

# Nghiên cứu ứng dụng và phát triển mô hình Athen vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Ba

Nguyễn Hữu Khải<sup>1</sup>, Thân Văn Đón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trung tâm nghiên cứu Tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường

Nhận ngày 15 tháng 7 năm 2012

**Tóm tắt.** Các mô hình mô phỏng vận hành có điều khiển liên hồ chứa đa mục tiêu hiện nay chưa đáp ứng được các bài toán thực tế và thường không có mã nguồn mở. Mô hình Athen là mô hình vận hành đơn hồ chứa đa mục tiêu có mã nguồn mở, cho phép điều chỉnh vận hành để đáp ứng các nhu cầu sử dụng nước. Để vận hành liên hồ chứa cần mở rộng và phát triển mô hình. Báo cáo này trình bày cơ sở lý thuyết và nghiên cứu phát triển mô hình Athen cho liên hồ chứa bằng cách liên kết với diễn toán đoạn sông bằng phương pháp Muskingum. Mô hình liên kết được vận hành thử nghiệm cho liên hồ chứa sông Ba vào mùa kiệt, cho thấy khả năng áp dụng và hướng phát triển tiếp theo để đạt được yêu cầu mong muốn trong vận hành liên hồ chứa đa mục tiêu.

## 1. Đặt vấn đề

Điều hành hồ chứa là một phần quan trọng của quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Quy trình vận hành hồ chứa xác định lượng xả tại một thời điểm nào đó phụ thuộc vào trạng thái của hồ chứa, mức yêu cầu cấp nước và các thông tin về lượng dòng chảy có thể đến hồ chứa. Với hồ chứa đa mục tiêu, ngoài ra còn yêu cầu phân phối lưu lượng xả cho các mục tiêu. Hiện nay có 2 loại phương pháp chủ yếu nghiên cứu quy tắc vận hành nhằm đáp ứng các mục tiêu trên [1].

- *Phương pháp tối ưu hoá*

Kỹ thuật tối ưu hoá bằng quy hoạch tuyến tính và quy hoạch động sử dụng rộng rãi trong

tài nguyên nước đã được áp dụng vào vận hành hồ chứa. Tuy nhiên áp dụng mô hình tối ưu hoá cho điều hành hồ chứa đa mục tiêu có nhiều khó khăn. Các khó khăn đó bao gồm phát triển mô hình, huấn luyện nhân lực, chi phí giải quyết bài toán, cả điều kiện thủy văn tương lai bất định, sự bất lực để xác định và định lượng tất cả các mục tiêu và sự cần thiết trong việc tương tác tốt hơn với người sử dụng.

- *Phương pháp mô phỏng*

Các mô hình mô phỏng có thể cung cấp biểu diễn chi tiết và hiện thực hơn hệ thống hồ chứa và điều hành chúng. Các khái niệm gắn với mô phỏng dễ hiểu và thân thiện hơn các khái niệm mô hình hoá khác. Thời gian yêu cầu để chuẩn bị đầu vào, chạy mô hình và các yêu cầu tính toán khác của mô phỏng ít hơn nhiều

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-904640848.  
E-mail: nhkhai47@gmail.com

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 vận hành hồ chứa có thể chạy trong máy vi tính đang sử dụng rộng rãi hiện nay. Hơn nữa, ngay sau khi số liệu yêu cầu cho phần mềm thực hành đã được chuẩn bị, nó dễ dàng chuyển đổi cho nhau và do đó các kết quả của thiết kế, quyết định điều hành, các lựa chọn khác nhau có thể được đánh giá nhanh chóng.

Hiện nay hầu hết các mô hình mô phỏng vận hành hồ chứa dựa vào phương trình cân bằng nước theo quy tắc vận hành không có điều khiển. Mô hình HEC-RESSIM là mô hình vận hành có điều khiển phát triển lên từ HEC-5. Tuy nhiên mô hình này không cho phép điều khiển mực nước hồ trong thời gian bất kỳ và mô hình không có mã nguồn mở, khi muốn thay đổi các điều khiển thì không can thiệp được vào.

