

ỨNG DỤNG CRYSTAL BALL XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH TỐI ƯU PHÁT ĐIỆN CHO HỒ CHỨA THÁC BÀ, TUYÊN QUANG VÀ BẠC THANG HỒ CHỨA SON LA, HÒA BÌNH CÓ TÍNH ĐẾN YÊU CẦU CẤP NƯỚC HẠ DU

Hoàng Thanh Tùng¹, Hà Văn Khôi¹, Nguyễn Thanh Hải¹

Tóm tắt: Vận hành tối ưu hồ chứa đa mục tiêu và hệ thống hồ chứa là một chủ đề được nhiều nhà nghiên cứu trong và ngoài nước quan tâm trong nhiều năm gần đây nhằm đem lại những hiệu quả kinh tế - xã hội cao nhất cho công tác vận hành hồ chứa. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng phần mềm Crystal Ball xác định chế độ vận hành tối ưu phát điện cho hồ chứa Thác Bà, Tuyên Quang và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình có tính đến yêu cầu cấp nước hạ du. Crystal Ball là phần mềm tối ưu và phân tích rủi ro rất mạnh trong kinh tế và lần đầu tiên được nhóm tác giả áp dụng thành công cho vận hành các hồ chứa nói trên. Kết quả đạt được là tương đối tốt so với các mô hình tối ưu sử dụng hiện nay vì mô hình này cho phép phân tích độ tin cậy và đưa ra chế độ vận hành tối ưu với các mức đảm bảo khác nhau nhằm hỗ trợ ra quyết định vận hành hồ chứa.

Từ khóa: Hòa Bình, Sơn La, Thác Bà, Tuyên Quang, Crystal Ball

1. MỞ ĐẦU

Trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước việc vận hành các hồ chứa nước phục vụ cho các mục đích khác nhau đóng một vai trò hết sức quan trọng. Hầu hết các hồ chứa được xây dựng phục vụ cho đa mục tiêu, trong đó hầu hết các mục tiêu có mâu thuẫn với nhau về các yêu cầu khai thác sử dụng hồ chứa. Một số mâu thuẫn trong việc vận hành hồ chứa có thể kể đến bao gồm: i) mâu thuẫn trong việc sử dụng dung tích hồ chứa khi hồ chứa có dung tích hạn chế lại phải thỏa mãn nhiều mục tiêu như phát điện và chống lũ; ii) mâu thuẫn giữa các mục tiêu cấp nước khi chế độ vận hành cấp nước cho các mục tiêu khác nhau (cấp nước cho nông nghiệp thì theo thời vụ, tình hình mưa nắng, nhưng cho phát điện lại dựa trên nhu cầu thay đổi theo ngày, tuần, hay mùa); và iii) mâu thuẫn trong cùng một mục tiêu khi nhu cầu nước và lượng nước đến không phải lúc nào cũng thỏa mãn theo thời gian, đòi hỏi việc tiết kiệm nước khi vận hành các hồ chứa.

Đối với hệ thống hồ chứa, việc vận hành cũng cần phải cân nhắc và xem xét một cách hợp lý trên cơ sở cân đối lượng nước hiện có trong các hồ. Rõ ràng, không có một hồ dùng nước nào lại tương thích hoàn toàn với hồ khác. Quy trình vận hành hồ cần phải hướng dẫn cho người điều hành giải quyết các mâu thuẫn đó. Việc tìm ra giải pháp “thỏa hiệp” giữa các mục tiêu là một yếu tố quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả của hệ thống hồ chứa nước.

Đây cũng chính là chủ đề được nhiều nhà nghiên cứu trong và ngoài nước quan tâm trong nhiều năm qua nhằm đem lại hiệu quả kinh tế xã hội cao nhất.

Lưu vực sông Hồng là lưu vực sông lớn thứ hai của Việt Nam và là lưu vực sông có các công trình thủy lợi và phòng chống lũ lụt hoàn chỉnh nhất nước ta với các hồ chứa lớn đã đi vào vận hành như Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà và Tuyên Quang, hệ thống đề điều, các công trình phân lũ, chậm lũ và các hệ thống tưới tiêu lớn. Theo Quyết định Số: 1554/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch thủy lợi vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012 - 2020 và định hướng đến năm 2050 trong điều kiện biến đổi khí hậu, nước biển dâng thì việc “Duy trì hợp lý dòng chảy kiệt là vấn đề mang tính chiến lược đối với ổn định và phát triển kinh tế xã hội vùng đồng bằng sông Hồng”. Mục tiêu trước mắt đến năm 2020 là phải vận hành hợp lý hệ thống hồ chứa lớn trên thượng nguồn sông Hồng (Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang) kết hợp kỳ triều cường điều tiết cấp nước trong mùa kiệt, phục vụ sản xuất vụ Đông Xuân, đặc biệt cho giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm.

