

# SỬ DỤNG THUẬT TOÁN NSGA II TỐI ƯU VẬN HÀNH TRỮ NƯỚC MÙA MƯA SỬ DỤNG CHO MÙA KHÔ TRÊN HỆ THỐNG KÊNH CHÍNH VÙNG 9 XÃ KÊNH LÊ XUÂN ĐÀO, HỆ THỐNG THỦY LỢI NAM NGHỆ AN

Nguyễn Quang An

Ban quản lý TU các dự án Thủy lợi

**Tóm tắt:** Vùng kênh Lê Xuân Đào gồm 9 xã nằm phía Đông Nam của huyện Hưng Nguyên, tỉnh Nghệ An, có tổng số diện tích tự nhiên là 4.637,6 ha, trong đó diện tích đất nông nghiệp là 2.475,41 ha. Đây là vùng đồng bằng chủ yếu sản xuất nông nghiệp, chịu nhiều ảnh hưởng của thiên tai như lũ lụt, hạn hán, gió Lào, ... Do đặc điểm khí hậu, thủy văn của khu vực, lượng mưa hàng năm tương đối cao nhưng có sự phân bố không đều, chiếm 85% vào mùa mưa, mùa khô chỉ có 15% tổng lượng mưa năm, dẫn đến hiện tượng thừa nước vào mùa mưa và thiếu nước vào mùa khô.

Bài báo giới thiệu kết quả ứng dụng thuật toán NSGA II tối ưu hóa việc thu trữ nước trong mùa mưa nhằm cung cấp đủ lượng nước thiếu hụt trong mùa khô cho sản xuất nông nghiệp và giảm chi phí bơm tiêu trong mùa mưa.

**Từ khóa:** Kênh Lê Xuân Đào; Thu trữ nước; Phương án tối ưu; Thuật toán NSGA II;

**Summary:** Le Xuan Dao canal region includes 9 communes in the South East of Hung Nguyen, Nghe An province with 4.637,6 ha of total area in which 2.475,41 ha agriculture area. This is the delta mainly agricultural production, affected by natural disasters such as floods, droughts, Lao wind, etc. Due to the climate and hydrological characteristics of the area, the annual rainfall is relatively high but it is unevenly distributed, about 85% in rainy season, only 15% in dry season, resulting in excess water in rainy season and water shortage in dry season.

This paper presents the results of applying the NSGA II algorithm to optimize water harvesting in the rainy season to provide sufficient water deficit during the dry season for agricultural production and to reduce the cost of pumping during the rainy season.

**Key Words:** Le Xuan Dao canal; water harvesting, optimal; NSGA II.

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Bài toán tối ưu là một lĩnh vực kinh điển của toán học có nhiều ảnh hưởng đến nhiều lĩnh vực khoa học công nghệ, kinh tế xã hội. Một phương án tối ưu là một phương án khả thi và tốt nhất, tức là phương án làm cho hàm mục tiêu đạt kết quả min (max) và phải thỏa mãn các điều kiện yêu cầu của bài toán (thỏa mãn các điều kiện ràng buộc). Trong nội dung nghiên cứu về giải pháp vận hành trữ nước,

một thuật toán tìm kiếm giải pháp vận hành tối ưu đã được lập bằng ngôn ngữ lập trình Matlab. Thuật toán này lấy thuật toán tối ưu đa mục tiêu di truyền NSGA II làm cơ sở, bài toán được chuyển về tìm tham số của một dạng hàm vận hành đã được đề xuất với mục tiêu tối ưu hóa 2 chỉ tiêu về tổng lượng tiêu và lượng nước thiếu hụt trên hệ thống.

## 1. GIỚI THIỆU THUẬT TOÁN NSGA II

Giới thiệu thuật toán

NSGA là viết tắt của *thuật toán di truyền sắp xếp các nghiệm không trội*. Các ký hiệu và thuật toán trong thuật toán NSGA II

Ngày nhận bài: 18/5/2017

Ngày thông qua phản biện: 03/7/2017

Ngày duyệt đăng: 26/7/2017

(Nondominated Sorting Genetic Algorithm II) được cải tiến từ thuật toán NSGA.

