

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ

MÔ PHỎNG THỦY LỰC MỘT CHIỀU TRONG TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỒ CHỨA

TS. Nguyễn Văn Hạnh, KS. Nguyễn Đức Diện
Viện Khoa học Thủy lợi

*B*ài báo trình bày về phương pháp mô phỏng hồ chứa và các công trình thủy lực, tính toán khả năng ảnh hưởng tới hạ lưu của hồ chứa bằng mô hình thủy lực một chiều. Phương pháp này có thể ứng dụng hữu ích trong các lĩnh vực như: tính toán thiết kế hồ chứa đa mục tiêu, tính toán điều tiết lũ thiết kế, tính toán trợ giúp vận hành hồ chứa theo thời gian thực, tính toán trợ giúp lập quy trình vận hành, tính toán sự cố vỡ đập v.v.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, với sự tăng trưởng đáng kể của các ngành kinh tế quốc dân dẫn đến các yêu cầu cấp thiết phải xây dựng cơ sở hạ tầng phục vụ sản xuất. Hồ chứa là một điển hình. Tính đến năm 2004 cả nước hiện có hơn 4000 hồ chứa và đập dâng, trong đó có khoảng 750 hồ chứa vừa và lớn, có dung tích trên 1 triệu m³ hoặc đập cao hơn 10m; 72 hồ chứa có dung tích trên 10 triệu m³, còn lại chủ yếu là các hồ nhỏ với số lượng trên 3000 hồ. Trong đó, hồ có nguồn gốc tự nhiên chiếm khoảng 5,17%, hồ nhân tạo khoảng 94,83% [1].

Từ những yêu cầu tính toán phục vụ công tác thiết kế và quản lý, khai thác, vận hành hồ chứa, đã có nhiều nghiên cứu khoa học được thực hiện trong đó vấn đề an toàn hồ chứa được đặt lên hàng đầu. Đã có một vài mô hình toán

được thành lập nhằm đáp ứng yêu cầu của thực tế nhưng nhìn chung việc áp dụng vào từng bài toán cụ thể vẫn gặp những khó khăn nhất định, chẳng hạn khi cần mô phỏng thủy lực cho những đoạn sông hạ lưu hoặc khi cần tính toán ảnh hưởng hay khả năng phòng lũ cho hạ lưu thì bản thân những mô hình này chưa thể thực hiện được. Khi đó, thông thường người ta cần ghép nối với một mô hình thủy lực nhưng xem ra cách làm này khá phức tạp và đôi khi không thể thực hiện được nếu khối lượng tính toán các phương án lớn. Đối với các hồ chứa làm nhiệm vụ phát điện và cấp nước tưới, công tác tính toán phục vụ thiết kế các công trình cũng đã gặp phải những khó khăn nhất định.

Phương pháp mô phỏng thủy lực một chiều trình bày dưới đây nhằm đi tìm lời giải tổng quát. Với kỳ vọng là có thể phát triển để ứng dụng cho các

trường hợp tính toán khác nhau.

Mô hình MIKE 11 là một môi trường thuận lợi để thực hiện và triển khai những ý tưởng nghiên cứu. Có thể, trong thực tế còn có những mô hình khác có thể đáp ứng được yêu cầu tính toán. Nhưng những kết quả áp dụng thử nghiệm dưới đây chủ yếu thực hiện bằng MIKE 11.

2. Nội dung nghiên cứu

Phần này chủ yếu trình bày các nghiên cứu lý thuyết và những cơ sở, luận cứ khoa học để phát triển mô hình vào ứng dụng thực tế. Các vấn đề nghiên cứu được phát triển từ lý thuyết cơ sở, sau đó đề ra các giải pháp cụ thể cho từng đối tượng nghiên cứu.

a. Mô hình thủy lực cho mạng sông tổng quát

Về lý thuyết, mô hình thủy lực đã quá quen thuộc với nhiều người vì cơ sở là hệ phương trình Saint - Venant viết cho dòng không ổn định một chiều. Được mô tả qua 2 phương trình:

+ Phương trình liên tục

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

+ Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng (m³/s)

A: Diện tích mặt cắt ướt (m²)

x: Chiều dài dọc theo dòng chảy (m)

t: Thời gian (s)

g: Gia tốc trọng trường (m/s²)

h: Cao trình mặt nước (m)

q: Lưu lượng gia nhập bên (m²/s)

C: Hệ số Chezy

R: Bán kính thủy lực (m)

α : Hệ số phân bố động lượng

Hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Có thể nói, các cách giải khác nhau là cơ sở chính của các mô hình thủy lực khác nhau.

