

NGHIÊN CỨU CƠ CHẾ VẬN HÀNH TỐI ƯU HỆ THỐNG HỒ THỦY ĐIỆN TRÊN THƯỢNG NGUỒN SÔNG CẢ ĐẢM BẢO YÊU CẦU PHÁT TRIỂN KINH TẾ XÃ HỘI VÙNG HẠ DU

Nguyễn Thiện Dũng¹, Lương Ngọc Chung², Nguyễn Văn Tuấn²

Tóm tắt: Hiện nay, Việt Nam đã và đang phát triển mạnh mẽ các hệ thống các hồ chứa thủy điện trên các lưu vực sông chính, nơi có trữ lượng thủy năng nhằm sản xuất điện và khai thác sử dụng tài nguyên nước một cách có hiệu quả, hạn chế rủi ro phục vụ yêu cầu phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du. Cơ chế vận hành đa hồ chứa, đa mục tiêu vừa phải đảm bảo mục tiêu phát điện vừa phải cung cấp đủ nước cho các nhu cầu phát triển kinh tế xã hội vùng hạ lưu. Bài báo này sẽ trình bày tiếp cận vận hành tối ưu hệ thống hồ chứa đa mục tiêu trên thượng nguồn sông Cả theo tiếp cận vừa tối ưu lượng điện phát ra vừa đảm bảo cung cấp nước cho các nhu cầu phát triển dưới hạ du. Thay vì tiếp cận đa mục tiêu phát điện và cấp nước hạ du, bài toán được chuyển thành bài toán tối ưu đơn mục tiêu, lợi ích kinh tế của phát điện, các nhu cầu nước cho phát triển kinh tế được tính toán theo các kịch bản sử dụng nước và đưa vào bài toán dưới dạng các ràng buộc là các lưu lượng không chế tại các điểm kiểm soát dưới hạ du. Kết quả của bài toán sẽ chỉ ra được sự phối hợp vận hành giữa các hồ chứa Bản Vẽ, Khe Bó, Chi Khê và Bản Mòng tương ứng với các kịch bản sử dụng nước và từ đó lựa chọn kịch bản phối hợp vận hành tối ưu.

Tóm tắt: Hồ chứa đa mục tiêu, Vận hành liên hồ chứa, Tối ưu, Hàm mục tiêu, Ràng buộc

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Quản lý tổng hợp tài nguyên nước trên các lưu vực sông có nhiều hồ chứa đa mục tiêu, đặc biệt đối với hệ thống các hồ chứa vừa phát điện vừa có nhiệm vụ điều tiết nước thì cần thiết phải có một cơ chế phối hợp vận hành liên hồ chứa đa mục tiêu vừa đảm bảo hiệu quả kinh tế phát điện vừa phải đảm bảo cung cấp đủ nước cho phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du.

Tiếp cận tối ưu trong vận hành đa hồ chứa đa mục tiêu luôn là một trong những tiếp cận hàng đầu trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Tiếp cận tối ưu bao gồm tối ưu đa mục tiêu và tối ưu đơn mục tiêu. Thực hiện thiết lập các bài toán tối ưu thường bao gồm bài toán tối ưu tuyến tính, tối ưu phi tuyến, tối ưu động (Asamdi Ahmad et al, 2014).

Bài báo sẽ trình bày thiết lập mô hình vận hành phối hợp đa hồ chứa đa mục tiêu theo mô hình bài toán tối ưu phi tuyến và sử dụng công nghệ GAMS để giải bài toán.

Trong nghiên cứu cụ thể đối với lưu vực sông Cả, bài toán tối ưu vận hành đa hồ chứa là các hồ Bản Vẽ, Bản Mòng, Khe Bó và Chi Khê. Trong đó, Hàm mục tiêu của bài toán sẽ là hàm lợi ích phát điện của các hồ chứa, các yêu cầu về cấp nước cho phát triển kinh tế vùng hạ du sông Cả được tính toán theo các kịch bản nhu cầu sử dụng nước và đưa vào bài toán dưới dạng ràng buộc lưu lượng tối thiểu tại các điểm không chế dưới hạ du. Bên cạnh các ràng buộc về yêu cầu cấp nước còn phải thiết lập rất nhiều các ràng buộc liên quan đến cơ chế vận hành của từng hồ chứa đơn lẻ, cân bằng các điểm hợp lưu và phân lưu, cân bằng dòng chảy trên hệ thống, yêu cầu về lưu lượng (hoặc cao trình mực nước) tại các điểm không chế,

¹ Đại học Thủy lợi

² Viện Quy hoạch Thủy lợi

cũng như dòng chảy đảm bảo môi trường. Với hàm mục tiêu là tối ưu phát điện của các hồ chứa trên thượng nguồn sông Cả; các ràng buộc của bài toán là ràng buộc về cân bằng nước trong các hồ chứa, ràng buộc cân bằng dòng chảy, ràng buộc về yêu cầu cấp nước tại các điểm khống chế dưới hạ du theo thời gian.

Giải pháp này chuyển từ bài toán tối ưu đa mục tiêu phát điện, cấp nước phát triển kinh tế vùng hạ du thành bài toán đơn mục tiêu lợi ích của phát điện và mục tiêu cấp nước phát triển kinh tế vùng hạ du sẽ chuyển thành các ràng buộc trong bài toán tối ưu. Khi đó nghiệm của bài toán là lưu lượng xả ra tại các hồ chứa tương ứng với từng thời đoạn tính toán, lượng điện phát ra đối với từng hồ chứa theo thời đoạn tính toán, lưu lượng nước (hoặc cao trình mực nước nếu ta có quan hệ giữa lưu lượng Q m³/s với $H_{\text{mực nước}}$) tại các điểm công trình hoặc điểm cần kiểm soát lưu lượng.