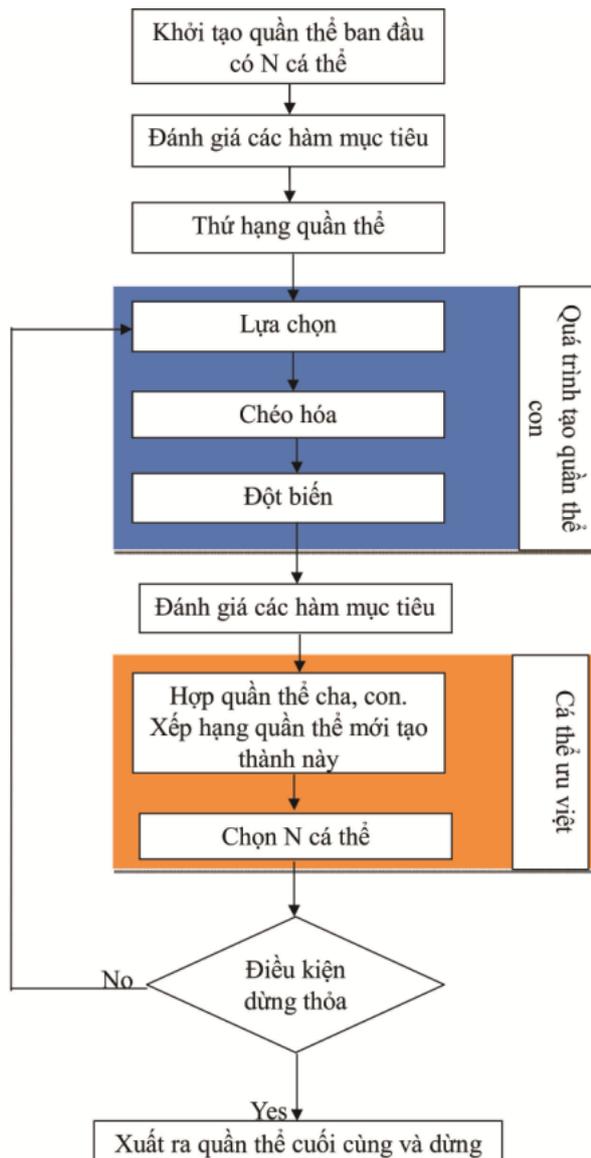
Các biến:  $P_t$ : Quần thể cha;

Q: Quần thể con được tạo thành từ các cá thể trong  $P_t$ ;

$F_j$ : Biến chứa nghiệm không trội, với  $j=1, \dots, R$ ;

N: Số lượng cá thể trong quần thể  $P_t$ ;

Thuật toán: Sơ đồ thể hiện thuật toán như sau



Sơ đồ thể hiện thuật toán NSGA II

Số liệu đầu vào

Các đặc điểm vật lý của hệ thống

- Số liệu mực nước thượng lưu cống Nam Đàn.

- Các thông số kỹ thuật của trạm bơm 12/9 và trạm bơm Hưng Châu.

- Các thông số kỹ thuật của các kênh chính trong khu vực nghiên cứu: chiều dài, rộng, hệ số mái, ...

Số liệu khí tượng

Số liệu mưa, nhiệt độ, độ ẩm, gió, bốc hơi, số giờ nắng được lấy với chuỗi số liệu 50 năm: Từ năm 1960 đến năm 2010. Các số liệu này được thu thập từ Trạm khí tượng Vinh, Nghệ An, Ngôn ngữ lập trình

## 2. XÂY DỰNG HÀM VẬN HÀNH THỜI GIAN THỰC CHO HỆ THỐNG 9 XÃ KÊNH LÊ XUÂN ĐÀO ĐỂ TRỮ NƯỚC CHO VÙNG NGHIÊN CỨU

### 2.1 Đặc điểm của hệ thống

Diện tích tự nhiên vùng 9 xã là 4.637,6 ha, trong đó diện tích đất nông nghiệp là 2.475,41 ha. Nguồn nước cấp để tưới cho khu vực là sông Lam, lấy qua cống Nam Đàn, có 4 cửa và một âu thuyền qua hệ thống kênh Tháp, kênh Lam Trà, kênh Gai.

