

Thiết lập bộ mô hình mô phỏng phục vụ xây dựng quy trình vận hành hệ thống liên hồ chứa thủy điện trên lưu vực sông Ba

Dương Thị Thanh Hương¹, Nguyễn Tiền Giang^{2,*}

¹*Viện Cơ học, Viện KH&CNVN, 264 Đội Cấn, Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam*

²*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 29 tháng 4 năm 2011

Tóm tắt. Hệ thống các hồ chứa phát điện trên các lưu vực sông miền Trung nước ta đã và đang tăng đáng kể về mặt số lượng trong các thập kỷ gần đây. Việc xây dựng các quy trình vận hành cho hệ thống liên hồ với mục tiêu cắt giảm lũ cho hạ du cũng vì lý do trên mà ngày càng cấp thiết. Công cụ mô phỏng và tối ưu là hai công cụ chính sử dụng để giải quyết vấn đề này một cách khoa học và hợp lý. Bài báo này tổng quan một số các phương pháp, cách tiếp cận trong việc thiết lập quy trình vận hành hệ thống hồ chứa đa mục tiêu trong mùa lũ. Từ đó kết luận rằng, trong hầu hết các trường hợp mô hình mô phỏng vẫn là rất cần thiết. Tiếp theo, bài báo trình bày một bộ mô hình mô phỏng được thiết lập và thử nghiệm mô phỏng các quy trình điều hành được xây dựng từ một đề tài khoa học cấp nhà nước. Kết quả cho thấy bộ mô hình đã áp dụng hiệu quả cho trường hợp điều tiết 3 hồ chứa hiện hành trên lưu vực sông Ba.

Từ khóa: Sông Ba, vận hành hệ thống hồ chứa, mô phỏng.

1. Tổng quan các phương pháp xây dựng quy trình điều hành hệ thống hồ chứa

Hồ chứa là công trình trữ nước nhân tạo được xây dựng trên các khe suối, trên sông bằng các đập chắn ngang sông. Chức năng chính của hồ chứa là làm ổn định dòng chảy bằng cách điều tiết khả năng cấp nước của dòng chảy tự nhiên hoặc thỏa mãn các yêu cầu về nước khác nhau của các hộ dùng nước. Điều hành hệ thống hồ chứa đa mục tiêu với việc sử dụng nước cho nhiều mục đích khác nhau đã thu hút nhiều nhà nghiên cứu trong vài chục năm gần đây. Một trong những nguyên nhân chính là sự mâu thuẫn cổ điển giữa kiểm soát lũ

và các mục đích bảo toàn như cấp nước, sản xuất điện, tưới,... Thông thường vấn đề nảy sinh trong việc sử dụng chiến lược phân phối để xác định dung tích phòng lũ dài hạn trong mùa mưa và xả nước ngắn hạn trong điều hành thời gian thực. Các nghiên cứu về quyết định dài hạn liên quan đến việc phân bổ dung tích phòng lũ có xét đến sự biến động của dòng chảy năm và các nguy cơ liên quan khác. Việc phân bổ dung tích phòng lũ trong hệ thống đa hồ chứa là bài toán phức tạp hơn nhiều vì tương tác giữa các lưu lượng thượng, hạ lưu cho toàn bộ hệ thống cần phải được xem xét.

Trong những năm gần đây, vấn đề hoạt động không hiệu quả của các hồ chứa hiện có sử dụng công nghệ lạc hậu và vận hành hồ chứa rất chủ quan đã được chỉ ra bởi nhiều chuyên

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-35578435.
E-mail: giangnt@vnu.edu.vn

gia. Vì vậy cần phải thiết lập một hệ thống công cụ để hỗ trợ công tác vận hành hồ chứa. Một công cụ hiệu quả là một mô hình mô phỏng bao gồm các nguyên tắc quyết định để cho phép nhà điều hành kiểm tra những kết quả các kịch bản khác nhau của một hệ thống hồ chứa [1]. Vận hành hồ chứa với mục tiêu kiểm soát lũ lụt sử dụng các đường cong quy tắc tĩnh để xác định sức chứa nước của hồ. Khi đập được xây dựng với mục tiêu kiểm soát lũ, một đường cong quy tắc được tạo ra để hướng dẫn (hoặc hạn chế) quy trình vận hành lũ tại thời gian bất kỳ trong năm. Những đường cong quy tắc xác định được sức chứa nước của hồ và không chế cân bằng được giữa mục tiêu kiểm soát lũ và cấp nước ở mỗi đập. Mỗi đường cong quy tắc được phát triển cho từng đập được xây dựng và dựa trên số liệu thủy văn của lưu vực. Phương pháp ban đầu được sử dụng để tạo ra các đường cong quy tắc tốt nhất là thử nghiệm và thử dần. Công cụ đường cong quy tắc quyết định ở các phương trình hay đồ thị liên quan đến việc mở cửa đập tràn, các thông số hồ chứa nước. Sự khác biệt chính với vận hành theo thời gian thực là các đường cong quy tắc không phụ thuộc vào dữ liệu bên ngoài của các hồ chứa đó. Tình hình ở hạ du hoặc dự báo ở thượng lưu các sông chỉ yêu cầu ở mức tối thiểu. Sự sẵn có các thông tin này cải thiện đáng kể khả năng vận hành, nhưng, kể từ khi hệ thống này có thể không hoặc có lỗi dự báo quan trọng, người dùng có xu hướng sử dụng các đường cong quy tắc như là một công cụ ngay cả khi vận hành theo thời gian thực. Trong lưu vực nhỏ, khi phản ứng và thời gian dự báo là rất ngắn, thông tin thu thập tại tuyến đập là quan trọng và đáng tin cậy nhất. Do đó, các đường cong quy tắc rất quan trọng để kiểm soát lũ quét qua đập. Phương pháp đường cong quy tắc có thể ứng dụng cho các lưu vực nhỏ. Đối với hoạt động hệ thống hồ chứa, các đường cong quy tắc riêng lẻ phải được cân bằng để tránh quá nhiều rủi ro địa phương. Với các nước phát triển, họ chú trọng

đến việc xây dựng các công cụ điều hành thời gian thực nhiều hơn. Hầu hết các đường cong quy tắc trên thế giới vẫn được lập theo các nghiên cứu dài hạn, có liệt số liệu lớn hơn 30 năm (Mỹ, Trung Quốc, Đài Loan). Qua các liệt số liệu này tính toán các phương án cắt lũ thường xuyên, cộng với các kịch bản lũ thiết kế và lũ lớn xây dựng các đường mực nước của các hồ chứa theo các ràng buộc cắt lũ. Từ đó xây dựng nên đường bao của chúng tạo thành đường cong quy trình điều hành. Như vậy, các phương pháp đã và đang được thực hiện trên thế giới xây dựng quy trình chủ yếu dựa trên điều hành cắt lũ thường xuyên. Thành lập các đường cong quy tắc, tuy nhiên, thường không hiệu quả để cân đối nhu cầu của con người [2].

