

# NGHIÊN CỨU ĐIỀU HÀNH HỒ CHỨA CHỐNG LŨ SỬ DỤNG THUẬT TOÁN FUZZY LOGIC

Nguyễn Việt

Tổng cục thủy Lợi - Bộ NN và PTNT

Nguyễn Tiền Giang; Nguyễn Hữu Khải

Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội

**Tóm tắt:** Điều hành hồ chứa chống lũ luôn là vấn đề được quan tâm, nhiều nghiên cứu về vận hành hồ và hệ thống hồ chứa chống lũ cho hạ du đã được triển khai. Nhìn chung các phương pháp tiếp cận thường theo hướng sử dụng mô hình mô phỏng kết hợp với một số kỹ thuật tối ưu để lựa chọn phương án vận hành hợp lý. Cho đến nay, tuy đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong nghiên cứu vận hành hệ thống hồ chứa, nhưng vẫn chưa có một lời giải chung cho mọi hệ thống mà tùy đặc thù của từng hệ thống để đưa ra các lời giải phù hợp.

Thời gian gần đây, lý thuyết tập mờ đã được ứng dụng khá phổ biến và tỏ hữu hiệu trong việc xử lý các giá trị không chính xác. Tuy nhiên, việc ứng dụng thuật toán Fuzzy logic trong vận hành hồ chứa chống lũ, đặc biệt là ở Việt Nam, vẫn còn ở mức hạn chế. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng thuật toán fuzzy logic trong điều hành hồ chứa Ka Nak, thuộc hệ thống liên hồ chứa sông Ba, để cắt giảm lũ cho hạ du.

**Từ khoá:** sông Ba, vận hành hồ chứa, chống lũ, Fuzzy Logic, hàm liên thuộc, hệ suy luận mờ, hệ điều khiển mờ.

**Summary:** Operating the reservoir against floods is always a matter of concern. Many studies on the operation of reservoir systems for flood control in downstream areas have been carried out. The approaches are often used in the simulation model combined with some optimum techniques to select the right operation option. So far, significant advances have been made in the operation of the reservoir system, but there is no general solution for every system that depends on the specificity of each system to provide the well suited solution. In recent times, fuzzy set theory has been applied quite well and proved effective in dealing with inaccurate values. However, the application of the Fuzzy logic algorithm in the operation of reservoirs against floods, especially in Vietnam, is still limited. This paper presents the results of a study using a fuzzy logic algorithm in the Ka Nak reservoir management, in the Ba river reservoir system, to reduce floods for the downstream.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thời gian qua, nhiều công trình nghiên cứu về vận hành hồ và hệ thống hồ chứa chống lũ cho hạ du đã được triển khai trên các lưu vực sông. Công ty tư vấn Điện I (1991), Viện Quy hoạch và Quản lý nước (1991) nghiên cứu lập quy

trình vận hành hồ chứa Hoà Bình phòng lũ và phát điện. Hoàng Minh Tuyên (2002) đã phân tích đánh giá vai trò của một số hồ chứa thượng nguồn sông Hồng cho phòng chống lũ hạ du. Viện khoa học Thủy lợi (2006) đã thực hiện dự án xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đà và sông Lô khi có các hồ chứa Thác Bà, Hoà Bình, Tuyên Quang. Trần Hồng Thái (2005) và Ngô Lê Long (2006) bước đầu áp dụng thuật toán tối ưu hoá

---

Ngày nhận bài: 01/02/2018

Ngày thông qua phản biện: 19/4/2018

Ngày duyệt đăng: 26/4/2018

trong vận hành hồ Hoà Bình phòng chống lũ và phát điện. Nguyễn Hữu Khải và Lê Thị Huệ (2007) nghiên cứu áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho điều tiết lũ hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Hương, cho phép xác định trình tự và thời gian vận hành hợp lý các hồ chứa bảo đảm kiểm soát lũ hạ lưu sông Hương. Nguyễn Thế Hùng và Lê Hùng (2009) đã áp dụng thuật toán di truyền tìm kiếm quỹ đạo vận hành tối ưu hồ chứa nước có nhà máy thủy điện làm việc độc lập với quá trình dòng đến là ngẫu nhiên cho công trình thủy điện EA Krông Rou.