Hiện tại, nguồn nước lấy qua cống Nam Đàn chưa đủ vì mực nước trước cống Nam Đàn xuống thấp, khả năng lấy vào cống hiện tại chỉ khoảng  $5,6 \div 21,3 \text{ m}^3/\text{s}$  đạt 69% năng lực thiết kế. Khi mực nước tại sông Lam về mùa kiệt xuống thấp, chỉ đạt từ 0,2 – 0,8 m (Thiết kế 1,15 m, lưu lượng  $32,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Khi đó mực nước trên các kênh rất thấp, các trạm bơm dọc tuyến chỉ hoạt động theo thời gian triều lên (0,7 m trở lên khoảng 3-4 giờ). Trên các tuyến kênh nối tiếp (kênh Gai, sông Vinh) và tuyến Hoàng Cầm phục vụ cho các trạm bơm trong huyện Hưng Nguyên rất khó khăn (kể cả trạm bơm chuyên 12/9) bơm tạo nguồn cho kênh Lê Xuân Đào phục vụ cho các xã cuối nguồn rất khó khăn về nguồn nước.

Trong hệ thống có 5 kênh trữ nước đồng thời cũng là các trục tiêu chính cho vùng nhờ trạm bơm tưới, tiêu kết hợp Hưng Châu gồm 8 máy bơm trực đứng loại DU-750 động cơ 200 KW,

lưu lượng mỗi máy 8.000m<sup>3</sup>/h tiêu ứng cho cho khu vực . 5 kênh trữ này là kênh 12/9, Lê Xuân Đào, Tiến Thắng, Hưng Nguyên, Hạnh Phúc, các kênh có tổng chiều dài 27.900 m, mặt cắt hình thang b = 5 ÷ 22m, H =2,5 ÷ 4,0 m. Khi hạn hán là các điểm trữ nước chống hạn cho khu vực.

5 kênh trữ nước trong hệ thống là tương đối lớn. Tuy nhiên, một số đoạn bị bồi lắng, ảnh hưởng đến vận chuyển nước cũng như tích trữ nước và chỉ đáp ứng được một phần nhu cầu nước mùa khô cho khu vực.

**2.2 Xây dựng hàm mục tiêu cụ thể áp dụng cho khu vực nghiên cứu**

Để đảm bảo khả năng cung cấp nước vào mùa kiệt cho khu vực nghiên cứu, giải pháp sử dụng các kênh chìm có sẵn trong khu vực để thu trữ nước mùa mưa sử dụng cho mùa kiệt là một giải pháp hiệu quả. Tuy nhiên, trong thực tế, gặp phải vấn đề phức tạp là làm sao để tích trữ đủ cho mùa kiệt. Ngoài ra, một vấn đề rất quan trọng khác, trong thời gian tích trữ nước, nếu xảy ra mưa sẽ phải bơm tiêu để tránh tình trạng ngập úng trên ruộng. Trong nghiên cứu của mình, tác giả sử dụng cách tiếp cận tối ưu ngẫu nhiên hiện thiết lập khung tối ưu hóa ứng dụng thuật toán di truyền NSGA-II (Deb 2000) với ngôn ngữ lập trình MATLAB. Việc cấp nước đảm bảo cho các thời kỳ sinh trưởng của cây trồng và việc hạn chế một cách tối đa số giờ bơm tiêu của hệ thống được xác định một cách tối ưu thông qua hai hàm mục tiêu được xác định dưới đây:

**Hàm mục tiêu 1: Lượng nước thiếu hụt cho cây trồng trong khu vực nghiên cứu phải là nhỏ nhất**

$$\text{Min } \sum_{i=1}^N (W_{\text{thiếu}})$$

if  $W_d > I_r$   $W_{\text{thiếu}} = W_d - I_r$ , else  $W_{\text{thiếu}} = 0$

Trong đó:

$W_{\text{thiếu}}$  : Lượng nước thiếu hụt

$W_d$ : Nhu cầu nước của cây trồng

$I_r$ : Lượng nước tưới

**Hàm mục tiêu 2: Lượng nước tiêu phải là nhỏ nhất**

Min  $W_{\text{tiêu}}$

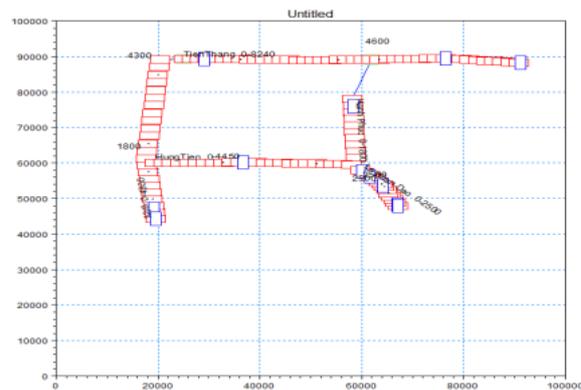
$$W_{\text{tiêu}} = f(S_t, R, T_{\text{req}}, S_{\text{SYS}})$$