Tài liệu yêu cầu cho mô hình thủy lực tương đối phức tạp mà tâm điểm và quyết định mức độ chính xác là tài liệu địa hình thể hiện bằng mặt cắt ngang sông. Tất nhiên, công tác hiệu chỉnh mô hình cũng là một công đoạn cần thiết. Tài liệu đo đạc thủy văn chính xác cộng với kinh nghiệm hiệu chỉnh có thể cũng là một yếu tố quan trọng góp phần làm tăng độ chuẩn xác của mô hình.

b. Mô hình công trình

Về chế độ vận hành, công trình trên sông hoặc trên hồ chứa có thể được phân làm 2 loại: Công trình không có cửa van và công trình điều khiển.

Công trình chảy tự do là công trình không cần có sự can thiệp của con người đối với chế độ thủy lực. Chỉ cần đạt đủ các điều kiện cho phép là công trình có thể hoạt động chẳng hạn như

mức nước vượt quá cao trình đáy. Loại công trình này thường thấy trong các hồ chứa không có nhiệm vụ phòng lũ như đập tràn chảy tự do. Lưu lượng qua công trình là một hàm của mức nước $Q = f(H)$. Ngược lại, công trình điều khiển là những công trình vận hành theo chế độ điều khiển cửa van. Lưu lượng qua công trình có thể điều khiển được tùy thuộc vào chế độ đóng/mở hoàn toàn hay đóng/mở một phần cửa van. Khi đó, lưu lượng qua công trình là một hàm của mức nước và độ mở cửa van $Q = f(H, a)$. Cả hai loại công trình trên nếu phân theo chế độ thủy lực thì bao gồm cả chế độ chảy ngập và chảy tự do. Nếu là chảy tự do thì chỉ phụ thuộc vào mức nước thượng lưu, còn khi chảy ngập thì phụ thuộc cả vào mức nước thượng và hạ lưu công trình.

Mô hình công trình được mô tả tùy thuộc vào công trình là loại nào (đập

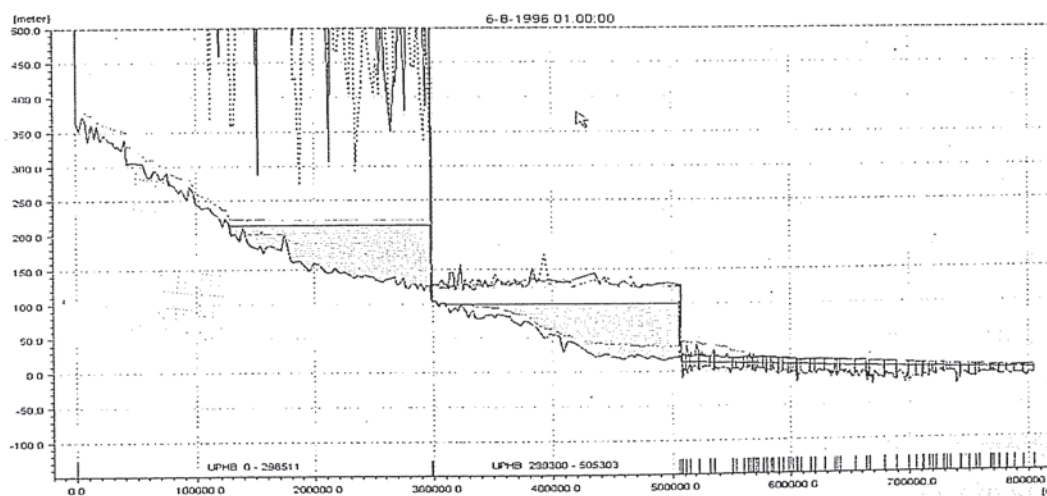
tràn thực dụng, đỉnh rộng, cống tháo sâu...). Nhưng một cách đơn giản để mô hình hóa công trình là sử dụng quan hệ $Q = f(H)$ đã được thành lập sẵn.

Có thể, trong trường hợp thiết kế công trình, cần chọn các yếu tố đặc trưng công trình như kích thước, vị trí và thậm chí lập các quan hệ lưu lượng - mức nước để tiện sử dụng sau này. Nói chung mô hình thủy lực, tổng quát có thể giải quyết được các yêu cầu này.

c. Mô hình hồ chứa

Trong mô hình thủy lực 1 chiều, có 2 cách để mô phỏng hồ chứa.

