

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE11 MÔ PHỎNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG LIÊN HỒ CHỨA CẮT GIẢM LŨ CHO HẠ DU - LƯU VỰC SÔNG SRÊPÔK

TS. Ngô Lê Long  
Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Những năm gần đây, tình hình lũ lụt ở các tỉnh Miền Trung và Tây Nguyên ngày càng gia tăng cả về tần suất lẫn cường độ gây thiệt hại nghiêm trọng đến tính mạng và tài sản của nhân dân. Việc nghiên cứu vận hành hệ thống liên hồ chứa phòng chống lũ đã và đang nhận được sự quan tâm đặc biệt của các nhà quản lý, nhà khoa học. Bài báo ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng vận hành hệ thống liên hồ chứa trên sông Srêpôk tạo cơ sở khoa học cho việc đề xuất qui trình vận hành liên hồ chứa phòng chống lũ cho hạ du.

## ĐẶT VẤN ĐỀ

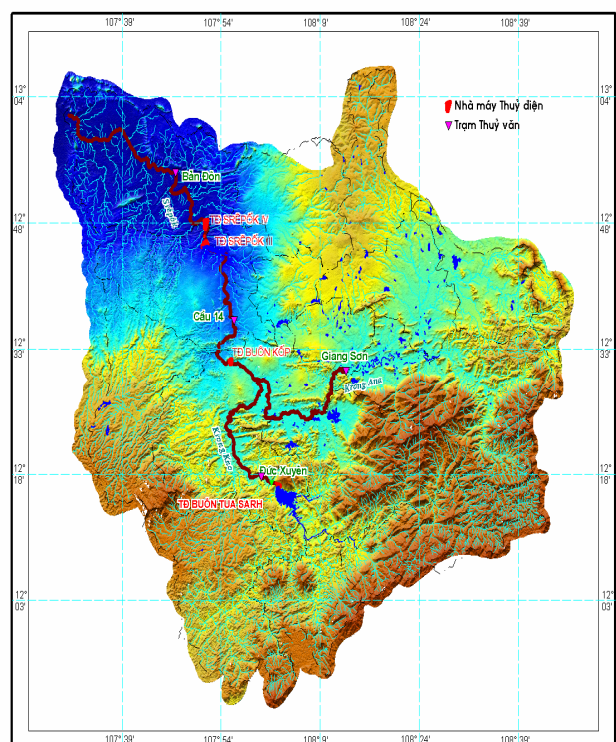
Sông Srêpôk bắt nguồn từ tỉnh Đắk Lắk (Việt Nam) chảy qua lãnh thổ Campuchia thuộc 2 tỉnh Mondulkiri và Stungtreng. Tổng diện tích toàn lưu vực là 30.100km<sup>2</sup>, chiều dài dòng chính là 315km (hình 1).

Lưu vực sông Srêpôk có hơn 600 hồ chứa có quy mô từ nhỏ đến lớn với tổng dung tích của các hồ là 2341 triệu m<sup>3</sup>. Các hồ chứa này đều không có dung tích phòng chống lũ cho hạ du. Trong năm 2010 các hồ chứa lớn được vận hành với quy trình riêng, độc lập, chưa có quy trình vận hành liên hồ chứa nên chưa phối hợp được với nhau trong phòng, chống và giảm thiểu tác hại của lũ lụt đối với khu vực hạ du.

Bài báo ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng vận hành hệ thống liên hồ chứa trên sông Srêpôk tạo cơ sở khoa học cho việc đề xuất qui trình vận hành liên hồ chứa phòng chống lũ cho hạ du. Các hồ chứa được lựa chọn đưa vào nghiên cứu là những hồ chứa có dung tích khá lớn có cửa van điều tiết chủ động. Đó là các hồ:

1) Hồ Buôn Tua Srah: là bậc trên cùng của hệ thống bậc thang sông Srêpôk, có dung tích lớn nhất, có khả năng điều tiết lớn đối với các bậc thang còn lại.

