NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-RESSIM VẬN HÀNH HỆ THỐNG LIÊN HỒ CHỨA TRONG MÙA LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG CẢ

Trần Đức Thiện[(1)], Nguyễn Thị Hải Yến[(1)], Lê Văn Quy[(2)]
[(1)]Viện Khoa học Tài nguyên nước
[(2)]Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 19/2/2024; ngày chuyển phản biện: 20/2/2024; ngày chấp nhận đăng: 14/3/2024

Tóm tắt: *Vận hành hệ thống liên hồ chứa theo quy trình hiện nay đang là một bài toán được quan tâm và nghiên cứu. Nghiên cứu này bước đầu áp dụng thử nghiệm mô hình HEC-RESSIM tính toán điều tiết liên hồ chứa trên lưu vực sông Cả, thử nghiệm cho trận lũ lớn đã xảy ra trong quá khứ. Kết quả bài toán điều tiết liên hồ chứa Bản Vẽ, Khe Bố, Bản Mồng, Ngàn Trươi và Hố Hô cho thấy hiệu quả cắt lũ đã tăng lên rõ rệt. Đường quá trình lưu lượng nước tại các trạm thủy văn Con Cuông, Nghĩa Khánh, Chợ Tràng, Linh Cảm sau khi điều tiết cho thấy không những quá trình lũ đã được cắt giảm hợp lý mà cả lưu lượng đỉnh lũ cũng được giảm đi rất nhiều. Điều này cho thấy hiệu quả rõ ràng của điều tiết lũ liên hồ chứa trên sông Cả khi áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho trận lũ năm 1973, 1988. Nghiên cứu đã ứng dụng được mô hình mở HEC-RESSIM cho bài toán điều tiết lũ hệ thống liên hồ chứa trên sông Cả với các câu lệnh bổ sung cho các hồ chứa khi điều tiết để cắt giảm lũ theo quy trình vận hành liên hồ chứa. Kết quả áp dụng khá tốt, phù hợp với bài toán tính toán điều tiết liên hồ chứa trên lưu vực sông.*

Từ khóa: *Lưu vực sông Cả, HEC-RESSIM, vận hành liên hồ chứa.*

1. Mở đầu

Để vận hành tốt hơn các hồ chứa, việc quản lý dung tích hồ chứa và mực nước hồ chứa với sự thay đổi theo mùa trong năm là vô cùng cần thiết. Dòng chảy vào từ sông và nhu cầu nước từ hồ chứa rất khác nhau khiến việc quản lý dung tích hồ chứa theo nhu cầu trở nên khó khăn hơn. Trong vài năm gần đây, việc mô hình hóa để quản lý hồ chứa đang trở lên hữu ích và hiệu quả giúp các nhà quản lý và nghiên cứu có thể đánh giá được hiệu quả của việc vận hành hồ chứa, cũng như phối hợp hiệu quả trong công tác vận hành với các hồ chứa trong cùng lưu vực sông. Theo các nghiên cứu so sánh về các kỹ thuật lập mô hình cơ bản cho nghiên cứu vận hành hồ chứa, mô hình HEC-RESSIM được khuyến nghị là phần mềm hiệu quả hơn cả. Năm 2004, để đánh giá và quản lý hồ chứa của hệ thống sông Tigris và Euphrates ở Iraq, HEC-RESSIM 2.0 đã được Hanbali sử dụng [1]. Nghiên cứu bao gồm sáu hồ chứa chính, ba hồ chứa ngoài dòng chính, bảy hồ chứa nhỏ và nhiều đập để chuyển nước từ sông Tigris và Euphrates. HEC-RESSIM 2.0 được sử dụng để mô phỏng các sự kiện lịch sử, đặc biệt là thời kỳ lũ lụt và hạn hán. Babazadeh [2] đã sử dụng HEC-RESSIM để lập mô hình hồ chứa và cho rằng, áp dụng các mô hình mô phỏng là một trong những cách hiệu quả nhất để phân tích hệ thống tài nguyên nước. Kết quả kiểm định mô hình cho thấy mô hình này có thể mô phỏng rất tốt hoạt động của hệ thống. Mô hình hóa giúp tăng hiệu quả tưới lên 20% và giảm 12% sự cố trong hệ thống. McKinney [3] đã phát triển mô hình dòng chảy của đập Lancang Cascade, Trung Quốc, để tối đa hóa sản lượng thủy điện và hiệu chỉnh mô hình để phù hợp với dòng chảy ra ở trạm đo hạ lưu với dữ liệu của năm gần đây nhất. HEC-RESSIM có khả năng lập mô hình đập hàng loạt. Piman [4] đã sử dụng đồng thời HEC-RESSIM và SWAT để đánh giá sự thay đổi dòng chảy do phát triển và vận hành thủy điện ở các lưu vực sông Sekong, Sêsan và