Trường Đại học kỹ thuật Quốc gia Athens (Hy Lạp) đã xây dựng mô hình điều tiết đơn hồ chứa bằng ngôn ngữ lập trình Delphi vào năm 2007 (phiên bản 1) [2], và năm 2010 (phiên bản 2) [3]. Đây là mô hình điều tiết đơn hồ chứa đa mục tiêu có điều khiển đối tại bất kỳ mực nào của hồ chứa; mô hình có mã nguồn mở, do vậy khi cần có thể can thiệp được dễ dàng.

Dựa vào mô hình Athen điều tiết đơn hồ chứa và phương pháp Muskingum diễn toàn dòng chảy trong sông, chúng tôi nghiên cứu phát triển thuật toán liên kết 2 mô hình này thành một mô hình điều tiết liên hồ chứa và áp dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Ba.

## 2. Phát triển mô hình Athen cho liên hồ chứa đa mục tiêu

### 2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình Athen [2,3]

#### 2.1.1. Các thành phần mô hình

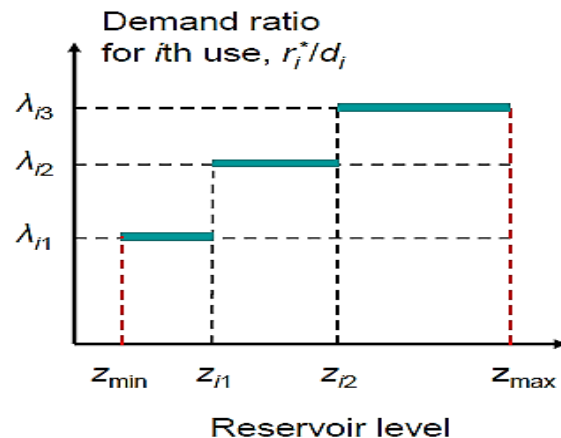
Mô hình Athen gồm các thành phần sau:

#### + Mô hình mô phỏng hồ chứa

Dữ liệu đầu vào bao gồm: bước thời gian và thời điểm bắt đầu của mô phỏng, dữ liệu lượng nước trữ và diện tích bề mặt hồ (được đưa ra bằng chuỗi các số liệu), mực nước đặc trưng (lớn nhất, nhỏ nhất, ban đầu), diện tích lưu vực thượng lưu, chuỗi thời gian mưa và bốc hơi, chuỗi thời gian dòng chảy mặt, hệ số tổn thất thoát ra khỏi hồ (hàng tháng), thuộc tính sử dụng nước (gồm thứ tự ưu tiên, chuỗi thời gian yêu cầu, nguyên tắc vận hành).

#### + Quy tắc vận hành

Trong quy tắc vận hành, xác định lượng xả  $r_i^*$ , tương ứng với sử dụng nước thứ  $i$ , là một hàm của mực nước hồ chứa  $z$ . Lượng xả được biểu thị như là tỷ lệ của các nhu cầu thực  $d_i$ , để mỗi lần sử dụng có thể gắn với từng bước tính, thể hiện dưới dạng các cặp điểm  $(\lambda_{ij}, z_{ij})$ , trong đó  $z_{\min} \leq z_{ij} \leq z_{\max}$  và  $0 \leq \lambda_{ij} \leq 1$ , không có giới hạn về số lượng của các cặp  $(\lambda_{ij}, z_{ij})$ .  $\lambda_{ij}$  là hệ số khống chế lượng nước xả đáp ứng nhu cầu thứ  $i$ , tương ứng với mực nước  $z$ . (Hình 1)



Hình 1. Quan hệ  $\lambda_{ij}, z_{ij}$  trong mô hình Athen.

#### 2.1.2. Các phương trình diễn toán

Cho  $s_i$ : lượng trữ thực tế,  $q_i$ : độ sâu dòng chảy mặt thượng lưu,  $p_i$ : độ sâu mưa,  $e_i$ : độ sâu

bốc hơi, lưu lượng vào hồ được tính theo công thức:

$$i_t = q_t (a - a_t) + p_t a_t - e_t a_t, \quad (1)$$

trong đó:  $a_t$  là diện tích mặt hồ;  $a$  là diện tích lưu vực thực tế. Tuy nhiên, có thể sử dụng dòng chảy trực tiếp vào hồ thay cho đại lượng tính theo công thức (1).

Lượng tổn thất do rò rỉ, bốc hơi, ước lượng theo công thức:

$$l_t(z_t) = \alpha z_t^3 + \beta z_t^2 + \gamma z_t + \delta, \quad (2)$$

trong đó:  $z_t$  là mực nước thực tế;  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ : là hằng số, thay đổi theo tháng (vì tổn thất có thể biến động theo mùa của mực nước ngầm).