2) Hồ Srêpôk 3: có dung tích và  $N_{lm}$  khá lớn, có vai trò quan trọng trong việc điều tiết lũ và kiệt cho hạ du



Hình 1: Bản đồ lưu vực sông Srêpôk

Ngoài ra, trên hệ thống còn có thể kể đến hồ Buôn Kuốp và hồ Srêpôk 4. Tuy nhiên, các hồ này có dung tích bé, điều tiết ngày đêm nên sẽ không tham gia chính thức vào việc vận hành giảm lũ cho hạ du mà chỉ đóng vai trò phối hợp xả nước đảm bảo an toàn cho bản thân công trình đầu mối và góp phần điều hòa dòng chảy ở hạ lưu.

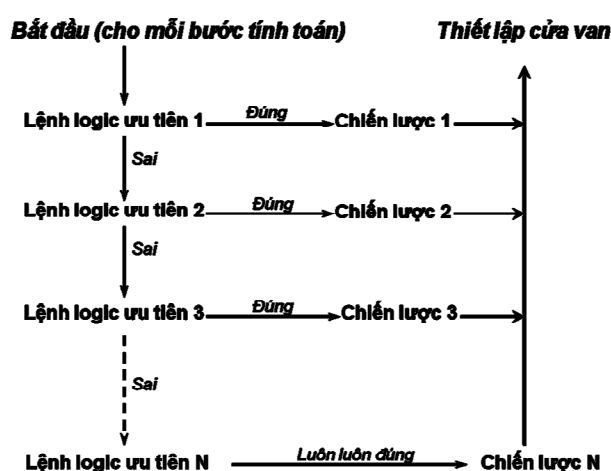
**Bảng 1: Thông số cơ bản các hồ trên lưu vực sông Srêpôk**

Hồ chứa	Buôn Tua Srah	Buôn Kuốp	Srêpôk 3	Srêpôk 4
Thông số kỹ thuật				
Mức nước dâng gia cường (m)	489,5	414,5	275	210,48
Mức nước dâng bình thường (m)	487,5	412	272	207
Mức nước chết (m)	465	409	268	204
Dung tích toàn bộ ( $10^6 m^3$ )	786,9	63,24	218,99	25,94
Dung tích hữu ích ( $10^6 m^3$ )	522,6	14,7	62,85	8,44
Loại hồ điều tiết	ĐT năm	ĐT ngày	ĐT ngày	ĐT ngày

### 1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH MIKE 11

MIKE 11 do DHI Water & Environment phát triển, là bộ phần mềm dùng để mô phỏng thủy động lực dòng chảy 1 chiều vùng cửa sông, sông, hệ thống kênh dẫn... Cốt lõi của mô hình là Mô đun Thủy động lực (HD), sử dụng sơ đồ sai phân ẩn hữu hạn 6 điểm Abbott-Ionescu để giải hệ phương trình Saint-Venant. Thêm vào đó, việc kết nối linh hoạt với các mô đun phụ trợ khác, bao gồm mưa – dòng chảy, vận chuyển bùn cát, chất lượng nước, vỡ đập... đã làm cho khả năng ứng dụng của mô hình được mở rộng giải quyết được nhiều bài toán trong lĩnh vực nghiên cứu, quản lý tài nguyên nước.

Mô đun vận hành công trình (SO) là một trong những mô đun phụ trợ đó. Nó được sử dụng để định ra các chiến lược vận hành cho công trình xây dựng trên sông như cửa cống, cửa van, trạm bơm, cửa xả hồ chứa... Với mô đun này các hồ chứa có thể được vận hành thông qua việc lựa chọn một số bất kỳ các chiến lược điều khiển khác nhau. Các chiến lược này sẽ được biểu diễn dưới dạng một chuỗi các câu lệnh "IF - THEN". Nếu tất cả các điều kiện định ra cho một chiến lược điều khiển được thỏa mãn, chiến lược đó sẽ được thực thi. Các chiến lược điều khiển được xác định bằng cách sử dụng một danh sách các câu lệnh logic, các hàm toán học tùy thuộc vào quyền ưu tiên của các hình thức điều khiển khác nhau. Người dùng có thể định ra câu lệnh logic nào quan trọng nhất, nhì, ba (thứ tự ưu tiên của các hàm logic).