$T_{\text{req}}$ : Ngưỡng tiêu

**2.3 Xây dựng các số liệu đầu vào**

**2.3.1 Mô hình tiêu**

Để xây dựng mô hình tiêu cho hệ thống, sử dụng giải pháp xây dựng ma trận bảng tra các kết quả tiêu từ việc sử dụng mô hình thủy động lực học tính thử cho các kịch bản khác nhau.



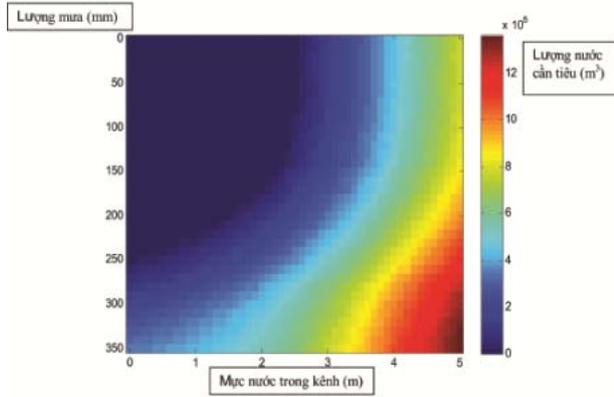
Sơ đồ mạng hệ thống

Trên hệ thống mạng sông, số hóa 5 kênh chính của hệ thống với tổng chiều dài là 21,5 km, với 114 mặt cắt kênh và thiết lập các biên tính toán. Tài liệu khí tượng được lấy theo ngày và được thu thập tại trạm Vinh và Trạm bơm Hưng Châu .

**Ma trận tiêu**

Tác giả đã sử dụng ngôn ngữ lập trình cấp cao Matlab, viết một đoạn Script để tự động thiết lập ma trận đầu vào, kết hợp với mô hình Mike 11, đồng thời tính toán đồng bộ cho ma trận đầu vào có dải mưa từ 0 đến 350 mm với bước tính toán là 10 mm và mực nước ban đầu hệ thống dao động từ 0 đến 5m với bước tính toán là 10 cm. Tổng cộng đã có 1.836 kịch bản, ra

được 2 kết quả về (i) quan hệ tổng lượng tiêu ngày theo lượng mưa ngày và mực nước trong kênh đầu ngày; (ii) quan hệ mực nước cuối ngày trên kênh, lượng mưa ngày và mực nước trong kênh đầu ngày, như sau:

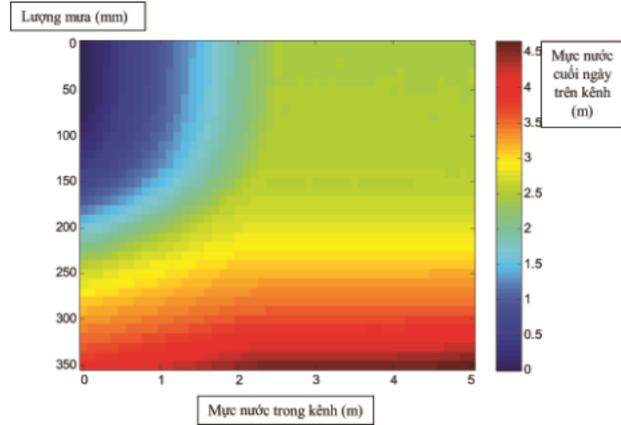


Ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và lượng nước cần tiêu

Ma trận tiêu này là một bảng tra ứng với từng trận mưa và mực nước đầu ngày trên kênh sẽ cho ta 1 kết quả về lượng nước cần tiêu. Ma trận tiêu thay thế sẽ đảm bảo yêu cầu về mặt khối lượng và giảm rất nhiều thời gian tính toán.

