

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG MÔ HÌNH HEC-RESSIM PHỤC VỤ ĐIỀU TIẾT LIÊN HỒ CHỨA TRÊN LƯU VỰC SÔNG ĐÀ

Phạm Văn Tuấn¹

Tóm tắt: Vận hành tối ưu 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 Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình trên sông Đà áp dụng thử nghiệm cho trận lũ năm 2014. Kết quả bài toán điều tiết liên hồ chứa Hồ Lai Châu, Sơn La và Hòa Bình cho thấy hiệu quả cắt lũ đã tăng lên rõ rệt. Đường quá trình lưu lượng nước ở trạm thủy văn Bến Ngọc 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 Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình khi áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho trận lũ năm 2014. Nghiên cứu đã ứng dụng được mô hình mở HEC-RESSIM cho bài toán điều tiết lũ hệ thống liên hồ chứa trên sông Đà có can thiệp vào mô hình mở bằng cách sử dụng các câu lệnh bổ sung cho các trường hợp 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: Lai Châu - Sơn La - Hòa Bình, HEC-RESSIM.

Ban Biên tập nhận bài: 26/6/2018 Ngày phản biện xong: 15/8/2018 Ngày đăng bài: 25/9/2018

1. Đặt vấn đề

Hiện nay mô hình toán nói chung và mô hình toán thủy văn và tài nguyên nước nói riêng đang phát triển rất nhanh chóng vì có các ưu điểm sau: (1) Phạm vi ứng dụng rất rộng rãi, đa dạng với rất nhiều loại mô hình. Mô hình toán rất phù hợp với không gian nghiên cứu rộng lớn như quy hoạch thoát lũ cho lưu vực sông, điều hành hệ thống công trình thủy lợi, quản lý lưu vực, quy hoạch, quản lý và phát triển nguồn nước; (2) Ứng dụng mô hình toán trong thủy văn giá thành rẻ hơn và cho kết quả nhanh hơn mô hình vật lý; (3) Việc thay đổi phương án tính toán thực hiện rất nhanh chóng và đơn giản. Trên thế giới, các mô hình toán thủy văn đã được nghiên cứu và phát triển rộng rãi [1], có thể được chia thành hai nhóm chính như sau: (1) Nhóm mô hình thủy văn nước mặt: Ban đầu là những mô hình bán kinh nghiệm dạng hộp đen, sau đó là các mô hình dạng nhận thức (hộp xám), mô hình ngẫu

nhiên, mô hình thủy động lực học. Trong đó các mô hình được phát triển dựa trên các trường phái thủy văn, thủy lực ở trên thế giới như Delf3D và Sobex ở Hà Lan, Marine ở Pháp, ISIS ở Anh, MIKE của DHI ở Đan Mạch, TANK ở Nhật Bản, HEC và EFDC ở Mỹ; (2) Nhóm mô hình thủy văn nước dưới đất: Được phát triển từ giữa thế kỷ trước cho đến nay, hay còn được gọi là mô hình hóa địa chất thủy văn. Có nhiều cách phân loại nhưng được chia thành hai nhóm chính là mô hình dòng chảy nước dưới đất mà đại diện là mô hình MODFLOW, AQUIFEM, PLASM và mô hình di chuyển chất đại diện là mô hình SEAWAT, PARTH3D, MODPATH, FLOW-PATH.

Trong các phần mềm mô hình toán thủy văn nước mặt và nước dưới đất nói trên thì có hai hướng phát triển là mô hình thương mại và mô hình miễn phí. Trong đó các mô hình toán thủy văn mã nguồn mở đang được nghiên cứu phát

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Email: vietttuan.co@gmail.com

triển trên thế giới cho đến hiện nay, bao gồm ba nhóm chính như sau: (1) Nhóm phần mềm miễn phí nước mặt: TANK, NAM, HEC-HMS, HEC-RAS, PRMS, CREST, DHSVM, PRMS, HBV/HYPE, TOPMODEL, BTOPMODEL, SWMM, SWAT; (2) Nhóm phần mềm miễn phí nước dưới đất: MODFLOW, SEAWAT, SVFlux, FEHM, HydroGeoSphere, MicroFEM, OpenGeoSys; (3) Nhóm phần mềm miễn phí có cả nước mặt và nước dưới đất: GSFLOW...