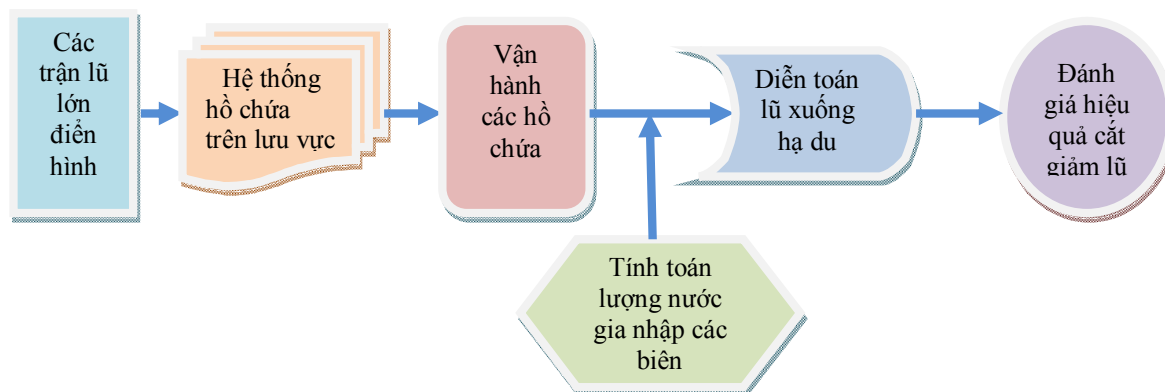
*Hình 2: Cây ra quyết định cho công trình xả tại một bước thời gian*

Hình 2 mô tả một thủ tục vận hành công trình tại một bước thời gian bất kỳ. Trong đó, N xác định quyền ưu tiên thấp nhất, luôn luôn được thực thi khi các lệnh logic khác là sai. Bằng việc thiết lập các chiến lược điều khiển khác nhau, người dùng có thể mô phỏng vận hành hệ thống hồ chứa đa mục tiêu bao gồm cả phòng lũ, phát điện, cấp nước...

### 2. THIẾT LẬP BÀI TOÁN VẬN HÀNH LIÊN HỒ CHỨA

Các hồ chứa liên kết với nhau tạo nên hệ thống hồ bậc thang. Việc vận hành các hồ chứa ở thượng lưu sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến dòng chảy đến hồ chứa ở hạ lưu.

Sơ đồ tổng quát của bài toán được trình bày trên hình 3



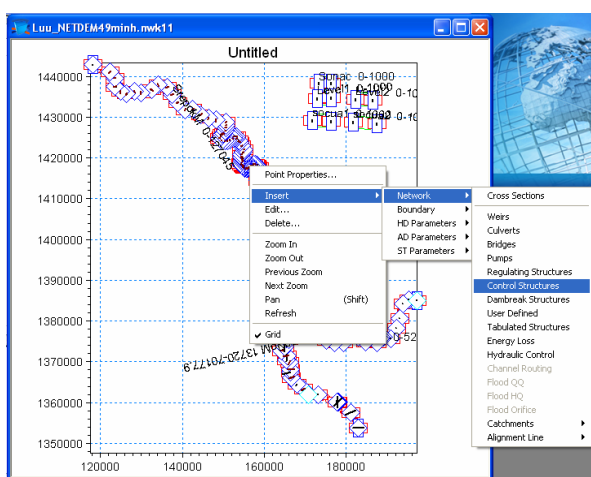
Hình 3: Sơ đồ khối tính toán vận hành liên hồ chứa

Trong bài toán vận hành liên hồ, có ba khối tính toán quan trọng:

- Khối vận hành hồ chứa cắt giảm lũ (bao gồm xả nước đón lũ và điều tiết cắt giảm lũ). Sử dụng mô đun vận hành công trình (SO).
- Khối tính toán lượng nước gia nhập các biên. Sử dụng mô hình thủy văn NAM.
- Diễn toán lũ sau khi điều tiết qua các hồ chứa và mạng sông về hạ du. Sử dụng mô hình thủy lực MIKE 11 (HD).