Lượng nước thực của hồ, trước khi xả ( $i = 0$ ), được cho bởi:

$$s_{0t} = s_t + i_t - l_t \quad (3)$$

Ngoài ra, lượng xả từ hồ chứa được thực hiện theo phân cấp sử dụng nước  $\lambda_{ij}$  (đối với những sử dụng  $i = 1, \dots, n$  đã nói ở trên), thể hiện bằng các hệ số  $\text{coef}_{ij}$ . Giả thiết, với nhu cầu sử dụng nước thứ  $i$ , lượng xả tương ứng được xác định trên cơ sở mực nước thực trong hồ và nhu cầu thực tế, nghĩa là:

$$r_{it}^* = \lambda_{ij} d_{it}, \text{ với } \lambda_{ij} = f(z_t); \quad (4)$$

Lượng xả thực tế này không được vượt quá dung tích hữu ích thực có của hồ:

$$r_{it} = \min(r_{it}^*, s_{i-1,t} - s_{\min}); \quad (5)$$

Khi đó, lượng nước còn lại trong hồ chứa (lượng trữ hồ chứa) là:

$$s_{it} = s_{i-1,t} - r_{it} \quad (6)$$

Sau đó, tính toán lại mực nước hồ chứa, tương ứng với lượng trữ mới.

Khi tất cả các nhu cầu được đáp ứng, lượng tràn xuống hạ lưu bằng:

$$w_t = \max(0, s_{nt} - s_{\max}) \quad (7)$$

## 2.2. Lý thuyết phương pháp Muskingum [4]

Phương pháp Muskingum là một phương pháp diễn toán lũ đã được dùng phổ biến để điều khiển quan hệ động giữa lượng trữ và lưu lượng. Phương trình diễn toán có dạng sau:

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j \quad (8)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t}; \\ C_2 &= \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t}; \\ C_3 &= \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} \end{aligned} \quad (9)$$

Lưu ý rằng:  $C_1 + C_2 + C_3 = 1$

Ta có thể xác định được  $K$  và  $X$  nếu trong đoạn sông đang xét đã có sẵn các đường quá trình lưu lượng thực đo của dòng vào và dòng ra. Nếu ta không có đủ số liệu thực đo, các giá trị này có thể được ước lượng bằng phương pháp Muskingum- Cunge.

## 2.3. Liên kết mô hình Athen vận hành đơn hồ chứa và phương pháp Muskingum

Dòng chảy vào hồ chứa thượng lưu đầu tiên được diễn toán qua hồ theo mô hình Athen điều tiết đơn hồ chứa. Dòng chảy xả qua hồ được diễn toán tiếp theo về hồ chứa thứ 2 theo phương pháp Muskingum. Ở đây có 2 trường hợp:

+ Nếu 2 hồ chứa song song: Dòng chảy từ 2 hồ chứa được cộng lại, có tính đến độ lệch thời gian chảy truyền.

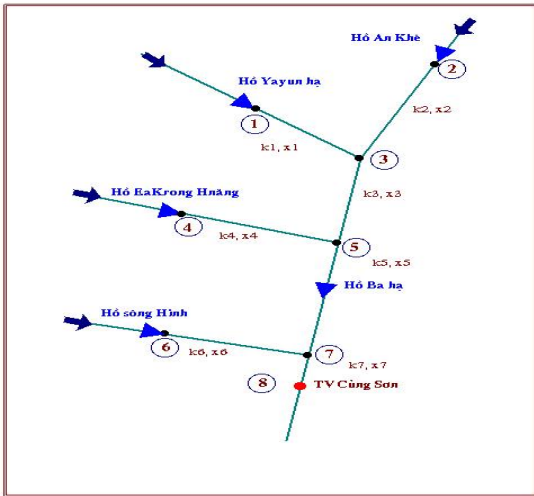
+ Nếu 2 hồ chứa là nối tiếp: Dòng chảy từ hồ thứ nhất giữ nguyên, diễn toán về hồ thứ 2 theo Muskingum, có tính đến thời gian chảy truyền.