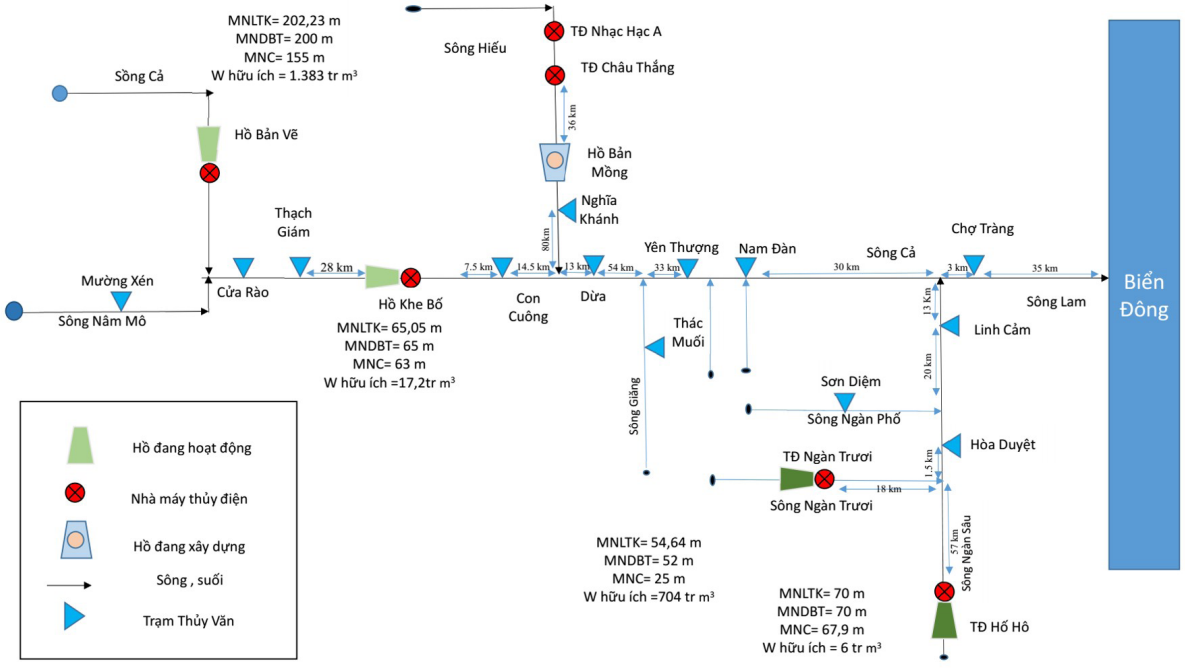
Liên hệ tác giả: Trần Đức Thiện
Email: thientd810@wru.vn

Srepok thuộc lãnh thổ Việt Nam. Để đánh giá mức độ thay đổi tiềm năng, dòng chảy trung bình ngày đã được mô phỏng trong hơn 20 năm bằng cách sử dụng các mô hình HEC-RESSIM và SWAT cho một loạt các kịch bản phát triển và vận hành đập. Trong bài báo này, HEC-RESSIM được sử dụng nhằm mô phỏng các hồ chứa trên sông Cả, xây dựng hệ thống hỗ trợ quyết định nhằm điều chỉnh mực nước và thể tích hồ chứa giúp tăng cường hơn nữa hoạt động của hồ chứa trong việc kiểm soát lũ, cung cấp nước tưới và sản xuất thủy điện. Nghiên cứu này sẽ giúp cơ quan quản lý hồ chứa giải quyết các thách thức về nước trong tương lai và cũng tạo ra các mô phỏng để điều hành các tình huống lũ xảy ra trên lưu vực.

2. Dữ liệu và phương pháp

2.1. Dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng số liệu quan trắc mực nước, lưu lượng thời đoạn từ năm 1975-2021 tại Mường Xén, Thạch Giám, Nghĩa khánh, Con Cuông, Hòa Duyệt, Chợ Tràng và số liệu thiết kế và vận hành hồ chứa Bản Vẽ, Khe Bố, Bản Mồng, Ngàn Trươi, Hố Hô (Hình 1) (Nguồn: Đề tài KH&CN cấp Bộ TNMT.2023.06.16).



Hình 1. Hệ thống hồ chứa và trạm thủy văn lưu vực sông Cả

2.2. Phương pháp

Nghiên cứu sử dụng phương pháp mô phỏng hoạt động của hệ thống hồ chứa bằng mô hình toán, và tập trung áp dụng thử nghiệm mô hình HEC-RESSIM đối với bài toán điều tiết lũ liên hồ chứa theo quy trình vận hành.

2.2.1. Giới thiệu mô hình HEC-RESSIM

Mô hình Hec - RESSIM (Reservoir System Simulation) được Trung tâm kỹ thuật Thủy văn, quân đội Hoa kỳ (Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of engineering) phát triển lên từ mô hình HEC-5. Mô hình này được sử dụng rộng rãi trong việc mô phỏng các các bài toán kiểm soát lũ và điều tiết hệ thống hồ chứa. Hec Ressim bao gồm các giao diện đồ họa đẹp, tiện ích, dễ sử dụng và có thể phát triển, tích hợp thuận lợi với các mô hình mở thuộc bộ mô hình HEC (HEC HMS, HEC RAS,...) và các mô hình mở khác. Nguyên lý tính toán điều tiết dòng chảy trong hồ chứa dựa vào hệ phương trình cân bằng nước và phương trình động lực cùng với các đường đặc trưng, tham số mô tả đặc tính của hệ thống công trình.

- Phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dV}{dt} = Q(t) - qr(t)$$

- Phương trình động lực cho các công trình xả lũ có dạng tổng quát là hàm của 3 tham số:

$$Q_{xi}(t) = f_i[A_i, Z(t), Z_{hi}(t)], \quad i = 1, 2, \ldots n$$

Trong đó: *Q(t)* là quá trình lũ đến; *qr(t)* là quá trình lưu lượng xả khỏi hồ bao gồm lưu lượng xả *qx(t)* qua công trình xả lũ (có điều khiển và chảy tự do); lưu lượng qua công trình lấy nước *qc(t)*; dẫn dòng, qua tuốc bin nhà máy và lưu lượng tổn thất do thấm và bốc hơi; A_i là thông số quy mô công trình xả lũ; *Z(t)* mực nước thượng lưu; $Z_{hi}(t)$ mực nước hạ lưu.

Giải hệ phương trình trên ta xác định được đường quá trình lưu lượng xả *qx(t)* sự thay đổi mực nước và dung tích của hồ chứa.

HEC-RESSIM bao gồm các công cụ: Mô phỏng, tính toán, lưu trữ số liệu, quản lý, đồ họa và báo cáo hệ thống nguồn nước. HEC dùng HEC-DSS (Data Storage System) để lưu trữ và sửa đổi các hệ thống số liệu vào ra. ResSim bao gồm 3 môđun: Thiết lập lưu vực (Watershed setup), mạng lưới hồ (Reservoir Network) và mô phỏng (Simulation). Mỗi 1 môđun có 1 mục đích riêng và tập hợp các công việc thực hiện qua bảng chọn (menu, toolbar) và biểu đồ.