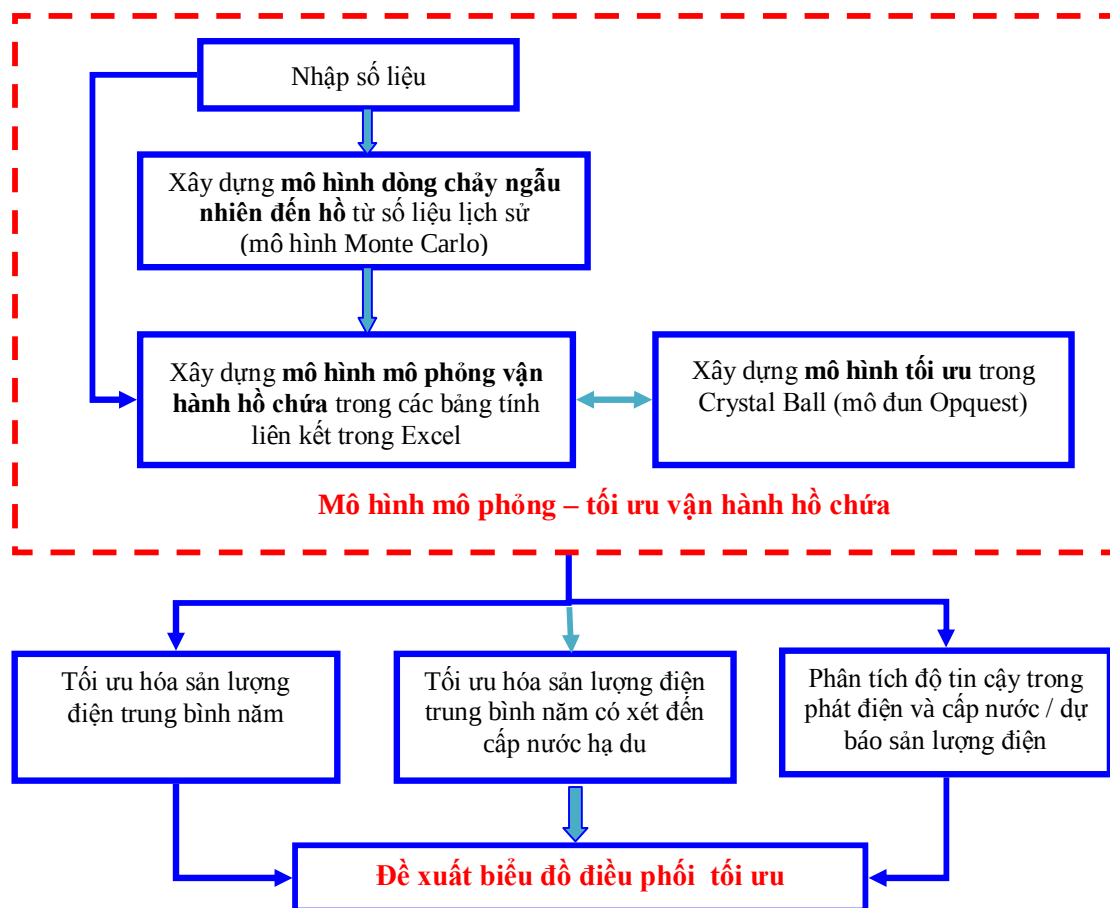
Để góp phần đạt được các mục tiêu đề ra như trên thì việc nghiên cứu vận hành hệ thống hồ chứa trên sông Hồng có một ý nghĩa quan trọng và nghiên cứu này thử nghiệm áp dụng phần mềm Crystal Ball xây dựng chế độ vận hành tối ưu các hồ chứa Tuyên Quang, Thác Bà, và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình phát điện có xét đến nhu cầu nước ở hạ du.

¹ Khoa Thủy văn và Tài Nguyên nước, Đại học Thủy lợi

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vận hành hồ chứa (VHHC) là một trong những vấn đề được quan tâm nhiều nhất trong lịch sử hàng trăm năm của công tác quy hoạch quản lý hệ thống nguồn nước. Nghiên cứu vận hành quản lý hệ thống hồ chứa luôn phát triển theo thời gian từ các nghiên cứu đơn giản tới các nghiên cứu gần đây về phương pháp vận hành tối ưu hệ thống hồ chứa phục vụ đa mục tiêu. Trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu áp dụng các thuật toán điều khiển khác nhau vào giải quyết bài toán vận hành hồ chứa đa mục tiêu và hệ thống liên hồ chứa. Các phương pháp này đã được John W. Labadie [1], Trường Đại học Bang Colorado tổng kết bao gồm: i) *Nhóm các phương pháp tối ưu ngẫu nhiên ẩn* (Implicit Stochastic Optimization) như: các mô hình quy hoạch tuyến tính (Linear Programming Models), các mô hình tối ưu dòng chảy mạng (Network Flow Optimization Models), các mô hình quy hoạch phi tuyến

(Nonlinear Programming Models), các mô hình quy hoạch động rời rạc (Discrete Dynamic Programming Model), các mô hình quy hoạch động liên tục (Diffrential Dynamic Programming Models), các lý thuyết điều khiển tối ưu rời rạc theo thời gian (Discrete Time Optimal Control Theory); ii) *Nhóm các phương pháp ngẫu nhiên hiện* (Explicit Stochastic Optimization) như: các mô hình quy hoạch tuyến tính ngẫu nhiên (Stochastic Linear Programming Models), các mô hình quy hoạch động ngẫu nhiên (Stochastic Dynamic Programming Models), các mô hình điều khiển tối ưu ngẫu nhiên (Stochastic Optimal Control Models) và iii) *Nhóm tích hợp dự báo để vận hành hồ chứa theo thời gian thực*. Mặc dù đã đạt được những tiến bộ vượt bậc trong nghiên cứu vận hành hồ đa mục tiêu và hệ thống hồ chứa, nhưng cho đến nay không có một lời giải chung cho mọi hệ thống mà tùy đặc thù của từng hệ thống mà có các lời giải phù hợp.



