

XÂY DỰNG BIỂU ĐỒ VẬN HÀNH KHẨN CẤP KIỂM SOÁT LŨ HỒ CHỨA NƯỚC VỰC MẬU TỈNH NGHỆ AN

Nguyễn Đăng Giáp, Nguyễn Tài Trí

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Tóm tắt: Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ cần đạt hai mục tiêu chính là bảo đảm an toàn đập và hạn chế đến mức thấp nhất thiệt hại có thể vùng hạ lưu. Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ có hiệu quả thường được dựa vào biểu đồ vận hành khẩn cấp. Biểu đồ vận hành khẩn cấp được biểu diễn dưới dạng họ các đường cong quy tắc. Các đường cong này biểu diễn lưu lượng xả của hồ chứa là hàm của trạng thái hồ (thường là dòng chảy đến hồ và mực nước hồ). Biểu đồ vận hành khẩn cấp không phụ thuộc vào kết quả dự báo lượng mưa và dự báo lưu lượng đến hồ chứa và điều kiện lũ hạ lưu hoặc các dữ liệu khác. Các biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hướng dẫn người vận hành hoạt động trong điều kiện khẩn cấp. Cơ sở lý thuyết của phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ và kết quả áp dụng cho hồ chứa Vực Mậu, tỉnh Nghệ An được trình bày trong bài báo này.

Từ khóa: Vận hành khẩn cấp, kiểm soát lũ hồ chứa, an toàn hồ chứa, hồ chứa Vực Mậu

Summary: Emergency operation for flood control to achieve two main objectives that are to ensure dam safety and protection for downstream as possible. Emergency operation for effective flood control often rely on emergency operation chart. Emergency operation chart is a family of curve rule. The curves represented the discharge of lake water as a function of the state of the lake (usually inflow and the reservoir water level). Emergency operation chart is not dependent on rainfall forecasting results and forecasting inflow, on downstream flood conditions or other condition. The Emergency operation chart guides action of operator in emergency conditions. Scientific basis of graph construction methods and Emergency operation chart applies to Vuc Mau reservoir is presented in this paper

Key words: Emergency operation, Flood control reservoir, Safe reservoirs.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận hành hồ chứa kiểm soát lũ là giải pháp vận hành trên cơ sở thu được lợi ích lớn nhất từ sử dụng dung tích hồ chứa trong một trận lũ. Mục tiêu chính của vận hành kiểm soát lũ là giảm thiểu thiệt hại do lũ ở hạ du, đồng thời đảm bảo chắc chắn rằng dung tích trữ tối đa của hồ chứa không bao giờ vượt quá giới hạn cho phép. Có hai trường hợp vận hành kiểm soát lũ hồ chứa riêng biệt là bình thường và khẩn cấp được sử dụng thay đổi lẫn nhau,

chúng hoàn toàn phụ thuộc vào dung tích còn trống của hồ chứa có đủ khả năng để chứa tổng lượng lũ trong tương lai hay không.

Vận hành trong trường hợp bình thường khi dung tích còn trống hoàn toàn đủ khả năng chứa tổng lượng lũ, ngược lại khi dung tích còn trống không đủ khả năng chứa tổng lượng dòng chảy lũ đến trong tương lai thì hồ chứa sẽ được chuyển sang trường hợp vận hành khẩn cấp.

Trong trường hợp vận hành bình thường, mục đích chính khi vận hành hồ chứa là giảm thiểu thiệt hại cho vùng hạ du. Do đó, các quyết định đưa ra hoàn toàn tùy thuộc vào điều kiện

Ngày nhận bài: 08/11/2017

Ngày thông qua phản biện: 22/9/2017

Ngày duyệt đăng: 8/12/2017

dàng buộc ở hạ du, ở các hồ chứa có dung tích phòng lũ thì dung tích này đủ khả năng để chứa các trận lũ thường xuyên xảy ra và trường hợp vận hành bình thường là chủ yếu.