2.2.2. Thiết lập mô hình HEC-RESSIM mô phỏng hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Cả

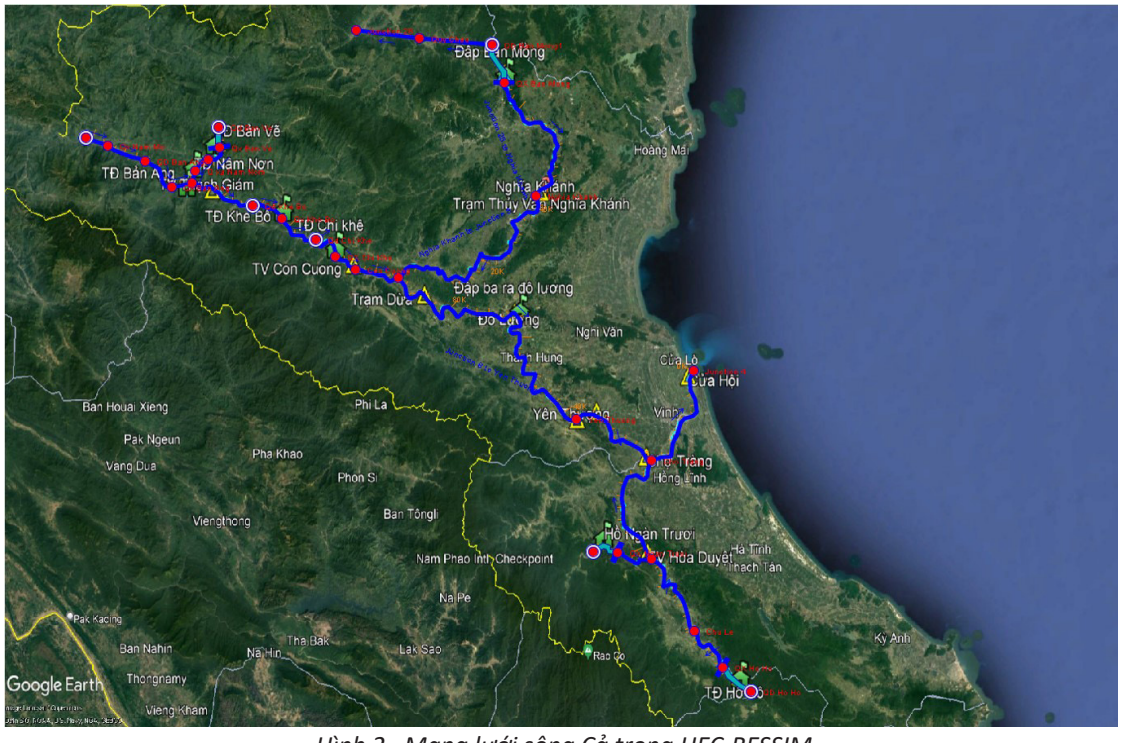
Chúng tôi đã tiến hành xây dựng mô hình HEC-RESSIM cho các hồ chứa lớn có khả năng điều tiết lũ trên lưu vực sông Cả bao gồm 4 hồ chứa chính trong quy trình gồm các hồ: Bản Vẽ, Bản Mồng, Ngàn Trươi, Hố Hô.

a. Thiết lập mạng lưới sông không có hồ chứa

Xét trường hợp không có hồ chứa, chỉ có dòng chảy tự nhiên trong sông, sử dụng lưu lượng ở các trạm Yên Thượng và Hòa Duyệt để hiệu chỉnh mô hình thời gian từ 01/9/1973-30/9/1973; 13/8/1988-26/8/1988

b. Thiết lập mạng lưới sông Cả khi có các hồ chứa như trong Hình 2.

Số liệu lưu lượng đến hồ Bản Vẽ, Khe Bố, Bản Mồng, Ngàn Trươi, Hố Hô và nhập lưu khu giữa đến các hồ được tính toán từ mô hình MIKE NAM, thời gian từ 15/8/2020-30/12/2020 và 10/1/2021-30/12/2021.



Hình 2. Mạng lưới sông Cả trong HEC-RESSIM

- Xét bài toán điều tiết lũ liên hồ chứa trên sông Cả theo quy trình vận hành liên hồ chứa [5] với các quy định được quy định tại bảng sau:

+ Bước 1: Xác định mực nước cao nhất trước lũ và mức nước đón lũ thấp nhất theo các thời kỳ tại các hồ chứa như trong quy định tại Bảng 1 và Bảng 2.

+ Bước 2: Xác định các mực nước báo động các trạm thủy văn trên sông Cả tại Bảng 3.

+ Bước 3: Xây dựng tổ hợp các trường hợp vận hành quy trình liên hồ chứa sông Cả tại Bảng 4 và thiết lập các quy tắc vận hành hồ chứa trong mô hình HEC-RESSIM trong Hình 3.