Mô hình toán thủy văn mở, miễn phí có ưu điểm hơn so với các mô hình toán thủy văn thương mại (mã nguồn đóng) là được sử dụng riêng, phát triển từng mô đun theo yêu cầu của từng bài toán và rất phù hợp trong đào tạo ứng dụng chuyên ngành ở trường Đại học. Bên cạnh đó mô hình toán thủy văn mở, miễn phí còn có cộng đồng người sử dụng rộng rãi trên toàn cầu cùng phát triển và hỗ trợ. Ở Việt Nam hiện nay các mô hình mở được áp dụng chủ yếu là các mô hình khí tượng, khí hậu và hầu như sử dụng các mô hình thương mại như bộ mô hình MIKE, Delft3D, SOBEK, ISIS,... trong lĩnh vực thủy văn và tài nguyên nước. Các mô hình mở, miễn phí chưa được áp dụng nhiều ở Việt Nam, có một số nghiên cứu sử dụng các mô hình HEC-HMS, HEC-RASS và HEC-RESSIM trong các bài toán mô phỏng, chưa có sự can thiệp nhiều vào mã nguồn và phương pháp sẵn có của các mô hình. Nghiên cứu này bước đầu tập trung vào việc áp dụng thử nghiệm mô hình HEC-RESSIM đối với bài toán điều tiết liên hồ chứa vốn rất phức tạp và cần phải bổ sung các trường hợp tính toán theo quy trình vận hành bằng cách bổ sung các câu lệnh vào trong mô hình.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập tài liệu

Nghiên cứu này tập trung áp dụng thử nghiệm mô hình HEC-RESSIM đối với bài toán điều tiết liên hồ chứa theo quy trình vận hành.

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 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 [2].

- Phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dV}{dt} = Q(t) - qr(t) \quad (1)$$

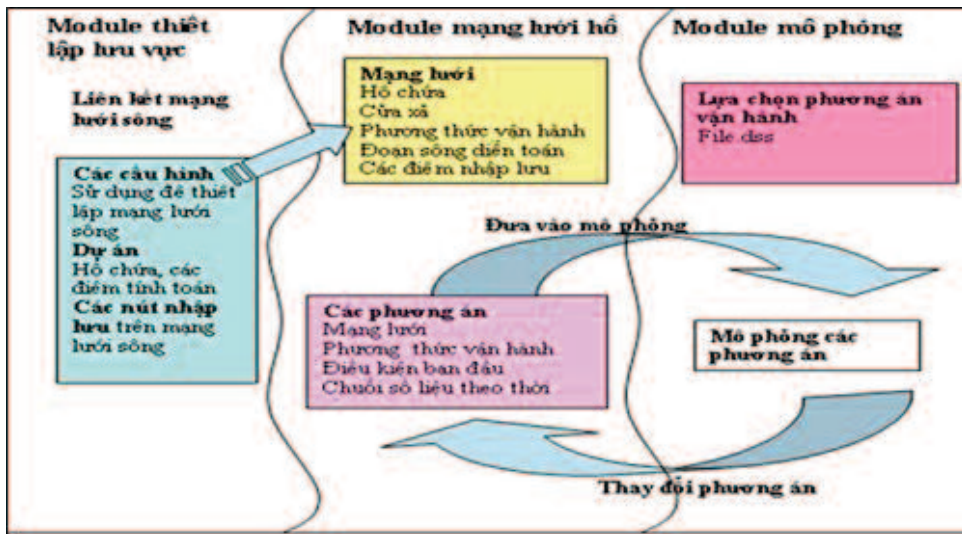
- Phương trình động lực cho các công trình xả lũ có dạng tổng quát là hàm của 3 tham số:

$$Qx_i(t) = f_i[A_i, Z(t), Zh_i(t)] \quad (2)$$

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.