Tuy nhiên, khả năng xảy ra một trận lũ lớn là hiện hữu trong điều kiện hiện nay. Khi đó tổng lượng lũ đến vượt quá khả năng chứa của hồ chứa, đe dọa đến an toàn của công trình. Do vậy, cần thiết phải xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp. Mục tiêu chính trong trường hợp vận hành khẩn cấp là đảm bảo an toàn đập. Việc xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp sẽ là một công cụ quan trọng giúp người vận hành ra quyết định vận hành xả lũ với lưu lượng là bao nhiêu, trong thời gian bao lâu nhằm đảm bảo an toàn đập trong trường hợp có lũ lớn hay trong các tình huống khẩn cấp.

Phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành hồ chứa trong trường hợp khẩn cấp được đề xuất bởi USACE (1959). Với dung tích hồ chứa còn trống cho trước, lưu lượng xả lũ được xác định dựa vào kết quả tính toán dự báo tổng lượng dòng chảy lũ đến hồ từ thời điểm vận hành đến thời điểm kết thúc lũ. Tổng lượng dòng chảy đến hồ có được khi giả thiết rằng đường quá trình lưu lượng dòng chảy đến đạt đỉnh và tổng lượng dòng chảy được tính theo nhánh suy giảm của con lũ.

2. VẬN HÀNH KIỂM SOÁT LŨ HỒ CHỨA

Các biến số chủ yếu tác động đến vận hành hồ chứa kiểm soát lũ là: Dung tích còn trống tại thời điểm hiện tại và tổng lượng dự kiến dòng chảy đến trong tương lai. Mặc dù dung tích còn trống luôn biết trước nhưng tổng lượng dự kiến dòng chảy đến hồ chứa luôn luôn là một yếu tố bất định.

2.1. Trường hợp bình thường

Nguyên tắc vận hành kiểm soát lũ hồ chứa trong trường hợp bình thường là làm giảm mực nước gây thiệt hại tại điểm khống chế ở hạ lưu khi có lũ đơn, với điều kiện dung tích trống của hồ chứa cho trước. Dung tích trống

đủ khả năng để chứa tổng lượng dòng chảy của các con lũ vừa và nhỏ. Cùng với điều kiện tổng lượng chảy đến không được lớn hơn dung tích trống hiện tại, lưu lượng xả khỏi hồ chứa được quyết định dựa vào khả năng thoát lũ lớn nhất tại điểm khống chế ở hạ du. Trong điều kiện vận hành bình thường khi có lũ, lượng nước khỏi hồ được quyết định sao cho dung tích trống phải bảo đảm chứa gọn con lũ. Khi có mưa lớn hoặc lượng mưa dự báo lớn, các cửa xả lũ được đóng đến khi lũ chưa đạt đỉnh và mực nước điểm kiểm soát hạ lưu dưới mực nước khống chế. Đối với hệ thống hồ chứa, lượng nước xả không lớn hơn khả năng thoát lũ tại điểm khống chế chung ở hạ lưu. Lưu lượng xả được quyết định dựa trên nguyên tắc bảo đảm dung tích chứa lũ tương đương của mỗi hồ chứa. Quyết định lưu lượng xả còn phụ thuộc vào phân bố dòng chảy vùng không kiểm soát. Đối với các điểm khống chế xa hồ chứa, có thể dòng chảy vùng không kiểm soát chiếm một phần đáng kể khả năng thoát lũ của dòng sông. Bất kỳ khi nào có lũ, nếu lũ lớn xảy ra trong khi dung tích trống của hồ chỉ có hạn và không chứa được tổng lượng lũ, vận hành hồ chứa sẽ chuyển sang chế độ vận hành khẩn cấp.

2.2. Trường hợp khẩn cấp

Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ được thực hiện dựa trên biểu đồ vận hành khẩn cấp. Biểu đồ vận hành khẩn cấp được biểu diễn dưới dạng họ các đường cong qui tắc. Các đường cong này biểu diễn lưu lượng xả của hồ chứa là hàm của trạng thái hồ. Biểu đồ vận hành khẩn cấp không phụ thuộc vào kết quả dự báo lượng mưa, dòng chảy đến và điều kiện lũ hạ lưu hoặc các dữ liệu khác. Các biểu đồ vận hành khẩn cấp hướng dẫn người vận hành ra quyết định trong điều kiện khẩn cấp. Biểu đồ vận hành khẩn cấp rất thuận tiện khi thông tin bị gián đoạn, khi tại đập hoàn toàn bị cô lập, khi kết quả dự báo dòng chảy đến có sai số lớn so với thực tế. Đối với các lưu vực sông nhỏ khi mà khoảng thời gian phản ứng và thời gian