Trên lưu vực sông Ba cũng có các nghiên cứu về vận hành hệ thống hồ chứa chống lũ cho hạ du như: Nguyễn Hữu Khải (2010) Đề tài KC.08.30/06-10 “Nghiên cứu xây dựng công nghệ điều hành hệ thống liên hồ chứa bảo đảm ngăn lũ, chậm lũ, an toàn vận hành hồ chứa và sử dụng hợp lý tài nguyên nước về mùa kiệt lưu vực sông Ba. Nguyễn Hữu Khải, Lê Thị Huệ (2011) Mô phỏng vận hành liên hồ chứa sông Ba mùa lũ bằng mô hình HEC-RESSIM. Cao Đình Huy và Lê Hùng (2015) Nghiên cứu hiệu quả cắt giảm lũ hạ du của hệ thống hồ chứa thủy Điện trên sông ba. Lương Hữu Dũng (2016) Luận án tiến sĩ về Nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ vận hành hệ thống liên hồ chứa kiểm soát lũ lưu vực sông Ba. Nguyễn Tiền Giang và nnk (2016) Đánh giá sự biến đổi chế độ thủy văn hạ lưu lưu vực sông Ba dưới tác động của hệ thống hồ chứa.

Nhìn chung các phương pháp tiếp cận đã nêu thường theo hướng sử dụng mô hình mô phỏng kết hợp với một số kỹ thuật tối ưu để lựa chọn phương án vận hành hợp lý. Hầu hết các nghiên cứu đều đưa ra các quỹ đạo vận hành tối ưu cho hồ chứa về mặt lý thuyết và các hồ được vận hành theo quy trình được xây dựng từ mô hình mô phỏng. Cho đến nay, tuy đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong nghiên cứu vận hành hệ thống hồ chứa, nhưng vẫn chưa có một lời giải chung cho mọi hệ thống mà tùy đặc thù của từng hệ thống để đưa

ra các lời giải phù hợp.