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

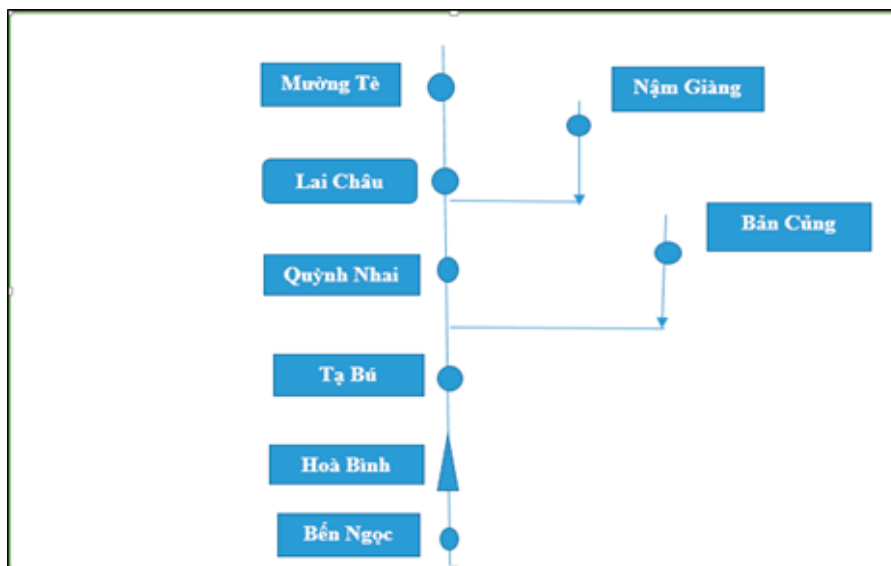
Hec-ResSim bao gồm các công cụ: mô phỏng, tính toán, lưu trữ số liệu, quản lý, đồ họa và báo cáo hệ thống nguồn nước. HEC dùng HEC-DSS (*Data Storage System*) để lưu trữ và sửa đổi các hệ thống số liệu vào ra. ResSim bao gồm 3 môđun: thiết lập lưu vực (*Watershed setup*), mạng lưới hồ (*Reservoir Network*) 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 (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ tổng quát các mô đun của mô hình HEC-ResSim

2.2 Thiết lập mô hình HEC-RESSIM mô phỏng hệ thống hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình trên sông Đà

Nghiên cứu được tiến hành thử nghiệm mô hình HEC-RESSIM cho 3 hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình trên sông Đà theo sơ đồ hình 2.



Hình 2. Sơ đồ mạng lưới hệ thống trạm khu vực nghiên cứu

Các số liệu dòng chảy đến được tính toán từ mô hình NAM và các số liệu phục vụ bài toán như sau:

- Dữ liệu (Time series): Các số liệu lưu lượng đến hồ Lai Châu và nhập lưu Nậm Giàng, Bản Củng năm 2014 sau khi dùng bộ thông số của mô hình Nam để mô phỏng thời gian lũ từ 1/06/2014 đến 30/09/2014 vào lưu vực sông Đà;
- Bản đồ lưu vực sông Đà dạng .shp;
- Thông số của các đoạn dẫn (Reach): hệ số

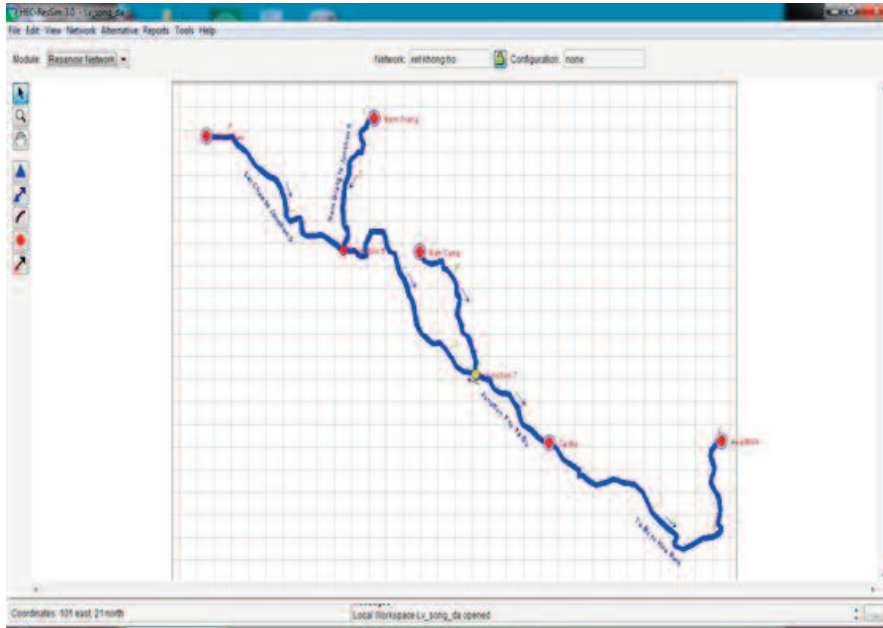
muskingum (K, X) tính cho trường hợp không có hồ chứa;