+ Coi hồ chứa như 1 đoạn sông: Đoạn sông mô phỏng được biểu diễn bằng các mặt cắt ngang. Quan hệ lưu lượng và mức nước có thể được đảm bảo nếu số liệu đo đạc địa hình đảm bảo độ chính xác.



Hình 1. Mô phỏng hồ chứa là một đoạn sông

Lợi ích của phương pháp này là mô phỏng hồ chứa theo một cách tổng quát, chế độ thủy lực dọc theo hồ chứa đều được tính toán và có thể kết xuất kết quả để phục vụ các mục tiêu tính toán khác nhau.

Mặt khác, theo phương pháp mô phỏng này, có thể biểu diễn được hệ thống hồ chứa bậc thang.

Tuy nhiên, mặt hạn chế là yêu cầu số liệu địa hình tương đối chi tiết nên việc tính toán gặp nhiều khó khăn. Đôi khi kết quả tính toán gặp phải sai số do tài liệu địa hình không đủ độ chính xác.

+ Coi hồ chứa như một ô chứa

Cơ sở của phương pháp này là tìm cách mô phỏng hồ chứa như một khu trữ nước, không tính toán phân tích chế độ thủy lực mà chỉ tính toán dựa vào quan hệ dung tích - mực nước ($W = f(H)$). Cách mô phỏng này sẽ đơn giản đi rất nhiều vì tài liệu địa hình lòng hồ đã được đo đạc khi thực hiện khảo sát trước khi thiết kế, xây dựng hồ chứa. Mặt khác, quan hệ địa hình tuy có sai số nhưng so về tỷ lệ dung tích thực thì lại không đáng kể.

Điểm lợi thế khác là quan hệ này rất dễ thu thập vì trong tất cả các tài liệu thiết kế hồ chứa đều không thể bỏ qua.

Điểm hạn chế của phương pháp mô phỏng này là không tính toán được diễn biến thủy lực dọc theo dòng chảy nên kết quả chiết xuất chỉ là mực nước hồ.

Phương pháp này cũng có thể mô tả được hệ thống hồ chứa bậc thang, với điều kiện phải có số liệu địa hình đoạn sông nối giữa 2 hồ chứa. Tuy nhiên kết quả sẽ kém chính xác nếu hồ chứa dạng sông có chiều dài lớn.

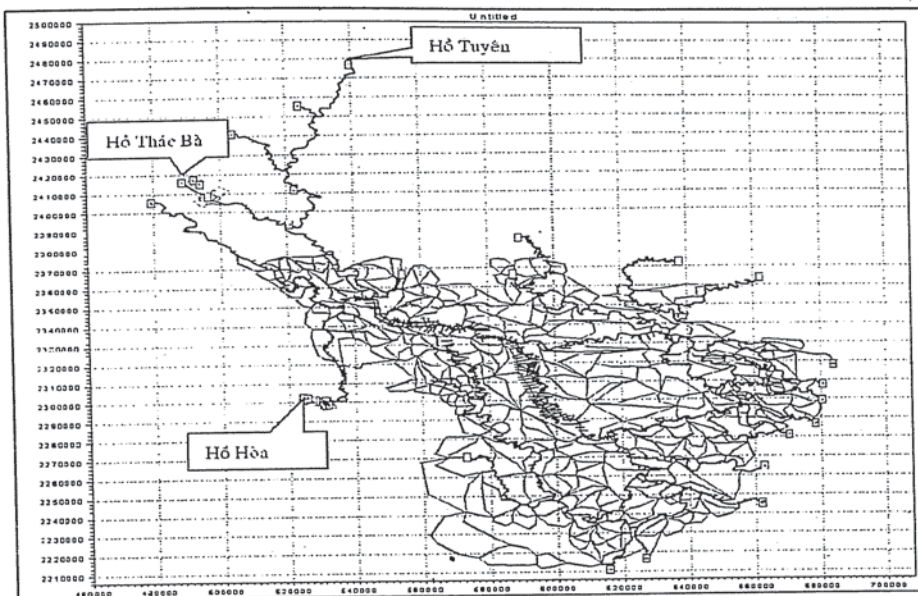
3. Một vài kết quả thực tế

Dựa trên cơ sở lý thuyết đã phân tích, chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình hồ chứa cho một loạt các hồ trên thượng lưu hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình. Kết hợp với mô hình thủy lực mạng sông hạ lưu làm thành một mô hình liên hoàn và có thể phát triển để phục vụ các yêu cầu tính toán khác nhau. Cho đến nay, hệ thống mô hình này đã được sử dụng để tính toán cho các công trình khoa học như:

