

MỘT MÔ HÌNH TOÁN VẬN HÀNH ĐIỀU TIẾT TỐI ƯU HỆ THỐNG HỒ CHỨA THỦY ĐIỆN

Lê Hùng

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Trong bài báo này trình bày mô hình toán điều tiết vận hành hệ thống bậc thang, hàm mục tiêu ở đây là sản lượng điện năng đạt cực đại. Ứng dụng Quy hoạch động thiết lập thuật toán và xây dựng chương trình tính vận hành điều tiết năm hồ chứa bậc thang bằng ngôn ngữ lập trình Delphi. Áp dụng chương trình tính vận hành điều tiết hồ chứa thủy điện 2 bậc thang sông Bung 2 và sông Bung 4 nằm trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn, Tỉnh Quảng Nam, với chuỗi dòng chảy đến được mô phỏng theo Phương pháp Monte Carlo để kéo dài chuỗi dòng chảy lịch sử.

1. Đặt vấn đề

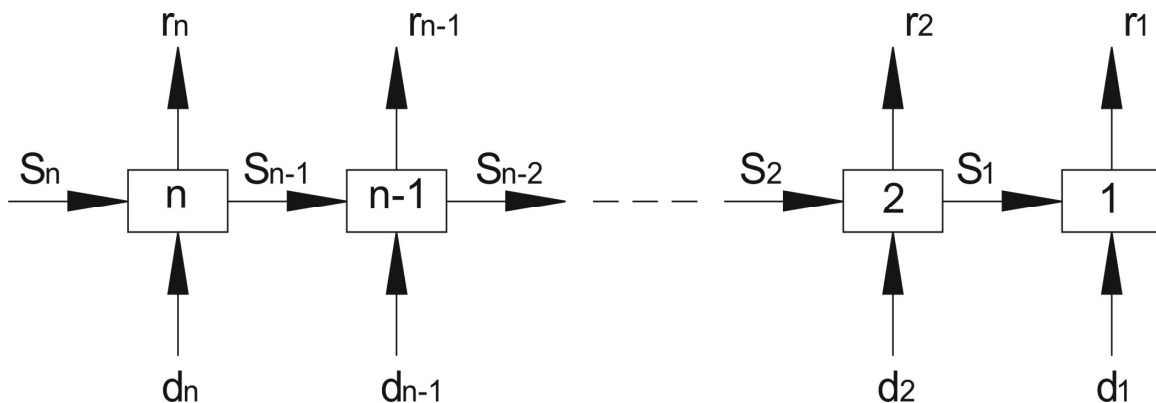
Vấn đề điều tiết vận hành hệ thống hồ chứa bậc thang đã đang là vấn đề đáng quan tâm ở nước ta hiện nay, các hồ chứa nước thủy điện thường nằm trên một hệ thống bậc thang, do đó công suất của trạm thủy điện tại một hồ chứa nào đó sẽ phụ thuộc vào diễn biến mực nước hạ lưu, phụ thuộc vào lưu lượng xả xuống hạ lưu và nước đến của hồ phía trên. Nhưng các giá trị này lại phụ thuộc vào chế độ vận hành của các hồ khác. Bởi vậy, giá trị các tham số của hồ chứa phụ thuộc lẫn nhau, việc vận hành điều tiết từng hồ chứa đơn lẻ sẽ

không phản ánh đúng thực tế vận hành.

Mục tiêu của bài báo này là thiết lập mô hình toán điều tiết hồ chứa bậc thang, Áp dụng kỹ thuật tối ưu quy hoạch động để thiết lập chương trình tính, ứng dụng để giải cho hệ thống sông Bung (bao gồm 2 hồ chứa điều tiết năm sông Bung 2 và sông Bung 4).

2. Thuật toán Quy hoạch động

Nguyên lý tối ưu Bellman: Dựa trên nguyên tắc chia quá trình giải bài toán tối ưu thành nhiều giai đoạn và tiến hành tìm phương án tối ưu qua các giai đoạn khác nhau. Tổng hợp các phương án tối ưu cục bộ ta sẽ được phương án tối ưu toàn bộ.