### 2.1 Thiết lập mạng lưới tính toán thủy lực

Mô hình MIKE11 thiết lập cho hệ thống sông Srêpôk bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính (Hình 4) với 190 mặt cắt ngang được khảo sát, đo đạc và hiệu chỉnh theo cao độ Quốc gia.



Hình 4: Mạng lưới tính toán thủy lực và công trình điều khiển trong mô hình MIKE 11

Biên trên của mô hình thủy lực

Với mạng sông tính toán đã được xác định ở

trên, biên trên của mô hình thủy lực là quá trình lưu lượng theo thời gian  $Q=f(t)$  tại các vị trí sau:

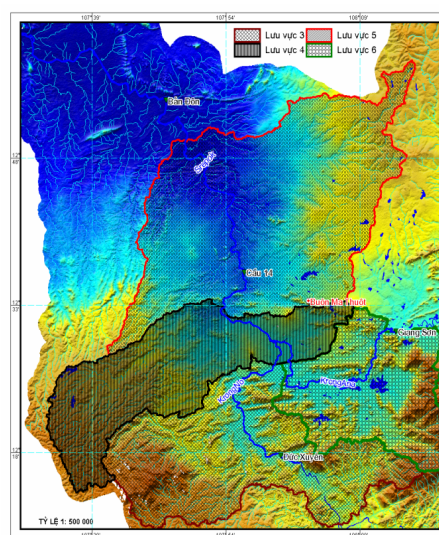
- + Trạm Giang Sơn trên sông KrongAna
- + Trạm Đức Xuyên trên sông KrongKno

Biên dưới của mô hình thủy lực

Biên dưới của mô hình thủy lực là quan hệ  $Q=f(H)$  tại trạm thủy văn LamPhat (Cam Pu Chia)

Biên dọc sông của mô hình thủy lực

Biên dọc mô hình là các đường quá trình lưu lượng  $Q = f(t)$  gia nhập khu giữa. Các biên này được tính toán bằng mô hình thủy văn (mô hình NAM) bao gồm 4 lưu vực (hình 5).



Hình 5: Biên dọc sông khu vực nghiên cứu

Các chỉ tiêu cơ bản của các biên gia nhập khu giữa như sau:

Lưu vực 3:  $F= 1086 \text{ km}^2$ , nhập vào sông KrôngKno

Lưu vực 4:  $F= 873 \text{ km}^2$ , nhập vào sông Srêpôk phía trên trạm thủy văn Cầu 14.

Lưu vực 5:  $F= 1764 \text{ km}^2$ , nhập vào sông Srêpôk phía trên hồ Srêpôk 3

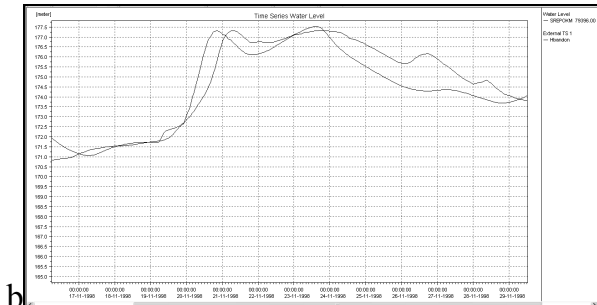
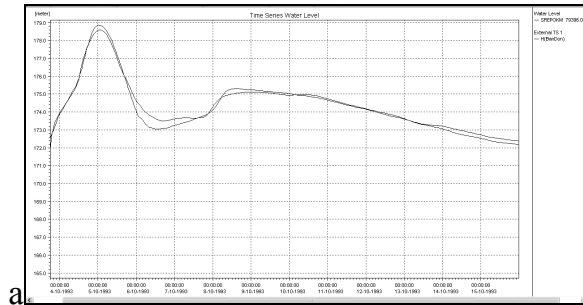
Lưu vực 6:  $F= 713 \text{ km}^2$ , nhập vào sông KrongAna

Trạm hiệu chỉnh và kiểm định của mô hình

thủy lực.