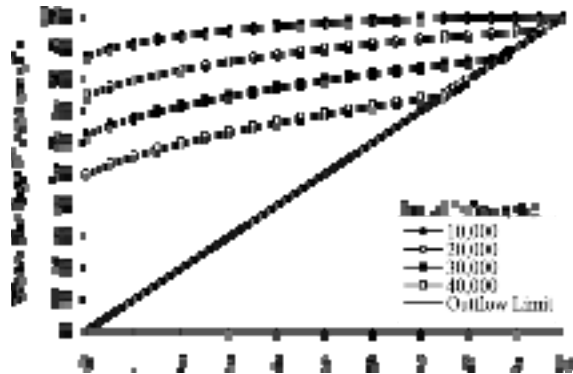
dự kiến dự báo rất ngắn thì việc sử dụng thông tin thu thập tại hồ rất quan trọng và có thể thực hiện được. Ưu tiên số một khi vận hành lũ khẩn cấp là bảo đảm mực nước không được vượt quá cao trình cho phép khi thiết kế đập. Quyết định lưu lượng xả chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hồ chứa mà không dựa vào điều kiện ở hạ lưu, vì vậy mực nước hạ lưu có thể vượt cao độ một số vị trí. Cơ sở của vận hành khẩn cấp là xả lũ với lưu lượng tương đối lớn trước khi hồ chứa bị đầy sẽ có lợi thế hơn nhiều so với cách đợi đến khi hồ đầy rồi mới xả lũ. Vận hành xả nước đón lũ được nghiên cứu bởi (Seth 1998) Trong khi mục tiêu số 1 vận hành khẩn cấp là bảo đảm an toàn đập, mục tiêu số 2 vận hành khẩn cấp là giảm thiểu thiệt hại nhiều nhất có thể vùng hạ lưu.

3. XÂY DỰNG BIỂU ĐỒ VẬN HÀNH KHẨN CẤP - PHƯƠNG PHÁP USACE

3.1. Phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp

Biểu đồ vận hành khẩn cấp được xây dựng dựa trên kết quả ước tính tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất tính từ thời điểm tính toán cho tới thời điểm kết thúc con lũ đơn. Tổng lượng dòng chảy đến được ước tính khi giả thiết rằng lũ đạt đỉnh ở thời điểm tính toán và tính tổng lượng dòng chảy đến dựa vào quy luật suy giảm lưu lượng nhánh xuống của con lũ. Sự suy giảm lưu lượng nhánh xuống đường quá trình lũ được tính dựa vào tốc độ suy giảm lưu lượng không đổi của nhánh xuống. Sau khi tính được tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất (khi biết lưu lượng dòng chảy đến và lưu lượng dòng ra cho trước), lấy dung tích hồ lớn nhất trừ đi tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất ta có dung tích hồ lúc khởi đầu sự suy giảm lưu lượng. Mực nước này được xác định dựa vào quan hệ tương quan giữa dung tích và mực nước hồ chứa. Một họ các đường cong quy tắc $Q_{xả}=f(Q_{đến}, Z_{hồ})$ tạo thành biểu đồ vận hành khẩn cấp lũ (Beard 1976). Rivera-Ramirez

(2004), đề xuất biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ dựa vào tính toán mạo hiểm. Hình sau là biểu đồ vận hành khẩn của USACE.