Hình 1. Sơ đồ mô tả quá trình nhiều giai đoạn

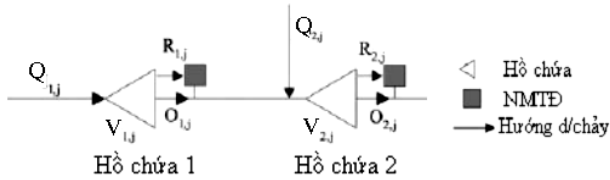
Phương trình đệ quy quy hoạch động được sử dụng để xác định lời giải tối ưu tất định

$$F_{j+1}^*(S_{j+1}) = \text{Max}_{R_j} [TEP_j(S_j, S_{j+1}) + F_j^*(S_j)]$$

$$j=1, 2, \dots, N$$

Với $F_{j+1}^*(S_{j+1})$ là Maximum tổng giá trị hàm mục tiêu từ giai đoạn 1 đến giai đoạn j+1, khi trạng thái tại giai đoạn j+1 là S_{j+1} .

3. Mô hình toán vận hành hệ thống hồ chứa với mục đích phát điện



Hình 2. Sơ đồ hệ thống hồ chứa

Hàm mục tiêu là maximize tổng năng lượng của 2 nhà máy thủy điện

$$OF = \text{Maximize } E_j =$$

$$= \sum_{j=1}^2 9.81 \eta Q_{i,j} \bar{H}_{i,j} t_j / 10^6 \text{ (Mwh)} \quad (1)$$

Với các ràng buộc

$$\bar{H}_{i,j} = \bar{Z}_{TL-i,j} - \bar{Z}_{HL-i,j} - \Delta H_{i,j} \quad (2)$$

$$\bar{Z}_{TL-i} = f_1[(V_i + V_{i+1})/2] \quad (3)$$

$$V_{\min-i,j} \leq V_{i,j} \leq V_{\max-i,j} \quad (4)$$

$$R_{yc-i,j} \leq R_{i,j} \leq R_{i,j,\max} \quad (5)$$

$$V_{1,j+1} = V_{1,j} + Q_{\text{đến}1,j} - EV_{1,j} - R_{1,j} - O_{1,j} \quad (6)$$

$$V_{2,j+1} = V_{2,j} + Q_{\text{đến}2,j} - EV_{2,j} - R_{2,j} + R_{1,j} + O_{1,j} - O_{2,j} \quad (7)$$

$$N_{\min} \leq N_i \leq N_{gh-i,j} \quad (8)$$

$$Q_{\min-i,j} \leq Q_{i,j} \leq Q_{\max-i,j} \quad (9)$$

$$E_{\min-i,j} \leq E_{i,j} \leq E_{\max-i,j} \quad (10)$$

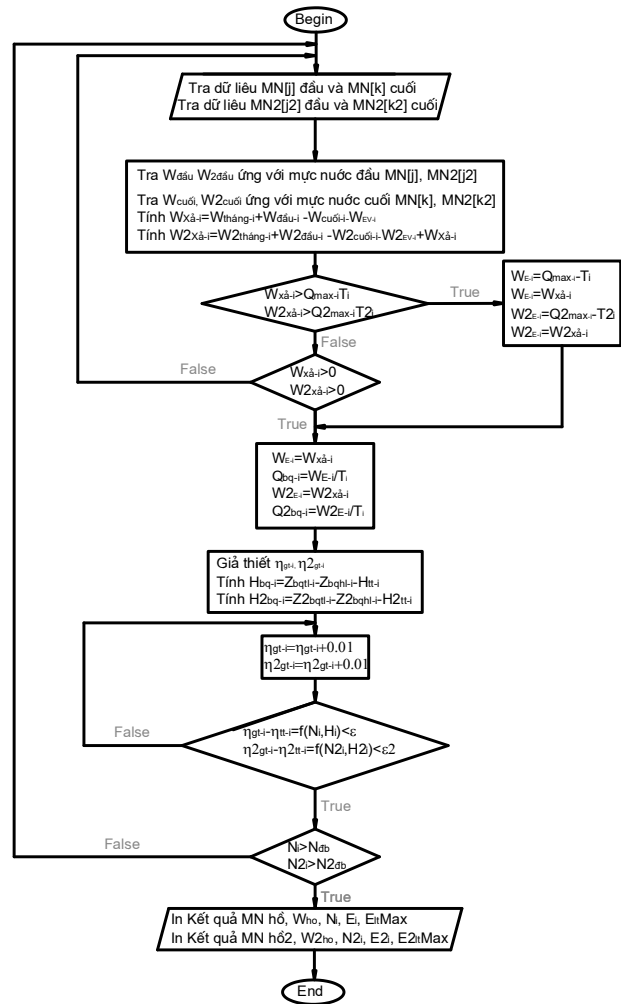
$$\bar{Z}_{HL-i,j} = f_2[R_{i,j}/T_{i,j}] \quad (11)$$