2. MÔ HÌNH BÀI TOÁN TỐI ƯU

2.1. Mô hình lý thuyết vận hành liên hồ chứa tối ưu lợi ích kinh tế

2.1.1. Hàm mục tiêu lợi ích kinh tế phát điện

+ Công suất của nhà máy thủy điện:

$$N_{TD} = 9,81 \cdot \eta_Q \cdot H_0 \quad (\text{kW}) \quad (1)$$

Trong đó:

H_0 : Cột nước tính toán của nhà máy;

Q : Lưu lượng nước chảy qua NMTĐ;

η : Hiệu suất chung của NMTĐ

$$\text{và } \eta = \eta_T \cdot \eta_F \quad (2)$$

Trong đó:

η_T : Hiệu suất của tua bin nước có tính đến tổn thất năng lượng đường ống;

η_F : Hiệu suất của máy phát; Với $\eta_T = (0,88 - 0,91)$, $\eta_F = (0,95 - 0,98)$. Lấy gần đúng ta có công suất phát điện của nhà máy:

$$N_{TD} \approx 8,5 \cdot Q \cdot H_0 \quad (\text{kW}) \quad (3)$$

+ Hàm mục tiêu lợi ích phát điện:

$$B_{HP} = \sum_{i=1}^n B_i = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T 8,5 \times Q_{it} \times H_{0i} \times T \times (P_F - C_F) \quad (4)$$

Trong đó: B_{HP} : Lợi ích của phát điện; B_i : Lợi ích phát điện của hồ chứa i ($i=1..n$); Q_{it} : Lưu lượng xả qua tuốc bin hồ chứa i trong thời đoạn tính toán t (m³/s); H_{0i} : Cột nước tính toán phát điện

của hồ chứa i (m); T : Tổng số giờ tính toán. P_F : Giá bán 1 kwh điện; C_F : Chi phí cho sản xuất 1kwh điện.

2.1.2. Các ràng buộc về hồ chứa

+ Ràng buộc về cân bằng hồ chứa i

$$d(S_i)/d(t) = I_i(t) - O_i(t) \quad (5)$$

Trong đó: $d(S_i)/d(t)$ là lượng biến thiên dung tích của hồ chứa thứ i tại thời đoạn t , $I_i(t)$ và $O_i(t)$ là tổng lượng nước đến và xả ra khỏi hồ chứa thứ i (bao gồm xả tràn và xả qua nhà máy)

+ Ràng buộc cân bằng tổng lượng nước trong hồ

$$S_{t+1,i} = S_{t,i} + QD_{t,i} - ELOS_{t,i} - TLOS_{t,i} - QX_{t,i} \quad \forall t, \forall i \quad (6)$$

t : Thời đoạn (ngày); i : Hồ chứa thứ i ; $S_{t,i}$: Dung tích trữ trong hồ i trong thời gian t (m³); $QD_{t,i}$: dòng chảy đến hồ trong thời đoạn t (m³/ngày); $ELOS_{t,i}$: Tổn thất do bốc hơi của hồ i trong thời đoạn t (m³/ngày); $TLOS_{t,i}$: Tổn thất do thấm của hồ i trong thời đoạn t (m³/ngày); $QX_{t,i}$: Lượng xả từ hồ i trong thời đoạn t (m³/ngày).

Ví dụ: $S_{t+1, \text{Bán vẽ}} = S_{t, \text{Bán vẽ}} + 86400 \cdot Q_{\text{đến}, \text{Bán vẽ}} - ELOS_{t, \text{Bán vẽ}} - TLOS_{t, \text{Bán vẽ}} - Q_{\text{xả}, t, \text{Bán vẽ}}$
+ Giới hạn về dung tích của hồ chứa

$$S_{t,i} < S_{\max, t,i} \quad \forall t, \forall i \quad (7)$$

$S_{\max, i}$: Dung tích max của hồ i tại thời đoạn t , thường trong mô hình dung tích tương ứng với S_{MNDBT} hoặc S_{MNDGC} (m³); $S_{t,i}$: Dung tích hồ i trong thời đoạn t (m³)

+ Quan hệ mực nước với dung tích hồ chứa i

$$H_{t,i} = f(S_{t,i}) \quad (8)$$

$H_{t,i}$: Cao trình mực nước của hồ i trong thời đoạn t (m); $S_{t,i}$: Dung tích hồ i trong thời gian t (m³); f

+ Cao trình mực nước min của hồ i

$$H_{t,i} > H_{\min, t,i} \quad \forall i \quad (9)$$

$H_{t,i}$: Cao trình mực nước của hồ i (m) trong thời đoạn t (ngày);

$H_{\min, t,i}$: Cao trình mực nước min của hồ i (m), trong thời đoạn t (ngày). Thông thường phải lớn hơn mực nước chết của hồ chứa ($H_{\min} = H_{\text{MNC}}$).

2.1.3. Ràng buộc về dòng chảy

+ Ràng buộc cân bằng của dòng chảy chính:

$$Q_{\text{hạ lưu}} = Q_{\text{thượng lưu}} + Q_{\text{tăng thêm}} + Q_{\text{hồi quy}} - Q_{\text{tổn thất}} \quad (10)$$

+ *Ràng buộc dòng chảy tối thiểu*

$$Q_{\text{dòng chảy}} \geq Q_{\min} \text{ hoặc } Q_{\text{đến}}(t,i) \geq Q_{\text{nhu cầu}}(t,i) + Q_{\text{môi trường}} \quad (11)$$

2.1.4. Ràng buộc nhu cầu sử dụng nước tại các nút sử dụng nước

+ *Ràng buộc về giá trị cung cấp tối thiểu*

Đảm bảo rằng giá trị cung cấp cho nông nghiệp hay cung cấp nước cho đô thị, sinh hoạt không được nhỏ hơn một giá trị tối thiểu nào đó.

$$Q_{\text{nhu cầu}}(t,j) \geq Q_{\min}(t,j) \quad (12)$$

Trong đó $Q_{\min}$ là giá trị cung cấp tối thiểu đối với đối tượng dùng nước j trong thời đoạn t

2.2. Công cụ giải toán tối ưu GAMS

Ngày nay có nhiều phần mềm toán học sử dụng làm công cụ trợ giúp giải các bài toán tối ưu được đơn giản và nhanh chóng. Tuy nhiên công nghệ GAMS vẫn tỏ ra là một công cụ giúp giải toán tối ưu ưu việt hơn cả do tốc độ giải nhanh, với số lượng biến và ràng buộc lên đến hàng trăm nghìn. Khi viết code bài toán tối ưu trên GAMS thuận tiện trong thiết kế bài toán chính, và các dữ liệu đầu vào và đầu ra được thiết kế dưới dạng file riêng biệt.

Hạn chế là phần mềm GAMS bản đủ chi phí mua đắt hơn so với các phần mềm tương tự khác.