Hình 1: Sơ đồ tiếp cận nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả lựa chọn phương pháp kết hợp giữa các mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu bao gồm: mô hình mô phỏng dòng

chảy đến hồ ngẫu nhiên theo mô phỏng Monte Carlo, mô hình mô phỏng hệ thống hồ chứa, và mô hình tối ưu để xác định chế độ vận hành tối ưu phát

diện các hồ chứa Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình có xét đến nhu cầu cấp nước hạ du phục vụ sản xuất vụ Đông Xuân, đặc biệt cho giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm. Phần mềm Crystal Ball đã được sử dụng để xây dựng mô hình kết nối này như minh họa tóm tắt trong *Sơ đồ tiếp cận nghiên cứu* (Hình 1).

Crystal Ball là phần mềm tối ưu và phân tích rủi ro được sử dụng nhiều trong phân tích kinh tế do ORACLE – Công ty hàng đầu thế giới về phần mềm cơ sở dữ liệu phát triển [2]. Phần mềm có giao diện người dùng thân thiện, có modul tích hợp trong bảng tính Excel. Thông qua sức mạnh tối ưu và mô phỏng, Crystal Ball đã trở thành công cụ hiệu quả trong tay của những người ra quyết định. Phần mềm Crystal Ball có thể đáp ứng được những yêu cầu của bài toán tối ưu trong vận hành hồ chứa như: i) Cho phép tạo chuỗi dòng chảy ngẫu nhiên tự nhiên đến hồ theo mô phỏng Monte Carlo; ii) Cho phép xây dựng mô hình mô phỏng hồ chứa một cách linh hoạt trong các bảng tính, rất dễ dàng thay đổi với các điều kiện thực tế; iii)

Cho phép lồng ghép các thuật toán tối ưu (thuộc nhóm các phương pháp ngẫu nhiên hiện nêu trên) vào các bảng tính sử dụng Modul tối ưu Opquest. Các kết quả đạt được từ mô hình kết hợp mô phỏng và tối ưu VHHK lại tiếp tục được phân tích độ tin cậy để xác định chế độ vận hành tối ưu ứng với các mức đảm bảo khác nhau giúp hỗ trợ ra quyết định.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng dòng chảy ngẫu nhiên đến các hồ chứa Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình (mô phỏng Monte Carlo)

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng mô phỏng Monte Carlo xây dựng mô hình mô phỏng dòng chảy trung bình 10 ngày ngẫu nhiên đến các hồ chứa trên dựa trên chuỗi số liệu thực đo từ năm 1956 đến 2009. Kết quả minh họa trong Bảng 1 dưới đây cho thấy phân bố dòng chảy đến hồ Sơn La thường là phân bố cực trị “Maximum Extreme” trong các tháng mùa lũ và phân bố chuẩn “normal” hoặc “log normal” cho các tháng còn lại.

Bảng 1: Minh họa phân bố dòng chảy ngẫu nhiên đến hồ Sơn La theo mô phỏng Monte Carlo

Thời gian	10T6		20T6		30T6		10T7		20T7	
Phân bố	Gamma		Gamma		Lognormal		Lognormal		Lognormal	
	Location	202.25	Location	64.33	Location	-685.65	Location	-1079.19	Location	-2083.67
	Scale	474.34	Scale	398.63	Mean	2653.84	Mean	3430.45	Mean	3840.05
	Shape	2.78	Shape	5.18	Std. Dev.	1008.22	Std. Dev.	1219.34	Std.Dev	1389.78
Thời gian	30T7		10T8		20T8		30T8		10T9	
Phân bố	Lognormal		Beta		Maximum Extreme		Logistic		Gamma	
	Location	547.81	Minimum	824.63	Likeliest	3476.02	Mean	3583.85	Location	188.04
	Mean	4164.49	Maximum	9083.61	Scale	1377.01	Scale	746.8	Scale	428.28
	Std. Dev.	1380.02	Alpha	3.14					Shape	6.4
			Beta	4.26						
Thời gian	20T9		30T9		10T10		20T10		30T10	
Phân bố	Gamma		Beta		Lognormal		Lognormal		Lognormal	
	Location	419.12	Minimum	878.49	Location	600.96	Location	688.24	Location	447.98
	Scale	317.3	Maximum	4574.03	Mean	1837.17	Mean	1767.15	Mean	1512.7
	Shape	6.31	Alpha	1.93	Std. Dev.	616.41	Std. Dev.	750.33	Std.Dev	565.13
			Beta	4.25						
Thời gian	T11		T12		10T1		20T1		30T1	
Phân bố	Lognormal		Lognormal		Gamma		Gamma		Gamma	
	Location	242.52	Location	-144.49	Location	124.91	Location	124.91	Location	124.91
	Mean	1098.23	Mean	678.83	Scale	38.58	Scale	38.58	Scale	38.58
	Std. Dev.	407.15	Std. Dev.	191.08	Shape	9.62	Shape	9.62	Shape	9.62
Thời gian	10T2 – 20T2 - 30T2		10T3 - 20T3 - 30T3		T4		T5			
Phân bố	Maximum Extreme		Gamma		Lognormal		Gamma			
	Likeliest	370.04	Location	186.09	Location	104.18	Location	173.75		
	Scale	75.91	Scale	47.64	Mean	392.66	Scale	197.33		
			Shape	3.42	Std. Dev.	129.68	Shape	2.88		