Mỗi đoạn sông có bộ thông số  $K, X$  và được xác định bằng phương pháp tối ưu hoá hoặc thử sai. Việc diễn toán lũ theo mô hình Muskingum sẽ được thực hiện cho từng đoạn sông. Tại những nút hợp lưu giữa hai đoạn sông thì lưu

lượng đầu đoạn hợp lưu sẽ bằng tổng của lưu lượng tại các đoạn tạo nên hợp lưu đó. Ví dụ tại nút 5 của lưu vực sông Ba (hình 2) ta có lưu lượng đầu đoạn 5-7:

$$Q_{tr(5-7)}(t) = Q_{d(4-5)}(t) + Q_{d(3-5)}(t) \quad (10)$$

Trong đó  $Q_{tr(5-7)}(t)$ ,  $Q_{d(4-5)}(t)$ ,  $Q_{d(3-5)}(t)$  tương ứng là lưu lượng đầu đoạn (5-7) và các lưu lượng cuối đoạn (4-5) và đoạn (3-5).



Hình 2. Sơ đồ liên kết mô hình Athen đơn hồ chứa và phương pháp Muskingum.

Trong nghiên cứu này chúng tôi mới chỉ liên kết mô hình Athen với phương pháp Muskingum dưới dạng độc lập (tức là chạy riêng rẽ từng chương trình rồi kết nối lại với nhau), chưa đưa vào một phần mềm liên kết tổng quát.

Trong mô hình Athen, điều chỉnh lại quy tắc ưu tiên theo các kịch bản tự thiết lập theo các cấp mực nước, từ mực nước chết tới mực nước dâng bình thường của hồ.

### 3. Ứng dụng mô hình athen vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Ba

Với 5 hồ chứa hiện có trên lưu vực sông Ba, việc liên kết mô hình Athen vận hành đơn hồ và

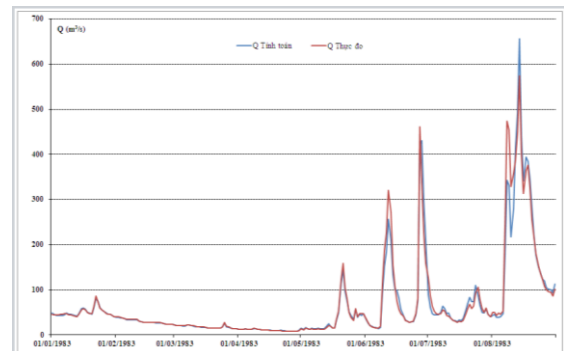
phương pháp Muskingum được tiến hành như hình 2. Việc diễn toán được thực hiện với chuỗi dòng vào hồ chứa trung bình ngày ứng với tần suất 90% và nhu cầu sử dụng nước của các hộ dùng nước lấy từ Đề tài KC08.30/06-10. 2010 [5]. Tính toán vận hành được tiến hành vào mùa kiệt, bắt đầu từ ngày 01 tháng 01 đến ngày 31 tháng 8 cho liên hồ chứa bao gồm các hồ An Khê, Yayun hạ, Krông Hnăng, sông Hinh và Sông Ba hạ.

#### 3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Do không có số liệu điều tiết của từng hồ chứa trong những năm qua, nên quá trình hiệu chỉnh và kiểm định đã đưa các hồ về trạng thái không hoạt động (các hồ vẫn được gắn vào hệ thống) với điều kiện dòng vào hồ bao nhiêu thì dòng ra bấy nhiêu. Dùng phương pháp Muskingum để diễn toán dòng chảy từ các hồ ở thượng lưu, sông nhánh về hạ lưu và so sánh với dòng chảy tại trạm thủy văn Củng Sơn, các thông số mô hình được xác định bằng thử sai.

##### 3.2.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình

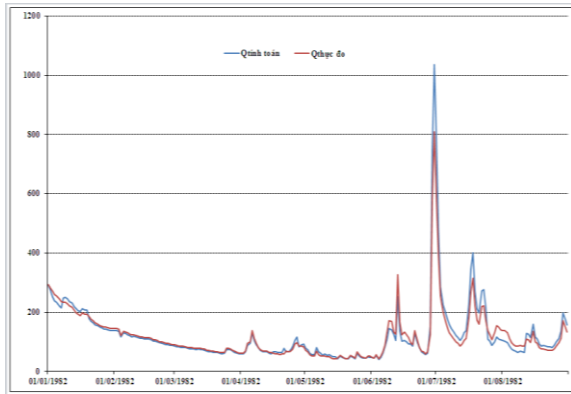
Số liệu dùng để hiệu chỉnh mô hình là chuỗi số liệu dòng chảy trung bình ngày từ 01/01/1983 đến ngày 31/8/1983, là năm kiệt điển hình. Kết quả đánh giá theo chỉ tiêu Nash khá tốt, bằng 0,83, nói chung về dạng đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo là phù hợp (hình 3)



Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh tại Củng Sơn năm 1983.