2.3. Tối ưu phát điện các hồ thượng nguồn sông Cả theo các kịch bản sử dụng nước dưới hạ du

2.3.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Cả nằm ở vùng Bắc Trung bộ, có tọa độ địa lý từ $18^{\circ}15'$ đến $20^{\circ}10'30''$ vĩ độ Bắc; $103^{\circ}45'20''$ đến $105^{\circ}15'20''$ kinh độ Đông. Điểm đầu của lưu vực nằm ở tọa độ $20^{\circ}10'30''$ độ vĩ Bắc; $103^{\circ}45'20''$ kinh độ Đông. Cửa ra của lưu vực nằm ở tọa độ $18^{\circ}45'27''$ độ vĩ Bắc; $105^{\circ}46'40''$ kinh độ Đông. Lưu vực sông Cả nằm trên hai quốc gia, phần thượng nguồn nằm trên đất tỉnh Phong Sa Vắn và Sầm Nưa của nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào. Ở Việt Nam, lưu vực sông nằm trên địa phận của 3 tỉnh Thanh Hoá, Nghệ An, Hà Tĩnh.

Vùng hưởng lợi từ hệ thống sông Cả nằm chủ yếu ở hạ du thuộc địa bàn của hai tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh, trong đó có hàng loạt các hệ thống lấy nước lớn như: Hệ thống tưới Đô Lương 45.700 ha; Hệ thống Nam Hưng Nghi 30.200 ha; Sông Nghèn 27.000 ha... Các hồ chứa thủy điện trên hệ thống sông Cả, đặc biệt là 4 hồ thuộc thượng nguồn sông Cả như Bản Vẽ, Khe Bó, Chi Khê và Bản Mòng ngoài mục tiêu xả nước phát điện còn phải xả nước xuống hạ du phục vụ mục đích cấp nước cho tưới nông nghiệp, sinh hoạt và phát triển kinh tế xã hội.

Xây dựng bài toán vận hành phối hợp xả nước giữa 4 hồ chứa sao cho vừa tối ưu lợi ích phát điện vừa đảm bảo điều tiết cung cấp nước cho vùng hạ du phát triển kinh tế là một nhiệm vụ ưu tiên hàng đầu.

2.3.2. Xây dựng các kịch bản cấp nước phát triển kinh tế hạ du sông Cả

Để chuyển bài toán tối ưu đa mục tiêu thành bài toán tối ưu đơn mục tiêu là tối ưu phát điện, các nhu cầu nước cho phát triển kinh tế vùng hạ du sông Cả được tính toán để đưa vào các ràng buộc trong mô hình toán. Dựa trên mô hình tính toán mô phỏng thủy lực, dựa trên yêu cầu lấy nước tưới nông nghiệp tại các công vận hành bởi các công ty khai thác công trình thủy lợi (KTCTTL) Nam Nghệ An, hệ thống tưới

Nam Hưng Nghi, 5 kịch bản tương ứng với 5 phương án tính toán nhu cầu nước vùng hạ du như sau:

+ Kịch bản 1 (KB1): Mức nước tại Cống Nam Đàn ($H=1,15\text{m}$) sẽ đáp ứng đủ nhu cầu nước theo mức nước thiết kế tại các công trình thủy lợi từ cống Nam Đàn trở xuống;

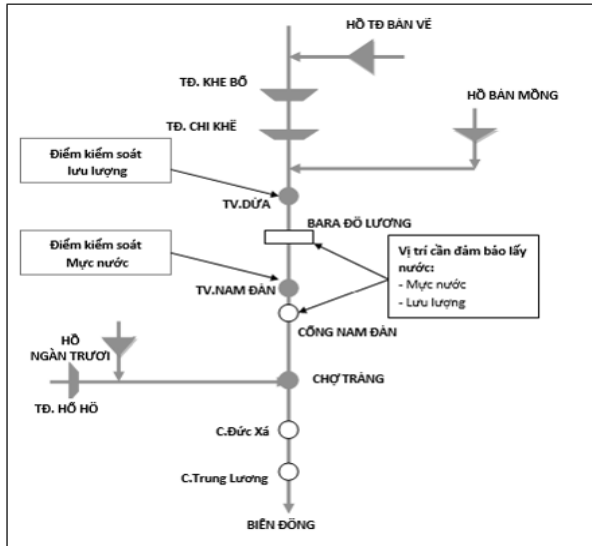
+ Kịch bản 2 (KB2): Mức nước tại cống Nam Đàn ($H=0,83\text{m}$) ứng với tính toán nhu cầu nước theo quy trình vận hành của tỉnh Nghệ An theo công văn số 14 UBND-NN ngày 3/1/2019;

+ Kịch bản 3 (KB3): Mức nước tại cống Nam Đàn ($H=0,7\text{m}$) tương ứng với giải pháp tưới nông nghiệp theo hình thức luân phiên;

+ Kịch bản 4 (KB4): Mức nước tại cống

Nam Đàn (H=0,6m) ứng với nhu cầu nước tưới luân phiên;

+ Kịch bản 5 (KB5): Mức nước tại cống Nam



Hình 1. Sơ đồ các hồ chứa thượng nguồn sông Cả

Đàn (H=0,4 m) tính toán dựa trên lựa chọn tưới luân phiên và cần có sự can thiệp các nguồn bổ sung khác từ ao hồ.

Tổng hợp các kịch bản mực nước tại cống Nam Đàn

TT	Kịch bản	Thời kỳ	Q tại Dừa (m ³ /s)	MN tại Nam Đàn (m)	Q _{TS} lấy được vào HT (m ³ /s)	Mức độ đảm bảo cấp nước
1	KB1	TK 4	560	1,15	33,5	Đảm bảo cấp nước
		TK 5	560	1,15	33,5	
2	KB2	TK 4	360	0,83	25,0	Vận hành khó khăn
		TK 5	360	0,83	25,0	
3	KB3	TK 4	300	0,71	23,5	Phải bố trí tưới luân phiên
		TK 5	300	0,71	23,5	
4	KB4	TK 4	260	0,60	22,1	Phải bố trí tưới luân phiên
		TK 5	260	0,60	22,1	
5	KB5	TK 4	260	0,60	22,1	Phải tưới luân phiên & hỗ trợ
		TK 5	300	0,71	23,5	
6	KB 2018	TK 4	195	0,45	15,5	Thiếu nước hơn 6.500ha
		TK 5	295	0,40	15,5	

2.3.3. Bài toán tối ưu GAMS

+ Hàm mục tiêu vận hành tối ưu:

$$B = B_{\text{Bản vẽ}} + B_{\text{Khe Bó}} + B_{\text{Chi Khê}} + B_{\text{Bản Mồng}} \rightarrow \text{Max}$$