Qua tổng quan các phương pháp nghiên cứu đã và đang tiến hành trên thế giới cho thấy vận hành hệ thống nguồn nước, hệ thống hồ chứa phục vụ đa mục tiêu là một quá trình phức tạp bị chi phối bởi nhiều yếu tố ngẫu nhiên, trong khi phải thỏa mãn các yêu cầu hầu như đối nghịch của các ngành dùng nước nên mặc dù đã được đầu tư nghiên cứu rất bài bản và chi tiết nhưng các ứng dụng thành công chủ yếu gắn liền với đặc thù từng hệ thống, không có phương pháp luận, công cụ có thể dùng chung cho mọi hệ thống. Có thể tóm tắt các phương pháp xây dựng quy trình vận hành hệ thống hồ chứa là 3 nhóm: mô phỏng, tối ưu và nhóm kết hợp giữa mô phỏng và tối ưu.

Phương pháp mô phỏng: Mô hình mô phỏng kết hợp với điều hành hồ chứa bao gồm tính toán cân bằng nước của đầu vào, đầu ra hồ chứa và biến đổi lượng trữ. Kỹ thuật mô phỏng đã cung cấp câu nói từ các công cụ giải tích trước đây cho phân tích hệ thống hồ chứa đến các tập hợp mục đích chung phức tạp. Theo Simonovic [3], các khái niệm về mô phỏng là dễ hiểu và thân thiện hơn các khái niệm mô hình hoá khác. Các mô hình mô phỏng có thể cung cấp các biểu diễn chi tiết và hiện thực hơn

về hệ thống hồ chứa và quy tắc điều hành chúng (chẳng hạn đáp ứng chi tiết của các hồ và kênh riêng biệt hoặc hiệu quả của các hiện tượng theo thời gian khác nhau). Thời gian yêu cầu để chuẩn bị đầu vào, chạy mô hình và các yêu cầu tính toán khác của mô phỏng là ít hơn nhiều so với mô hình tối ưu hoá. Các kết quả mô phỏng sẽ dễ dàng thỏa hiệp trong trường hợp đa mục tiêu. Hầu hết các phần mềm mô phỏng có thể chạy trong máy vi tính cá nhân đang sử dụng rộng rãi hiện nay. Hơn nữa, ngay sau khi số liệu yêu cầu cho phần mềm được chuẩn bị, nó dễ dàng chuyển đổi cho nhau và do đó các kết quả của các thiết kế, quyết định điều hành, thiết kế lựa chọn khác nhau có thể được đánh giá nhanh chóng. Có lẽ một trong số các mô hình mô phỏng hệ thống hồ chứa phổ biến rộng rãi nhất là mô hình HEC-5, phát triển bởi Trung tâm kỹ thuật thủy văn Hoa Kỳ. Một trong những mô hình mô phỏng nổi tiếng khác là mô hình Acres, tổng hợp dòng chảy và điều tiết hồ chứa (SSARR), mô phỏng hệ thống sóng tương tác (IRIS). Gói phần mềm phân tích quyền lợi các hộ sử dụng nước (WRAP). Mặc dù có sẵn một số các mô hình tổng quát, vẫn cần thiết phải phát triển các mô hình mô phỏng cho một (hệ thống) hồ chứa cụ thể vì mỗi hệ thống hồ chứa có những đặc điểm riêng.

Phương pháp tối ưu: Kỹ thuật tối ưu hoá bằng quy hoạch tuyến tính (LP) và quy hoạch động (DP) đã được sử dụng rộng rãi trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Nhiều công trình nghiên cứu áp dụng kỹ thuật hệ thống cho bài toán tài nguyên nước Yeh (1985), Simonovic (1992) và Wurbs (1993) [4]. Young (1967) lần đầu tiên đề xuất sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính để xây dựng quy tắc vận hành chung từ kết quả tối ưu hoá. Phương pháp mà ông đã dùng được gọi là “quy hoạch động (DP) Monte-Carlo”. Về cơ bản phương pháp của ông dùng kỹ thuật Monte-Carlo tạo ra một số chuỗi dòng chảy nhân tạo. Quy trình tối

ưu thu được của mỗi chuỗi dòng chảy nhân tạo sau đó được sử dụng trong phân tích hồi quy để cố gắng xác định nhân tố ảnh hưởng đến chiến thuật tối ưu. Các kết quả là một xấp xỉ tốt của quy trình tối ưu thực. Một mô hình quy hoạch để thiết kế hệ thống kiểm soát lũ hồ chứa đa mục tiêu đã được phát triển bởi Windsor (1975). Karamouz và Houck (1987) đã đề ra quy tắc vận hành chung khi sử dụng quy hoạch động (DP) và hồi quy (DPR). Mô hình DPR sử dụng hồi quy tuyến tính nhiều biến đã được Bhaskar và Whilach (1980) gợi ý. Một phương pháp khác xác định quy trình điều hành một hệ thống nhiều hồ chứa khác là quy hoạch động bất định (Stochastic Dynamic Programming – SDP). Phương pháp này yêu cầu mô tả rõ xác suất của dòng chảy đến và tổn thất. Phương pháp này được Butcher (1971), Louks và nnk (1981) và nhiều người khác sử dụng. Mô hình tối ưu hoá thường được sử dụng trong nghiên cứu điều hành hồ chứa sử dụng dòng chảy dự báo như đầu vào. Datta và Bunget (1984) đề xuất một quy trình điều hành hạn ngắn cho hồ chứa đa mục tiêu từ một mô hình tối ưu hoá với mục tiêu cực tiểu hoá tổn thất hạn ngắn. Nghiên cứu chỉ ra rằng khi có một sự đánh đổi giữa một đơn vị lượng trữ và một đơn vị lượng xả từ các giá trị đích tương ứng thì phép giải tối ưu hoá phụ thuộc vào dòng chảy tương lai bất định cũng như dạng hàm tổn thất. Áp dụng mô hình tối ưu hoá cho điều hành hồ chứa đa mục tiêu là khá khó khăn. Sự khó khăn trong áp dụng bao gồm phát triển mô hình, đào tạo nhân lực, giải bài toán, điều kiện thủy văn tương lai bất định, sự bất lực để xác định và lượng hóa tất cả các mục tiêu và mối tương tác giữa nhà phân tích với người sử dụng. Một phương pháp khác đang được sử dụng hiện nay để giải thích tính ngẫu nhiên của đầu vào là logic mờ. Lý thuyết tập mờ đã được Zadeh (1965) giới thiệu. Nhiều phần mềm vận hành tối ưu hệ thống hồ chứa đã

được xây dựng, tuy nhiên khả năng giải quyết các bài toán thực tế vẫn còn hạn chế. Các phần mềm tối ưu hiện nay nói chung vẫn chỉ đưa ra lời giải cho những điều kiện đã biết mà không đưa ra được các nguyên tắc vận hành hữu ích. Phần lớn các phần mềm vận hành hồ chứa được kết nối với mô hình diễn toán lũ dựa trên mô hình Muskingum hay sóng động học như các phần mềm thương mại MODSIM, RiverWare, CalSIM. Điều này rất hạn chế cho việc điều hành chống lũ và không áp dụng được cho lưu vực có ảnh hưởng của thủy triều hay nước vật. Các nghiên cứu mới nhất gần đây về điều hành chống lũ cũng chỉ được áp dụng cho hệ thống một hồ.