Nghiên cứu lũ và lũ do vỡ đập trên hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình (thuộc dự án DANIDA do chính phủ Đan Mạch tài trợ), sử dụng vào tính toán Dự báo lũ và tư vấn vận hành hồ Hòa Bình chống lũ hàng năm, tính toán các phương án lũ để xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đà và sông Lô đảm bảo an toàn hạ lưu, công trình và phát triển kinh tế đồng bằng Bắc Bộ.... và một số dự án, đề tài nghiên cứu khác.

Với công cụ hiện có, việc phát triển để có thể đáp ứng các yêu cầu khác nhau là kỳ vọng của các tác giả và thực tế có tính khả thi cao.

Dưới đây, tác giả xin trình bày một số kết quả đã thực hiện được.



Hình 2. Sơ đồ mạng sông và hệ thống hồ chứa trên đồng bằng Bắc Bộ

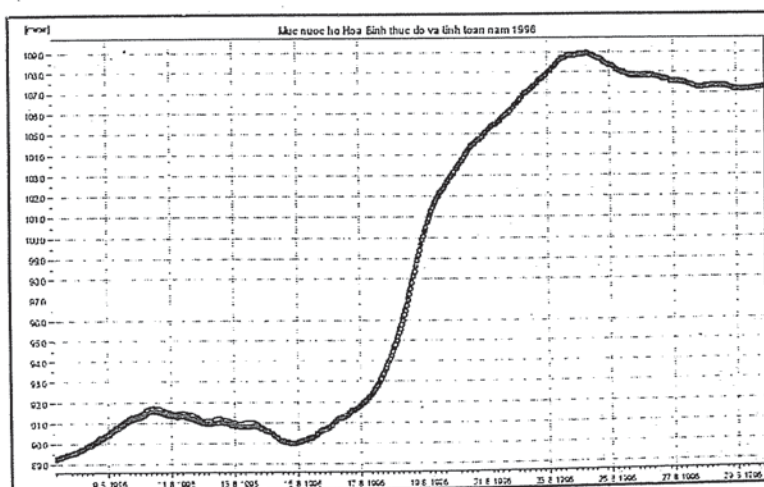
a. Hồ Hòa Bình

Hồ Hòa Bình được mô phỏng bằng cả 2 phương pháp: Hồ là sông và hồ là hồ. Cho đến nay, mô hình hồ là sông chưa được vận dụng tính toán nhiều vì trong những bài toán hiện tại chưa cần sử dụng. Mô hình hồ là hồ được sử dụng nhiều hơn.

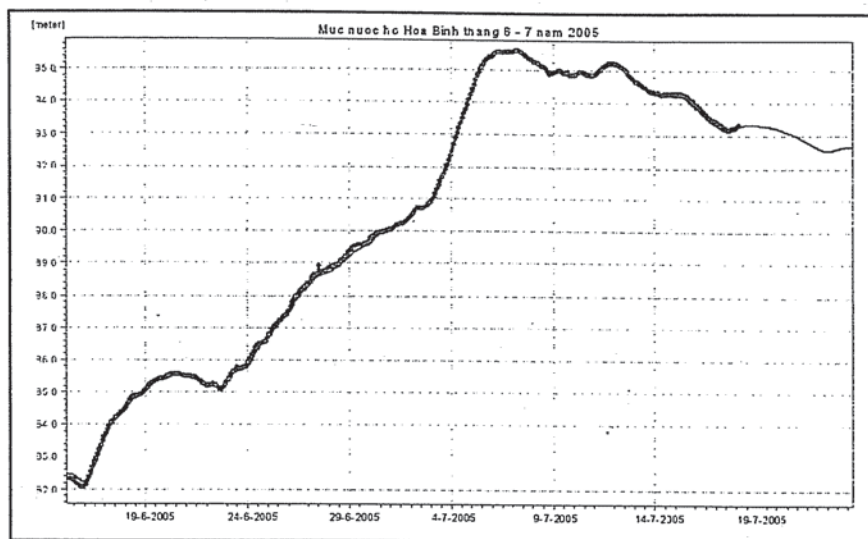
Dựa vào quan hệ $F = f(H)$ (F là diện

tích mặt nước), chúng tôi đã mô phỏng hồ Hòa Bình như 1 ô chứa. Ô chứa này được liên kết và chuyển tải nước xuống đoạn sông hạ lưu bằng các công trình khác như: thủy điện, cửa xả lũ (xả đáy và xả mặt).