### 3.2.2. Kết quả kiểm định mô hình

Số liệu dùng để kiểm định mô hình là chuỗi số liệu lưu lượng tại trạm Củng Sơn từ 01/01/1982 đến 31/8/1982, với bộ thông số đã lựa chọn ở trên cho các đoạn sông. Độ hữu hiệu của kiểm định mô hình theo chỉ tiêu Nash đạt 0,81 (hình 4).



Hình 4. Kết quả kiểm định tại Củng Sơn năm 1982.

## 3.3. Vận hành liên hồ chứa

### 3.3.1. Quy tắc vận hành

Trong mô hình liên kết này sử dụng các hệ số coef như mô hình Athen gốc để khống chế lượng nước xả đáp ứng các nhu cầu dùng nước, tương ứng với mực nước đã cho. Mỗi nhu cầu có một số hệ số ứng với nó. Ở đây, có 4 nhu cầu là: thủy điện, công nghiệp (không tính thủy điện), tưới và sinh hoạt.

Các hệ số này trong điều hành liên hồ chứa ở các mực nước quy định khác nhau tùy theo từng hồ chứa và sẽ được hiệu chỉnh dần theo từng kịch bản vận hành.

### 3.3.2. Thứ tự ưu tiên các nhu cầu sử dụng nước

Các hồ chứa trên lưu vực sông Ba được xây dựng chủ yếu với mục đích phát điện. Vì vậy, nhu cầu phát điện được ưu tiên đầu tiên (**Nhu cầu 1**).

Các nhà máy thủy điện có nhiệm vụ cấp nước cho các vùng nông nghiệp trên lưu vực, trong đó có đập thủy lợi Đồng Cam, đảm bảo diện tích tưới trong mùa kiệt là 19800 ha [5]. Từ đó, ta thấy mục tiêu tưới, cung cấp nước cho nông nghiệp, được xếp thứ hai (**Nhu cầu 2**).

Hạ lưu sông Ba có nhiều khu công nghiệp lớn như Hòa Hiệp, An Phú và đông bắc Sông Cầu của tỉnh Phú Yên. Do đó, mục tiêu cấp nước cho công nghiệp của hồ chứa có ưu tiên thứ ba (**Nhu cầu 3**).

Cuối cùng là nhu cầu cấp nước cho sinh hoạt (**Nhu cầu 4**). Vì tại các vùng cần cấp nước như thành phố Tuy Hòa đã có nguồn nước ngầm đảm bảo nên nhu cầu này được xếp ưu tiên cuối.

Thứ tự ưu tiên cho các nhu cầu sử dụng nước của các hồ dùng nước trên là chung cho các hồ trong điều tiết liên hồ chứa.

### 3.3.3. Kịch bản vận hành

Hiện nay trong vận hành, hồ chứa thủy điện chỉ cần phát điện đạt công suất tối đa và truyền lên lưới điện quốc gia, còn việc đảm bảo phụ tải do Trung tâm điều độ khu vực đảm nhận. Vì vậy có thể lựa chọn kịch bản vận hành mềm dẻo hơn, trong báo cáo này đưa ra 3 kịch bản chính.

+ Kịch bản 1: Nhu cầu cấp cho thủy điện ở mức 1/2 mức tối đa và đảm bảo dòng chảy tối thiểu phía hạ lưu, khi đó hệ số cho thủy điện bằng 0,5.

+ Kịch bản 2: Nhu cầu cấp cho thủy điện ở mức tương ứng với công suất đảm bảo và thảo mãn dòng chảy tối thiểu phía hạ lưu, hệ số cho thủy điện bằng 1,0 của lưu lượng bảo đảm.