Phương pháp kết hợp: Wurb (1993) [4] trong tổng quan về các nhóm mô hình chính sử dụng trong thiết lập quy trình vận hành hệ thống hồ chứa đã tổng kết “Mặc dù, tối ưu hóa và mô phỏng là hai hướng tiếp cận mô hình hóa khác nhau về đặc tính, nhưng sự phân biệt rõ ràng giữa hai hướng này là khó vì hầu hết các mô hình, xét về mức độ nào đó đều chứa các thành phần của hai hướng tiếp cận trên”. Wurb cũng đề cập đến nhóm Quy hoạch mạng lưới dòng (Network Flow Programming) như là một kết hợp hoàn thiện của hai hướng tiếp cận tối ưu và mô phỏng. Trong các quy trình tối ưu phục vụ bài toán liên hồ chứa (Labadie, 2004) [5] thì cả hai nhóm quy hoạch ẩn bất định (Implicit stochastic optimization) và quy hoạch hiện bất định (Explicit stochastic optimization) đều cần có mô hình mô phỏng để kiểm tra các quy trình tối ưu được thiết lập.

Tóm lại, phương pháp mô phỏng vẫn là phương pháp được sử dụng nhiều nhất trong phân tích vận hành hệ thống hồ chứa và cho kết quả hoàn toàn chấp nhận được. Trong hầu hết các bài toán cụ thể thì mô hình mô phỏng cũng không thể thiếu trong việc xác định các quy trình vận hành

2. Thiết lập bộ mô hình mô phỏng điều tiết hệ thống hồ chứa cho lưu vực sông Ba

Để tiến hành nghiên cứu cắt lũ cho hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Ba, các tác giả tiến hành áp dụng các mô hình toán như mô hình thủy văn tham số phân bố Marine, mô hình điều tiết hồ chứa và mô hình diễn toán lũ Muskingum. Mô hình thủy văn tham số phân bố Marine (Modelisation de l'Anticipation du Ruissellement at des Inondations pour des événements Extrêmes) do Viện Cơ học chất lỏng Toulouse phát triển (IMFT – Institut de Mecanique de Fluides de Toulouse). Mô hình có chức năng thu gom nước mưa trên bề mặt lưu vực và tập trung ra hai bên bờ sông, được sử dụng để giải quyết phần biên lưu lượng vào các hồ chứa và lưu lượng gia nhập. Mô hình điều tiết hồ chứa do Viện Cơ học viết, Viện Cơ học là một trong các cơ quan tư vấn tính toán vận hành hệ thống hồ chứa trên sông Hồng từ nhiều năm nay. Lũ sau khi được hệ thống hồ chứa điều tiết sẽ diễn toán xuống hạ du đánh giá hiệu quả cắt giảm lũ của các phương án vận hành. Vì vậy phải lựa chọn phương pháp diễn toán nào đó vừa đơn giản, bảo đảm sai số cho phép mà tính toán nhanh. Phạm vi nghiên cứu từ sau các hồ chứa lớn đến Củng Sơn, mạng sông ở đây có độ dốc lớn và không chịu ảnh hưởng của thủy triều, do đó nước chuyển động chủ yếu dưới tác động của trọng lực và phương trình biểu diễn đường cong thể tích đoạn sông. Vì vậy, mô hình Muskingum được sử dụng để diễn toán lũ.

2.1. Mô đun tính lưu lượng vào và gia nhập khu giữa (mô đun thủy văn)

Mô hình thủy văn Marine đã và đang được ứng dụng tại Trung tâm dự báo KTTV TU, đã được các hội đồng khoa học các cấp đánh giá cao, ở nước ngoài mô hình cũng được đánh giá tốt và đang được ứng dụng ở nhiều nơi. Mô hình đã được giới thiệu chi tiết trong một số bài báo [6, 7].

a) Xử lý số liệu địa hình lưu vực

Các trạm đo mưa và trạm đo mực nước, đo lưu lượng đã được mô hình hóa vào MARINE bằng 3 lưu vực nhỏ nối với nhau bằng hệ thống sông. Trong bài báo này, tác giả sử dụng DEM (Digital Elevation Model) với độ phân giải 90m trên hệ quy chiếu phẳng UTM1984 làm số liệu địa hình. Quá trình khoanh vùng và phân chia lưu vực được xác định trên cơ sở các đường phân nước của lưu vực. Bản đồ sử dụng đất và bản đồ lớp phủ thực vật được xử lý đưa vào tính toán đều có tỷ lệ 1:100 000 và cùng hệ quy chiếu phẳng UTM1984.

Số liệu vào của các lưu vực đã được kiểm tra thông qua bài toán kiểm định của mô hình và đạt tiêu chuẩn tốt. Số liệu mưa đưa vào tính toán là số liệu thực đo của việc phân bố mưa trên lưu vực được dựa trên phương pháp đa giác Thiessen.