+ Trạm thủy văn Bản Đôn

Mô hình được hiệu chỉnh với thời đoạn tính toán là trận lũ từ 4/10-16/10/1993 và kiểm định với thời đoạn tính toán là trận lũ từ 15/11-30/11/1998, khi hệ thống chưa có các hồ chứa (hình 6).



Hình 6: Mức nước tính toán và thực đo tại trạm Bản Đôn  
(a Trận lũ tháng 10/1993; b trận lũ tháng 11/1998)

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình là khá tốt với chỉ tiêu NASH đạt 95% khi hiệu chỉnh và 88% khi kiểm định. Như vậy, thiết lập mô hình mô phỏng đoạn sông nghiên cứu và bộ thông số của mô hình là phù hợp với điều kiện hiện trạng. Mô hình hoàn toàn có thể sử dụng cho các tính toán, nghiên cứu tiếp theo.

## 2.2 Thiết lập mô đun vận hành hệ thống hồ chứa lưu vực sông Srêpôk

Để tiến hành thiết lập việc vận hành hệ thống hồ chứa, các công trình điều khiển được đưa vào mạng lưới tính toán thủy lực MIKE 11 của hệ thống sông Srêpôk (hình 4). Các công trình có thể được chia thành hai nhóm

- *Nhóm các công trình thực*: mô tả việc điều tiết nước trên hệ thống sông Srêpôk bao gồm các công trình xả qua cửa van của đập và công trình xả qua turbin để phát điện của các nhà máy thủy điện.

- *Nhóm các công trình giả*: mô tả các trạng thái vận hành của hệ thống công trình như xác định độ mở của các cửa xả hay các giai đoạn vận hành của hệ thống như xả nước đón lũ hay điều tiết cắt giảm đỉnh lũ. Các công trình giả này được thiết lập trên các nhánh sông giả, không kết nối thủy lực với mạng sông Srêpôk.

Vì vậy, nó không ảnh hưởng đến việc mô phỏng dòng chảy trên hệ thống sông.

Việc xả nước qua hồ sẽ tuân theo nguyên tắc chuyển qua tuabin trước rồi phần thừa sẽ thông qua việc vận hành các cửa van.

Để xác định lượng nước xả qua đập, 2 công trình được thiết lập tại vị trí công trình. Một công trình qui định lượng nước qua turbine và một qua công trình xác định lưu lượng xả qua cửa van. Lưu lượng ra khỏi hồ theo phương trình sau:

$$Q_{\text{out}}(t) = Q_{\text{xả qua tuabin}}(t) + Q_{\text{xả qua cửa van}}(t)$$

Trong đó :  $Q_{\text{xả qua tuabin}}$  là lưu lượng xả qua tuabin (t) được xác định dựa trên biểu đồ điều phối

$$Q_{\text{xả qua cửa van}} \text{ là lưu lượng xả qua cửa van (t)}$$

Lưu lượng qua cửa van sẽ là hàm của giá trị mực nước trong hồ và số nấc mở cửa tương ứng của từng cửa.

$$Q_{\text{xả qua cửa van}}(t) = f(H_{\text{Hồ}}, \text{Số nấc mở cửa tương ứng của từng cửa})$$

Như vậy, việc điều hành các hồ ngoài việc phát điện sẽ được xác định thông qua việc đóng mở thêm một nấc cửa xả dựa trên trạng thái vận hành của hệ thống và lưu lượng đến hồ. Để xác định trạng thái vận hành của từng hồ, một công trình đặt trên một nhánh sông giả được thiết lập.

Công trình này nhằm xác định tổng số nấc mở của các cửa xả cho công trình điều khiển thông qua việc thiết lập cấu trúc điều khiển. Các hàm logic sẽ quyết định khi nào đóng, khi nào mở thêm 1 nấc. Trên cơ sở kết quả số nấc xác định

trên nhánh sông giả, công trình cửa xả tại vị trí đập sẽ xác định thời điểm đó sẽ có bao nhiêu cửa mở và số nấc mở của từng cửa (hình 7). Từ đó xác định được lưu lượng xả xuống hạ lưu tại thời điểm tính toán.