Hình 1. Biểu đồ vận hành khẩn cấp theo USACE

3.2. Các bước xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp

Xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp được USACE giới thiệu năm 1959 và bổ sung chỉnh sửa năm 1987 gồm các bước như sau:

+ **Bước 1:** Xác định hằng số suy giảm lưu lượng lũ

Quá trình suy giảm lưu lượng nhánh xuống được xác định bằng phương trình:

$$Q_t = Q_0 k^t \tag{1}$$

Trong đó:

Q_0 : Lưu lượng xuất hiện ban đầu

Q_t : Lưu lượng tại thời điểm t kể từ khi $Q = Q_0$

K^t : Hằng số suy giảm lưu lượng

Với thời gian giới hạn $T = t$ và $T = \infty$, có trữ lượng nước (W)

$$W = \frac{Q_0 k^t}{\ln(k)} = \frac{Q_t}{\ln(k)} \tag{2}$$

$$\text{Từ đó: } \frac{W}{Q_t} = - \frac{1}{\ln(k)} \tag{3}$$

Từ phương trình (3) có thể thấy rằng tổng lượng nước trữ và lưu lượng là tỷ lệ với nhau và tỷ số giữa chúng là không đổi.

$$T_s = - \frac{t}{\ln(K)} \quad (4)$$

T_s là đơn vị thời gian, T_s là một tham số mô tả nhánh xuống con lũ.

Nếu t là thời gian cần thiết cho việc xả giảm từ Q_1 vào thời điểm T_1 đến Q_2 tại thời điểm T_2 thì

$K = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{1}{T_s}}$, Công thức (4) có thể được viết

dưới dạng sau:

$$T_s = - \frac{t}{\ln\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)} \quad (5)$$

Phương trình (5) có thể được viết lại như sau:

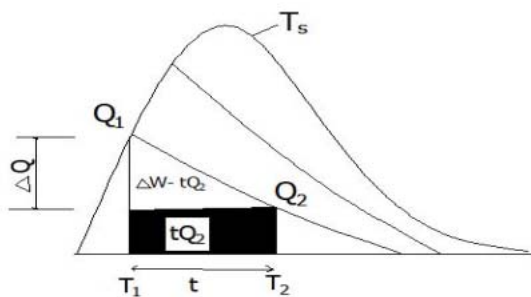
$$T_s - T_1 = t = - T_s \ln \frac{Q_2}{Q_1} \quad (6)$$

Từ phương trình (6) ta thấy $T_s = T_2 - T_1$ khi và chỉ khi $\ln \frac{Q_2}{Q_1} = -1$ (*)

Từ (*) cho biết khi $\ln \frac{Q_2}{Q_1} = -1$ thì

$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{1}{e} \approx 0,37$. Do đó, T_s là thời gian tương

ứng để lưu lượng giảm từ Q_1 xuống Q_2 .



Hình 2. Đường quá trình lũ đến hồ chứa

+ **Bước 2:** Tính toán tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất W_{min} do suy giảm lưu lượng từ dòng chảy ban đầu Q_1 và giảm đến một giá trị bằng một dòng chảy không đổi Q_2 .

Sự thay đổi trữ lượng được mô tả bởi phương trình cân bằng nước sau:

$$\frac{dW(t)}{dt} = M(t) - N(t) \quad (7)$$

Trong đó: $M(t)$ dòng chảy đến, $N(t)$ dòng chảy ra

Từ đó liên quan đến T_s bằng phương trình:

$$T_s = \frac{W_{min} - 2Q_2 t}{2(Q_1 - Q_2)} \quad (8)$$

Thay thế giá trị t trong công thức (6) vào (8) ta có:

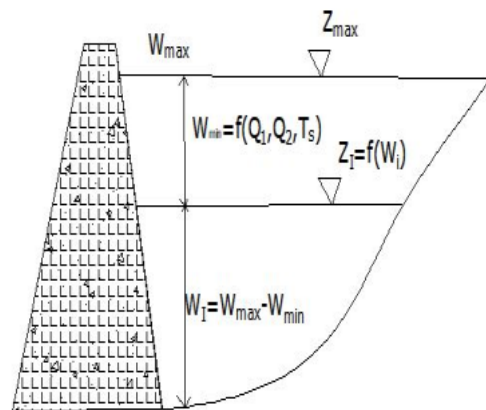
$$W_{min} = 2T_s [Q_1 - Q_2 (1 + \ln(\frac{Q_1}{Q_2}))] \quad (9)$$