$$N_{gh-i} = f_3(\bar{H}_{i,j}) \quad (12)$$

$$\eta_{i,j} = f_4(N_{i,j}, \bar{H}_{i,j}) \quad (13)$$

Trong đó: $\bar{H}_{i,j}$ = cột nước phát điện trung bình thời đoạn ứng với hồ chứa i; $Z_{TL-i,j}$ = cao trình mực nước thượng lưu trong thời đoạn j ứng với hồ chứa i (m); $Z_{HL-i,j}$ = mực nước hạ lưu trong thời đoạn j ứng với hồ chứa i; $\Delta H_{i,j}$ = cột nước tổn thất trong thời đoạn j ứng với hồ chứa i; $Q_{i,j}$ = lưu lượng qua turbine trong suốt thời đoạn j ứng với hồ chứa i (m^3/s); t_j = bước thời gian tính toán của hồ chứa i; T = tổng số các bước thời gian (các tháng); $V_{\min-i,j}$ = dung tích nhỏ nhất cho phép của hồ chứa i; $V_{\max-i,j}$ = dung tích lớn nhất cho phép của hồ chứa i; $EV_{i,j}$ = bốc hơi từ hồ chứa i trong suốt thời đoạn j, ($10^6 m^3$); $Q_{\text{đến}i,j}$ = dòng chảy đến hồ chứa i trong suốt thời đoạn j, ($10^6 m^3$); $O_{i,j}$ = dòng chảy tràn từ hồ chứa i

trong suốt thời đoạn j, ($10^6 m^3$); $R_{i,j}$ = lượng xả từ hồ chứa i suốt thời đoạn j, ($10^6 m^3$); $V_{i,j}$ = dung tích hồ chứa i trong thời đoạn j, ($10^6 m^3$), $i=1, 2, j=1, 2, \dots, 12$.



Hình 3. Sơ đồ thuật toán tính điện lượng E_{ItMax}

Hình 4. Giao diện chương trình tính vận hành tối ưu hồ chứa thủy điện

4. Mô tả công trình hồ chứa nước thủy điện sông Bung 2 và sông Bung 4

Sông Bung là một trong những nhánh sông lớn nằm bên trái của hệ thống sông Vu Gia, bắt nguồn từ vùng biên giới Việt - Lào, từ vùng núi cao trên 1800m phía Tây Bắc huyện Hiên trong địa phận tỉnh Quảng Nam. Ở huyện Hiên, sông chảy theo hướng từ Tây sang Đông, sau đó sông chảy theo hướng Nam, qua huyện Nam Giang sông chuyển hướng từ Tây Nam sang Đông Bắc. Sau hợp lưu với sông A Vương, sông Bung tiếp tục đổ vào hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn.