Bảng 1. Mực nước cao nhất trước lũ của các hồ trong mùa lũ

Hồ	**Mực nước hồ**					
	20/7-31/7	1/8-14/8	15/8-31/8	1/9-30/9	1/10-31/10	1/11-30/11
Bản Vẽ	192,5	192,5	192,5	193,0-197,0	195,0-200,0	197,5-200,0
Bản Mồng	74,0	74,5	74,5	74,5	75,0	75,5-76,4
Ngàn Trươi			46,0	46,0	51,0	51,5-52
Hố Hô			69,5			

Bảng 2. Mực nước đón lũ thấp nhất của các hồ

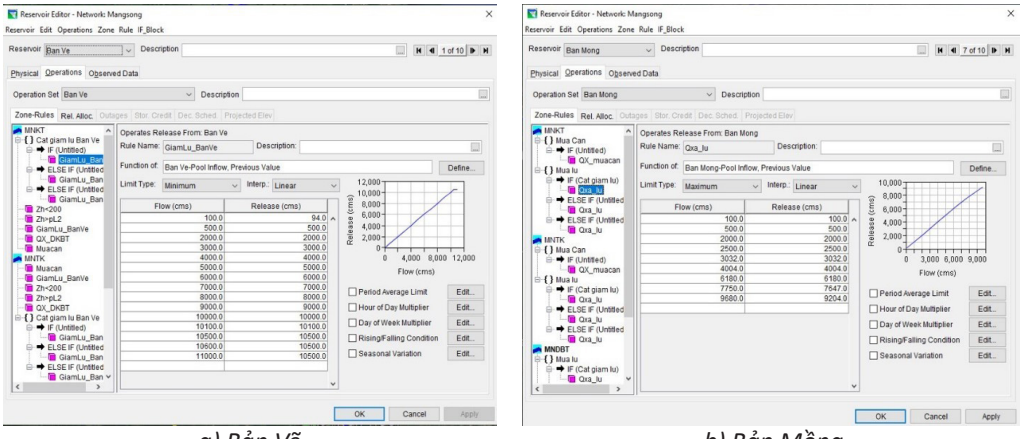
Hồ	**Mực nước hồ**					
	20/7-31/7	1/8-14/8	15/8-31/8	1/9-30/9	1/10-31/10	1/11-30/11
Bản Vẽ	191,5	191,5	191,5	193,0	195,0	197,5
Bản Mồng	73,0	73,5	73,5	73,5	75,0	75,5-76,4
Ngàn Trươi			45,0	45,0	50,0	51,5
Hố Hô			69,0			

Bảng 3. Mực nước báo động các trạm thủy văn trên sông Cả

STT	**Tên trạm**	**Sông**	**Cấp báo động I**	**Cấp báo động II**	**Cấp báo động III**
1	Nam Đàn	Cả	5,4	6,9	7,9
2	Đô Lương		14,5	16,5	18,0
3	Dừa		20,5	22,5	24,5
4	Con Cuông		28,0	29,0	30,5
5	Thạch Giám		66,0	67,5	69,0
6	Nghĩa Khánh	Hiếu	38,0	39,0	40,0
7	Quỳ Châu		72,5	74,5	76,5
8	Mường Xén	Nậm Mô	138,0	140,0	142,0
9	Chợ Tràng	Lam	3,0	4,0	5,0
10	Yên Thượng		7,0	8,0	9,0
11	Cửa Hội		1,5	1,7	1,9
12	Linh Cảm	La	4,5	5,5	6,5
13	Hòa Duyệt	Ngàn Sâu	7,5	9,0	10,5
14	Chu Lễ		11,5	12,5	14,0

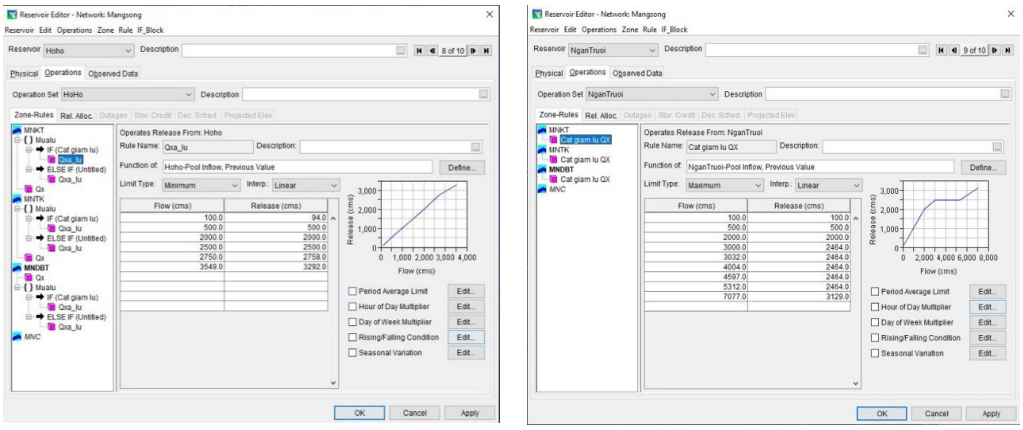
Bảng 4. Tổ hợp các trường hợp vận hành quy trình liên hồ chứa sông Cả