Từ quan hệ mưa, mực nước trên kênh và lượng nước cần tiêu nhận thấy với mực nước trữ lại trên kênh dưới 1,2 m thì khi lượng mưa dưới 250 mm thì không phải bơm tiêu. Trường hợp gặp cơn mưa cực đoan lên đến 350 mm/ngày thì ngay cả khi không trữ nước trong hệ thống kênh, toàn hệ thống vẫn phải tiêu 342.650 m<sup>3</sup>. Tổng cộng có 1.836 kịch bản

Ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và mực nước cuối ngày trên kênh là một bảng tra ứng với từng trận mưa và mực nước đầu ngày trên kênh sẽ cho kết quả là mực nước cuối ngày trên kênh. Kết quả này sẽ là số liệu đầu vào cho việc tính toán lưu lượng tiêu ngày hôm sau.

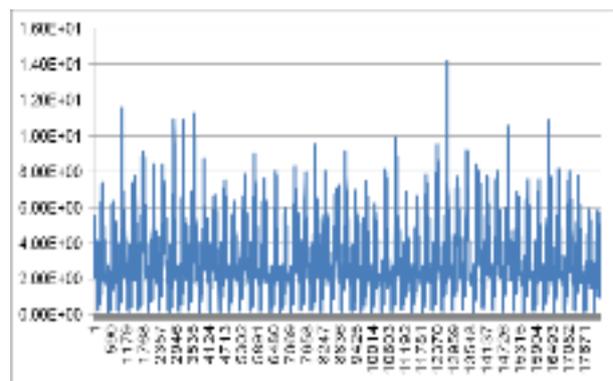


Ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và mực nước cuối ngày trên kênh

Từ quan hệ mưa, mực nước trên kênh và mực nước cuối ngày, nhận thấy với từng trường hợp ứng với lượng mưa, mực nước trên kênh sẽ cho ra mực nước cuối ngày trên kênh. Tổng cộng có 1.836 kịch bản.

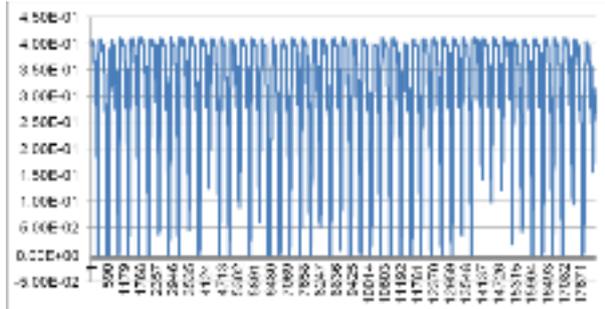
### 2.3.2 Tính toán các số liệu đầu vào

Sau khi áp dụng các công thức, sử dụng Matlab để xây dựng mô hình, với chuỗi thời gian 50 năm (18.250 ngày), có các kết quả về tổng lượng xả, dung tích thật của hệ thống, dòng chảy đến, dòng chảy vào do mưa và tổng lượng bốc hơi mặt thoáng trên kênh. Các kết quả được biểu thị dưới dạng đồ thị sau:



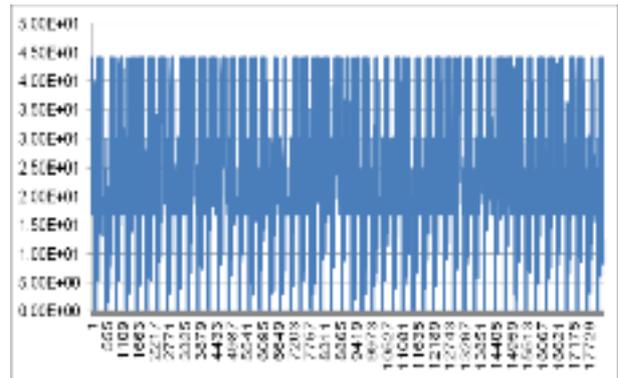
Biểu đồ tổng lượng xả (m<sup>3</sup>/s)

Như vậy, với chuỗi thời gian 50 năm, có ngày lượng nước xả lên tới hơn 14 m<sup>3</sup>/s, trung bình ngày xả khoảng 2 m<sup>3</sup>/s.