+ Ràng buộc của bài toán

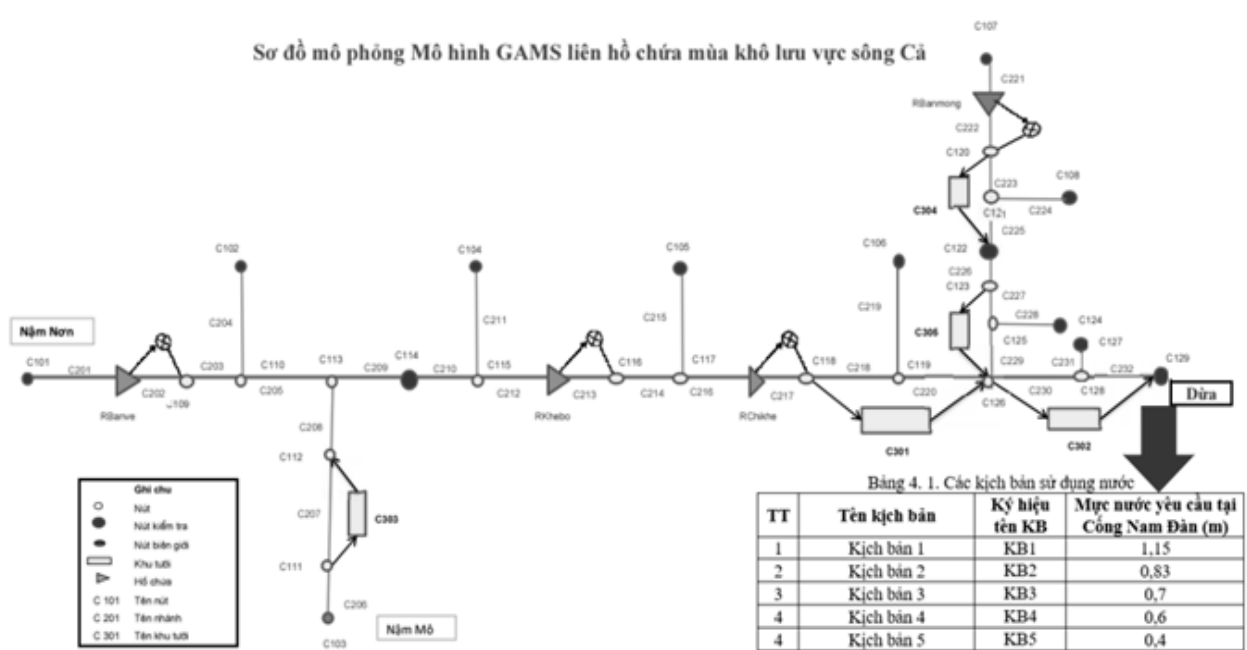
Các ràng buộc được thực hiện trên phần mềm GAMS theo ngôn ngữ lập trình các dữ liệu đầu vào được lập dưới dạng file input.

Mục tiêu của thiết kế mô hình tối ưu trên phần mềm GAMS (i) Thiết lập được mô hình xác định lưu lượng xả tại các hồ Bản Vẽ, Khe Bó, Chi Khê và Bản Mồng tại các thời điểm khác nhau để đạt được lợi ích tối ưu về phát điện đồng thời đáp ứng được lưu lượng tối thiểu tại Dừa, hoặc mực nước tại cống Nam Đàn. Trong nghiên cứu, lưu lượng tối thiểu tại Dừa sẽ tương ứng với mực nước tối thiểu tại cống Nam Đàn theo một quan hệ hàm toán học; (ii) Xác định các kịch bản khả thi phối hợp vận hành của 4 hồ thủy điện tương ứng với 5 kịch bản lưu lượng nước tối thiểu tại Dừa, trong đó biên thủy văn lưu lượng đến các hồ thượng nguồn dòng chảy ứng với tần suất P=85%; (iii) Trên cơ sở các kịch bản khả thi trong phối hợp vận hành của 4 hồ Bản Vẽ, Khe Bó, Chi Khê và

Bản Mồng sẽ lựa chọn kịch bản phối hợp đem lại hiệu quả cao nhất về phát điện. Sơ đồ mạng lưới tính toán và biên thủy văn trong mô hình GAMS của 4 hồ Bản Vẽ, Khe Bó, Chi Khê và Bản Mồng như hình 2.

Trong sơ đồ mạng lưới tính toán tại hình 2, gồm có các nút biên thủy văn là biên trên như biên thủy văn đến hồ Bản Vẽ là C101, biên thủy văn đến hồ Bản Mồng là C107, biên Nậm Mô C103, ngoài ra còn có thêm các biên thủy văn dòng chảy giữa từ C102 đến C127 đại diện cho lưu lượng tăng thêm do dòng chảy sinh ra tại các khu giữa. Đối với các nút sử dụng nước cho tưới nông nghiệp như C301 đến C305, do diện tích tưới nhỏ, nhu cầu nước nhỏ nên trong mô hình gam các nhu cầu này sẽ được đáp ứng tối đa. Trong mô hình, do chỉ tính toán đối với mùa kiệt, vì vấn đề lưu vực sông Cả là thiếu nước trầm trọng tại mùa kiệt các hồ chứa thường xuyên không đảm bảo đủ nước để vận hành phát điện. Do đó lưu lượng qua hồ chứa được tính toán chính là lưu lượng qua tuốc bin của nhà máy phát điện. Quy trình vận hành các hồ chứa Bản Vẽ, Bản Mồng là điều tiết

lượng đến bao nhiêu sẽ tương ứng với lưu lượng qua nhà máy phát điện.



Hình 2. Sơ đồ mạng lưới tính toán và biên thủy văn trên GAMS

Trong nghiên cứu này biên thủy văn tính toán sẽ được chọn tương ứng với tần suất $P=85\%$ và chọn năm tính toán như sau:

+ Biên thủy văn dòng chảy đến hồ Bản Vẽ (C101) ứng với số liệu mưa trung bình là năm 2008;

+ Biên thủy văn dòng chảy đến hồ Bản Mòng
(C107) ứng với lưu lượng đến hồ của năm 2016

+ Toàn bộ lưu lượng tăng thêm các khu giữa
tính toán cho năm bình thường năm 2017.