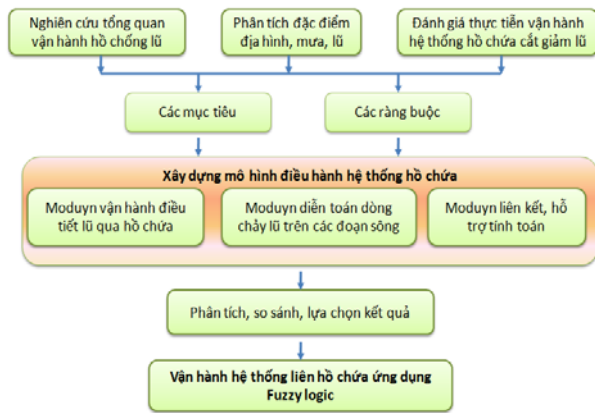
### **Việc ứng dụng Fuzzy logic**

Gần đây, cách tiếp cận theo hướng áp dụng Fuzzy logic đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu, triển khai áp dụng và thu được những kết quả khả quan, nhất là trong lĩnh vực công nghiệp. Việc nghiên cứu áp dụng Fuzzy logic phục vụ điều hành hồ chứa tuy đã được quan tâm nhưng vẫn còn ở mức độ hạn chế. Một số nghiên cứu có thể kể ra như S.Mohan và M.Anjaneya Prasad (India) với nghiên cứu về mô hình logic mờ cho điều hành hệ thống hồ chứa; D. Nagesh Kumar, D.S.V. Prasad, K. Srinivasa Raju (India) áp dụng cách tiếp cận mờ trong tối ưu hóa điều hành hồ chứa. Dubrovin et al. (2002) đã ứng dụng mô hình dựa trên nguyên tắc mờ trong điều hành hồ chứa đa mục tiêu theo thời gian thực. Panigrahi và Mujumdar (2000) đã thử nghiệm mô hình hoá điều hành hồ chứa đơn dựa trên quy tắc mờ cho hồ chứa đơn mục tiêu, trong đó đã áp dụng phương pháp lập trình động ngẫu nhiên (SDP) để xây dựng các quy tắc cơ sở. Durbovin và nnk (2002) đưa ra mô hình điều hành hồ chứa thời gian thực dựa trên tương tự mờ hoàn toàn. Nguyen, T.G. và nnk (2006) đã trình bày Một phương pháp đánh giá mới đối với mô hình tổng hợp hệ thống nguồn nước sử dụng thuật toán fuzzy logic. Nguyễn Mai Đăng và Trịnh Xuân Mạnh (2014) đã nghiên cứu vận hành tối ưu hồ chứa Cửa Đạt cho cấp nước mùa kiệt sử dụng thuật toán fuzzy logic.

## **2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU VÀ HƯỚNG TIẾP CẬN**

Thực tế cho thấy việc điều hành hồ chứa chống lũ phụ thuộc chủ yếu vào quá trình dòng chảy lũ đến hồ, nhưng đây lại là yếu tố luôn biến động, khó có thể dự báo chính xác. Thời gian gần đây, lý thuyết tập mờ đã được ứng dụng khá phổ biến trong lĩnh vực công nghiệp và tỏ hữu hiệu trong việc xử lý các giá trị không chính xác. Tuy nhiên, việc ứng dụng

thuật toán Fuzzy logic trong vận hành hồ chứa chống lũ, đặc biệt là ở Việt Nam, vẫn còn ở mức hạn chế.



Hình 1: Sơ đồ hướng tiếp cận nghiên cứu

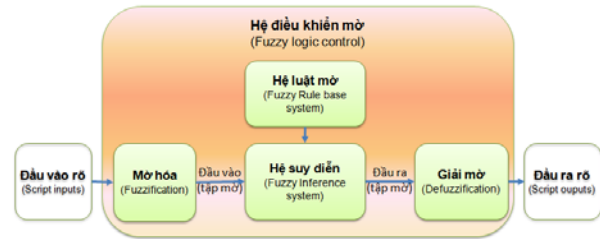
Bài báo này sẽ trình bày kết quả ứng dụng thuật toán Fuzzy logic trong vận hành hồ chứa Kanak thuộc hệ thống liên hồ chứa sông Ba cắt giảm lũ cho hạ du.

### 3. ỨNG DỤNG FUZZY LOGIC XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐIỀU HÀNH HỆ THỐNG LIÊN HỒ CHỨA CHỐNG LŨ LƯU VỰC SÔNG BA

#### Logic mờ và Hệ điều khiển mờ

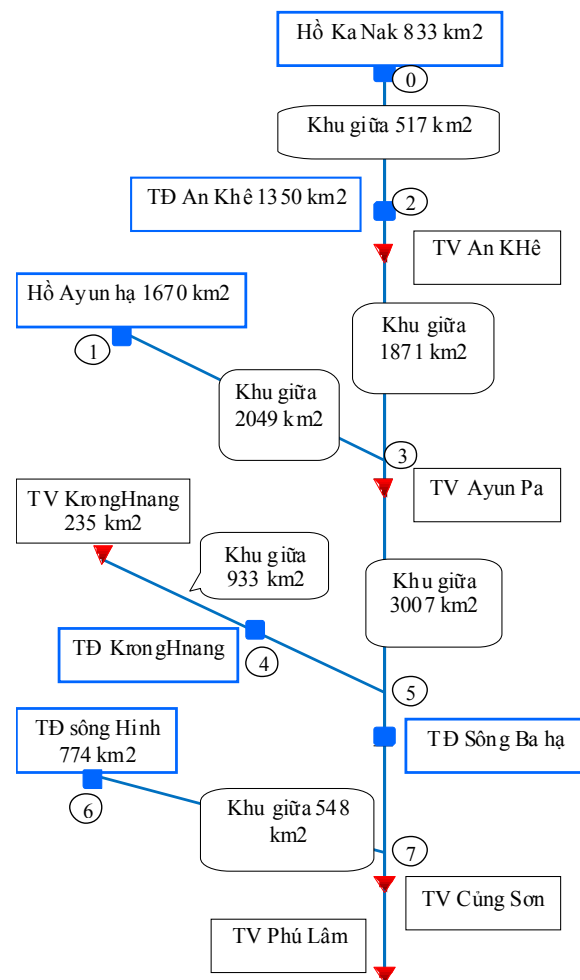
L.A. Zadeh là người mở đầu cho sự phát triển và ứng dụng của lý thuyết này. Ý tưởng chính của khái niệm tập mờ của Zadeh là từ những khái niệm trừu tượng về ngữ nghĩa của những thông tin mờ, không chắc chắn được biểu diễn bằng khái niệm toán học, được gọi là tập mờ.