Hình 7: Giao diện xác định số nấc mở và số cửa xả mở tương ứng trong MIKE 11

Dựa trên cấu trúc và mục đích vận hành của công trình đang xét mà người vận hành có các cơ sở để thiết lập các câu lệnh khác nhau. Các điều kiện cần xem xét đến các biến điều khiển như: mực nước hồ, mực nước hạ lưu, lưu lượng đến hồ, lưu lượng xả qua đập... Trên cơ sở đó đánh giá quyền ưu tiên và thiết lập thứ tự ưu tiên. Dưới đây minh họa một số câu lệnh logic sử dụng cho việc xác định số nấc mở của công trình xả:

```
IF
Hres >= 487.50 and HKS < 173.00
THEN (cửa xả mở thêm một nấc)
ELSE IF
Hres < 487.49 and Qđến < Qxả and SN > 0
THEN (cửa xả đóng lại một nấc)
END IF
```

Trong đó: Hres: mực nước hồ.  
Q<sub>đến</sub>; Q<sub>xả</sub>: tổng lưu lượng đến và xả qua hồ  
H<sub>K<sub>S</sub></sub>: mực nước tại vị trí kiểm soát  
SN: Số nấc đang mở

### 3. MÔ PHỎNG BÀI TOÁN VẬN HÀNH LIÊN HỒ CHỨA CẮT GIẢM LŨ HẠ DU

#### 3.1 Nguyên tắc điều hành hệ thống hồ chứa trên sông Srêpôk

Qua khảo sát khu vực nghiên cứu cho thấy đối với sông Srêpôk mực nước lũ tại trạm Cầu 14 và Bản Đôn vượt báo động III từ 2 - 3m trở lên mới gây ra tổn thất đáng kể (tràn bờ). Vì vậy, tiêu chuẩn giảm lũ trên sông Srêpôk nói chung là mực nước lũ tại các điểm kiểm soát vượt báo động III trở lên. Như vậy việc vận hành điều tiết chỉ thực hiện đối với các con lũ lớn và đặc biệt lớn gây ra những trận lũ trên báo động III. Số liệu thống kê những trận lũ lớn tại Bản Đôn có  $Q_{\max} \geq 2000 \text{ m}^3/\text{s}$  thường xảy ra gần như đồng thời trên cả 3 nhánh sông. Do có sự lệch pha giữa lũ lớn ở Đức Xuyên và Giang Sơn nên lũ lớn ở Bản Đôn thường có dạng 2 đỉnh. Trong đó một đỉnh có quan hệ rất chặt chẽ với lũ lớn xảy ra tại Đức Xuyên. Nếu như chỉ vận hành riêng hồ Buôn Tua Srah thì chỉ có tác dụng cắt giảm lũ cho đỉnh này mà thôi. Do hồ Buôn Tua Srah và hồ Srêpôk 3 nằm trên hệ thống bậc thang, việc giảm bớt lưu lượng đỉnh lũ trên nhánh Krong Kno sẽ giảm bớt áp lực cắt giảm lũ về hồ Srêpôk 3. Như vậy, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa hồ Srêpôk 3 và Buôn Tua Srah trong việc giảm lũ cho hạ du, trong đó hồ

Srêpôk 3 sẽ đóng vai trò quyết định đến hiệu quả giảm lũ hạ du.

Từ các phân tích trên, nguyên tắc vận hành hệ thống các hồ chứa trên sông Srêpôk được đề xuất như sau:

Hồ Srêpôk 3 sẽ giữ vai trò chìa khóa trong việc điều chỉnh giảm lũ cho hạ du Srêpôk. Hồ Buôn Tua Srah sẽ hỗ trợ cắt giảm lũ đối với trận lũ lớn xảy ra ở Đức Xuyên trên nhánh KrongKno. Hồ Srêpôk 3 phải được dành dung tích giảm lũ càng nhiều càng tốt với điều kiện cho phép.