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng vận hành hồ chứa Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La – Hòa Bình

Mô hình mô phỏng vận hành hồ chứa và bậc thang

hồ chứa phát điện có tính đến nhu cầu dùng nước hạ du được thiết lập dưới dạng các bảng tính có liên kết với nhau trong Excel như minh họa trong hình 2 dưới đây cho bậc thang hồ chứa Sơn La và Hòa Bình:

Hình 2: Minh họa mô hình vận hành bậc thang hồ chứa phát điện có xét đến nhu cầu sử dụng nước hạ du được thiết lập dưới dạng các bảng tính có liên kết với nhau trong Excel

Mô hình này được thiết lập gồm 5 bảng tính có liên kết với nhau:

-“Bảng Q đến hồ” được sử dụng để xây dựng phân bố dòng chảy đến cho từng bước thời gian chạy mô hình (10 ngày), bảng này được liên kết với “Bảng chạy mô phỏng” để cấp phát chuỗi dòng chảy đến hồ trong từng giai đoạn một cách ngẫu nhiên theo mô phỏng Monte Carlo.

-“Bảng Quan hệ hồ” bao gồm các quan hệ Z - W - F và Q - Z hạ lưu sau khi được nội suy với bước thay đổi Z khoảng 10cm được liên kết với “Bảng chạy mô phỏng” để mô hình từ động tra ngược/xuôi các giá trị trạng thái hồ chứa.

-“Bảng mô phỏng” được thiết lập như một bảng tính điều tiết hồ. Với bậc thang hồ chứa “Bảng mô phỏng” bao gồm 2 bảng tính điều tiết: một bảng cho hồ Hòa Bình và một bảng cho hồ Sơn La. Hai bảng tính toán điều tiết này có liên quan đến nhau: Q xả từ hồ Sơn La cộng với Q khu giữa sẽ là Q vào của hồ Hòa Bình, mực nước dâng của hồ Hòa Bình đến hạ lưu của hồ Sơn La cũng được xem xét trong tính toán bằng các lệnh ràng buộc.

-“Bảng kết quả” đưa ra các kết quả tính toán từ

mô hình tối ưu Crystal Ball

-“Bảng phân tích báo cáo” là các báo cáo được trích ra khi phân tích độ tin cậy, dự báo hàm mục tiêu kèm theo các biểu bảng và vẽ hình minh họa...vv.

“Bảng mô phỏng” được thiết lập cho từng hồ chứa dựa vào những cơ sở các tiêu chí về mức đảm bảo phát điện (quy định theo tiêu chuẩn TCXDVN 285:2002), các ràng buộc về dung tích của hồ chứa, nhà máy điện, hàm mục tiêu về phát điện, ràng buộc cấp nước cho hạ lưu trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm (chi tiết xin tham khảo TLTK số 3).

3.3. Xây dựng mô hình tối ưu trong Crystal Ball và kết nối với mô hình mô phỏng

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng modul tối ưu OptQuest trong phần mềm Crystal Ball để xây dựng mô hình tối ưu sau đó kết nối với mô hình mô phỏng dòng chảy ngẫu nhiên đến hồ và mô hình mô phỏng hồ chứa phát điện và cấp nước đã xây dựng ở các bước trước để hình thành mô hình vận hành tối ưu hồ chứa Thác Bà, Tuyên Quang và bậc thang hồ chứa Sơn La - Hòa Bình.

a. Kết nối với các biến ngẫu nhiên trong mô hình

mô phỏng:

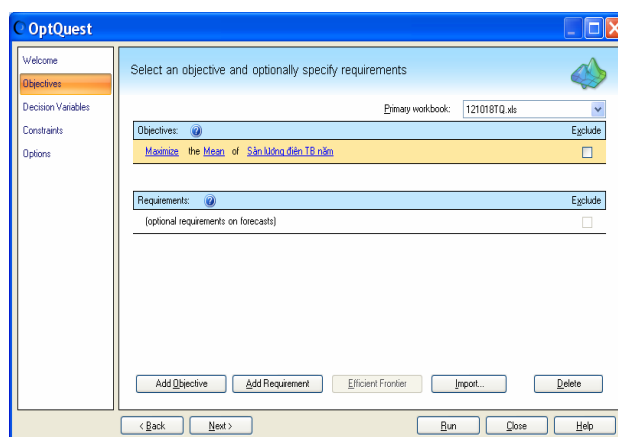
Để kết nối với mô hình mô phỏng dòng chảy ngẫu nhiên đến hồ, cần tiến hành định nghĩa các biến ngẫu nhiên và đưa vào các hàm phân bố xác suất đã tìm được cho từng giai đoạn trong năm như đã trình bày ở mục 3.1.

b. Xác định các biến quyết định

Các biến quyết định (biến điều khiển) trong mô hình vận hành hồ chứa phát điện có tính đến cấp

nước hạ du chính là lưu lượng qua tuốc bin của từng bước thời gian. Lần lượt đưa vào phạm vi biến đổi (cận trên và cận dưới) của biến quyết định (minh họa hình 3). Thông thường sử dụng biểu đồ điều phối hiện tại của hồ để xác định và đưa vào mô hình nhằm tiết kiệm thời gian chạy mô hình. Khi tính đến nhu cầu cấp nước hạ du thì cần đưa vào các ràng buộc cấp nước cho khoảng thời gian cấp nước khẩn trương từ 10 tháng 1 đến 28 tháng 2 hàng năm.