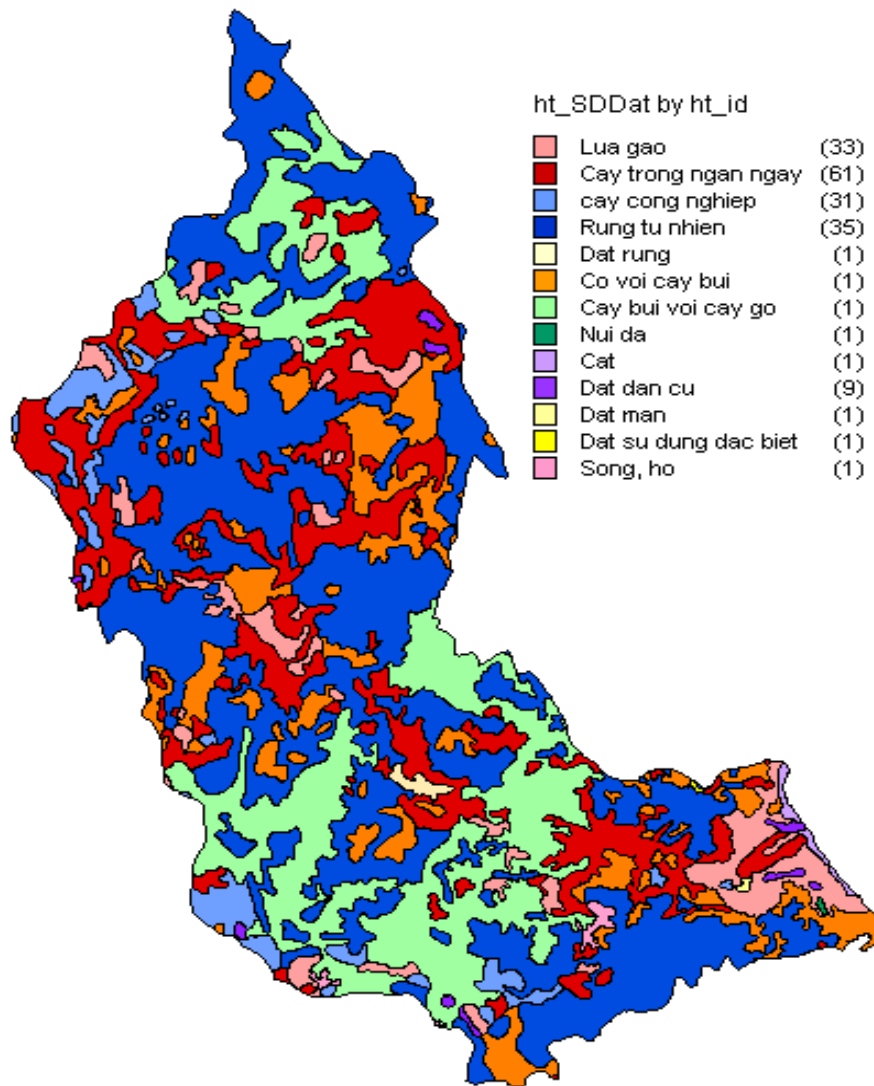
b) Xử lý số liệu hiện trạng sử dụng đất

Số liệu hiện trạng sử dụng đất được đưa vào để tính toán trong mô hình thủy văn Marine. Đây là một trong ba loại số liệu cơ bản phục vụ cho mô hình diễn toán dòng chảy trên lưu vực từ mưa. Số liệu hiện trạng sử dụng đất trực tiếp ảnh hưởng đến tốc độ dòng chảy trên bề mặt lưu vực, vì vậy chất lượng và kỹ thuật xử lý loại số liệu này rất quan trọng đối với chất lượng tính toán của mô hình.

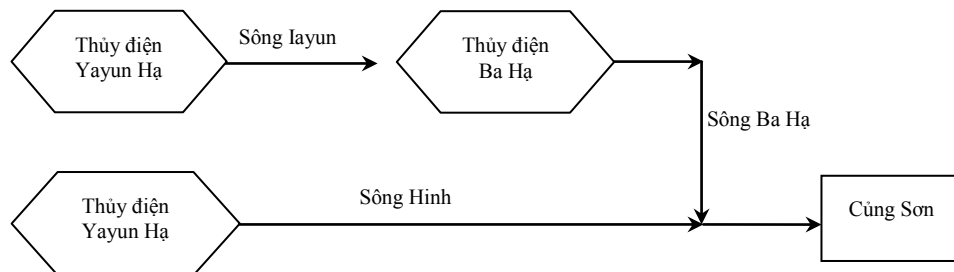
Tương tự như số liệu hiện trạng sử dụng đất, số liệu thành phần cấu trúc của đất cũng là một trong ba loại số liệu cơ bản của mô hình thủy văn. Số liệu thành phần cấu trúc của đất được xử lý kỹ hơn, phức tạp hơn số liệu hiện trạng sử dụng đất, vì có nhiều thông tin của cần được đưa vào mô hình tính.



Hình 1. Sơ đồ phân chia lưu vực sông Ba sử dụng trong mô hình MARINE.



Hình 2. Sơ đồ hiện trạng sử dụng đất của lưu vực sông Ba.



Hình 3. Sơ đồ tính toán hồ chứa.

2.2. Mô đun điều hành hệ thống hồ chứa

Mô đun này đã và đang được sử dụng để điều hành các hồ chứa trên hệ thống sông Hồng trong mùa lũ, đang được sử dụng để xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa trên hệ thống sông Hồng [8].

Vận hành cửa van hệ thống hồ chứa trên sông Ba để cắt lũ khá phức tạp. Các cửa được mở theo từng nấc 0.5 m, các cửa được mở từ giữa ra. Hết một chu trình thì mở tiếp nấc mới. Các hồ đã đi vào hoạt động, việc vận hành của van tuân theo quy trình đã được phê duyệt. Do đó tác giả đã sử dụng một chương trình riêng mô phỏng lại đúng quy trình đóng mở cửa van hồ chứa để điều tiết lũ. Phương trình cơ bản của quá trình điều tiết hồ chứa là phương pháp bảo toàn khối lượng được viết dưới dạng sau:

$$\frac{dV}{dt} = \lambda_1 - \lambda_2 \quad (1)$$

$$V(T_0) = V_0 \quad (2)$$

Ở đây V- thể tích nước chứa trong hồ tại thời điểm t. V là hàm phụ thuộc vào mực nước Z của hồ: $z = z(t)$, $V = V(z(t))$

T_0 là thời điểm hiện thời

Q_1 - lưu lượng vào hồ, là hàm phụ thuộc vào thời gian

$$Q_1 = Q_{11}(t) + Q_{12}(t)$$

Với Q_{11} là lưu lượng tự nhiên chảy vào hồ và Q_{12} là lưu lượng điều tiết từ hồ thượng lưu mắc nối tiếp với hồ xem xét (trong trường hợp không có hồ thượng lưu $Q_{12}=0$).

Q_2 - lưu lượng ra khỏi hồ

$$Q_2(t) = Q_{21}(t) + Q_{22}(t)$$

Với Q_{21} là lưu lượng xả từ hồ qua các cửa xả đáy, cửa xả mặt và lưu lượng qua tuabin

$$Q_{21}(t) = n_{xd}(t) \cdot Q_{xd}(z(t)) + n_{xm}(t) \cdot Q_{xm}(z(t)) + Q_{tb}(z(t), N(t))$$

Ở đây:

n_{xd} - số cửa xả đáy được mở, n_{xm} - số cửa xả mặt được mở.

Q_{xd} - lưu lượng qua 1 cửa xả đáy, phụ thuộc vào mực nước hồ.

Q_{xm} - lưu lượng qua 1 cửa xả mặt, phụ thuộc vào mực nước hồ.

Q_{tb} - lưu lượng qua tuốc bin, phụ thuộc vào mực nước của hồ và công suất phát.

$Q_{22}(t)$ là lưu lượng tổn thất do thấm và bốc hơi phụ thuộc vào thời gian và mực nước hồ.

Phương pháp giải

Tại thời điểm t, khi số cửa xả mặt n_{xm} và n_{xd} xác định, vế phải của phương trình (1) hoàn toàn xác định và là hàm của t và V. Phương trình (1) là phương trình vi phân đạo hàm thường với điều kiện ban đầu (2) được giải bằng phương pháp O-le hoặc Runge –Kutta bậc 4.

Thiết lập file đầu vào: gồm các thông số thiết kế hồ chứa như lưu lượng vào hồ, q xả qua tuorbin, chế độ xả, quan hệ V-Z hồ, các mực nước đặc trưng của hồ chứa, tham số thủy lực của cửa xả đáy và mặt.