+ **Bước 3:** Tính mực nước hồ ban đầu trước khi suy giảm lưu lượng theo công thức:

$$W_I = W_{max} - W_{min} \quad (10)$$

Trong đó: W_{max} là dung tích cho phép lớn nhất hồ chứa

+ **Bước 4:** Giả thiết các cặp giá trị Q_1, Q_2 tính được mực nước bắt đầu suy giảm, sau đó tính lặp theo bước 2 và bước 3 có bảng giá trị $Q_{đến}; Q_{ra}; Z_{hồ}$



Hình 3. Khả năng chứa của hồ chứa

+ **Bước 5:** Vẽ họ đường cong vận hành hồ khẩn cấp $Q_{ra} = f(Q_{đến}, Z_{hồ})$

Để xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ cần các dữ liệu sau:

- Đường quá trình lưu lượng lũ (dòng chảy đến hồ)

- Các đặc trưng hồ chứa, bao gồm:
- + Quan hệ diện tích mặt hồ và mực nước hồ $F = f(Z)$
- + Quan hệ dung tích hồ và mực nước hồ $F = f(Z)$
- + Quan hệ khả năng xả và mực nước hồ $Q_{max} = f(Z)$
- Mực nước hồ lớn nhất cho phép Z_{max}

Biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ được sử dụng như sau: Tại thời điểm vận hành cho trước t ta sẽ có $Q_{đến}, Z_t$. Tra biểu đồ được $Q_{xả_tra}$, nếu $Q_{xả_t} < Q_{xả_tra}$, khi đó hồ sẽ chuyển sang chế độ vận hành khẩn cấp với lưu lượng xả khỏi hồ $Q_{xả_t} \geq Q_{xả_tra}$.

3.2. Xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hồ chứa Vực Mầu

Lưu vực hồ chứa nước Vực Mầu, tỉnh Nghệ An có vị trí địa lý từ 19°04' đến 19°27' vĩ độ Bắc và 105°29' đến 105°48' kinh độ Đông. Khu vực nghiên cứu được phân làm 3 vùng: ở khu vực thượng lưu là vùng đồi núi thấp, có diện tích là 215km² bao gồm cả phần diện tích mặt thoáng của hồ chứa nước Vực Mầu ứng với MNDBT là 13.8km²; và ở khu vực hạ lưu là vùng bán sơn địa có đồi núi thấp xen kẽ những đồng bằng hẹp và đồng bằng ven biển.



Hình 4. Lưu vực hồ chứa nước Vực Mầu, tỉnh Nghệ An

Bảng 1. Quan hệ Q ~ Z hồ chứa nước Vực Mầu

Z(m)	Q(m ³ /s)	Z(m)	Q(m ³ /s)
15.50	0	20.00	621
16.00	23	21.00	839
17.00	120	22.00	1.078
18.00	257	23.00	1.336
19.00	426	24.00	1.611

Bảng 2. Quan hệ Z ~ W ~ F hồ chứa nước Vực Mầu

Z	0	2	4	5	6	7
F	1.38	2.11	4.46	5.83	7.65	10.08
W	0.21	0.58	1.26	1.77	2.45	3.34
Z	8	9	10	11	12	13
F	13.39	16.29	19.32	22.54	27.42	34.46
W	4.21	5.39	6.357	7.95	9.89	12.5
Z	14	15	16	17	18	19
F	43.63	52.82	64.05	74.47	84.53	98.42
W	16.7	21.3	26.86	33.44	41.63	52.16
Z	20	21	22	23	24	25
F	118.5	138.2	153.2	175.6	198.0	216.7
W	61.94	74.1	89.51	106.2	125.1	144.7

Z: m ; W: 10⁶m³ ~ F: km²

Bảng 3. Thông số cơ bản hồ chứa nước Vực Mầu

TT	Thông số	Đ. vị	Giá trị
1	Diện tích lưu vực	km ²	215
2	Tần suất lũ thiết kế	%	0,5
3	Tần suất lũ kiểm tra	%	0,1
4	Mực nước dâng bình thường	m	21
5	Mực nước dâng gia	m	22,21

	cường (P=0.5%)		
6	Mức nước lũ kiểm tra (P=0.1%)	m	23,53
7	Dung tích hữu ích	10^6 m^3	62,8
8	Dung tích toàn bộ	10^6 m^3	74,1
9	Tràn xả lũ	cửa van	Có

Với số liệu thông số cơ bản hồ Vực Mầu, đặc tính hồ chứa và khả năng xả hồ. Tiến hành xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hồ chứa nước Vực Mầu, biểu đồ được xây dựng với trường hợp $Z_{\max} =$ Và đường quá trình lũ dạng lũ năm 2013 tần suất đảm bảo tương ứng với lũ kiểm tra $P = 0,1\%$. Kết quả xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hồ chứa nước Vực Mầu thể hiện trên Hình 5.