Giả định ban đầu đối với các hồ chứa khi bắt đầu vận hành các hồ đều đầy nước. Do là tính toán cho 1 mùa kiệt nên giả định nước các hồ đều đầy hay mùa lũ các hồ có nhiệm vụ tích đủ nước để phục vụ cho mùa kiệt.

Với sơ đồ tính toán thì sự phối hợp xả nước tại hai hồ trên thượng nguồn dòng chảy là Bản Vẽ và Bản Mòng có ý nghĩa rất quan trọng. Trong mạng lưới tính toán thì có sự phối hợp điều tiết mang tính song song và có sự phối hợp điều tiết nối tiếp giữa các hồ chứa.

Khi tính toán tương ứng với 5 kích bản sử dụng

nước dưới hạ du sẽ theo thứ tự từ kịch bản nhu cầu nước cao xuống nhu cầu thấp hơn ($Q_{\min}$ tại Dừa từ cao xuống thấp hơn).

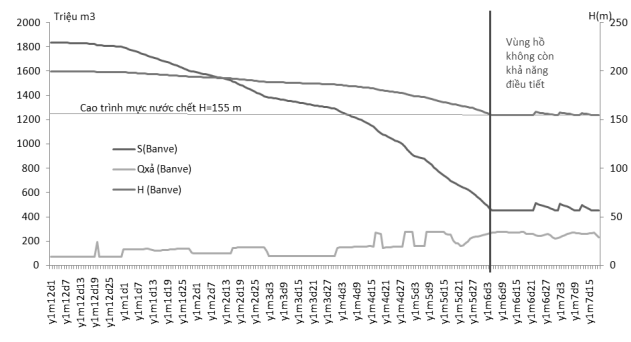
3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

Mô hình bài toán tối ưu được thiết lập và toàn bộ dữ liệu đầu vào và bài toán được giữ nguyên tính toán theo 5 kịch bản bằng cách lần lượt thay Q_{min} tại Dừa dưới dạng ràng buộc lưu lượng tối thiểu tại các thời kỳ tưới nước. Tương ứng với 5 Kịch bản tương ứng với 5 bài toán khác nhau và kết quả lưu lượng xả phối hợp giữa các hồ cũng khác nhau.

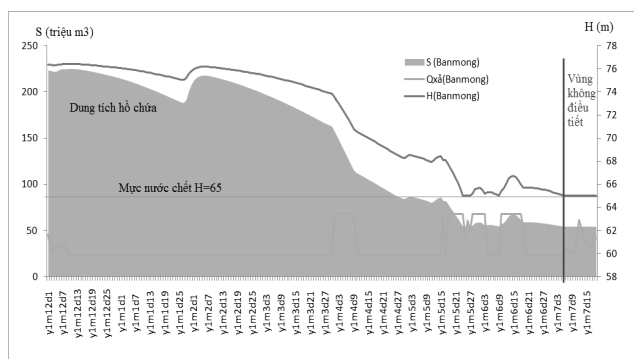
+ Kịch bản 1 – KB1 ($H_{Nam\ Đàn}=1,15m$)

Theo hình 4 và hình 5 cho ta thấy rằng ứng với kịch bản chạy KB1 (mức nước tại cống Nam Đàn ứng với cao trình 1,15m) vận hành chế độ xả nước mùa khô, với giả định các hồ chứa Bản vẽ và hồ chứa Khe Bó, và hồ Bản Mòng đầy nước đầu mùa khô. Khi vận hành với kịch bản 1 các hồ sẽ xả nước phát điện và cấp nước cho yêu cầu tại Dừa. Theo 2 hình 4 và hình 5 (hình bên) thì thấy dung tích của 2 hồ quan trọng nhất

là hồ Bản Vẽ và Hồ Bản Mòng trên thượng lưu của 2 nhánh chính đều xả đến mực nước chết. Hồ Bản Vẽ sẽ đến mực nước chết vào ngày 3/6 và thời gian còn lại toàn bộ mùa kiệt từ 03/6 đến 19/7 là hồ không còn khả năng vận hành. Hồ Bản Mòng cũng xả về mực nước chết nên 2 hồ đều kiệt kiệt nước không còn khả năng điều tiết nước và phát điện.



Hình 3. Đặc trưng quan hệ H, S, Qxả hồ Bản Vẽ- KB1



Hình 4. Đặc trưng quan hệ H, S, Qxả Hồ Bản Mòng- KB1

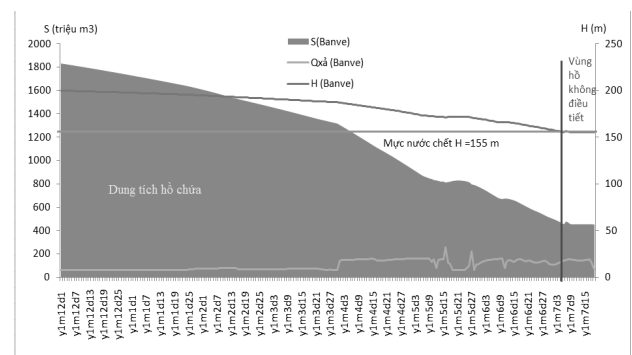
Kết quả tại hình 3 và hình 4 tương ứng với KB1 thì cả 2 hồ thượng nguồn dòng chảy đều không có khả năng điều tiết toàn mùa khô, nghĩa là thiếu nước, do mực nước xả đến cao trình mực nước chết. Hồ Bản Vẽ sẽ xả về mực nước chết vào ngày 3/6 và thời gian còn lại toàn bộ mùa kiệt từ 03/6 đến 19/7 là hồ không còn khả năng vận hành điều tiết. Hồ Bản Mòng cũng xả về mực nước chết đến ngày 5/7 giai đoạn từ 6/7 đến 19/07 không còn khả năng điều tiết nước và phát điện.