Decision Variable	Lower Bound	Base Case	Upper Bound	Type	Step	Cell address	Worksheet
T5	50.0	162.5	500.0	Continuous	M30	ChayCB	
T12	50.0	162.5	500.0	Continuous	M29	ChayCB	
T11	50.0	162.5	500.0	Continuous	M19	ChayCB	
30T9	100.0	262.5	750.0	Continuous	M14	ChayCB	
30T8	100.0	262.5	750.0	Continuous	M11	ChayCB	
30T7	100.0	262.5	750.0	Continuous	M8	ChayCB	
30T6	100.0	262.5	750.0	Continuous	M5	ChayCB	
30T5	50.0	162.5	500.0	Continuous	M38	ChayCB	
30T2	50.0	162.5	500.0	Continuous	M25	ChayCB	
30T10	50.0	225.0	750.0	Continuous	M17	ChayCB	
30T1	50.0	162.5	500.0	Continuous	M22	ChayCB	
20T9	100.0	262.5	750.0	Continuous	M13	ChayCB	
20T8	100.0	262.5	750.0	Continuous	M10	ChayCB	
20T7	100.0	262.5	750.0	Continuous	M7	ChayCB	
20T6	100.0	262.5	750.0	Continuous	M4	ChayCB	
20T3	50.0	162.5	500.0	Continuous	M27	ChayCB	
20T2	50.0	162.5	500.0	Continuous	M24	ChayCB	
20T10	50.0	225.0	750.0	Continuous	M16	ChayCB	
20T1	50.0	162.5	500.0	Continuous	M21	ChayCB	

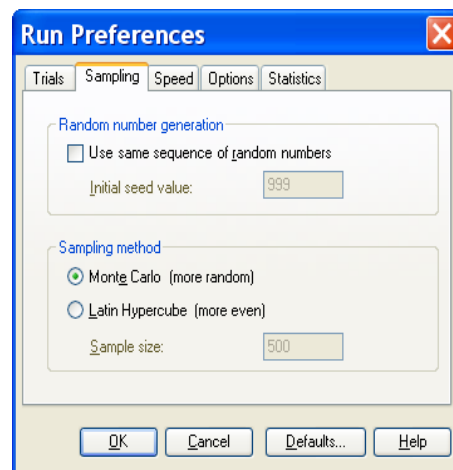
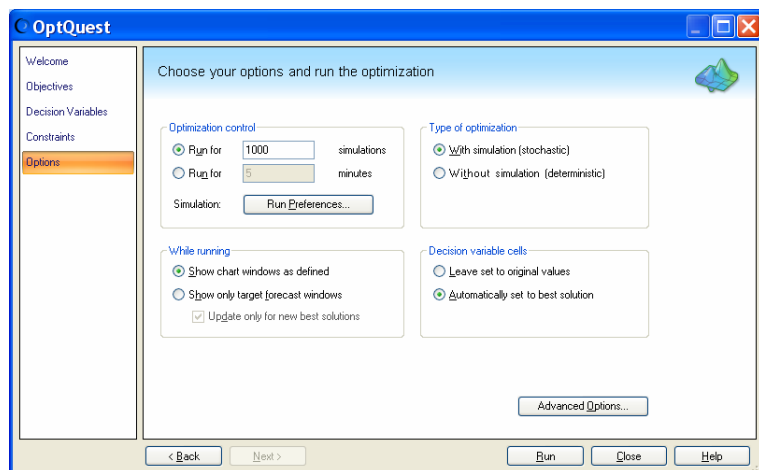


Hình 3: Minh họa bảng xác định biến quyết định, biến dự báo trong Modul Opquest

c. Xác định các biến dự báo và các thông số chạy mô phỏng

Biến dự báo hay hàm mục tiêu trong vận hành hồ chứa và bậc thang hồ chứa phát điện có xét đến cấp nước cho hạ du chính là cực đại hóa tổng sản lượng

điện bình quân năm của các hồ. Các thông số chạy mô phỏng được thiết lập như sau: mô phỏng 1000 lần, phương pháp tạo chuỗi dòng chảy ngẫu nhiên đến hồ là Monte Carlo với độ dài chuỗi tương ứng 500 năm số liệu



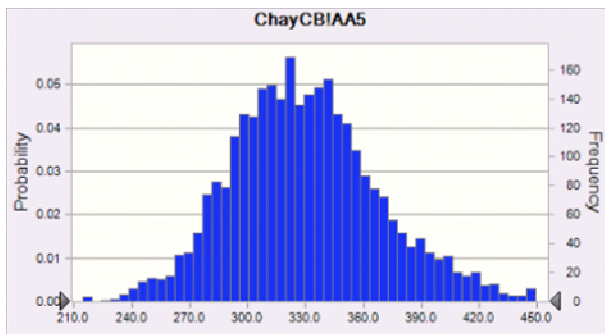
Hình 4: Minh họa bảng xác định bảng thông số chạy mô phỏng tối ưu trong Modul Opquest