- Hồ chứa (Reservoir): Thông tin về thông số vật lý:
 - + Các quan hệ đặc trưng địa hình lòng hồ Z~V, Z~F
 - + Các thông số về tổn thất: Bốc hơi
 - + Các loại công trình xả: có cửa và không có cửa điều khiển
 - + Mục nước gia cường

- + Mức nước dâng bình thường
- + Mức nước chết

2.2.1 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 3 trạm Lai Châu, Bản Củng, Nậm Giàng thời gian từ 1/06/1975 đến 30/09/1975 (Hình 3).



Hình 3. Mạng lưới sông Đà trong HEC-RESSIM trường hợp không có hồ chứa

2.2.2 Thiết lập mạng lưới sông Đà khi có ba hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình
Số liệu lưu lượng đến hồ Lai Châu và nhập

lưu Nậm Giàng, Bản Củng năm 2014 được lấy mô hình mưa rào ra dòng chảy NAM, thời gian từ 1/06/2014 đến 30/09/2014.



Hình 4. Mạng lưới liên hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình trong HEC-RESSIM

Số liệu lưu lượng đến hồ Lai Châu và nhập lưu Nậm Giàng, Bản Củng năm 2014 được lấy mô hình mưa rào ra dòng chảy NAM, thời gian từ 1/06/2014 đến 30/09/2014.

- Xét bài toán điều tiết lũ liên hồ chứa trên sông Đà theo quy trình vận hành liên hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình [3] theo các bước như sau:

+ Bước 1: Xả nước đón lũ vào thời kì lũ chính vụ từ 16 tháng 7 đến 25 tháng 8, khi có cảnh báo trong 48 đến 72 giờ tới, mực nước tại Hà Nội quá mức báo động II, đồng thời dự báo dòng chảy đến 3 hồ lớn, mực nước 3 hồ đang ở MNDBT,

khi đó các hồ Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình bắt buộc phải xả lũ để hạ mực nước hồ tới mức quy định như trong bảng 2, đảm bảo sẵn sàng đón lũ

Bảng 1. Mực nước đón lũ cho phép

Hồ chứa	ZTL (m)
Lai châu	285
Sơn La	194
Hoà Bình	101

+ Bước 2: Cắt giảm lũ cho hạ du - Để cắt giảm lũ phải căn cứ vào ngưỡng cắt lũ theo quy trình như trong bảng 2.

Bảng 2. Ngưỡng cắt lũ cho ba hồ năm 2014

STT	Hồ Lai Châu			Hồ Sơn La			Hồ Hoà Bình		
	Q _{đỉnh} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} Q _{đỉnh} (%)	Q _{đỉnh} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} Q _{đỉnh} (%)	Q _{đỉnh} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} (m ³ /s)	Q _{cắt lũ} Q _{đỉnh} (%)
1	5390	5000	92	6300	4000	63%	4500	3500	77%

- Thiết lập các hàm và lệnh vận hành cho bài toán điều tiết lũ theo quy trình vận hành liên hồ

chứa Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình năm 2014 như trong bảng 3, các bước thể hiện như dưới đây.

Bảng 3. Các hàm điều tiết liên hồ chứa năm 2014

Hồ chứa	Hàm xả	Lai Châu	Sơn La	Hoà Bình
Q _{đỉnh} lũ		Q _{max} = 5390 m ³ /s	Q _{max} = 6 300 m ³ /s	Q _{max} = 4500 m ³ /s
Xả thường	IF (Rule xả thường)	Q _{đến} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{đến} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{đến} ≤ 3500 m ³ /s
Xả Lũ	ELSE IF	H ≥ 295m (MNDBT) (10000 m ³ /s)	H ≥ 215m (MNDBT) (29000 m ³ /s)	H ≥ 117m (MNDBT) (26000 m ³ /s)
Cắt lũ	ELSE	Q _{đến} > 5000 m ³ /s	Q _{đến} > 4000 m ³ /s	Q _{đến} > 3500 m ³ /s