Đối tượng nghiên cứu của logic mờ là các mệnh đề mờ và việc xác định giá trị chân lý của chúng. Mệnh đề mờ chứa những khái niệm không chính xác, không chắc chắn và do đó không đủ thông tin để định giá giá trị chân lý là “tuyệt đối đúng” hay “tuyệt đối sai” theo nghĩa kinh điển. Giá trị chân lý của các mệnh đề mờ có thể nằm trong đoạn  $[0;1]$ .



Hình 2: Cấu trúc cơ bản của hệ điều khiển mờ

Cấu trúc cơ bản của hệ thống dựa trên nguyên tắc mờ là hệ điều khiển mờ (Fuzzy logic control) như trong hình 2, với các thành phần chính: (a) Mờ hoá yếu tố đầu vào (Fuzzification of inputs), (b) Hệ các quy tắc mờ (Fuzzy rule base system), (c) Hệ suy diễn mờ (Fuzzy inference system), và (d) Giải mờ (Defuzzification).



Hình 3: Sơ đồ hệ thống hồ chứa, khu giữa lưu vực sông Ba

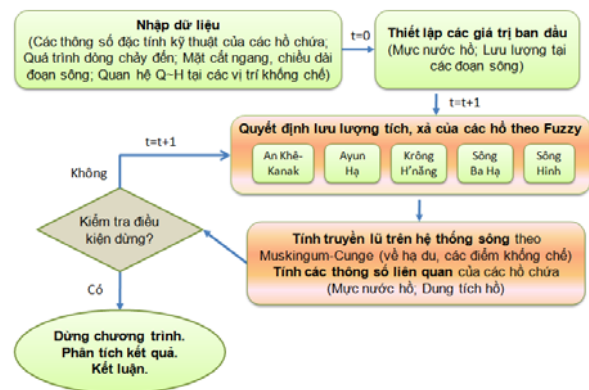
**Phạm vi nghiên cứu, sơ đồ hệ thống**

Lưu vực sông Ba có diện tích 13.900 km<sup>2</sup>, với dân số khoảng 1,4 triệu người, là một trong chín lưu vực sông lớn nhất Việt Nam. Nhiều công trình đã được xây dựng trên lưu vực như hồ Ayun Hạ, các hồ thủy điện An Khê-Ka Nak, Sông Ba Hạ, Krông H'Năng, Sông Hinh. Các hồ chứa này cùng các khu giữa và đoạn sông nối các hồ được sơ đồ hóa như hình 3.