Chế độ vận hành	Bản Vẽ	Bản Mồng	Ngàn Trươi	Hố Hô	Khe Bố
Hạ mực nước đón lũ	$H_{Con\ Cuông}$ < BĐI → Z_h ≥ Bảng 2	Z_h> Bảng 1 và $H_{Nghĩa\ Khánh}$ < BĐI → Z_h ≥ Bảng 2	Z_h> Bảng 2 và $H_{Linh\ Cảm}$, $H_{Chợ\ Tràng}$ < BĐI → Z_h ≥ Bảng 2	Z_h> Bảng 2 và $H_{Chu\ Lễ}$ < BĐI → Z_h ≥ Bảng 2, Z_h ≤ 64,5 m và Q_x ≤ 94 m^3/s	Z_h ≤ 64 m
Duy trì mực nước đón lũ	BĐI <$H_{Con\ Cuông}$ < BĐII hoặc 1.000 < $Q_{đến}$ < 1.200 (m^3/s) → $Q_{xả}$= $Q_{đến}$	Z_h> Bảng 1 và BĐII >$H_{Nghĩa\ Khánh}$ > BĐI hoặc 1.500 < $Q_{đến}$ < 2.000 (m^3/s) → $Q_{đến}$= $Q_{xả}$	$Q_{vào\ hồ}$ ≤ 1.300 và $H_{Linh\ Cảm}$ ∩ $H_{Chợ\ Tràng}$ < BĐII và Z_h≥ 54,64 m → $Q_{xả}$= $Q_{đến}$	BĐII>$H_{Chu\ Lễ}$ > BĐI hoặc 400< $Q_{đến}$ <700 (m^3/s) → $Q_{đến}$= $Q_{xả}$	$H_{Thạch\ Giám}$ ≥68,5m → $Q_{xả}$= $Q_{đến}$
Cắt giảm lũ	$H_{Con\ Cuông}$ hoặc $H_{Chợ\ Tràng}$ > BĐII; hoặc $Q_{đến}$ >1.200 (m^3/s) Nếu Z_h > Bảng 1 và BĐI <$H_{Con\ Cuông}$ < BĐII hoặc nếu Z_h< Bảng 1 và $H_{Con\ Cuông}$ <BĐI → Z_h≤ Bảng 1 → $Q_{xả}$ < 10.500 (m^3/s)	$H_{Nghĩa\ Khánh}$ hoặc $H_{Chợ\ Tràng}$ > BĐII; hoặc $Q_{đến}$ >2.000 (m^3/s) Nếu Z_h > Bảng 1 và BĐI < $H_{Nghĩa\ Khánh}$ < BĐII hoặc nếu Z_h< Bảng 2 và $H_{Nghĩa\ Khánh}$ <BĐI → Z_h≤ Bảng 1 →$Q_{xả}$<9.204 (m^3/s)	Z_h < Bảng 1 ∩ $H_{Linh\ Cảm}$ ∩ $H_{Chợ\ Tràng}$ <BĐI → Z_h ≤ Bảng 1	BĐII<$H_{Chu\ Lễ}$ → $Q_{đến}$ >700 (m^3/s) → $Q_{xả}$<3.292 (m^3/s)	$H_{Con\ Cuông}$ hoặc $H_{Chợ\ Tràng}$ > BĐII; hoặc $Q_{đến}$ >1.200 (m^3/s) Nếu Z_h > Bảng 1 và BĐI <$H_{Con\ Cuông}$ < BĐII Hoặc nếu Z_h< Bảng 1 và $H_{Con\ Cuông}$ <BĐI → Z_h≤ Bảng 1 → $Q_{xả}$<8.826,91 (m^3/s)
Vận hành bảo đảm công trình	Các hồ Hồ Bản Vẽ, Bản Mồng, Hố Hô, Khe Bố khi Z_h=MNDBT (riêng $Z_{Ngàn\ Trươi}$ = 54,64 m) và tiếp tục tăng và ảnh hưởng đến an toàn công trình thì cần thực hiện vận hành đảm bảo an toàn, hồ đập				
Vận hành tích nước cuối mùa lũ	Cập nhật thông tin về tình hình thời tiết, mưa, lũ, mực nước tại các trạm thủy văn; mực nước hồ, lưu lượng đến hồ và các bản tin dự báo để điều chỉnh, chuyển sang chế độ vận hành hồ giảm lũ cho hạ du (hạ thấp mực nước hồ, duy trì mực nước hồ, cắt, giảm lũ cho hạ du) hoặc chế độ vận hành bảo đảm an toàn công trình (nếu có) phù hợp với quy định				



a) Bản Vẽ *b) Bản Mồng*

Hình 3. Thiết lập quy tắc vận hành các hồ chứa: a) Bản Vẽ; b) Bản Mồng



c) Hố Hô *d) Ngàn Trươi*

Hình 3. Thiết lập quy tắc vận hành các hồ chứa: c) Hố Hô; d) Ngàn Trươi

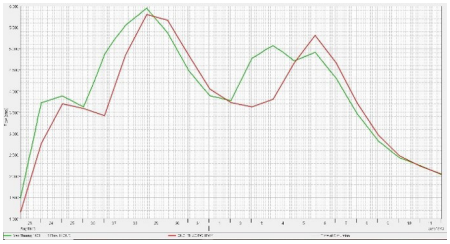
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình HECRESSIM khi không có hồ chứa

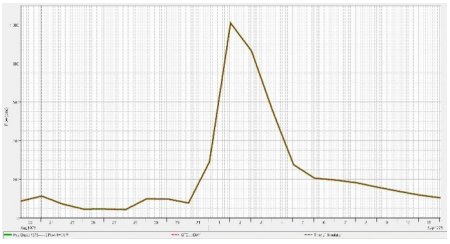
Sử dụng phương pháp Muskingum để diễn toán dòng chảy trong sông và hiệu chỉnh hai thông số là thời gian lan truyền K và hệ số trữ đoạn sông X (0-0,5) sao cho khi diễn toán lũ về trạm Yên Thượng và Hòa Duyệt thì đường quá trình tính toán và thực đo là phù hợp với nhau kể cả độ lớn đỉnh lũ và thời gian xuất hiện đỉnh lũ thông qua chỉ số nash thể hiện qua Bảng 6. Hệ thống sông được phân chia thành 18 đoạn, số liệu được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình là số liệu thực đo của các trạm thủy văn Yên Thượng và Hòa Duyệt (lưu lượng) các trận lũ năm 1973, 1988. Kết quả hiệu chỉnh hệ số K và X trong Bảng 5 như sau:

Bảng 5. Hệ số diễn toán Muskingum

STT	Đoạn sông	Khoảng cách (km)	K (giờ)	x
1	Bản Vẽ - Nậm Nơn	15	0,7	0,2
2	Nậm Mô - Bản Ang	40	1,8	0,3
3	Bản Ang - Thạch Giám	13	0,6	0,1
4	Nậm Nơn - Thạch Giám	10	0,4	0,1
5	Thạch Giám - Khe Bố	29	1,3	0,25
6	Khe Bố - Chi Khê	26	1,2	0,25
7	Chi Khê - Con Cuông	7.6	0,3	0,05
8	Con Cuông - ngã ba sông Hiếu	15	0,7	0,1
9	ngã ba sông Hiếu - Dừa	13	0,6	0,15
10	Dừa - Yên Thượng	88	3,9	0,2
11	Yên Thượng - Chợ Tràng	31	1,4	0,2
12	Bản Mồng - Nghĩa Khánh	46	2,1	0,2
13	Nghĩa Khánh - sông Lam	80	3,6	0,1
14	Hố Hô - Chu Lễ	29	1,3	0,1
15	Chu Lễ - Hòa Duyệt	39	1,7	0,1
16	Ngàn Trươi - Hòa Duyệt	18	0,8	0,15
17	Hòa Duyệt - Chợ Tràng	35	1,6	0,2
18	Chợ Tràng - Cửa Hội	33	1,5	0,2

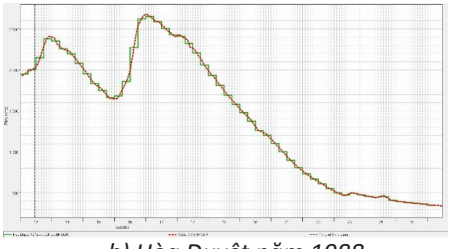


a) Yên Thượng năm 1973



b) Hòa Duyệt năm 1973

a) Yên Thượng năm 1988



b) Hòa Duyệt năm 1988

Hình 4. Diễn toán đường quá trình lưu lượng tại trạm Yên Thượng và Hòa Duyệt

Bảng 6. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định tại các trạm khi chưa có hồ chứa theo chỉ tiêu Nash

Vị trí	Hiệu chỉnh năm 1973	Kiểm định năm 1988
Yên Thượng	0,95	0,92
Hòa Duyệt	0,91	0,86

Kết quả hiệu chỉnh tại nút kiểm tra Yên Thượng, Hòa Duyệt được thể hiện trên Hình 4 và Bảng 6 cho kết quả hiệu chỉnh cho thấy đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại hai trạm Yên Thượng và Hòa Duyệt tương đối phù hợp vì vậy các thông số về thời gian chảy truyền và hệ số trữ nước đoạn sông trong mô hình đảm bảo phục vụ tính toán.

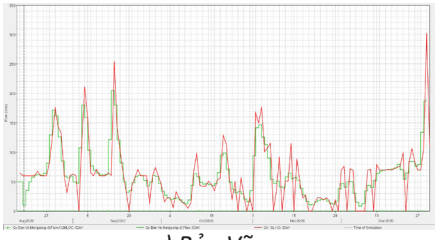
3.2. Kết quả hiệu chỉnh thông số mô hình HECRESSIM cho mô phỏng vận hành của các hồ chứa khi vận hành theo quy trình 1605 cho năm 2020 và 2021

Việc hiệu chỉnh và kiểm định được tiến hành cho mùa lũ để xác định các thông số diễn toán dòng chảy các sông trên lưu vực sông Cả. Số liệu được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bao gồm lưu lượng xả tại các hồ Bản Vẽ, Ngàn Trươi, Hố Hô và số liệu thực đo tại các trạm Nghĩa Khánh, Yên Thượng và Hòa Duyệt cho các năm 2020 và 2021. Đây là những năm mà cả 3 hồ đều đã đi vào vận hành và có tài liệu tương đối đầy đủ. Riêng với hồ Bản Mồng do hiện nay đang xây dựng chưa đi vào vận hành nên sẽ lấy trạm Nghĩa Khánh để đánh giá. Số liệu đầu vào của mô hình còn bao gồm số liệu thực đo của các hồ chứa (mực nước, lưu lượng tuabin, lưu lượng xả tối thiểu). Kết quả hiệu chỉnh - kiểm định mô hình được thể hiện trong Bảng 7 và Hình 5, Hình 6.

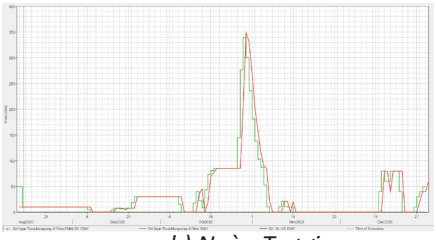
Với kết quả mô phỏng khá tốt, mô hình HEC-RESSIM có thể sử dụng được cho tính toán mô phỏng vận hành liên hồ chứa trên sông Cả.

Bảng 7. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại các hồ chứa và các trạm đại diện theo chỉ tiêu Nash

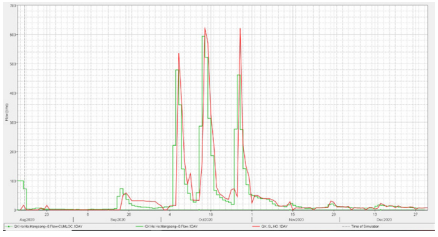
Vị trí	Hiệu chỉnh năm 2020	Kiểm định năm 2021
Bản Vẽ	0,88	0,85
Ngàn Trươi	0,91	0,92
Hố Hô	0,88	0,9
Nghĩa Khánh	0,82	0,86
Yên Thượng	0,95	0,92
Hòa Duyệt	0,91	0,86