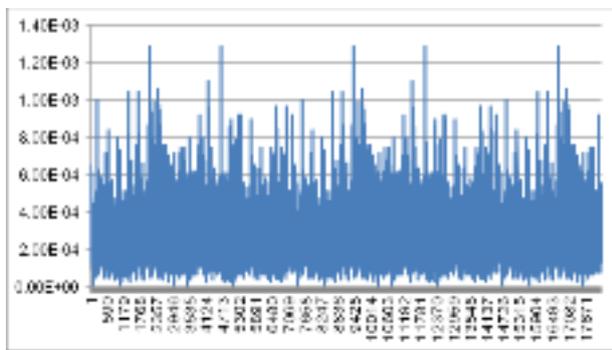


Biểu đồ dung tích của hệ thống ( $10^6 m^3$ )

Dung tích trung bình trên hệ thống khoảng 0,27 triệu  $m^3/s$

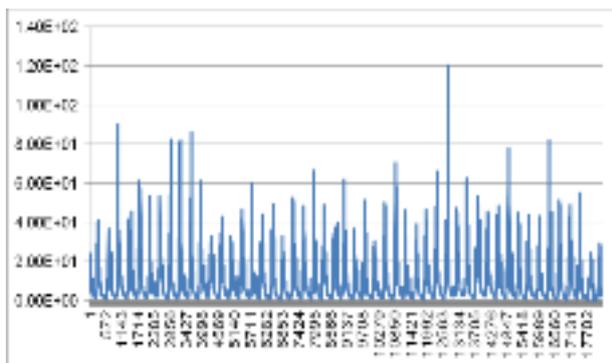


Biểu đồ dòng chảy lấy vào ( $m^3/s$ )



Biểu đồ lượng bốc hơi mặt thoáng trên kênh ( $10^6 m^3/ngày$ )

Lượng bốc hơi mặt thoáng trung bình  $2 \times 10^{-4}$  triệu  $m^3/s$  một ngày

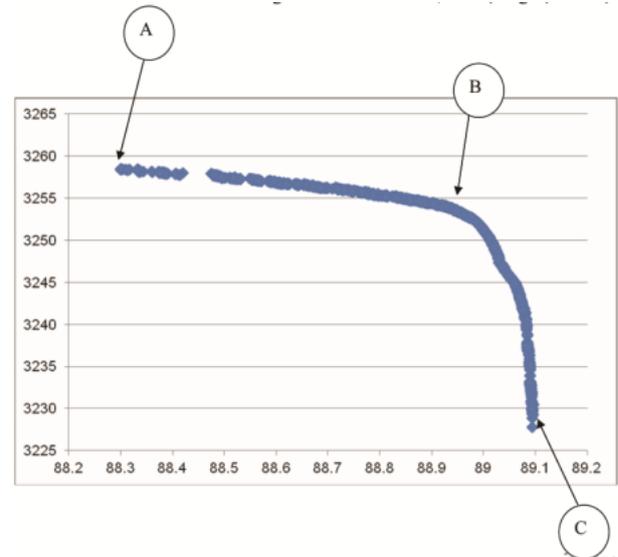


Biểu đồ dòng chảy vào do mưa ( $m^3/s$ )

Khu vực có lượng mưa tương đối dồi dào nhưng lại khá chênh lệch giữa mùa mưa và mùa khô. Có những ngày dòng chảy vào do mưa lên tới  $120 m^3/s$ , nhưng lại có rất nhiều ngày không có dòng chảy vào do mưa. Trung bình khoảng  $15 m^3/s$ .

## 2.4 Mặt Pareto và giải pháp vận hành

Toàn bộ khung giải pháp đã được viết trên ngôn ngữ Matlab tính toán trên 1 chuỗi thời gian 50 năm, theo ngày, tổng cộng 18.250 bước. Bài toán được tính toán tối ưu trên 200 thể hệ, trong mỗi 1 thể hệ số lượng cá thể trong quần thể là 5.000. Tổng cộng có  $5.000 \times 200 = 1.000.000$  lần đánh giá. Sau khi tính toán, ra được nghiệm là mặt Pareto sau:



Kết quả nghiệm pareto

Kết quả của của giải pháp vận hành là mặt pareto với trục tung biểu thị tổng lượng nước tiêu và trục hoành biểu thị tổng lượng nước thiếu.