Vị trí của tuyến công trình thủy điện Sông Bung 2 nằm trên địa bàn xã Laêê huyện Nam Giang tỉnh Quảng Nam, cách thành phố Đà Nẵng theo đường quốc lộ 14D khoảng 165km về hướng Tây Nam. Tọa độ địa lý tuyến đập dự

kiến là 15°41'45'' vĩ Bắc, 107°24'00'' kinh Đông nằm trên địa bàn xã Tà BHING và xã ZuôiH thuộc huyện Nam Giang tỉnh Quảng Nam, cách thành phố Đà Nẵng theo đường chim bay khoảng 75km về hướng Tây - Nam. Tọa độ địa lý tuyến đập dự kiến là 15°42'19'' vĩ Bắc, 107°38'28'' kinh Đông. Nhà máy nằm trên địa phận xã Tà BHING huyện Nam Giang tỉnh Quảng Nam, có tọa độ là 15°43'38'' vĩ Bắc, 107°38'58'' kinh Đông.

Theo sơ đồ khai thác bậc thang hệ thống sông Vu Gia -Thu Bồn, thủy điện Sông Bung 4 là bậc thang thứ 2 trong hệ thống bậc thang thủy điện trên dòng sông Bung. Nhà máy nằm trên địa phận xã ZuôiH huyện Nam Giang tỉnh Quảng Nam, có tọa độ là 107°29'31'' kinh Đông; 15°42'57'' vĩ Bắc.

Bảng 1. Các thông số chính của công trình thủy điện sông Bung 2 và sông Bung 4

<i>Mô tả các thông số hồ chứa nước Sông Bung 2</i>	<i>Giá trị</i>	<i>Đơn vị</i>
Hồ chứa		
Mực nước dâng bình thường (MNDBT)	605	m
Dung tích hữu ích (Whi)	73,9	10 ⁶ m ³
Mực nước chết (MNC)	565	m
Dung tích chết (Wc)	20.4	10 ⁶ m ³
Diện tích lưu vực	334	km ²
Nhà máy Thủy điện		
Lưu lượng lớn nhất qua nhà máy	34,5	m ³ /s
Loại Turbine	Tâm trục	
Công suất lắp máy	100	MW
Số tổ máy	2	
Cột nước tính toán	330.0	m
Cột nước lớn nhất	377.1	m
Cột nước nhỏ nhất	301.6	m
<i>Mô tả các thông số hồ chứa nước Sông Bung 4</i>	<i>Giá trị</i>	<i>Đơn vị</i>
Hồ chứa		
Mực nước dâng bình thường (MNDBT)	222,5	m
Dung tích hữu ích (Whi)	233,99	10 ⁶ m ³
Mực nước chết (MNC)	205	m
Dung tích chết (Wc)	276,81	10 ⁶ m ³
Diện tích lưu vực	1448	km ²
Nhà máy Thủy điện		
Lưu lượng lớn nhất qua nhà máy	166,0	m ³ /s
Loại Turbine	Francis	
Công suất lắp máy	156	MW
Số tổ máy	2	
Cột nước tính toán	106	m
Cột nước lớn nhất	125.0	m
Cột nước nhỏ nhất	91.0	m

Chuỗi dòng chảy đến từng tháng được kéo dài bằng phương pháp mô phỏng Monte-Carlo thông qua chương trình Crystal Ball, hàm phân phối xác suất ở đây được chọn là dạng phân

phối tam giác. Số liệu chuỗi dòng chảy của hai hồ chứa dài 29 năm (từ năm 1977-2006), mô phỏng được thực hiện đến 20000 lần, kết quả cho ở bảng 2a,b như sau:

Bảng 2a. Lưu lượng dòng chảy đến sông Bung 2 theo tần suất sau khi mô phỏng theo phương pháp Monte Carlo

Tần suất	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90%	5.36	4.49	3.94	3.62	5.49	6.12	5.45	6.72	9.06	12.45	11.12	8.21
75%	7.31	5.76	4.59	4.53	7.52	9.79	6.95	8.73	12.63	21.62	17.45	11.94
50%	9.46	7.26	5.79	6.29	11.37	17.19	9.85	12.45	19.57	39.04	29.58	18.44
25%	11.77	8.39	7.41	8.56	16.58	26.90	13.60	17.41	28.82	62.45	45.62	26.91
10%	13.84	9.06	8.83	10.57	21.15	35.45	17.03	21.78	36.78	82.38	59.90	34.43