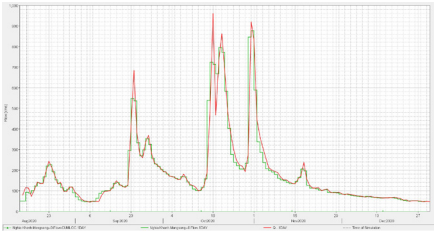
a) Bản Vẽ



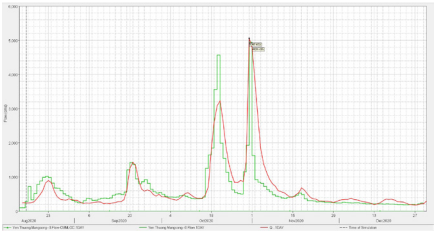
b) Ngàn Trươi



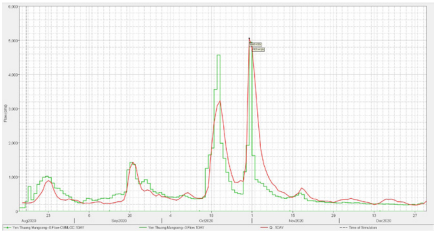
c) Hố Hô



d) Nghĩa Khánh

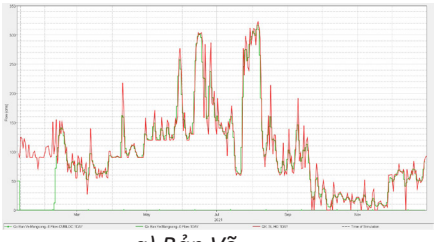


e) Yên Thượng

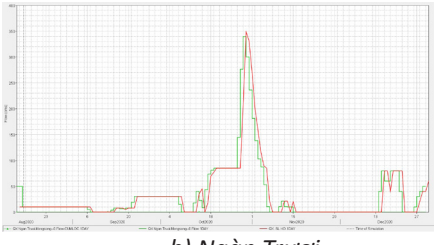


f) Hòa Duyệt

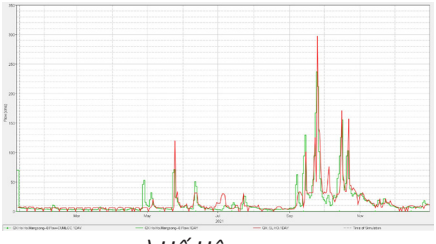
Hình 5. Đường quá trình lưu lượng xả tính toán và thực đo mùa lũ năm 2020



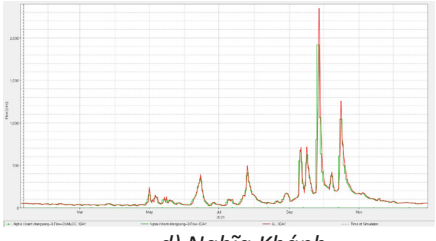
a) Bản Vẽ



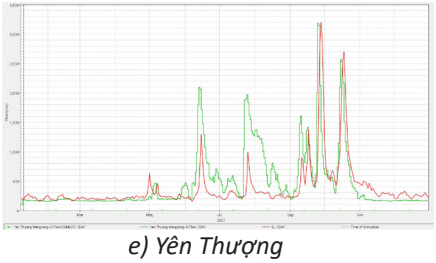
b) Ngàn Trươi



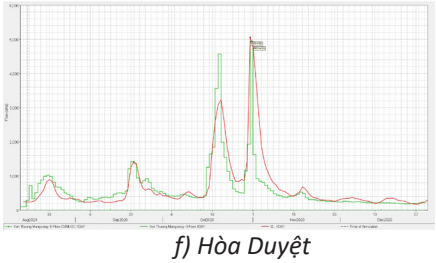
c) Hố Hô



d) Nghĩa Khánh



e) Yên Thượng



f) Hòa Duyệt

Hình 6. Đường quá trình lưu lượng xả tính toán và thực đo mùa lũ năm 2021

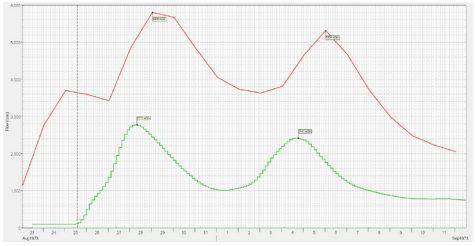
3.3. Đánh giá hiệu quả vận hành hệ thống hồ chứa theo quy trình vận hành liên hồ chứa sông Cả cho một số năm lũ điển hình

Để đánh giá hiệu quả vận hành của hệ thống hồ chứa sông Cả, nghiên cứu sử dụng mô hình HEC-RESSIM cho tính toán phân tích cho hai trận lũ điển hình năm 1973 và 1988 và so sánh hiệu quả vận hành của các hồ với đường lũ thực đo tại các trạm Yên Thượng và Hòa Duyệt. Với bộ công cụ mô hình HEC-RESSIM đã được thiết lập, áp dụng cho quy trình này có thể thấy việc cắt giảm lũ hạ du tính đến trạm thủy văn Yên Thượng là 4.134 m^3/s giảm 3.012 m^3/s thể hiện trong Bảng 8, Hình 7, Hình 8.

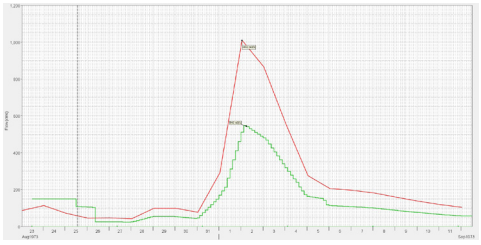
Đường quá trình lưu lượng nước ở trạm thủy văn Yên Thượng và Hòa Duyệt sau khi điều tiết cho thấy không những đỉnh lũ đã được cắt hợp lý mà cả lưu lượng đỉnh lũ cũng được giảm đi rất nhiều. Điều này cho thấy hiệu quả rõ ràng của bài toán điều tiết lũ liên hồ chứa trên sông Cả khi áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho trận lũ năm 1973 và năm 1988. Trong đó, đối với trận lũ năm 1973, lưu lượng đỉnh lũ tại Yên Thượng và Hòa Duyệt lần lượt giảm 52% và 46%, với trận lũ năm 1988 lưu lượng đỉnh lũ tại Yên Thượng giảm 39% và tại Hòa Duyệt giảm 19%.