3.4. Xác định chế độ vận hành tối ưu phát điện các hồ Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình có xét đến cấp nước hạ du trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm

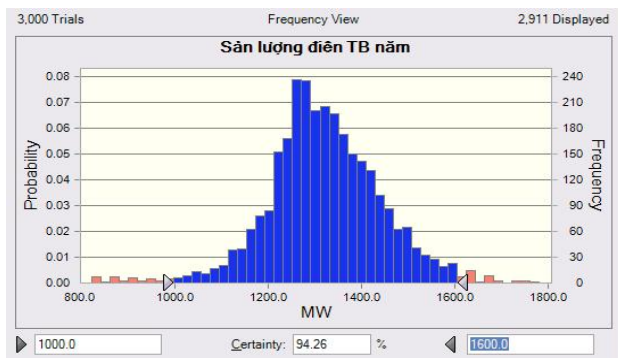
Với mô hình kết hợp mô phỏng và tối ưu vận hành hồ chứa đã xây dựng, nhóm nghiên cứu đã

tiến hành chạy mô hình để xác định chế độ vận hành tối ưu phát điện có xét đến nhu cầu cấp nước hạ du cho các hồ và bậc thang hồ chứa nói trên. Kinh nghiệm rút ra được từ các kết quả nghiên cứu vận hành tối ưu hồ chứa đa mục tiêu và hệ thống hồ chứa ở trong và ngoài nước trước đây cho thấy rất

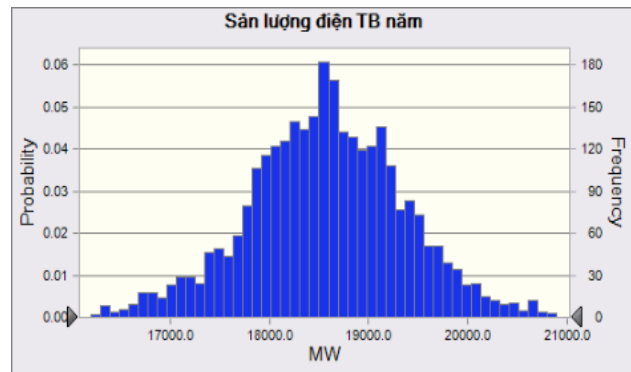
nhiều bài toán khi thiết lập xong và đi tìm lời giải lại không tìm được nghiệm vì có quá nhiều biến quyết định, dải chạy mô phỏng của các biến quá lớn, các máy tính thông thường không thể chạy nổi vì tràn bộ nhớ. Chính vì vậy với hệ thống hồ chứa trên sông Hồng, nhóm nghiên cứu đã tiến hành chạy mô phỏng tối ưu theo từng giai đoạn: i) giai đoạn 1 chạy mô phỏng tối ưu cho từng hồ chứa độc lập phát điện để tìm dải giới hạn các biến quyết định theo các mức đảm bảo khác nhau; ii) giai đoạn 2 chạy mô phỏng tối ưu cho từng hồ chứa độc lập phát điện có xét tới cấp nước hạ du trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm. Trong giai đoạn này tiến hành khóa dần dần các biến quyết định cho hầu hết các tháng mùa lũ để tiến hành tìm và hạn chế dần dần khoảng giới hạn của biến quyết định trong các tháng còn lại, đặc biệt trong giai đoạn cần cấp nước hạ du; iii) giai đoạn cuối cùng, tiến hành kết nối hệ thống bậc thang hồ chứa và hàm mục tiêu lúc này là tổng sản lượng điện bình quân năm của các hồ nghiên cứu, các biến quyết định chính là lưu lượng xả qua tuốc bin trong từng bước thời gian (10 ngày) trong năm của các hồ chứa, nhưng khoảng biến đổi của các biến này đã được thu hẹp từ các giai đoạn trước. Bằng cách tiến hành này, bài toán đã tìm được nghiệm.