Bảng 3. Kiểm tra lưu lượng tại Dừa theo KB1

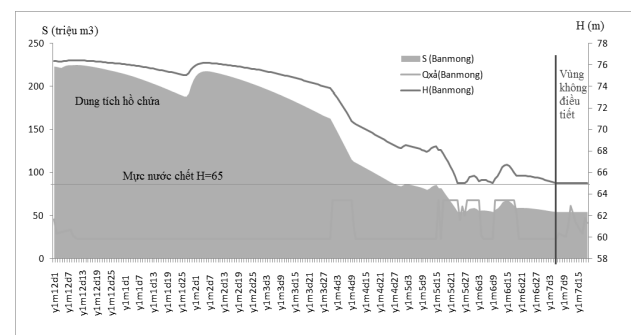
TT	Thời Kỳ lấy nước tưới	Q _{min} Dừa (m³/s)	Q _{tt} Dừa (m³/s)
1	1/12 đến 31/12	188.3	Đáp ứng
2	1/1 đến 15/2	161.5	Đáp ứng
3	16/2 đến 31/3	140.9	Đáp ứng
4	1/4 đến 31/5	560.0	Đáp ứng một phần
5	1/6 đến 19/7	560.0	Không đáp ứng

Kết luận KB1 là trường hợp không khả thi, điều này hoàn toàn đúng trên thực tế khi mà hàng năm các hồ Bản Vẽ và Bản Mòng sẽ không có đủ nước để phát điện, phải có những thời điểm dừng phát điện hoặc mở tổ máy trong thời gian ngắn.

+ Kịch bản 2- KB2 ($H_{\text{Nam Đàn}} = 0,83\text{m}$)



Hình 5. Đặc trưng quan hệ H, S, Qxả hồ Bản Vẽ -KB2



Hình 6. Đặc trưng quan hệ H, S, Qxả Hồ Bản Mòng- KB2

Theo hình 5 Hồ thủy điện Bản Vẽ chỉ hoạt động được thời gian trong mùa kiệt là từ 01/12

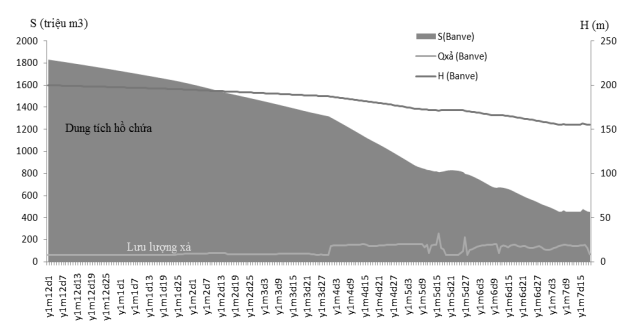
năm trước đến ngày 5 tháng 7 năm sau (mùa kiệt), như vậy so với thời hạn kết thúc của mùa kiệt là 19/07 thì thời gian từ 5/07-19/7 hồ Bản Vẽ không còn khả năng điều tiết dòng chảy. Hồ Bản Mòng chỉ vận hành đến ngày 03/07 như vậy vẫn chưa hết thời gian của mùa kiệt. Kết luận hồ Bản Vẽ và Bản Mòng đều không có khả năng điều tiết nước.

Bảng 4. Kiểm tra lưu lượng tại Dừa theo KB2

TT	Thời Kỳ lấy nước tưới	Q _{min} Dừa (m ³ /s)	Q _{tt} Dừa (m ³ /s)
1	1/12 đến 31/12	188.3	Đáp ứng
2	1/1 đến 15/2	161.5	Đáp ứng
3	16/2 đến 31/3	140.9	Đáp ứng
4	1/4 đến 31/5	360.0	Đáp ứng
5	1/6 đến 19/7	360.0	Đáp ứng một phần

Với kịch bản KB2 khi cả 2 hồ điều tiết chính đều xả nước đến ngày 05 và 06 tháng 7 là cả 2 hồ đều hết nước, trong khi đó lưu lượng bổ sung từ các khu giữa và hồ Khe Bó đều không đủ đáp ứng lưu lượng tối thiểu tại Dừa do đó KB2 không khả thi.

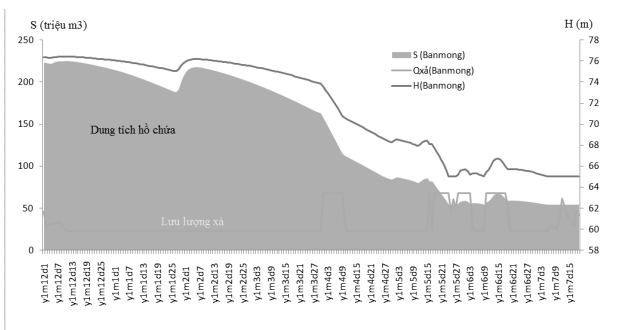
+ **Kịch bản 3- KB3 ($H_{Nam\ Đàn} = 0,7m$)**



Hình 7. Đặc trưng quan hệ H, S, Q_{xả} hồ Bản Vẽ- KB3

Như vậy đối với yêu cầu nước tại Dừa, Hồ thủy

điện Bản Vẽ và hồ Bản Mòng vẫn còn nước điều tiết trong mùa kiệt. Khi các hồ đầu nguồn dòng chảy vẫn còn nước điều tiết thì hồ Khe Bó và Chi Khê vẫn vận hành bình thường. Kiểm tra đối với yêu cầu lưu lượng thực tính theo KB3 thấy đều đáp ứng với các thời kỳ yêu cầu nước tưới.



Hình 8. Đặc trưng quan hệ H, S, Q_{xả} Hồ Bản Mòng- KB3

Bảng 5. Kiểm tra lưu lượng tại Dừa theo KB3

TT	Thời Kỳ	Q _{min} Dừa (m ³ /s)	Q _{tt} Dừa
1	1/12 đến 31/12	188.3	Đáp ứng
2	1/1 đến 15/2	161.5	Đáp ứng
3	16/2 đến 31/3	140.9	Đáp ứng
4	1/4 đến 31/5	300.0	Đáp ứng
5	1/6 đến 19/7	300.0	Đáp ứng

Do vậy về KB3 là kịch bản đáp ứng được yêu cầu phối hợp vận hành liên hồ chứa thượng nguồn sông cả đáp ứng yêu cầu nước dưới hạ du (điểm không chế lưu lượng tại Dừa). Đối với các kịch bản KB4 và KB5 là các kịch bản có yêu cầu lưu lượng Q_{min} nhỏ hơn so với KB3 do đó có nghĩa KB4 và KB5 cũng khả thi và vận hành phối hợp dễ dàng giữa các hồ. Kết quả tính toán lưu lượng phối hợp xả giữa các hồ theo từng thời kỳ được thể hiện tại bảng 6. Kết quả phối hợp xả giữa các hồ giúp xây dựng cơ sở xây dựng cơ chế phối hợp vận hành tối ưu giữa các hồ chứa.