Việc điều hành hệ thống hồ có hai giai đoạn quan trọng đó là:

1. Xả nước dành dung tích đón lũ
2. Điều tiết cắt lũ, vì dung tích cắt lũ nhỏ nên chủ yếu cắt đỉnh lũ

### 3.2 Xả nước đón lũ

Đây là giai đoạn thực hiện trước khi lũ đến hồ lên nhanh, mực nước hạ lưu đang thấp. Vấn đề là cần xác định thời điểm xả nước hồ để đón lũ và mực nước thấp nhất có thể xả là bao nhiêu. Chọn thời điểm xả nước làm sao đừng quá muộn để dành dung tích được lớn nhất. Tuy nhiên, nếu xả quá sớm sẽ gặp rủi ro cao không tích đầy nước trở lại khi dự báo lũ về hồ không chính xác.

Nguyên tắc chung xả nước:

- Căn cứ vào dự báo lưu lượng đến hồ kết hợp với mực nước tại điểm kiểm soát lũ ở hạ du để xả dần và không được gây lũ nhân tạo ở hạ du, cường suất lũ xả lũ không quá lớn. Khi mực nước ở hạ du đạt ngưỡng nào đấy thì phải ngừng xả và lũ vẫn tiếp tục lên thì chuyển sang trạng thái điều tiết cắt lũ.
- Hồ Buôn Tua Srah và Srêpôk 3 cố gắng hạ thấp mực nước tối đa cho phép.

#### 4.2.1. Thời điểm xả nước đón lũ

Thời điểm bắt đầu điều hành xả lũ được tính từ khi dự báo mực nước lũ (hay lưu lượng lũ) đạt ngưỡng cấp báo động II và dự báo lũ có khả năng tiếp tục lên. Nghĩa là:

+ Trạm thủy văn Đức Xuyên:  $Q \approx 600-700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

+ Trạm thủy văn Cầu 14 và Bản Đôn:  $Q \approx 1000-1200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Như vậy, các hồ đã tiến hành xả nước từ trước khi lưu lượng đạt ngưỡng báo động II với lưu lượng xả tăng dần.

#### 4.2.2. Mục nước các hồ cần hạ để dành dung tích cắt giảm lũ cho hạ du

Qua phân tích các đường điều phối của các hồ, tính toán, lựa chọn mực nước có thể hạ xuống thấp nhất có thể để tránh thiệt hại về điện và ít rủi ro khi dự báo lũ đến hồ không chính xác, đề xuất chọn mực nước đón lũ đối với hồ Buôn Tua Srah là 486.5 m tương đương với dung tích là 37 triệu  $\text{m}^3$  và hồ Srêpôk 3 là 270 m, tương ứng dung tích là 33,4 triệu  $\text{m}^3$ .

### 3.3 Vận hành các hồ điều tiết cắt, giảm lũ cho hạ du

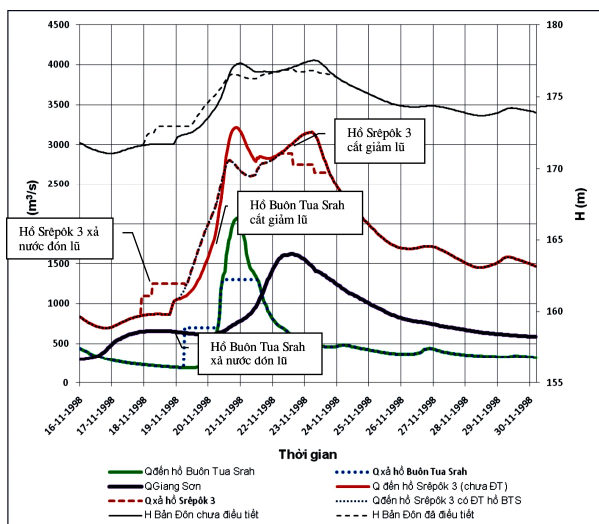
Hình 8 minh họa kết quả tổng hợp quá trình cắt giảm lũ cho trận lũ năm 1998. Trận lũ này, do bên nhánh sông Krong Ana xuất hiện lũ lớn trước, làm cho lưu lượng đến hồ Srêpôk 3 tăng nhanh. Hồ Srêpôk 3 tiến hành xả nước đón lũ trước. Hồ Buôn Tua Srah xả nước đón lũ sau. Tuy nhiên, do lũ trên nhánh Krong Kno đạt đỉnh trước nên hồ Buôn Tua Srah vận hành cắt giảm đỉnh lũ trên nhánh sông Krong Kno (đỉnh lũ trước ở hạ du). Hồ Srêpôk 3 sẽ vận hành cắt giảm đỉnh lũ thứ 2 gây ra do lũ bên nhánh Krong Ana và khu giữa.