2.3. Mô đun diễn toán lũ

Mạng sông có độ dốc lớn không chịu ảnh hưởng của thủy triều, do đó nước chuyển động chủ yếu dưới tác động của trọng lực và phương trình biểu diễn đường cong thể tích đoạn sông. Số liệu thiếu, không có mặt cắt, do đó, tác giả đã lựa chọn mô hình Muskingum.

Nhược điểm của mô hình là không sử dụng được khi quá trình biến thiên mạnh.

Cơ sở toán học của mô hình Muskingum:

Phương pháp này được McCarthy đề xuất năm 1939. Phương pháp này tuy đơn giản nhưng rất hiệu quả trong trường hợp số liệu địa hình không đầy đủ. Vì vậy, hiện nay phương pháp Muskingum vẫn được nhiều tác giả phát triển và sử dụng.

Phương trình cơ bản của phương pháp Muskingum có dạng:

$$\frac{[V(t)-V(t-\Delta t)]}{\Delta t} = \frac{[I(t)-O(t)+I(t-\Delta t)-O(t-\Delta t)]}{2} + QL \quad (3)$$

Phương pháp Muskingum giả thiết rằng các đại lượng trong phương trình (3) có liên quan với nhau qua đẳng thức:

$$V(t) = K[XI(t) + (1-X)O(t)], \quad (4)$$

với K, X là các hệ số kinh nghiệm cho từng đoạn sông. K có thứ nguyên là thời gian, tương ứng với thời gian truyền lũ trong đoạn sông; X là tham số không thứ nguyên, phụ thuộc vào hình dạng của dung tích hình nêm đã mô hình hóa. Giá trị thay đổi từ 0 đối với dung tích kiểu hồ chứa, đến 0.5 đối với dung tích hình nêm đầy.

Thay V(t) trong phương trình (4) vào phương trình (3) ta thu được đẳng thức

$$K \cdot X \frac{[I(t) - I(t-\Delta t)]}{\Delta t} + K(1-X) \frac{[O(t) - O(t-\Delta t)]}{\Delta t} = \frac{[I(t) + I(t-\Delta t)]}{2} - \frac{[O(t) + O(t-\Delta t)]}{2} + QL$$

Từ đẳng thức này ta thu được đẳng thức

$$[\Delta t + 2K - 2K \cdot X]O(t) = [2K - 2K \cdot X - \Delta t]O(t-\Delta t) + [\Delta t - 2K \cdot X]I(t) + [\Delta t + 2K \cdot X]I(t-\Delta t) + QL \cdot 2\Delta t$$

Như vậy, lưu lượng chảy ra ngoài đoạn sông Q(t) trong phương pháp Muskingum được tính theo công thức:

$$O(t) = c_1 I(t-\Delta t) + c_2 I(t) + c_3 O(t-\Delta t) + c_4 QL \quad (5)$$

Các hệ số c_1 , c_2 , và c_3 được tính theo công thức:

$$c_1 = \frac{\Delta t - KX}{\Delta t + K - KX}$$

$$c_2 = \frac{\Delta t - KX}{\Delta t + K - KX}$$

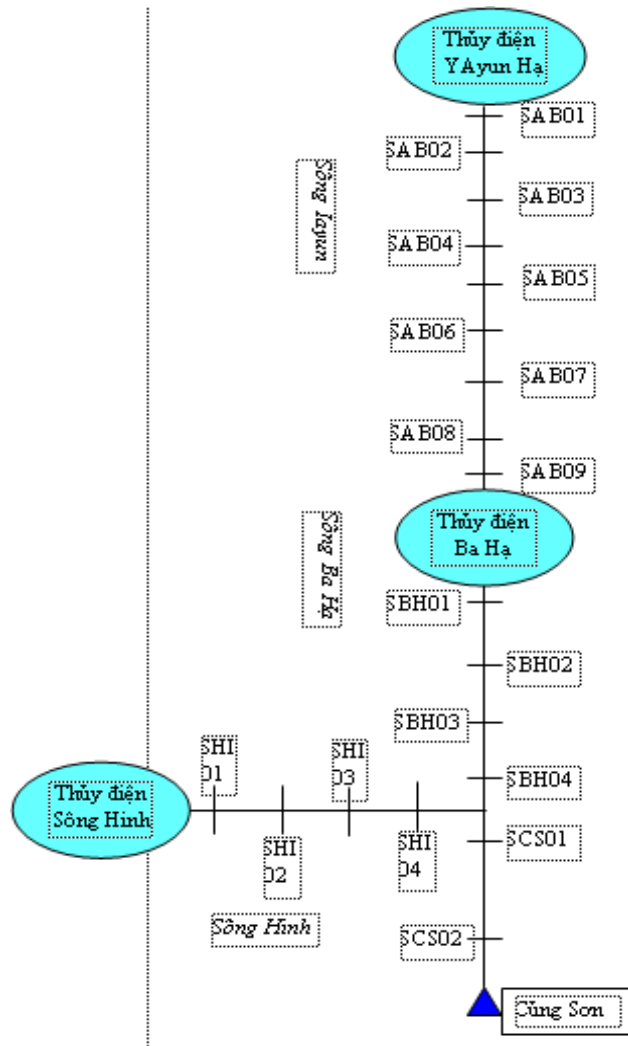
$$c_3 = \frac{2K - \Delta t - KX}{\Delta t + K - KX}$$

$$c_4 = \frac{2\Delta t}{\Delta t + K - KX}$$

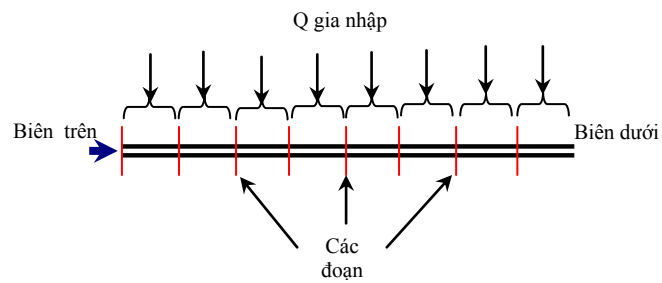
Tính toán lưu lượng chảy ra ngoài một đoạn sông theo phương pháp Muskingum đơn giản hơn tính toán trong mô hình sóng động học. Trong phương pháp Muskingum ta chỉ cần xác định 2 hệ số kinh nghiệm K và X cho đoạn sông và tính lưu lượng chảy ra Q(t) theo công thức (5).

Toàn bộ nhánh chính đoạn sông từ Ayun Hạ về đến Củng Sơn được mô hình hóa trong mô hình Muskingum là một dòng sông. Mô hình thủy lực Muskingum có vai trò dẫn nước và thu gom lượng nước gia nhập khu giữa trên suốt đoạn đường từ thượng lưu về hạ lưu (theo sơ đồ tính toán). Toàn bộ phần lưu lượng phụ gia nhập khu giữa của Muskingum do mô hình thủy văn MARINE diễn toán từ mưa trên toàn lưu vực và xuất ra sông.