Hồ chứa Thác Bà



Hồ chứa Tuyên Quang



Bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình

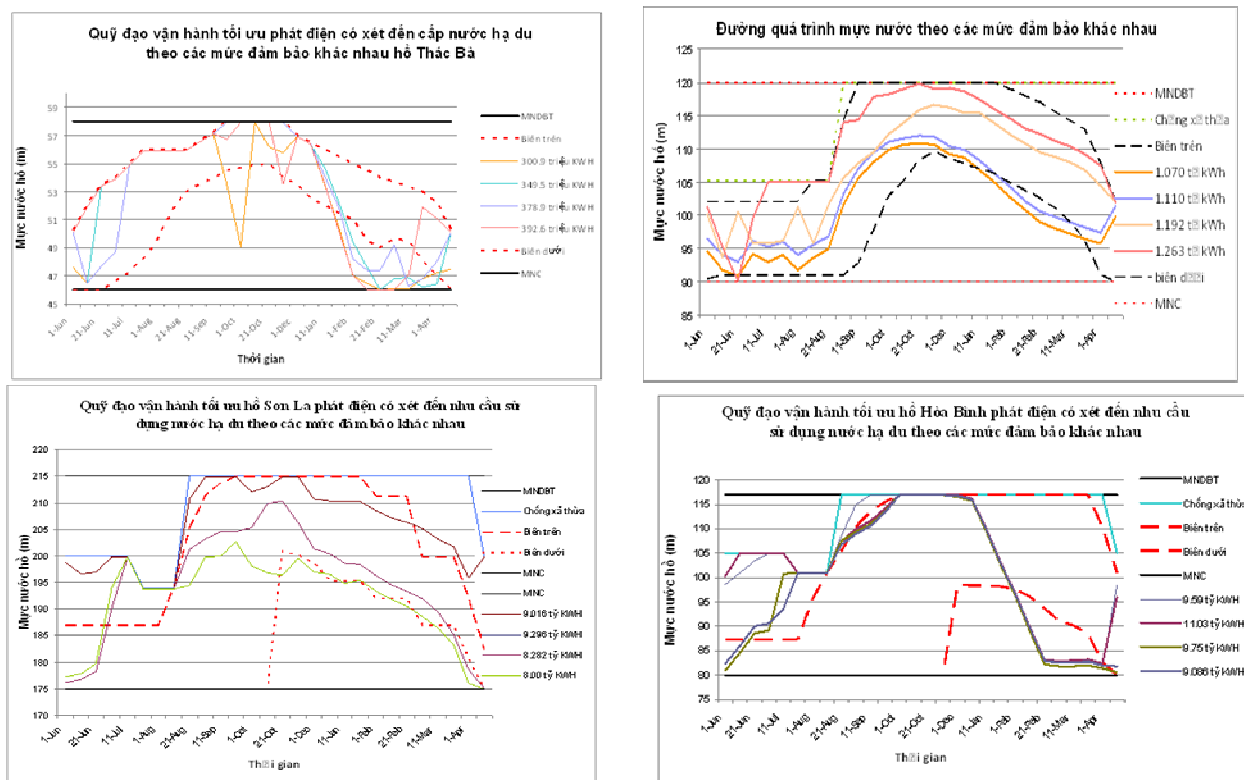
Hình 5: Biểu đồ mô tả tổng sản lượng điện năm của hồ Thác Bà, Tuyên Quang và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình với mức đảm bảo khác nhau khi phân tích độ tin cậy trong Crystal Ball

Chế độ vận hành tối ưu phát điện ứng với các mức đảm bảo khác nhau các hồ chứa Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình có xét đến cấp nước ở hạ lưu được minh họa tóm tắt trong các hình 5, 6.

Với chế độ vận hành đề xuất cho 4 hồ (Bảng 2), nhóm tác giả đã thử nghiệm đánh giá kết quả vận hành cho các năm 2009, 2010, 2011 cho thấy với tổng mức xả của cả 4 hồ là 2300 m³/s (bậc thang Sơn La, Hòa Bình: 2.000 m³/s, Tuyên quang: 200 m³/s, và Thác Bà: 100 m³/s) trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 đã đáp ứng được nhu cầu nước cho hạ du, tổng sản lượng điện trung bình nhiều năm của bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình đạt mức 18.547 (10⁶kWh) (lớn hơn tổng sản lượng điện tính toán thiết kế của EVN, sản lượng điện của riêng hồ Hòa Bình đều lớn hơn sản lượng điện sản xuất của các năm nói trên), sản lượng điện trung bình năm của hồ Tuyên Quang là 1.297,7(10⁶kWh) lớn hơn sản lượng điện sản xuất trong các năm nói trên, sản lượng điện sản xuất của hồ Thác Bà là 330.3 (10⁶kWh) lớn hơn sản lượng điện thực tế sản xuất cao nhất trong 30 năm khai thác (300 10⁶kWh). Qua phân tích độ tin cậy như minh họa trong hình 3, ta có thể thấy là với 1000 lần mô phỏng thì có khoảng 7% đối với hồ Sơn La và khoảng 1% đối với hồ Hòa Bình bị rơi vào tình trạng thiếu nước, sản lượng điện bị giảm nếu cấp đủ nước cho hạ du trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 với mức 2.000 m³/s. Với mô hình vận hành kết hợp mô phỏng và tối ưu đã thiết lập, người ra quyết định có thể lựa chọn các mức đảm bảo khác nhau để quyết định chế độ vận hành. Các giới hạn đưa ra trong Bảng 2 chỉ là giới hạn trên và dưới của quy trình vận hành, còn tùy thuộc vào độ tin cậy được

phân tích từ mô hình mà người ra quyết định sẽ lựa chọn để ra các quyết định phù hợp đồng thời cũng có

thể dự báo được sản lượng điện tương ứng như một vài minh họa trong hình 6.



Hình 6: Quy đạo vận hành tối ưu phát điện ứng với các mức đảm bảo khác nhau về sản lượng điện của các hồ Tuyên Quang, Thác Bà và bậc thang hồ chứa Sơn La – Hòa bình có xét đến cấp nước hạ du trong giai đoạn từ 10/1 đến 28/2 hàng năm

Bảng 2: Giới hạn mực nước đề xuất cho các hồ Tuyên Quang, Thác Bà, bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình tối ưu phát điện có xét đến nhu cầu cấp nước hạ du hàng năm từ 10/1 đến 28/2