Cách sử dụng biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ:

1. Sau mỗi khoảng thời gian nhất định, tương với Z , $Q_{\text{đến}}$ và lưu lượng ra khỏi hồ $Q_{\text{xả}}$ tại thời điểm hiện tại, tiến hành tra $Q_{\text{xả_tra}}$ theo biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ được xây dựng.

2. Thực hiện vận hành hồ chứa như sau

- Nếu $Q_{\text{xả_tra}} < Q_{\text{xả}}$ thì tiếp tục vận hành bình thường như thời điểm hiện tại
- Nếu $Q_{\text{xả_tra}} > Q_{\text{xả}}$ thì chuyển sang chế độ vận hành khẩn cấp với $Q_{\text{xả}} \geq Q_{\text{xả_tra}}$.
- Lặp lại các bước như trên sau khoảng thời gian nhất định (30', 60', 120').

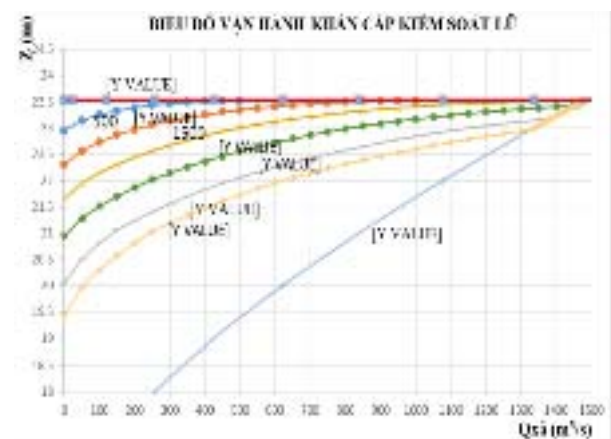
3. Nếu $Z_{\text{hồ}} \geq Z_{\max} = 23.53\text{m}$ cho xả lũ tương ứng với $Q_{\text{xả}} = Q_{\text{đến}}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đăng Giáp &nnk (2016). Nghiên cứu xây dựng bản đồ cảnh báo ngập lụt phục vụ công tác chỉ huy phòng chống lũ lụt hạ du hồ chứa nước Vực Mầu, tỉnh Nghệ An. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh Nghệ An, Hà Nội -2016.
- [2] Department of the Army U.S Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000. (1987). " Management of water control systems".

4. KẾT LUẬN

Biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hồ chứa nước Vực Mầu, tỉnh Nghệ An được xây dựng dựa trên cơ sở khoa học và số liệu từ thực tiễn. Biểu đồ được sử dụng dựa trên ước tính tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất tính từ thời điểm tính toán cho tới thời điểm kết thúc con lũ. Biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ là công cụ hữu hiệu, cần thiết trong trường hợp thông tin bị gián đoạn, hồ chứa hoàn toàn bị cô lập với bên ngoài và khi kết quả dự báo lưu lượng đến hồ có sai số lớn. Đặc biệt đối với hồ chứa cho các lưu vực vừa và nhỏ khi mà khoảng thời gian phản ứng, thời gian dự kiến dự báo rất ngắn.



Hình 5. Biểu đồ vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ hồ chứa nước Vực Mầu

- [3] David Rivera Ramirez (2004). Flood control reservoir reservoir operations for conditions for conditions of limited storage capacity Leo R. Beard (1976). “Flood Control by Reservoir, HEC-IHD-Volume 7.
- [4] Seth, S. M. (1998). “Flood Control Regulation of A Multi-reservoir System.” National Institute of Hydrology, Jal Vigyan Bhawan, Roorkee, 247 667 (India).