Trong diễn toán hồ, sóng động học không đòi hỏi số liệu địa hình chi tiết. Thông số mô hình K, X và hệ số nhập lưu khu giữa cũng như quá trình lượng nhập khu giữa của từng đoạn sông được hiệu chỉnh, xác định cho một số con lũ lớn. Các năm điển hình đã lựa chọn tính toán được hiệu chỉnh để xác định lượng nhập khu giữa k và quá trình của lượng nhập khu giữa riêng rẽ. Các thông số này được giữ nguyên trong quá trình điều tiết cắt lũ sau này.



Hình 4. Sơ đồ tính toán thủy lực.



Hình 5. Mô hình hóa sông Ba trong Muskingum.

3. Kết quả áp dụng bộ mô hình vào mô phỏng kiểm tra quy trình vận hành hệ thống liên hồ lưu vực sông Ba

3.1. Mô phỏng kiểm tra mô hình thủy văn

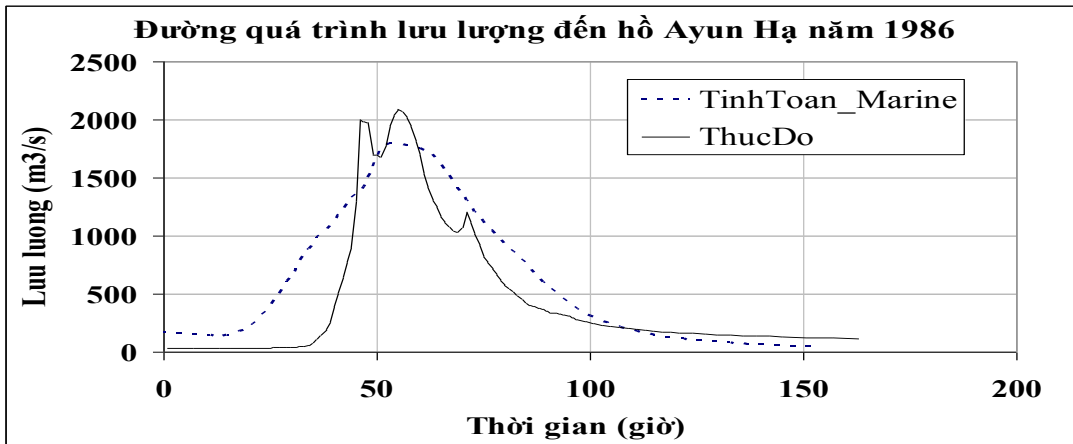
Hiệu chỉnh mô hình bằng số liệu của trận lũ năm 1986:

Lũ 1986 là lũ lớn có lưu lượng đỉnh lũ tại Củng Sơn đạt $9200\text{m}^3/\text{s}$. Tuy trận lũ này không lớn như trận lũ 1993 nhưng đã gây ngập nặng cho thành phố Tuy Hòa. Mưa to xảy ra trên

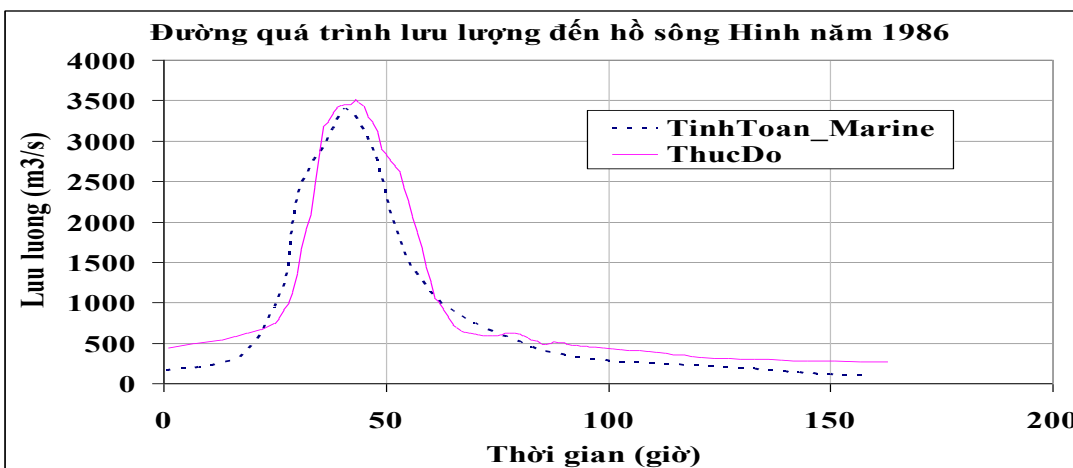
diện rộng gây lũ lớn trên nhánh Ia Ba và nhánh Ayunpa, mực nước trên tại Pomorê vượt báo động 3 là 99cm. Mực nước tại trạm Ayunpa vượt báo động 3 là 142cm, tuy nhiên tại An Khê lũ nhỏ hơn báo động 1. Mực nước tại Phú Lâm vượt báo động 3 là 94 cm.

Số liệu đầu vào là số liệu mưa ngày năm 1986, số liệu mực nước trạm Củng Sơn

Kết quả tính toán hiệu chỉnh tương đối tốt, đã tìm ra bộ thông số tốt để tính toán cho các trận lũ khác nhau. Bộ thông số mô hình sẽ được kiểm chứng cho trận lũ cụ thể ở phần sau.



Hình 6. Đường quá trình lưu lượng đến hồ Ayun Hạ năm 1986.



Hình 7. Đường quá trình lưu lượng đến hồ sông Hinh năm 1986.

Kiểm định mô hình cho trận lũ năm 1988:

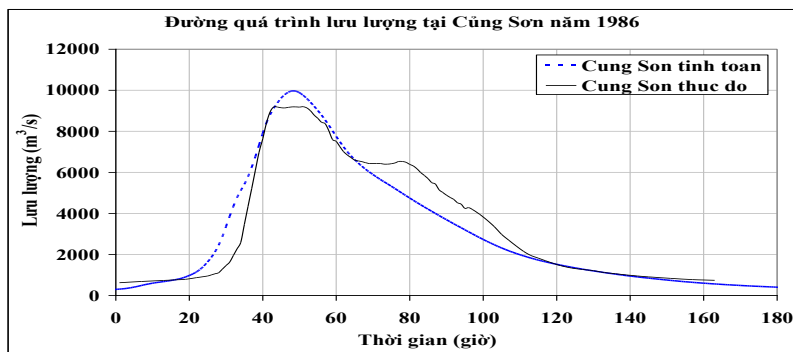
Lũ 1988 là lũ lớn có lưu lượng đỉnh lũ tại Cung Sơn đạt 10500m³/s. Mưa rất to ở hạ lưu, mưa phần thượng, sông Hinh và hạ lưu của khu giữa kết hợp với mưa trên diện rộng gây lũ lớn ở hạ du, mực nước ở trạm Ayunpa vượt báo động 3 là 74 cm, tại Pơ Mơ Rê chỉ vượt báo động 1 là 20cm. Mực nước tại Phú Lâm vượt báo động 3 là 69 cm

Với bộ tham số của mô hình đã thu được áp dụng để chạy kiểm định lũ 1988 đạt được kết quả tương đối tốt

