nước thiên nhiên đến nhiều nên vận hành điều tiết liên hồ không ảnh hưởng nhiều. Các quỹ đạo tính toán mực nước hồ chứa cho năm 1992-1993 được thể hiện như Hình 4, 5, 6 và 7.



Hình 6. Mức nước hồ Sơn La năm 1992-1993



Hình 7. Mức nước hồ Hòa Bình năm 1992-1993

6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, thuật toán di truyền GA được đề xuất để đưa ra các chính sách vận hành cho một hệ thống hồ chứa. Kỹ thuật này có khả năng tìm kiếm các giải pháp tối ưu. Nghiên cứu áp dụng cho hệ thống 4 hồ chứa Lai Châu, Bản Chát, Sơn La, Hòa Bình là hệ thống hồ chứa bậc thang lớn nhất Việt Nam. Kết quả tính toán được so sánh với

phương pháp Quy hoạch động DPDP cho 2 hồ Sơn La, Hòa Bình cho thấy giá trị tối ưu điện lượng trong sơ đồ GA khi xét đến làm việc của 4 hồ trong năm kiệt thiết kế tăng 7,93%, năm trung bình nước tăng 1,32%, năm nhiều nước tăng 0,02%. Thuật toán GA có thể áp dụng cho hệ thống nhiều hồ chứa với các hàm mục tiêu và điều kiện ràng buộc phức tạp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dung, H. N., 2017, *Nghiên cứu cơ sở khoa học vận hành tối ưu hệ thống bậc thang hồ chứa thủy điện trên sông Đà trong mùa cạn*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, Việt Nam.
- Quyết định 740/QĐ-TTg của thủ tướng, “*Về việc ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Hồng*” ngày 17 tháng 6 năm 2019.
- Bellman, R., 1957, *Dynamic Programming*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Esat, V., and Hall, M. J., 1994, *Water resources system optimisation using genetic algorithms*, Hydroinformatics '94, Proc., 1st mt. Conf. on Hydroinformatics, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 225-231.
- Goldberg, D. E, 1989, *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Heidari, M., Chow, V. T., Kokotovic, P. V., and Meredith, D. D. (1971), *Discretedifferential dynamic programming approach to water resources systems optimization*, *Water Resour. Res.*, 7(2), 273-283.
- Holland, J. H, 1975, *Adaptation in natural and artificial systems*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Larson, R. E, 1968, *State increment dynamic programming*, American Elsevier, New York.
- Sharif, M., 1999, *Multi Reservoir Systems Optimisation Using Genetic Algorithms*, Ph.D.dissertation, The University of Edinburgh.
- Wang, M., Zhang, Y., Lu, Y., Wan, X., Xu, B. and Yu, L., 2022, *Comparison of multi-objective genetic algorithms for optimization of cascade reservoir systems*, *Journal of Water and Climate Change*, Vol.13, pp.4069-4086.

Abstract:
**RESEARCH ON OPTIMAL OPERATION METHOD OF MULTI- RESERVOIR
CASCADE HYDROPOWER USING GENETIC ALGORITHM**

Optimizing the operation of hydropower plants (HPPs) is of great significance for the Vietnamese power system in the context of an increasing trend of renewable energy sources in power generation. HPPs with regulated reservoirs can be an effective solution to ensure balance and stability for the power system. To optimize the operation of reservoirs for power generation, classical mathematical optimization algorithms such as linear programming, nonlinear programming, and dynamic programming are commonly used. Currently, genetic algorithm (GA) is the most widely applied algorithm in the field of artificial neural networks (ANN) to find optimal weights. Applying the GA algorithm to the optimization of the operation of cascade hydropower reservoirs is a good solution for making operational decisions for the reservoir system. This article provides a basis for applying the GA algorithm to calculate optimal power generation operation for the Lai Chau, Ban Chat, Son La, Hoa Binh cascade hydropower reservoir system.

Keywords: Genetic algorithm, multi-reservoir system, cascade hydropower.

Ngày nhận bài: 25/2/2023

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2023