Đề xuất	Hồ Sơn La		Hồ Hòa Bình		Hồ Tuyên Quang		Hồ Thác Bà	
Thời đoạn	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)
1- 10/6	199.8	177.2	100.4	82.4	94.6	101.2	50.1	47.6
11-20/6	199.8	177.9	105	86	91.8	101.2	51.9	46.5
21-30/6	199.8	179.8	105	90	90.8	101.2	53.4	47.7
01-10/7	199.8	194	105	90.6	94.2	99.6	53.9	48.7
11-20/7	199.8	199.8	105	93.6	93	102	54.9	51
21-31/7	193.8	193.8	101	101	94	102	55.9	51
01-10/8	193.8	193.8	101	101	91.8	102	55.9	51
11-20/8	193.8	193.8	101	101	93.6	105	55.9	52.8
21-31/8	199.2	194.4	107.4	106.8	95	105	55.9	53
01-10/9	210	199.8	110	109	101.6	114	56.5	54.5
11-20/9	210.6	200	111.6	110.6	105.6	114.4	57.1	55
21-30/9	210	202.6	114.2	113.4	108	117.8	56.7	55.6
01-10/10	211.2	198.2	117	117	109.8	118.2	57.9	55.7
11-20/10	214.6	196.8	117	117	110.6	119	57.9	55.7
21-31/10	214.8	201	117	117	110.8	119.8	57.9	55.5
01-30/11	214.8	200.2	117	117	110.6	119	57.9	55.1
01-30/12	214.4	198.7	117	116.8	109.2	119.2	56.9	54

Đề xuất	Hồ Sơn La		Hồ Hòa Bình		Hồ Tuyên Quang		Hồ Thác Bà	
Thời đoạn	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)	Giới hạn trên (m)	Giới hạn dưới (m)
01-10/1	214	196.6	116.2	116	108.6	118.6	56.4	53
11-20/1	213.4	195.3	117	109.8	107	117.4	53.6	52.5
21-30/1	213.2	195.4	117	102.8	106.2	116	55.5	51.5
01-10/2	212	193.4	117	97.6	105	114.6	55	51
11-20/2	210.6	192	117	96.1	103.8	113	54.5	49.5
21-28/2	209.4	192	117	93.7	102.6	112.2	54	49
01-10/3	208.2	187	117	91.1	101.1	111.2	53.7	49.7
11-20/3	207.4	187	117	90.2	98.9	110.4	53.4	49.4
21-31/3	205.6	187	117	88.5	96.4	109.2	51.9	48
01-30/4	199.2	180.8	110.3	82	95.8	107.4	51.1	47.2
01-31/5	199.8	175	101	81.8	99.8	102	50.1	47.5

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã lần đầu tiên ứng dụng thành công phần mềm Crystal Ball – một phần mềm chuyên dụng về tối ưu và phân tích rủi ro trong kinh tế vào bài toán vận hành hồ đa mục tiêu và hệ thống hồ chứa. Mô hình vận hành kết hợp giữa mô phỏng (mô phỏng dòng chảy ngẫu nhiên đến hồ theo Monte Carlo, mô phỏng vận hành hồ và bậc thang hồ chứa) và mô hình tối ưu (tối ưu phi tuyến) để áp dụng cho hồ Tuyên Quang, Thác Bà, và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình.

Nghiên cứu đã bước đầu đề xuất chế độ vận hành tối ưu phát điện có xét đến nhu cầu dùng nước hạ du cho các hồ chứa nói trên. Kết quả đạt được là tương đối tốt so với các mô hình tối ưu sử dụng hiện nay vì mô hình này cho phép phân tích độ tin cậy và đưa ra chế độ vận hành tối ưu với các mức đảm bảo khác nhau nhằm hỗ trợ ra quyết định vận hành hồ chứa. Với những thành công ban đầu này, nhóm nghiên cứu tin rằng có thể mở rộng sử dụng phần mềm này cho các hồ và hệ thống hồ chứa khác ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. John W. Labadie. *Reservoir system optimization models*. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol 130, March 1, 2004.
2. Barbara Gentry (2008). *Crystal Ball User Manual, Crystal Ball Predictor, and Crystal Ball OptQuest User Manual*. Oracle
3. PECC1. *Báo cáo thủy văn và quy trình vận hành hồ Sơn La, hồ Hòa Bình, hồ Tuyên Quang, và hồ Thác Bà*.

Summary:

APPLICATION OF CRYSTAL BALL FOR OPTIMIZATION OF ELECTRICITY OPERATION OF THAC BA, TUYEN QUANG, AND CASCADE RESERVOIRS OF SON LA AND HOA BINH IN CONSIDERATION OF DOWNSTREAM WATER SUPPLY

Optimum Operation of multi-purpose reservoirs and reservoir system is a concern of many reseachers in Vietnam and in the World for maximizing socio-economy effectiveness of reservoir operation. This article summaries results on application of Crystal Ball software for optimum operation of Thac Ba Reservoir, Tuyen Quang Reservoir, and cascade reservoir of Son La and Hoa Binh. Crystal Ball is an economic optimization and risk analyst software developped by Oracle but first time used for these mentioned reservoirs and reservoir system operation. Research results show that this software is very good if compared with current optimum models because of it's capacity in uncertanty analysis and forecasting that supports to decision making in reservoir operation.

Key words: *Crystal Ball, Hoa Binh, Son La, Thac Ba, Tuyen Quang*

Người phản biện: PGS.TS Ngô Lê Long

BBT nhận bài: 27/6/2013

Phản biện xong: 4/9/2013