+ Bước 1: Khi lũ lên thì xả bằng lưu lượng đến, giữ hồ ở MNTL. Căn cứ vào dự báo thủy văn xác định một giá trị đỉnh lũ, và nếu lưu lượng đến bằng một lưu lượng Q cắt lũ (quy định ở bảng 3) thì chuyển sang điều tiết cắt lũ;

+ Bước 2: Cắt lũ bằng cách xả một lưu lượng bằng lưu lượng xả cuối cùng của bước 1. Tích nước đến MNDBT;

+ Bước 3: Khi mực nước trong hồ bằng MNDBT thì tiếp tục xả lũ bằng lưu lượng đến và mở hết các cửa xả để giữ mực nước hồ ở MNDBT.

+ Bước 4: Khi đã mở hết cửa xả mà lũ vẫn

lên thì vận hành an toàn hồ, sử dụng dung tích ở phần trên và báo cáo cơ quan có trách nhiệm.

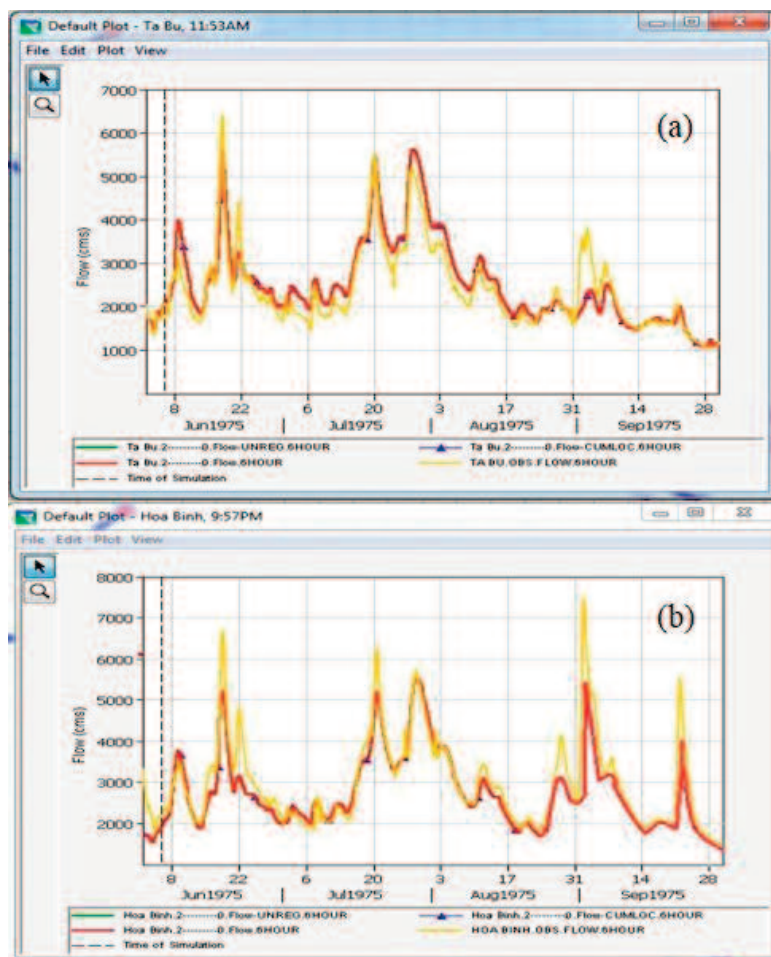
3. Kết quả và thảo luận

3.1 Kết quả hiệu chỉnh mô hình HEC-RESSIM 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 (τ) và hệ số suy giảm X (0-0,5) sao cho khi diễn toán lũ về trạm Tạ Bú và Hoà Bình thì đường quá trình tính toán và thực đo là phù hợp với nhau về độ lớn đỉnh lũ và thời gian xuất hiện đỉnh lũ. Kết quả hiệu chỉnh hệ số K và X trong bảng 4 như sau:

Bảng 4. Hệ số diễn toán muskingum

Đoạn sông	Hệ số	
	K	X
Nậm Giàng - Lai Châu	6	0.2
Bản Củng - Tạ Bú	6	0.2
Lai Châu- Tạ Bú	12	0.2
Tạ Bú- Hoà Bình	12	0.2



Hình 4. Diễn toán muskingum tại nút kiểm tra: (a) Tạ Bú; (b) Hoà Bình

Kết quả hiệu chỉnh tại nút kiểm tra Tạ Bú và Hoà Bình được thể hiện trên hình 4.