Mô hình này đã được kiểm tra với số liệu lũ năm 1996, áp dụng tính toán vào mùa lũ năm 2005. Kết quả mô phỏng như trong hình 3, hình 4.



Hình 3. Mức nước hồ Hòa Bình thực đo và mô phỏng 1996



Hình 4. Mức nước hồ Hòa Bình thực đo và tính toán trong mô hình dự báo lũ năm 2005

b. Nhà máy thủy điện

Thủy điện Hòa Bình bao gồm 8 tổ máy, chế độ hoạt động rất phức tạp do đó nếu mô phỏng theo đường đặc tính Turbin rất phức tạp. Trong vận hành thực rất khó tính toán được. Trong mô hình này chúng tôi lựa chọn phương pháp mô phỏng thủy điện như một công trình lưu lượng, trong đó lưu lượng qua công trình xem như đã biết.

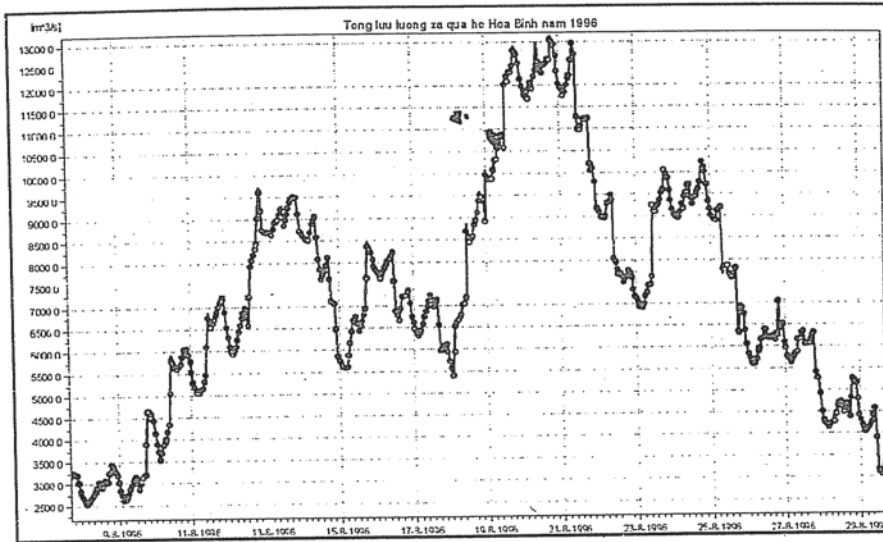
c. Cửa xả lũ

Hồ Hòa Bình có 12 cửa xả đáy và 8 cửa xả mặt có chế độ đặc tính công trình và chế độ vận hành khác nhau nên cần được mô phỏng riêng rẽ.

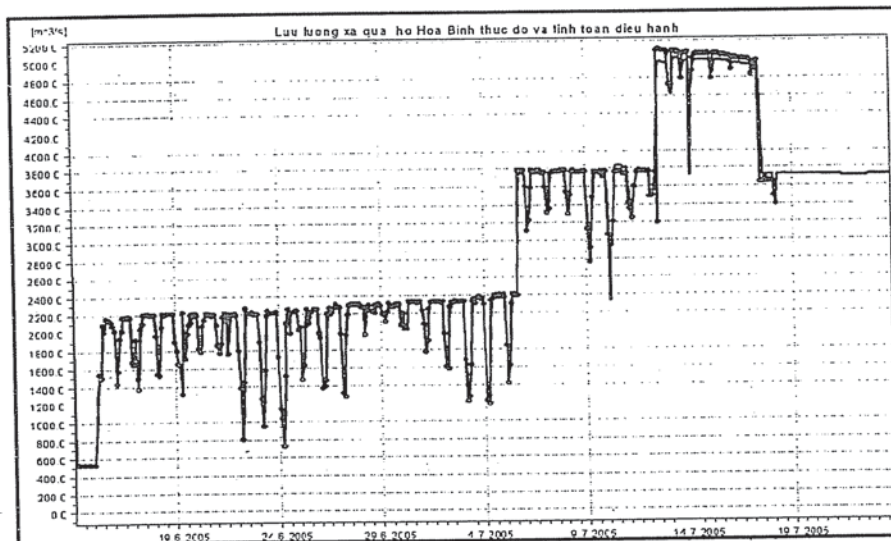
+ Cửa xả mặt có van hình cung có thể mở theo các nấc khác nhau. Thực tế đây cũng là một bài toán khó với nhiều mô hình thủy lực. Trong MIKE 11 đã hỗ trợ nên việc mô phỏng rất dễ dàng

và có thể mô tả đầy đủ các thông số công trình.