Bảng 6. Kết quả lưu lượng xả phối hợp giữa các hồ theo KB3

TT	Thời Kỳ lấy nước	Đơn vị	Q _{min} Dừa	Q _{xả} Bản Vẽ	Q _{xả} Khe Bó	Q _{xả} Chi Khê	Q _{xả} Bản Mông
1	Thời kỳ 1/12 đến 31/12	m ³ /s	188.3	60.2	109.8	122.1	26
2	Thời kỳ 1/1 đến 15/2	m ³ /s	161.5	66.3	101.1	112.5	23
3	Thời kỳ 16/2 đến 31/3	m ³ /s	140.9	67.2	95.5	104.8	23
4	Thời kỳ 1/4 đến 31/5	m ³ /s	300.0	138.3	176.7	185.5	39.7
5	Thời kỳ 1/6 đến 19/7	m ³ /s	300.0	136.9	172.1	186.3	38.8

Tại các thời kỳ đầu của mùa kiệt, do lưu lượng yêu cầu hạ lưu thấp, các hồ điều tiết xả với lưu lượng thấp hồ Bản Vẽ sẽ xả từ 60-70 m³/s và hồ Bản Mông xả với lưu lượng 23-30 m³/s, điều này được giải thích mặc dù muốn xả nhiều hơn để phát điện nhưng các hồ cần phải trữ nước cho giai đoạn sau. Tại các thời kỳ sau 01/04 hàng năm thì nhu cầu nước tại hạ du lớn do đó lưu lượng xả thời kỳ tương ứng cũng tăng, nhưng xả lớn hơn vẫn là hồ Bản Vẽ, do đó vai trò điều tiết nước của hồ Bản Vẽ là cực kỳ quan trọng, quyết định đến cơ chế vận hành phối hợp giữa 4 hồ đồng thời cũng là hồ có trữ lượng nước lớn nhất, tạo ra lượng điện năng lớn nhất. Đối với 2 hồ còn lại là Khe Bó và Chi Khê, thì vai trò liên quan đến điều tiết nước tại Dừa không nhiều, chỉ có hồ Khe Bó là vận hành theo ngày và dung tích cũng nhỏ nên sẽ phụ thuộc hoàn toàn vào lưu lượng xả từ hồ Bản Vẽ và lưu lượng gia tăng tại khu giữa. Hồ Chi Khê thì không có khả năng điều tiết hồ chỉ có vai trò tạo cột nước phát điện, nên lưu lượng đến sẽ bằng với lưu lượng xả trong ngày. Giá trị hàm mục tiêu của phát điện của 4 hồ được tính toán dựa trên lượng điện sản sinh và giá điện do EVN quy định mức giá và trong nghiên cứu này lấy theo giá bình quân.

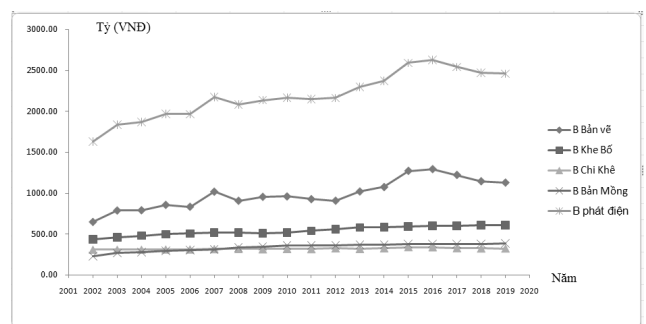
Bảng 7. Lợi ích phát điện giữa KB3

(Đơn vị: Tỷ đồng)

Thủy điện	B _{Bản Vẽ}	B _{Khe Bó}	B _{Chi Khê}	B _{Bản Mông}
B _{Hồ chứa}	363,48	213,95	315,23	117,14
B				1009,80

+ Bài toán tối ưu ứng với nhu cầu nước (KB3) vận hành nhiều năm (2001-2019)

Sau khi kiểm tra tính toán tối ưu với các kịch bản lấy nước hạ du để tìm ra kịch bản khả thi cho vận hành liên hồ chứa. Nghiên cứu tính toán bài toán tối ưu với số liệu thủy văn nhiều năm liên tục xem xét giá trị tối ưu ứng với chuỗi số liệu thủy văn của năm điển hình. Chuỗi dữ liệu thủy văn nhiều năm với các số liệu biên đầu vào là số liệu thủy văn đo tại các trạm và tính toán tại các khu giữa được tính từ năm 2001 đến năm 2019. Mục tiêu sẽ tìm ra quy luật vận hành phối hợp giữa các hồ chứa ứng với một vài năm điển hình.