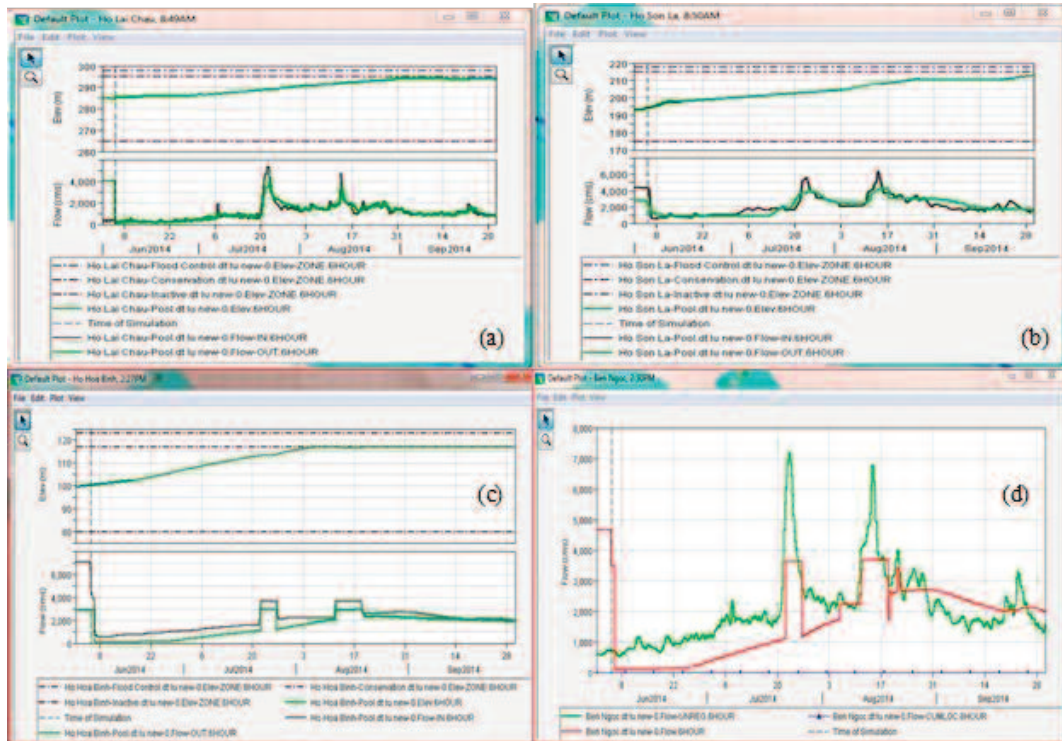
Kết quả hiệu chỉnh cho thấy đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại hai nút Tạ Bú và Hoà Bình tương đối phù hợp.

3.2 Kết quả ứng dụng mô hình HEC RESSIM điều tiết lũ hệ thống ba hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình

Kết quả bài toán điều tiết liên hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình như sau:

+ Hồ Lai Châu, Sơn La và Hoà Bình: Hiệu quả cắt lũ tăng lên rõ rệt, một số kết quả so sánh được dẫn ra trong hình 5a-5c, bảng 5.

+ Kết quả sau khi điều tiết tại trạm Bến Ngọc: Kết quả được thể hiện như hình 5d, bảng 6.



Hình 5. Kết quả điều tiết hồ: (a) Lai Châu; (b) Sơn La; (c) Hòa Bình; (d) Kết quả quá trình lưu lượng nước sau khi điều tiết tại Bến Ngọc

Bảng 5. Hiệu quả giảm lũ khi hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình vận hành cắt lũ

Trường hợp lũ	Lưu lượng lũ lớn nhất (m ³ /s)		Hiệu quả giảm lũ	
	Tự nhiên	Hồ cắt lũ	ΔQ (m ³ /s)	%
Lai Châu				
2014	5390	5000	390	7.20%
Sơn La				
2014	6300	4000	2300	36.50%
Hòa Bình				
2014	4500	3500	1000	22.20%

Đường quá trình lưu lượng nước ở trạm thủy văn Bến Ngọc 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 Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình khi áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho trận lũ năm 2014 (Bảng 6).