Bảng 8. Hiệu quả giảm lũ khi các hồ chứa vận hành tại các trạm thủy văn

Năm	Thời gian trận lũ	Trạm	Qmaxđỉnh (m^3/s)		Hiệu quả giảm lũ	
			Thực đo	Vận hành	ΔQ	%
1973	23/8/1973 - 12/9/1973	Yên Thượng	5.800	2.772	3.028	52
		Hòa Duyệt	1.011	543	468	46
1988	13/10/1988 - 31/10/1988	Yên Thượng	7.150	4.396	2.754	39
		Hòa Duyệt	1.161	938	223	19

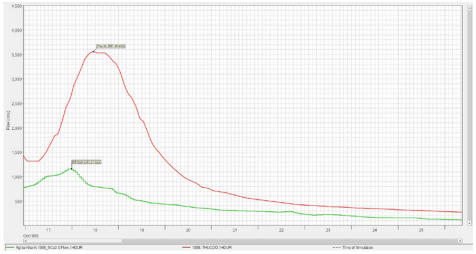


a) Yên Thượng

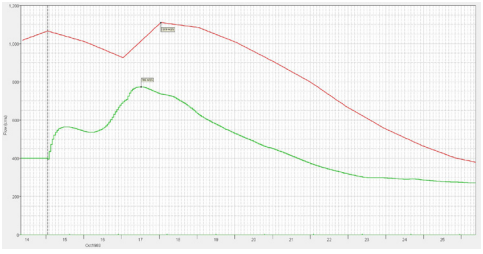


b) Hòa Duyệt

Hình 7. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trận lũ năm 1973



a) Yên Thượng



b) Hòa Duyệt

Hình 8. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trận lũ năm 1988

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả ứng dụng mô hình HEC-RESSIM cho cho bài toán điều tiết lũ hệ thống liên hồ chứa trên sông Cả. Nghiên cứu này đã xác định hiệu quả hoạt động của hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Cả trong điều kiện tự nhiên, khi có hoạt động của hồ chứa và các chỉ số đánh giá. Kết quả kiểm định mô hình tại các vị trí đều cho hệ số Nash trên 0,8 cho thấy mô hình có khả năng mô phỏng với độ chính xác phù

hợp. HEC-RESSIM là một công cụ mạnh mẽ, có thể hỗ trợ việc ra quyết định của các nhà quản lý và vận hành hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Cả. Qua việc vận hành hệ thống hồ chứa thông qua các kịch bản có thể thấy các hồ chứa đã có vai trò quan trọng trong việc giảm lũ cho hạ du, điển hình như các năm 1973 và 1988 các hồ chứa có thể cắt giảm đến 50% lưu lượng đỉnh lũ chảy về phía hạ du làm giảm thiểu rõ rệt rủi ro ngập lụt cho khu vực ha lưu sông Cả.

Đóng góp của tác giả: *Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Trần Đức Thiện; Xử lý số liệu thống kê: Nguyễn Thị Hải Yến, Lê Văn Quy; Viết bản thảo bài báo: Trần Đức Thiện, Lê Văn Quy; Chỉnh sửa bài báo: Trần Đức Thiện Nguyễn Thị Hải Yến, Lê Văn Quy.*

Lời cảm ơn: *Quá trình thực hiện có sự giúp đỡ của Học Viện khoa học và Công nghệ, đề tài cấp bộ mã số TNMT.2023.06.16. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn!*

Lời cam đoan: *Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.*

Tài liệu tham khảo

1. Hanbali F. (2004), *HEC-RESSIM Reservoir Model for Tigris and Euphrates River Basins in Ira*", Advance in Hydrologic Engineering Center, US Army Corps.
2. Babazadeh H et al. (2007), *"Performance evaluation of Jiroft storage dam operation using HECRES-SIM 2.0", In: Eleventh International Water Technology Conference*, IWTC11 2007 Sharm El-Sheikh, Egypt.
3. McKinney DC. (2011), *HEC-RESSIM Model of Model of Lancang Cascade Dams*, Available from: http://www.caee.utexas.edu/prof/mckinney.
4. Piman T et al. (2013), *"Assessment of flow changes from hydropower development and operations in Sekong, Sesan, and Srepok Rivers of Mekong Basin", Journal of Water Resources Planning and Management,* 139(6):723-732.
5. Thủ tướng Chính phủ (2015), Quyết định số 1605/QĐ-TTg ngày 13 tháng 11 năm 2019 về việc ban hành *Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Cả*.

RESEARCH AND APPLICATION OF THE HEC-RESSIM MODEL TO OPERATE THE INTER-RESERVOIR SYSTEM DURING THE FLOOD SEASON IN THE CA RIVER BASIN

Tran Duc Thien[(1)], Nguyen Thi Hai Yen[(1)], Le Van Quy[(2)]

[(1)]Water Resources Institute

[(2)]The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Received: 19/2/2024; Accepted: 14/3/2024

Abstract: *Operating the inter-reservoir system according to the current process is a problem of interest and research. This study initially experimentally applied the HEC-RESSIM model to calculate inter-reservoir regulation in the Ca River basin and applied it experimentally to the 2018 flood. Results of inter-reservoir regulation problem in Ban Ve and Khe Bo , Ban Mong, Ngan Truoi and Ho Ho show that the effectiveness of flood control has increased significantly. The water flow process at Con Cuong, Nghia Khanh, Cho Trang, Linh Cam hydrological stations after regulation shows that not only the flood peak has been cut properly*

but also the flood peak flow has also been greatly reduced. This shows the clear effectiveness of the problem of inter-reservoir flood regulation on the Ca River when applying the HEC-RESSIM model to the flood in 2018. The research has applied the open model HEC-RESSIM to the problem of regulating floods. The flood control system of the inter-reservoir system on the Ca River intervenes in the open model by using additional commands for regulation cases to reduce floods according to the inter-reservoir operating procedure. The applied results are quite good, suitable for the problem of calculating inter-reservoir regulation in the river basin.

Keywords: *The Ca river basin, HEC-RESSIM, behaviour, operate the inter-reservoir.*