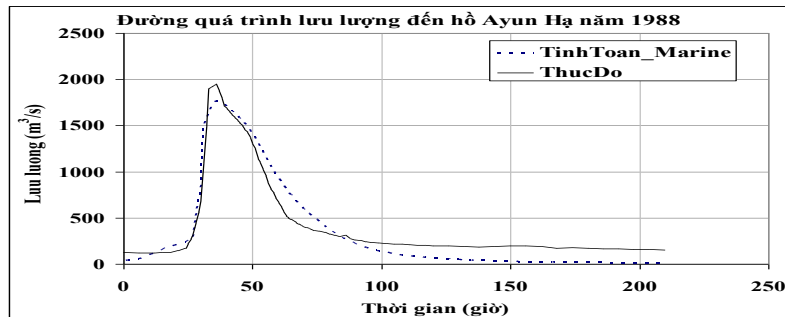
3.2. Kích bản điều tiết liên hồ

Nguyên tắc vận hành các hồ trong thời kỳ lũ

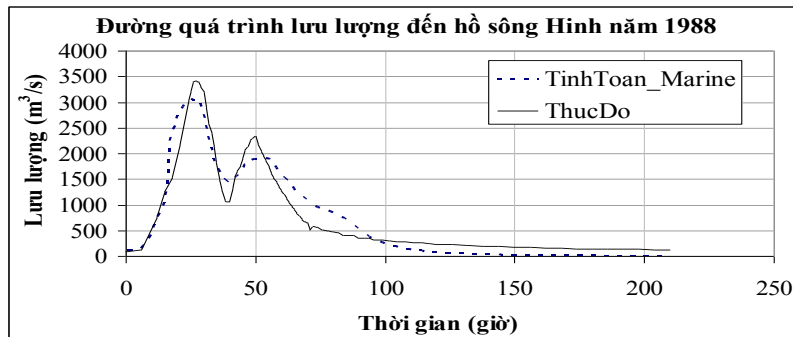
Cao trình mực nước các hồ trong thời kỳ lũ chính vụ không được vượt quá quy định trong bảng 1.



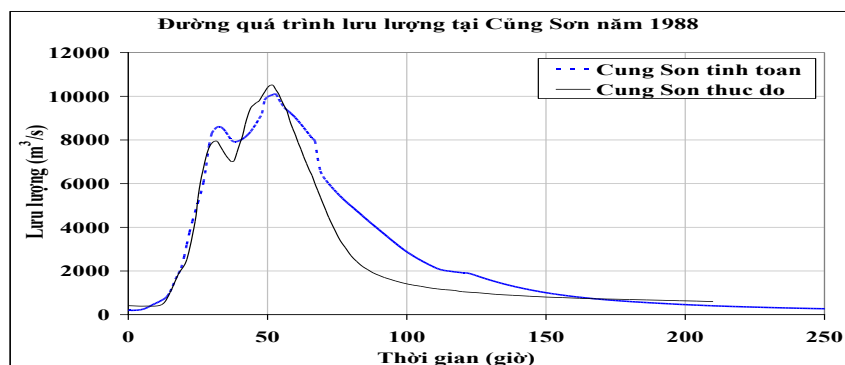
Hình 8. Đường quá trình lưu lượng tại Cung Sơn năm 1986.



Hình 9. Đường quá trình lưu lượng đến hồ Ayun Hạ năm 1988.



Hình 10. Đường quá trình lưu lượng đến hồ sông Hinh năm 1988.



Hình 11. Đường quá trình lưu lượng tại Củng Sơn năm 1988.

Trong quá trình vận hành các hồ, cần theo dõi cập nhật các thông tin cảnh báo lũ, lưu lượng mực nước thực đo tại các tuyến công

trình và các trạm khống chế để điều chỉnh quá trình xả, cắt lũ cho phù hợp với thực tế.

Bảng 1. Cao trình mực nước khống chế ở các hồ trong mùa lũ

Tên hồ	Krong H'Năng	Ka Nak	Ayun hạ	Sông Hình	Sông Ba Hạ
Mực nước (m)	255	515	204,0	209,0	105,0

Quá trình vận hành các hồ chứa giảm lũ cho hạ du phải tuân thủ theo các quy định và trình tự đóng mở cửa van các công trình xả đã được các cấp có thẩm quyền ban hành.

Quy định về chế độ vận hành giảm lũ cho hạ du

Cao trình mực nước đón lũ của các hồ được quy định ở bảng 2.

Bảng 2. Cao trình mực nước đón lũ của các hồ

Tên hồ	Krong H'Năng	Ka Nak	Ayun hạ	Sông Hình	Sông Ba Hạ
Mực nước (m)	252,5	513,0	203,0	207,0	103,0

Cắt giảm lũ cho hạ du

Bảng 3. Ngưỡng cắt lũ cho 3 hồ

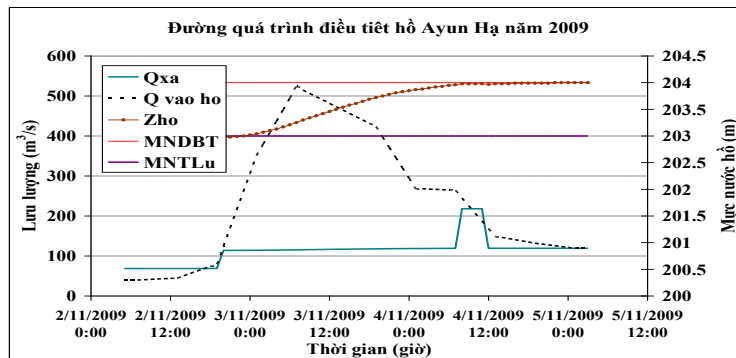
TT	Dạng lũ	Hồ Ba hạ		Hồ Sông Hình		Hồ KrongH' năng	
		Qđỉnh (m ³ /s)	Qcắt lũ Qđỉnh (%)	Q đỉnh (m ³ /s)	Qcắt lũ Qđỉnh (%)	Q đỉnh (m ³ /s)	Qcắt lũ Qđỉnh (%)
1	P≤5%	17500	80-85	3700	48-50	4942	36-40
2	P=10%	14000	75-80	2970	35-40	3950	35-40
3	P≥20%	8500	75-80	3410	35-40	4500	32-35

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 Qcắt lũ (quy định ở bảng 3) thì chuyển sang điều tiết cắt lũ.

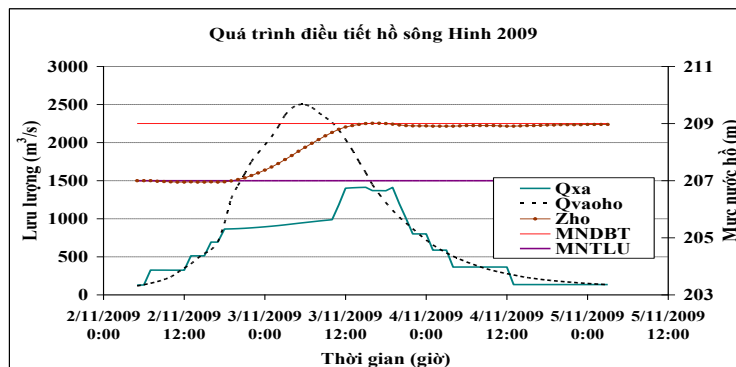
Cắt lũ bằng cách xả một lưu lượng bằng lưu lượng xả cuối cùng của bước 1. Tích nước đến MNDBT.