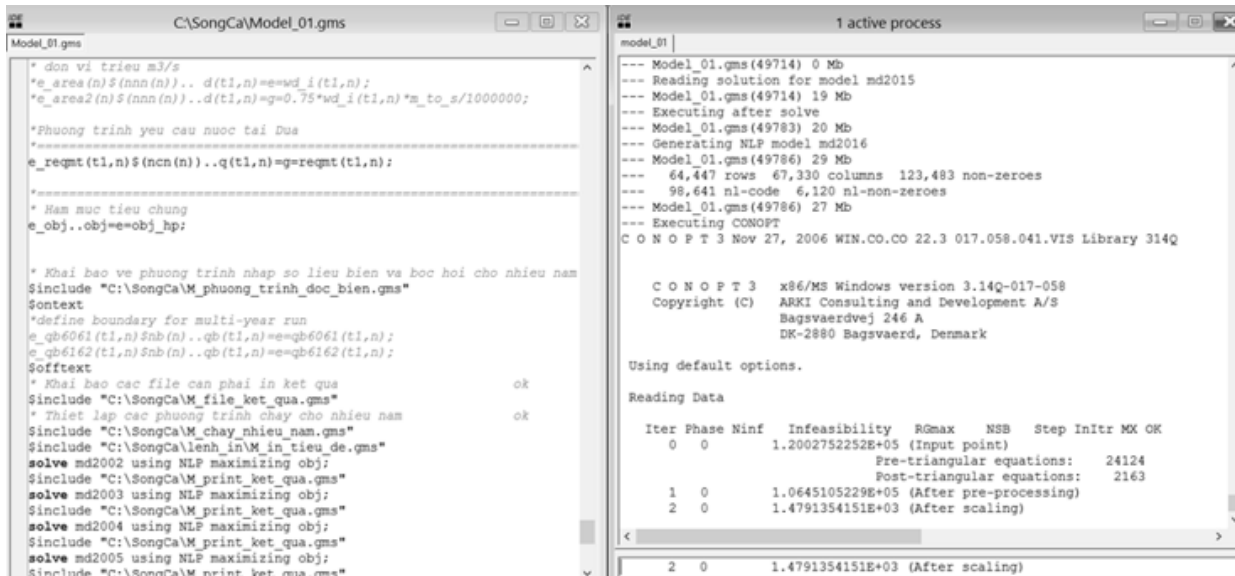


Hình 9. Giá trị hàm mục tiêu theo nhiều năm

Dựa trên hình 9, giá trị hàm mục tiêu tối ưu thay đổi theo các năm và lợi ích phát điện của các hồ cũng thay đổi theo. Giá trị hàm lợi ích của hồ thủy điện Bản Vẽ là cao nhất nhưng cũng có sự biến động lớn nhất giữa 4 hồ, ít biến động nhất là hồ Chi Khê, khi giá trị phát điện ít thay đổi theo các năm, do hồ thủy điện Chi Khê không có điều tiết và vận hành như một đập dâng. Giá trị của hàm mục tiêu lợi ích

phát điện ứng số liệu thủy văn đầu vào năm 2016 đạt giá trị lớn nhất bằng 2.623,28 tỷ đồng. Với mô hình bài toán được thiết lập, nghiên cứu cũng đã được tiến hành kiểm định chạy với một số năm điển hình, qua đó có kết quả phối hợp xả của các hồ để xây dựng thêm một số

kịch bản phối hợp vận hành giữa các hồ, ví dụ các năm điển hình. Một điểm cần chú ý trong vận hành tối ưu nhiều năm thì cần phải chọn những năm mà cuối mùa lũ năm trước hồ đã tích đủ nước, để đầu mùa kiệt năm sau hồ vận hành với dung tích đầy nước.



Hình 10. Mô hình toán chạy nhiều năm trên GAMS

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này tập trung nghiên cứu, xây dựng bài toán tối ưu đa mục tiêu, phát điện, cấp nước tưới, nước phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du, thành bài toán đơn mục tiêu tối ưu phát điện để dễ dàng giải với công cụ Gams. Mục tiêu cấp nước vùng hạ du phát triển kinh tế và tưới nước đã được tính toán dưới dạng các kịch bản dùng nước, và đưa vào mô hình bài toán dưới dạng ràng buộc lưu lượng tối thiểu. Trong nghiên cứu này lưu lượng tối thiểu đã bao gồm cả lưu lượng để duy trì dòng chảy sinh thái môi trường. Bài báo cũng trình bày sơ lược tiếp cận xây dựng 5 kịch bản dùng nước tại hạ du lưu vực sông Cả lấy điểm Dừa là điểm không chế lưu lượng dòng chảy. Qua tính toán tối ưu phát điện đã chỉ ra kịch bản KB3 khả thi phù hợp với quy trình vận hành các hồ chứa thượng nguồn, khi đó tương ứng với cao trình mực nước tại cống Nam Đàn là 0,7m. Trên cơ sở giải bài toán tối ưu phát điện xác định được

lưu lượng phối hợp xả giữa các hồ chứa, làm cơ sở cho đề xuất các cơ chế vận hành liên hồ chứa thượng nguồn sông Cả. Tiếp cận tối ưu để tìm cơ chế phối hợp vận hành liên hồ chứa ứng với các năm thủy văn điển hình cũng được gợi mở. Kết quả của bài giả tối ưu có thể được tham khảo để đề xuất các cơ chế phối hợp vận hành chung cho các hồ thượng nguồn sông Cả nhằm đem lại lợi ích kinh tế cao nhất trong sử dụng tổng hợp tài nguyên nước.

XÁC NHẬN

Các số liệu sử dụng trong bài báo được lấy từ Đề tài nghiên cứu độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.CN - 38/18. Với tên đề tài “Nghiên cứu đề xuất phương án phối hợp vận hành điều tiết nước hợp lý các hồ chứa thủy lợi, thủy điện trên lưu vực sông cả phục vụ cấp nước và phòng chống lũ cho hạ du” do Viện Quy hoạch Thủy lợi chủ trì. Các kết quả nghiên cứu tại bài báo này được coi là một phần của nghiên cứu đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đặng Quốc Thống và Ngô Văn Dưỡng Lê Văn Út, *Nhà Máy Thủy Điện*. Hà Nội, 2005.
- F.S., Lieberman, G.J. Hillier, *Introduction to Operation Research*. McGraw-Hill International Editions, 1995.
- Thủ tướng Chính phủ, "*Quyết định số 1605/QĐ-TTg của Thủ Tướng Chính phủ ký ngày 13 tháng 11 năm 2019 về việc Ban hành quy chế vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Cả*," Hà Nội, 2019.
- Trần Hữu Đạo Phó Đức Anh, *Phân Tích Hệ Thống và Tối Ưu Hoá*. Hà Nội: Nhà xuất bản nông nghiệp, 2002.
- Richard E. Rosenthal, *A GAMS Tutorial*. California USA: Naval Postgraduate School, Monterey.

Abstracts:

RESEARCH ON OPERATING MECHANISM OF HYDROPOWER RESERVOIR SYSTEM IN UP-STREAM OF CA RIVER TO ENSURE FOR SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT IN DOWNSTREAM AREA

Currently, Vietnam has been strongly developing hydropower reservoir systems in main river basins, where there are hydropower reserves to produce electricity and exploit and use water resources effectively. Risk reduction to meet socio-economic development requirements in downstream areas. The multi-reservoir and multi-purpose operating mechanism must ensure both the power generation and the sufficient water supply for the socio-economic development needs of the downstream area. This paper will present the approach for optimal operation of the multi-purpose reservoir system on upstream of the Ca river following the approach of both optimizing the amount of electricity generated and ensuring water supply for downstream development needs. Instead of a multi-purpose approach to power generation and downstream water supply, the optimal model is transformed into a single-target optimization objective, the economic benefits of electricity generation, water needs for economic development are calculated according to the scenario of water use and taking into the model in terms of constraints are controlled discharges at downstream control points. The results of the optimal model will show the coordination of operations between the Ban Ve, Khe Bo, Chi Khe, and Ban Mong reservoirs corresponding to the scenarios of water use and then choose the scenario of optimal operation.

Keywords: Multi-purpose reservoir system, Multi-reservoir Operation, Optimal, Objective function, Constraints.

Ngày nhận bài: 02/12/2020

Ngày chấp nhận đăng: 16/3/2021