Bảng 2b. Lưu lượng dòng chảy đến sông Bung 4 theo tần suất sau khi mô phỏng theo phương pháp Monte Carlo

Tần suất	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90%	17.63	14.71	13.01	12.03	18.04	20.05	17.88	22.11	29.61	40.91	35.56	26.34
75%	23.91	19.09	15.28	15.04	24.67	32.23	22.74	28.65	41.39	70.32	56.91	39.70
50%	31.15	23.93	19.27	20.62	37.78	55.69	32.30	41.04	64.44	127.42	97.71	61.81
25%	38.80	27.68	24.43	28.14	54.71	87.38	45.12	57.48	94.07	204.66	150.67	89.41
10%	45.76	29.83	29.12	34.80	70.06	116.49	56.24	71.87	120.00	271.48	196.18	114.74

5. Kết quả và thảo luận

- Dựa trên bảng dòng chảy đến sau khi mô phỏng theo phương pháp Monte Carlo (bảng 2a,

2b), áp dụng chương trình tính toán ứng với các tần suất $p=25%$, $p=50%$, $p=75%$.

Bảng 3. Kết quả sản lượng điện hồ chứa thủy điện sông Bung 2 và sông Bung 4

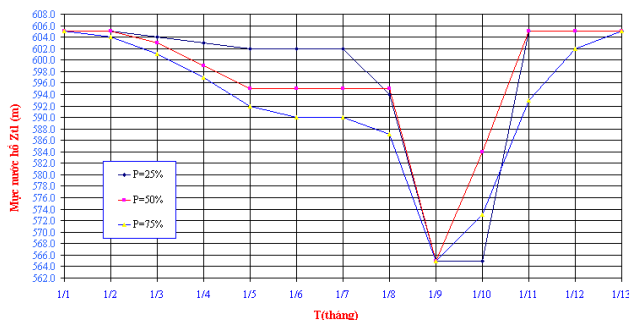
Tháng	Điện lượng trung bình năm của hồ chứa Sông Bung 2(10^6 kwh)	Điện lượng trung bình năm của hồ chứa Sông Bung 4(10^6 kwh)	Tổng sản lượng điện hồ chứa sông Bung 2 và sông Bung 4
P=25%	775,20	561,96	1337,16
P=50%	403,54	554,01	975,55
P=75%	253,69	348,63	602,33

Bảng 4a. Cao trình mực nước hồ chứa chứa thủy điện sông Bung 2 ứng với các tần suất $P=25%$, $P=50%$, $P=75%$

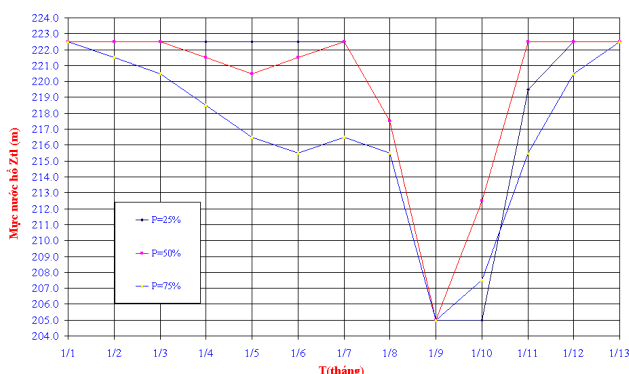
Tháng	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-1
P=25%	605.0	605.0	604.0	603.0	602.0	602.0	602.0	594.0	565.0	565.0	605.0	605.0	605.0
P=50%	605.0	605.0	603.0	599.0	595.0	595.0	595.0	595.0	565.0	584.0	605.0	605.0	605.0
P=75%	605.0	604.0	601.0	597.0	592.0	590.0	590.0	587.0	565.0	573.0	593.0	602.0	605.0

Bảng 4b. Cao trình mực nước hồ chứa chứa thủy điện sông Bung 4 ứng với các tần suất $P=25\%$, $P=50\%$, $P=75\%$