**Mô hình toán sử dụng Fuzzy logic**

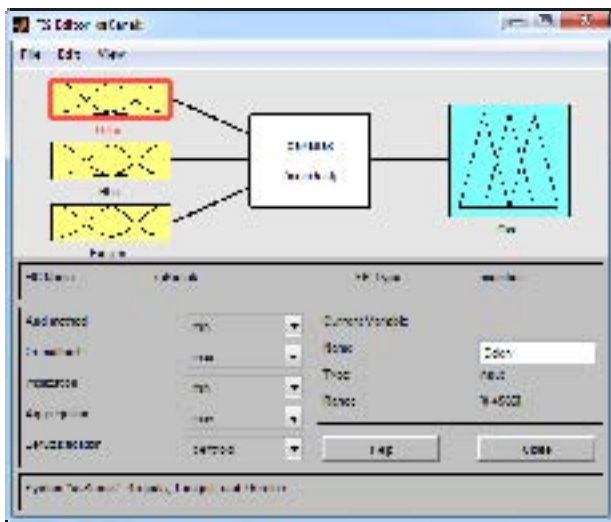
Mô hình mô phỏng vận hành hệ thống hồ chứa điều tiết cắt giảm lũ cho hạ du gồm: Moduyn vận hành điều tiết lũ qua hồ chứa, Moduyn diễn toán dòng chảy lũ trên các đoạn sông và các Moduyn thực hiện việc đọc dữ liệu, biểu diễn diễn và lưu trữ kết quả tính toán dưới dạng đồ thị, truy xuất kết quả tính toán ra file lưu trữ dạng Text hoặc Excel... và chương trình chính kết nối các Moduyn. Các Moduyn

được viết bằng ngôn ngữ lập trình MATLAB.

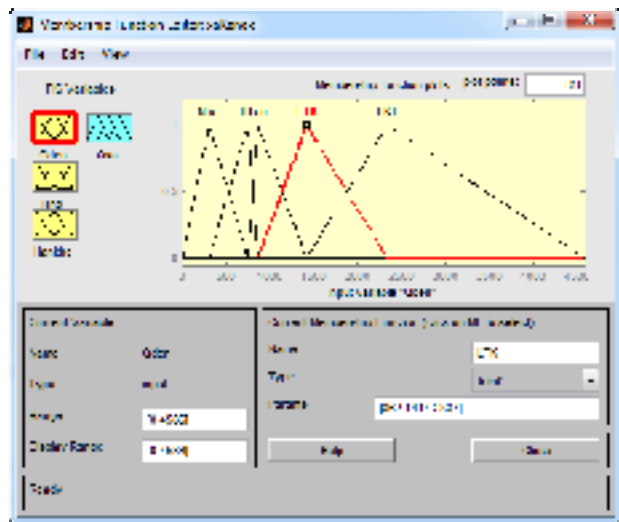


Hình 4: Sơ đồ khối tính toán điều hành hệ thống hồ chứa chống lũ

Hệ điều khiển mờ điều hành lưu lượng xả của các hồ chứa bằng công nghệ Fuzzy được xây dựng riêng cho từng hồ chứa, gồm có 3 biến đầu vào là Lượng lũ đến (Qden), Mức nước hồ (Hho), Mức nước không chế hạ du (Hhadu) và 1 biến đầu ra là Lượng xả qua hồ (Qxa).