Hiệu quả cắt giảm lũ cho hạ du được thể hiện trong bảng 2

**Bảng 2:** Hiệu quả giảm đỉnh lũ tại hạ du

Vị trí	Mực nước lũ lớn nhất (m)		Hiệu quả giảm lũ (cm)
	Tự nhiên	Hồ cắt lũ	
Ngã ba Quỳnh Ngọc	417.91	417.55	35
Bản Đôn	178.53	178.11	42
Biên giới VN-CPC	155.28	154.75	53

## Nhận xét chung



Hình 8: Tổng hợp quá trình điều tiết lũ năm 1998

- Khi các hồ xả nước dành dung tích cắt lũ: Thời gian xả về mực nước trước lũ chỉ trong khoảng 24 giờ, Các hồ sẽ không xả nước khi mực nước tại trạm thủy văn Bản Đôn vượt quá mức báo động III.
- Khi xả lũ đưa mực nước các hồ về mực nước đón lũ (MNĐL) các hồ vẫn đảm bảo hiệu quả phát điện và dành dung tích sẵn có để đón

## Tài liệu tham khảo

1. DHI (2005), MIKE 11 - A modelling system for Rivers and Channels. DHI – Water and Environment, Denmark.
2. Ngo Le Long và nnk (2008), Implementation and Comparison of Reservoir Operation Strategies for the Hoa Binh Reservoir, Vietnam using the Mike 11 Model. Water Resources Manage DOI 10.1007/s11269-007-9172-1.

## Abstract

### SIMULATION OF MULTI-RESERVOIR OPERATION IN SREPOK RIVER BASIN FOR FLOOD CONTROL USING THE MIKE 11 MODEL

*In recent years, the increase of flood in both numbers and manitues in Central and Highland part of Vietnam has damaged properties and human life. Therefore, studying on multi-reservoir operation for flood control has received interests from many managers and specialists. This paper presents the application of MIKE 11 model to simulate multi-reservoir operation in Srepok river system. As expected, the research results will be used as scientific basis for establishing multi-reservoir regulation for flood control in the downstream part of the river.*

lũ, khi đỉnh lũ về sẽ vận hành hồ chứa giảm lũ cho hạ du đồng thời hồ sẽ tích nước trở lại MNDBT.

- Qua tính toán đối với trận lũ năm 1998 cho thấy khi có các hồ tham gia vận hành cắt giảm lũ mực nước hạ du giảm được từ 0,3 đến 0,5 m góp phần giảm nhẹ tổn thất do lũ gây ra.

## 4. KẾT LUẬN

1) Mô hình MIKE 11 là công cụ mạnh trong việc mô phỏng dòng chảy trên sông cũng như qua công trình. Việc ứng dụng mô hình kết hợp với mô đun vận hành công trình (SO) giúp cho việc mô phỏng vận hành các công trình cửa van một cách dễ dàng, thuận tiện cho việc nghiên cứu thiết lập quy trình vận hành liên hồ chứa.

2) Nghiên cứu đã bước đầu đề xuất được nguyên tắc vận hành liên hồ chứa cho các bậc thang trên hệ thống phục vụ cắt giảm lũ cho hạ du. Do các hồ không có dung tích phòng lũ, để có thể điều tiết cắt giảm lũ, các hồ sẽ chủ động hạ thấp mực nước đón lũ khi có dự báo lũ xảy ra. Phần dung tích này chỉ dành để cắt giảm đỉnh lũ đến các hồ nhằm hạ thấp mực nước cho hạ du tránh gây nên tình trạng lũ xấu hơn tự nhiên vốn có và mức độ ảnh hưởng đến điện là không đáng kể.