Tháng	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-1
$P=25\%$	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	217.5	205.0	205.0	219.5	222.5	222.5
$P=50\%$	222.5	222.5	222.5	221.5	220.5	221.5	222.5	217.5	205.0	212.5	222.5	222.5	222.5
$P=75\%$	222.5	221.5	220.5	218.5	216.5	215.5	216.5	215.5	205.0	207.5	215.5	220.5	222.5



Hình 5a. Mực nước hồ dao động của hồ chứa thủy điện sông Bung 2, ứng với các tần suất ($P=25\%$, $P=50\%$, $P=75\%$)



Hình 5b. Mực nước hồ dao động của hồ chứa thủy điện sông Bung 4, ứng với các tần suất ($P=25\%$, $P=50\%$, $P=75\%$)

Kết quả biểu đồ vận hành cho ta thấy để đạt được sản lượng điện cao thì biểu đồ vận hành thường duy trì mực nước cao, tuy nhiên vì kết quả trên khi tính toán lấy hiệu suất trung bình, nếu khi ta đưa bảng hiệu suất vào thì kết quả đường vận hành sẽ có xu hướng thấp hơn bởi vì theo bảng đường đặc tính của TuaBin thì cột nước tính toán cao thì hiệu suất sẽ thấp.

6. Kết luận

- Khi tính toán quy trình vận hành theo phương pháp qui hoạch động truyền thống, thì việc dò tìm trên toàn miền tính toán sẽ cho ta kết quả nghiệm tối ưu toàn cục, do đó việc tìm nghiệm theo phương pháp quy hoạch động sẽ tự động kiểm tra các ràng buộc và loại bỏ dễ dàng các phương án không khả thi.

- Trên đây là kết quả nghiên cứu bước đầu của bài toán hệ thống bậc thang 2 hồ chứa. Để có thể áp dụng các kết quả nghiên cứu bậc thang vào thực tế hiện nay còn phải mất rất nhiều thời gian, bởi vì hệ thống điện quốc gia của nước ta vận hành vẫn chưa ổn định, trên mỗi hệ thống bậc thang hồ chứa của nước ta hiện nay, có rất nhiều chủ đầu tư khác nhau, mỗi chủ đầu tư đều quan tâm tới lợi ích riêng của công trình mình, mà không quan tâm đến lợi ích chung.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lê Hùng (2010), “Một mô hình toán trong vận hành điều tiết tối ưu hệ thống hồ chứa với mục đích phát điện”, Đề tài Khoa học công nghệ cấp Đại học Đà Nẵng.
- [2] Nguyễn Thế Hùng, Lê Hùng (2008), “Ứng dụng Quy hoạch động xây dựng chương trình tính toán điều tiết năm theo mô hình tất định của hồ chứa nhà máy thủy điện làm việc độc lập”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, số 3, pp 66-72.
- [3] K. D. W. Nandalal and Janos J. Bogardi (2007), *Dynamic programming based operation of reservoirs*, Cambridge University press, New York.

[4] Larry W. Mays Yeou-Koung Tung (1992), *Hydrosystems engineering & management*, MrGraw- Hill, United States.

[5] S. Vedula, P.P. and Mujumdar (2007), *Water Resources Systems : Modelling Techniques and Analysis*, Tata-McGraw Hill, New Delhi.

Abstract

A MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMUM OPERATION AND REGULATION THE SYSTEM OF HYDROELECTRIC POWER RESERVOIRS

Le Hung

Danang University of Technology, The University of Danang

In this paper, the author presents a mathematical model for optimum regulation and operation the system of coordinated hydroelectric power stations (or hydroelectric power plant chains). The objective function, here, is the maximum of total hydro-energy generation. Application of Dynamic Programming establishes the algorithm and builds the programme for calculation the optimum operation and regulation of five coordinated reservoirs (or five chained reservoirs) by using Delphi program language. Then, application of established programme for optimum operation and regulation the hydroelectricity reservoirs which includes 2 steps (2 chains): River Bung 2 and River Bung 4 hydroelectricity power plants located on the VuGia-ThuBon river system, QuangNam province; The input flow sequence is simulated by Monte-Carlo method in order to extend the past flow sequence.