Hình 5: Hệ điều khiển mờ điều hành lưu lượng xả của các hồ chứa



Hình 6: Các hàm liên thuộc cho biến đầu vào

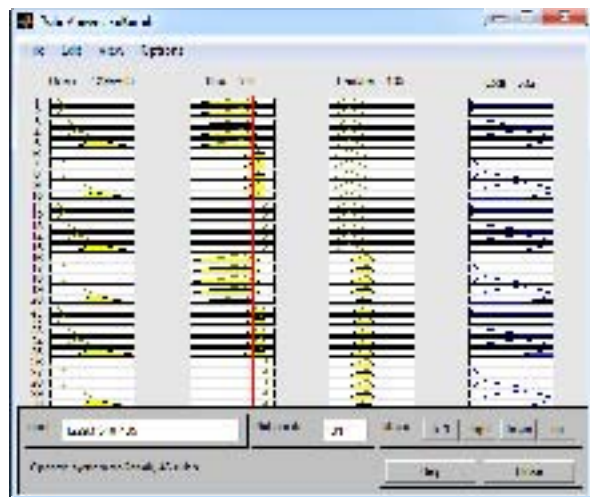
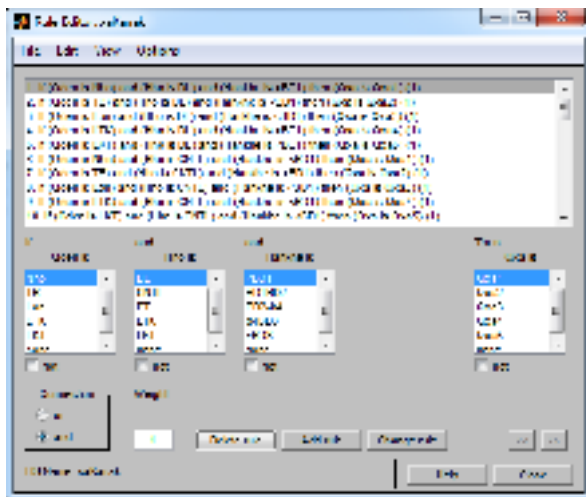
Để thiết lập hàm liên thuộc (MF), lưu lượng đỉnh lũ (Qden) hồ Ka Nak và trạm TV An Khê được chia khoảng trên cơ sở tham khảo các

quy định về phân cấp lũ tại Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Dự báo lũ, được trình bày trong bảng sau:

**Bảng 1: Các hàm liên thuộc biến đầu vào lũ đến Kanak**

Trường hợp	Hàm liên thuộc	Điều kiện về Mực nước đỉnh lũ (m)	Lưu lượng tương ứng tại Ka Nak (m <sup>3</sup> /s)	Lưu lượng tương ứng tại TV An Khê (m <sup>3</sup> /s)
Lũ nhỏ	mf1	$(H_{maxP90\%} \leq) H_{maxi} < H_{maxP70\%}$	$(232) \leq Q_{max} < 310$	$(375) \leq Q_{max} < 500$
Lũ trung bình	mf2	$H_{maxP70\%} \leq H_{maxi} < H_{maxP30\%}$ :	$310 \leq Q_{max} < 862$	$500 \leq Q_{max} < 1390$
Lũ lớn	mf3	$H_{maxP30\%} \leq H_{maxi} < H_{maxP10\%}$ :	$862 \leq Q_{max} < 1420$	$1390 \leq Q_{max} < 2280$
Lũ rất lớn	mf4	$H_{maxi} \geq H_{maxP10\%}$ :	$Q_{max} \geq 1420$ (1639)	$Q_{max} \geq 2280$
Lũ đặc biệt lớn	mf5		1780 (P5%) 2648 (P1%) 3037 (P0.5%)	2859 4253 4878

Trên cơ sở các biến đầu vào, đầu ra, các hàm liên thuộc đã thiết lập, tiến hành xây dựng hệ thống các luật (FIS) điều hành hồ chứa.

*Hình 7: Hệ thống các luật cho điều hành xả hồ Kanak*

Lưu lượng xả sau hồ chứa về hạ du được diễn toán theo phương pháp Muskingum. Biểu đồ quan hệ lưu lượng (Q) và mực nước (H) cũng được xây dựng cho các điểm không chế như An Khê, Ayun Pa, Phú Lâm giúp kiểm tra và điều khiển quá trình vận hành xả của hồ chứa nhằm đáp ứng các điều kiện không chế ở hạ du.

#### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

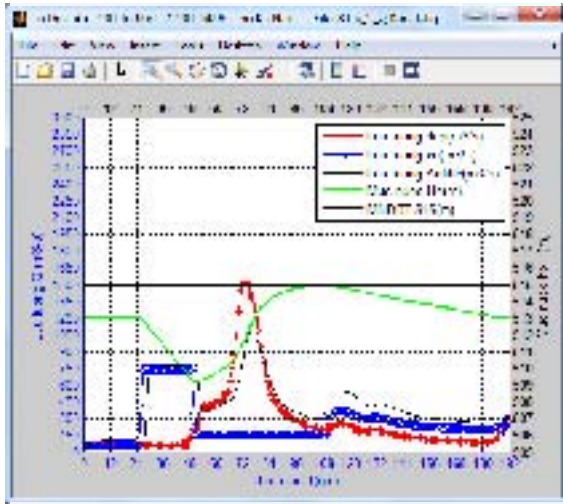
Kết quả tính toán điều hành hồ Ka Nak cho thấy:

- Đối với những trận lũ đến có lưu lượng đỉnh lũ nhỏ như trận lũ XI/1988 (có lưu lượng đỉnh lũ  $Q=311 \text{ m}^3/\text{s}$ ), có thể không cần hạ mực nước hồ trong giai đoạn chuẩn bị đón lũ mà vẫn có thể tích phần lớn lượng lũ đến, đồng thời mực nước lớn nhất tại An Khê cũng chưa lên đến mức Báo động I.

- Đối với những trận lũ đến có lưu lượng đỉnh lũ ở mức trung bình như trận lũ X/1993 (lưu lượng

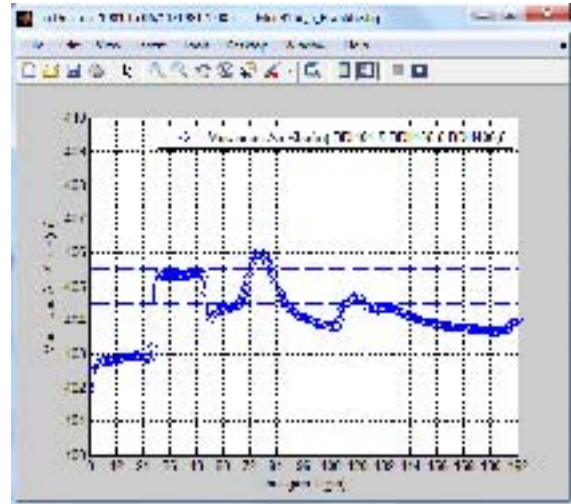
đỉnh lũ  $Q=462 \text{ m}^3/\text{s}$ ) có thể không cần hạ mực nước hồ hoặc chỉ cần hạ đến cao trình 511,58m (so với yêu cầu phải hạ xuống cao trình MNĐL 506,0m theo Quy trình 1077) trong giai đoạn chuẩn bị đón lũ mà vẫn có thể tích phần lớn lượng lũ đến, đồng thời mực nước lớn nhất tại An Khê cũng chưa lên đến mức Báo động I.

- Đối với những trận lũ đến có lưu lượng đỉnh



Hình 8: Mực nước, lưu lượng hồ Ka Nak

lũ tương đối lớn như trận lũ XI/1981 có lưu lượng đỉnh lũ  $Q=1519 \text{ m}^3/\text{s}$  (tần suất xuất hiện  $p \approx 8-10\%$ , thuộc trường hợp lũ lớn-rất lớn) có thể hạ mực nước hồ xuống cao trình 509,16m (với  $Q_{\text{xa max}} = 743 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H_{\text{ankhe max}} = 405,35 \text{ m}$  tương ứng). Sau khi cắt toàn bộ đỉnh lũ sẽ có thể nâng mực nước trong hồ lên được đến mực nước dâng bình thường (hình 6, 7).



Hình 9: Mực nước không chế tại TV An Khê

- Đối với những trận lũ đến có lưu lượng đỉnh lũ rất lớn như trận lũ dạng XI/1981 có lưu lượng đỉnh lũ  $Q=1.780 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2.648 \text{ m}^3/\text{s}$  và  $3.037 \text{ m}^3/\text{s}$  (tương ứng với  $P = 5\%$ ,  $1\%$  và  $0,5\%$ ), để đảm bảo mực nước tại TV An Khê không vượt báo động II (405,5m) thì chỉ có thể xả với lưu lượng lớn nhất vào khoảng  $744 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $769 \text{ m}^3/\text{s}$  và  $769 \text{ m}^3/\text{s}$  tương ứng với các cấp lũ trên, khi đó có thể hạ mực nước hồ xuống cao trình 509,23m, 509,47m và 509,8m (vẫn cao hơn so với MNĐL 506,0m), mà vẫn đảm bảo không chế mực nước tại TV An Khê ở mức 405,40m, 405,50 m và 405,50m tương ứng (đảm bảo yêu cầu không vượt báo động II 405,5m).