+ Cửa xả đáy có van phẳng: Thực chất về chế độ thủy lực đây là các cống tháo sâu có van vì vậy chế độ vận hành chỉ bao gồm 2 trạng thái đóng/mở. Với cao trình đáy là +56m, kích thước 6x10m, hệ số co hẹp có thể sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Với giá trị của hệ số co hẹp bằng 0,85 mô hình đạt tới độ chính xác cần thiết. Tuy nhiên, cũng cần quan tâm hiệu chỉnh tới hệ số tổn thất cột nước.



Hình 5. Lưu lượng xả qua hồ Hòa Bình thực đo và tính toán trong mô hình hiệu chỉnh năm



Hình 6. Lưu lượng xả qua hồ Hòa Bình thực đo và tính toán trong mô hình dự báo lũ năm 2005

4. Nhận xét

Những nghiên cứu lý thuyết và cụ thể hóa bằng quá trình áp dụng thực tế, tác giả đã thu được một số kinh nghiệm hữu ích mong muốn chia sẻ cùng bạn

đọc:

+ Nghiên cứu mô phỏng hồ chứa và các công trình thủy lực trên hồ chứa bằng phương pháp mô phỏng thủy lực là một hướng mới phù hợp với điều

kiện khoa học công nghệ và thực tiễn hiện nay. Thực tế cho thấy đây là một phương pháp có tính khả thi trong công tác tính toán thiết kế và vận hành hồ chứa. Phương pháp này có tính mềm dẻo do vậy có thể phát triển tương đối dễ dàng để phục vụ cho các yêu cầu tính toán khác nhau.

+ Về mô hình hồ chứa, tuy có thể mô phỏng bằng cả 2 cách nhưng thực tế tính toán cho thấy mô hình coi hồ là sông chưa đạt được những kết quả chính xác cần thiết. Nguyên nhân có thể là do tài liệu đo đạc địa hình chưa thật sự chính xác. Do đó, trong điều kiện cần thiết phải xây dựng mô hình dạng này thì nên thu thập các số liệu địa hình tin cậy và thật sự chuẩn xác. Trong khi đó, mô hình coi hồ là ô chứa mô phỏng đơn giản hơn mà mức độ chính xác lại khá cao. Do vậy nếu không cần thiết phải tính toán quá trình

thủy lực trên hồ chứa hoặc khi là hồ chứa đơn lẻ nên áp dụng phương pháp này.

+ Về công trình thủy lực: Trong mô hình thủy lực, dù có cố gắng đến đâu cũng không thể mô tả hết các dạng công trình của thực tế. Tuy nhiên, trong MIKE 11 cho phép mô tả công trình theo dạng công trình lưu lượng nhưng có xét đến quan hệ $Q = f(H)$. Mô phỏng công trình ngoài thực tế nhưng mô hình không tích hợp thì nên lựa chọn theo cách mô phỏng là công trình lưu lượng và biểu diễn bằng quan hệ $Q = f(H)$.

Tuy đã rất cố gắng nhưng tác giả cũng không tránh khỏi những sai sót. Mong nhận được những đóng góp xây dựng của các chuyên gia cùng toàn thể bạn đọc.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo đề tài *Nghiên cứu công nghệ cảnh báo, dự báo lũ và tính toán lũ vượt thiết kế ở các hồ chứa vừa và nhỏ - giải pháp tràn sự cố*. Chủ nhiệm PGS.TS. Phạm Ngọc Quý - Trường Đại học Thủy lợi.
2. Tài liệu kỹ thuật và Hướng dẫn sử dụng mô hình MIKE 11. Viện Thủy động lực Đan Mạch (DHI).
3. Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Ngọc Bách, Nguyễn Đức Diện. *Những kết quả ban đầu trong việc xây dựng mô hình Dự báo lũ cho hệ thống sông Hồng – sông Thái Bình*. Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2004.
4. Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Ngọc Bách, Nguyễn Đức Diện. *Mô hình lũ tràn đồng Bằng sông Hồng - sông Thái Bình*. Kết quả thực hiện Dự án DANIDA giai đoạn 2004 – 2005.