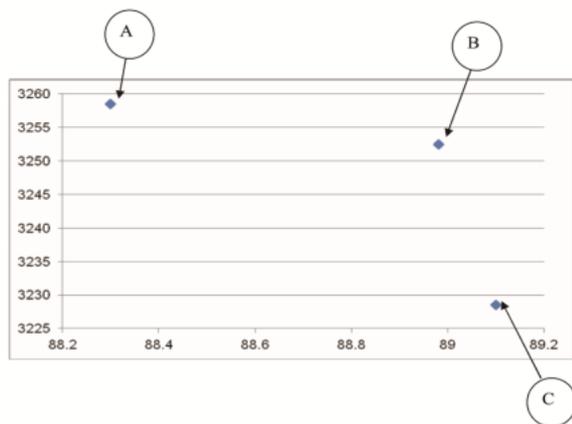
Với tính toán này, tổng lượng nước thiếu hụt trong 50 năm dao động từ 88,3 triệu  $m^3$  đến 89,1 triệu  $m^3$ ; tổng lượng nước cần tiêu dao

động từ 3.228 triệu m<sup>3</sup> đến 3.258 triệu m<sup>3</sup>.

Có 3 xu thế của giải pháp vận hành cho hệ thống nhưng luôn đảm bảo tính tối ưu theo 3 phương án như sau:: Phương án A là đại diện cho các phương án theo xu thế lượng nước thiếu hụt cho cây trồng là nhỏ nhất, chỉ 88,30014 triệu m<sup>3</sup>. Tuy nhiên lượng nước cần phải bơm tiêu lại lớn nhất 3258.487 triệu m<sup>3</sup>.

Phương án B là đại diện cho các phương án theo xu thế cân bằng giữa lượng nước thiếu hụt và lượng nước tiêu, lượng nước thiếu hụt là 88.98166 triệu m<sup>3</sup>, lượng nước tiêu là 3252.492 triệu m<sup>3</sup>.

Phương án C là đại diện cho các phương án theo xu thế tổng lượng nước tiêu là nhỏ nhất 3228.512 triệu m<sup>3</sup>, nhưng lượng nước thiếu hụt lại lớn nhất 89.10011 triệu m<sup>3</sup>.



Các nghiệm điển hình

Phương án	Tổng lượng nước thiếu	Tổng lượng nước tiêu
A	88.30014	3258.487
B	88.98166	3252.492
C	89.10011	3228.512

### 3. KẾT LUẬN

Bài toán về tưới và tiêu trong hệ thống là một hệ thống các phương trình phi tuyến phức tạp mà không dễ xử lý với các thuật toán tối ưu thông thường, việc lựa chọn một thuật toán thuộc lớp tiến hóa đa mục tiêu như NSGA II đảm bảo cho việc xác định được một nghiệm gần đến toàn cục thì vẫn hơn là các thuật toán mạnh mẽ thuộc lớp phi tuyến vốn thông thường chỉ đảm bảo được nghiệm cục bộ và thuật toán này còn có lợi thế trong việc dễ dàng kết hợp những mô hình thủy động lực học tiêu như Mike 11. Tuy vậy, thời gian tính toán vẫn là rất lớn và để xử lý vấn đề này tác giả đã đưa ra một giải pháp tính toán “off line” với mô hình tiêu để tạo ra một ma trận tiêu được định sẵn trước và sau đó ma trận này được sử dụng trong quá trình tìm kiếm giải pháp tối ưu.

Kết quả sau 200 thế hệ, với một số lượng đủ lớn, khoảng 5.000 cá thể trong quần thể, quá trình tìm kiếm đã hội tụ đến một mặt pareto có mật độ nghiệm và tính đa dạng khá cao.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kalyanmoy Deb, A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II.
- [2] Lê Hùng Nam (2015), Tối ưu hóa hệ thống và khả năng ứng dụng trong quản lý tài nguyên nước.
- [3] Nguyễn Hải Thanh (2006), Tối ưu hóa, Nxb. Bách Khoa Hà Nội.
- [4] Nguyễn Quang Trung (2011 – 2014), Nghiên cứu đề xuất giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của dòng chảy kiệt phục vụ sản xuất nông nghiệp, thủy sản vùng hạ du sông Cả và sông Mã.
- [5] Nur Evin Özdemirel, Deb et al. (2000), A fast and elitist multiobjective geneticalgorithm: NSGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation 6.
- [6] Tushar Goel, Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm: NSGA-II.