Khi vận hành hồ Kanak giảm lũ cho hạ du có thể hạ được mực nước đỉnh lũ tại An Khê từ 1,10 đến 2,40m; Với trận lũ có tần suất  $p=1\%$  tại Củng Sơn ( $Q= 26.500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), dạng lũ 1988,

1993: sau khi điều tiết hồ Ka Nak có thể giữ mực nước tại An Khê ở mức  $404,45 \div 404,81 \text{ m}$  (xấp xỉ Báo động I và dưới Báo động II). Với trận lũ có tần suất  $p=1\%$  tại An Khê ( $Q = 4253 \text{ m}^3/\text{s}$ ), dạng lũ 1981: có thể khống chế mực nước tại An Khê ở mức 408,24m, cao hơn 1,74cm so với Báo động III (406,5m).

## 5. KẾT LUẬN

Có thể ứng dụng Fuzzy logic trong điều hành hồ chứa, giúp quyết định lưu lượng xả cần thiết căn cứ vào lưu lượng đến hồ, mực nước hiện tại của hồ và yêu cầu khống chế mực nước lũ ở hạ du.

Việc áp dụng Fuzzy logic giúp nhà quản lý quyết định lượng tích, xả được thực hiện nhanh và điều chỉnh kịp thời dựa trên điều kiện trạng của hồ và dự báo về dòng vào, giúp cho việc ra quyết định điều hành trở nên dễ dàng, linh hoạt hơn.

Vận hành theo quy trình đề xuất có ứng dụng Fuzzy logic có thể nâng cao được mực nước hồ Ka Nak sau khi kết thúc trận lũ, hiệu quả này

càng thể hiện rõ hơn đối với những trận lũ đến có lưu lượng đỉnh lũ ở mức trung bình như trận lũ X/1993 hoặc lũ nhỏ như trận lũ XI/1988.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Khải, Nguyễn Việt 2009. Bài toán điều tiết lũ liên hồ chứa sông Ba và các vấn đề liên quan. Tuyển tập hội thảo Chương trình khoa học và Công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước KC.08/06-10, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Hữu Khải ( 2010). Đề tài cấp nhà nước KC.08.30/06-10: “ Nghiên cứu xây dựng công nghệ điều hành hệ thống liên hồ chứa đảm bảo ngăn lũ, chậm lũ, an toàn vận hành hồ chứa và sử dụng hợp lý tài nguyên nước về mùa kiệt lưu vực sông Ba”.
- [3] Viện quy hoạch thủy lợi. *Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Ba*, Hà Nội, 2005.
- [4] Quyết định số 1077/QĐ-TTg ngày 07 tháng 7 năm 2014 của Thủ tướng Chính phủ ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Ba.
- [5] John W. Labadie, M.ASCE, Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-of-the-Art Review. *Journal of water resources planning and management* © asce / march/april 2004 / 93.
- [6] S.Mohan and M. Anjaneya Prasad, Fuzzy Logic Model for Multi Reservoir Operation. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/9d69/a130bcbf40876ae1767030c8197f11c1e167.pdf>
- [7] D. Nagesh Kumar, Falguni Baliarsingh, K. Srinivasa Raju (2010). Optimal Reservoir Operation for Flood Control Using Folded Dynamic Programming. *Water Resour Manage* (2010) 24:1045–1064. DOI 10.1007/s11269-009-9485-3.
- [8] D. P. Panigrahi and P. P. Mujumdar (2000). Reservoir Operation Modelling with Fuzzy Logic. *Water Resources Management* 14: 89–109. Retrieved from <http://civil.iisc.ernet.in/~pradeep/WRM-panigrahi.pdf>.