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.

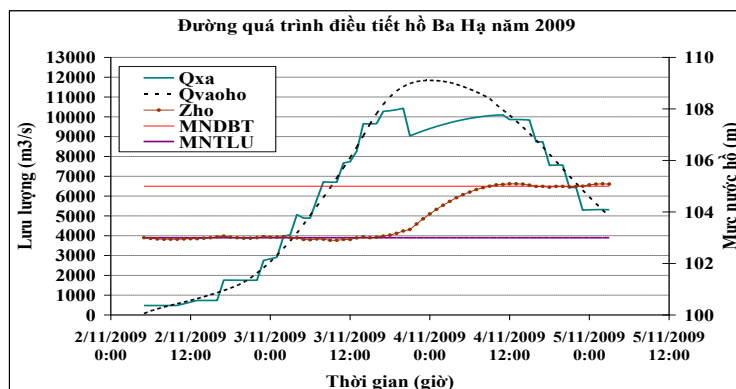
Khi đã mở hết cửa xả mà lũ vẫn lên thì vận hành an toàn hồ, sử dụng dung tích ở phần trên và báo cáo cơ quan có trách nhiệm. Dưới đây là một số kết quả điều tiết liên hồ.



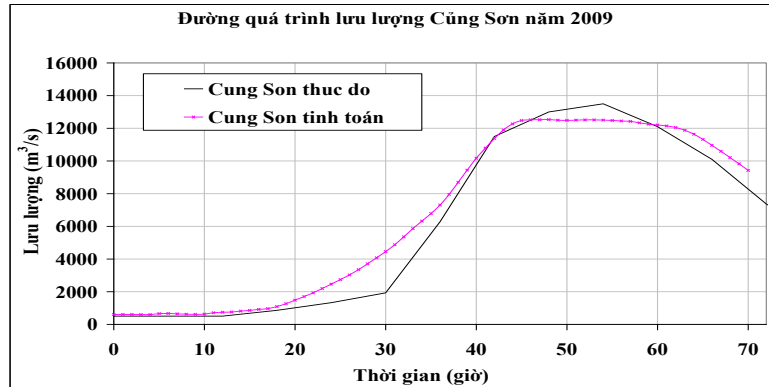
Hình 12. Đường quá trình điều tiết hồ Ayun Hạ năm 2009.



Hình 13. Đường quá trình điều tiết hồ sông Hinh năm 2009.



Hình 14. Đường quá trình điều tiết hồ Ba Hạ năm 2009.



Hình 15. Đường quá trình lưu lượng Củng Sơn năm 2009.

4. Thảo luận và kết luận

Bài báo đã tổng quan ba cách tiếp cận chính thường được sử dụng trong thiết lập quy trình vận hành cho hệ thống hồ chứa. Từ đó rút ra nhận xét là trong đa số các bài toán áp dụng cụ thể thì vai trò của mô hình mô phỏng là hết sức quan trọng và cần thiết. Từ đó, bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu áp dụng mô hình mô phỏng điều tiết hệ thống hồ chứa vào hệ thống 3 hồ chứa hiện hành lưu vực sông Ba. Ba hồ này đã vận hành tính đến thời điểm 2009. Năm 2010 thực tế có 4 hồ đang vận hành, và trong năm 2011 sẽ là 5 hồ. Kết quả điều tiết và diễn toán lũ xuống đến Củng Sơn của quy trình liên hồ so với đơn hồ là khá tốt, chứng tỏ được hiệu quả cắt giảm lũ của quy trình liên hồ mới. Các kết quả tính toán trong nghiên cứu đã chứng tỏ được khả năng ứng dụng của công cụ tích hợp mà tác giả đã xây dựng. Công cụ này không chỉ sử dụng cho hệ thống liên hồ chứa trên sông Ba mà có thể áp dụng cho hệ thống các hồ chứa khác.

Lời cảm ơn

Nội dung bài báo này là một phần kết quả của đề tài KC 08.30/06-10 do Bộ Khoa học và Công nghệ tài trợ. Tác giả xin cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Yeh, W. W.-G., Reservoir management and operation models: A state-of-the-art review, *Water Resour. Res.*, 21(12), (1985) 1797.
- [2] R. Oliveira, D. P. Loucks, Operating Rules for Multireservoir Systems. *Water Resour. Res.* 33(4), (1997) 839.
- [3] K. Simonovic, H.D. Venema, D.H. Burn, Risk-Based Parameter Selection for Short Term Reservoir Operation". *J. Hydrol.* 131 (1992) 269.
- [4] R. A. Wurbs, Reservoir-system simulation and optimization models, *J. Water Resour. Planning and Management*, 119(4), (1993) 455.
- [5] J.W. Labadie, Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-of-the-Art Review. *J. Water Resour. Plann. Manage.* 2 (2004) 93.
- [6] Nguyễn Tiến Cường, Marie Madeleine Maubourguet, Thử nghiệm mô hình thủy văn cho lưu vực sông Đà, phần thuộc lãnh thổ Việt Nam, *Tuyển tập báo cáo hội nghị cơ học toàn quốc* 2004, T2.
- [7] Nguyễn Tiến Cường, Ngô Huy Cận. "Đánh giá ảnh hưởng của các tham số trong phần mềm thủy văn tham số phân bố Marine". *Tuyển tập công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2008*, tr.19-26, Tp. Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận, tháng 7-2008.
- [8] Dự án quốc tế FLOCODS, Hệ thống hỗ trợ ra quyết định nhằm kiểm soát lũ lụt đảm bảo phát triển bền vững môi trường sinh thái châu thổ sông Hồng-Trung Quốc, Việt Nam.

A set up of simulation models used for construction of operation policies for the hydro-plants systems in Ba watershed

Duong Thi Thanh Huong¹, Nguyen Tien Giang²

¹*Institute of Mechanics, Vietnamese Academy of Science and Technology, 264 Doi Can, Ba Dinh, Hanoi*

²*Hanoi University of Science, VNU, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Hydro-plant systems located in Central Vietnam have been increased remarkably in recent decades. The construction of flood control operation policies for these reservoir systems, therefore, is an agent task. Simulation and optimisation are two main tools to handle this problem scientifically and appropriately. This paper overviews methods, approaches used in building operation policies for multi-purpose reservoir systems in flood seasons. Through these, it is concluded that in most of cases, simulation model is very necessary. Next, the paper presents the set up of a simulation model and its application to simulate the operation policies, which were resulted from a state-level project. The outcomes indicate the efficiency of the model to simulation of operation policies of three existing reservoirs in the Ba watershed.

Từ khóa: Ba watershed, reservoir system operation, simulation.