Bảng 6. Hiệu quả giảm lũ vận hành cắt lũ ở trạm Bến Ngọc

Thời gian	Q chưa điều tiết (m ³ /s)	Q đã điều tiết (m ³ /s)	Hiệu quả giảm lũ	
			ΔQ (m ³ /s)	%
22/VII/ 2014, 06:00	6,104.50	3,636.90	2,467.6	40.4
22/VII/ 2014, 12:00	6,509.20	3,637.00	2,872.2	44.1
22/VII/ 2014, 18:00	6,825.20	3,637.30	3,187.9	46.7
22/VII/ 2014, 24:00	7,088.00	3,637.40	3,450.6	48.7
23/VII/ 2014, 06:00	7,124.90	3,637.70	3,487.2	48.9
23/VII/ 2014, 12:00	6,857.20	3,638.00	3,219.2	46.9
23/VII/ 2014, 18:00	6,394.10	3,638.30	2,755.8	43.1
23/VII/ 2014, 24:00	5,844.50	3,638.60	2,205.9	37.7
14/VIII/ 2014, 06:00	6,008.10	4,113.40	1,894.7	31.5
14/VIII/ 2014, 12:00	6,806.70	4,113.90	2,692.8	39.6
14/VIII/ 2014, 18:00	6,945.60	4,114.40	2,831.2	40.8
14/VIII/ 2014, 24:00	6,385.00	4,114.80	2,270.2	35.6

4. Kết luận

- Nghiên cứu đã ứng dụng được mô hình mở HEC-RESSIM cho bài toán điều tiết lũ hệ thống liên hồ chứa trên sông Đà có can thiệp vào mô hình mở bằng cách sử dụng các câu lệnh bổ sung cho các trường hợp điều tiết để cắt giảm lũ theo quy trình vận hành liên hồ chứa.

- Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy rằng

các mô hình mở, miễn phí hoàn toàn có thể được ứng dụng trong bài toán chuyên ngành Thủy văn.

- Bên cạnh đó các kết quả nghiên cứu bước đầu cần có các nghiên cứu tiếp theo để kết nối các mô hình mở, miễn phí ở khía cạnh kết nối giữa các mô hình mở và thay đổi linh động các mô đun tính toán phù hợp với các bài toán phức tạp trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Edsel, B., Daniel, (2011), *Watershed Modelling and its Application: A state-of-the-Art- Review*, The Open Hydrology Journal, 2011, 5, 26-50.
2. *HEC-RESSIM Manual* 2015.
3. Quyết định thủ tướng chính phủ số 162/QĐ-TTg, *Về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Hồng*, ngày 17 tháng 9 năm 2015.

APPLICATION HEC-RESSIM MODEL TO MULT-RESERVOIR SYSTEM OPERATION IN DA RIVER BASIN

Pham Van Tuan¹

¹Faculty of Meteorology and Hydrology, Hanoi University of Natural Resources and Environment

Abstract: *Optimizing inter-reservoir operation according to the current process is a matter of interest and research. This study initially applied the HEC-RESSIM model to calculate the inter-regulating reservoirs of Lai Chau, Son La and Hoa Binh on the Da River for trial use in the floods in 2014. The results of the inter-correlation problem in reservoirs of Lai Chau, Son La and Hoa Binh shows that the effectiveness of flood reduction has increased significantly. The water flow at Ben Ngoc hydrological station after the regulation shows that not only flood peaks have been cut appropriately, but also flood peak flow has been reduced considerably. This shows the clear effect of the inter-reservoirs of Lai Chau, Son La and Hoa Binh reservoirs using the HEC-RESSIM model for floods in 2014. Research has applied the open model HEC-RESSIM for the problem of flood control system inter-reservoir on the river Da intervened in the open model by using additional commands for the case to regulate the cut. Flood reduction according to inter-reservoir operation procedures. The results are relatively good, in line with the calculation problem of inter-reservoir in the river basin*

Keywords: *Lai Chau - Son La - Hoa Binh, HEC-RESSIM.*