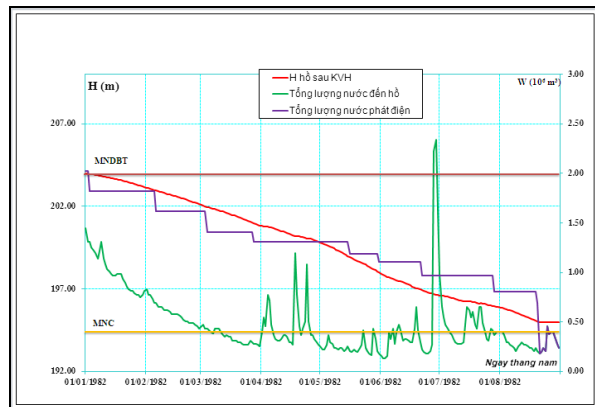
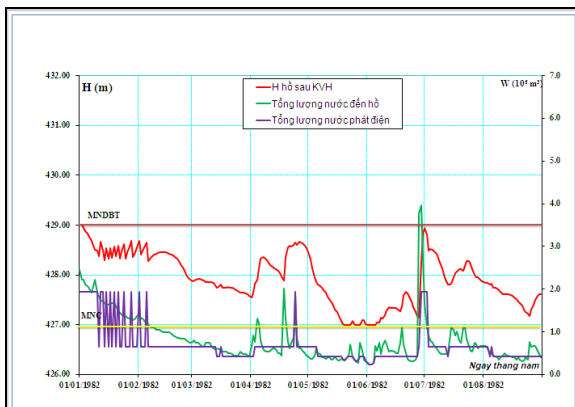
+ Kịch bản 3: Lựa chọn hệ số cấp nước sao cho nhu cầu cấp cho các hồ dùng nước hợp lý nhất (trên cơ sở nhân nhượng, hài hòa nhất nhưng vẫn ưu tiên phát điện).

3.3.4. Áp dụng tính toán cho mùa kiệt điển hình 1982

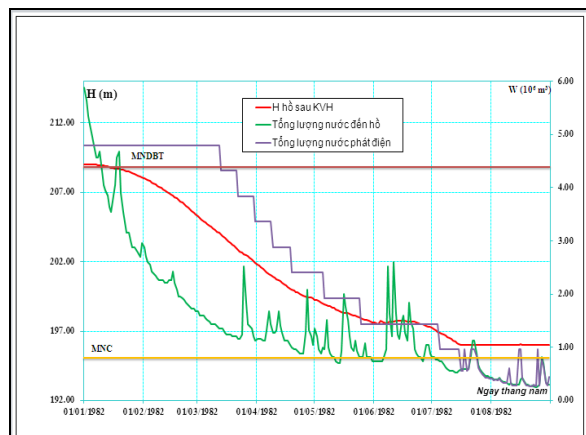
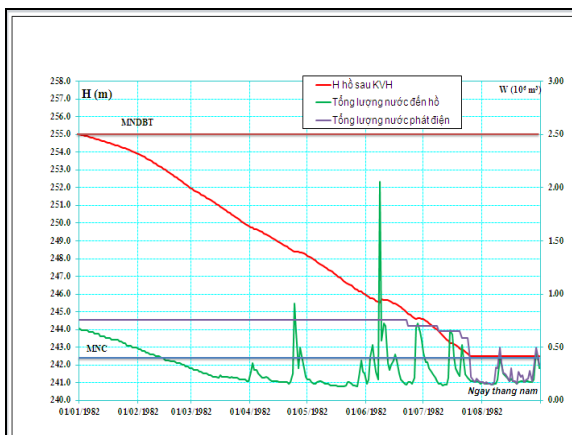
Các kịch bản 1 và 2 đều dẫn đến mực nước mùa kiệt giảm nhanh chóng, chỉ đến tháng 3 hoặc 4 đã giảm đến mực nước chết, không đủ cung cấp cho các nhu cầu khác trong những tháng còn lại của mùa kiệt. Do đó, bằng phương pháp thử dần, chúng tôi lựa chọn các hệ số điều khiển cho kịch bản 3, để đảm bảo dung tích của hồ chứa cuối mùa kiệt không nhỏ hơn dung tích chết và lượng nước cấp cho các hộ sử dụng là lớn nhất.

Kết quả tính toán được lượng nước cung cấp cho các mục đích sử dụng của các hộ dùng nước, dung tích và mực nước hồ chứa từng ngày, xuất ra trong dạng file (out-...) và thể hiện trên hình 5.

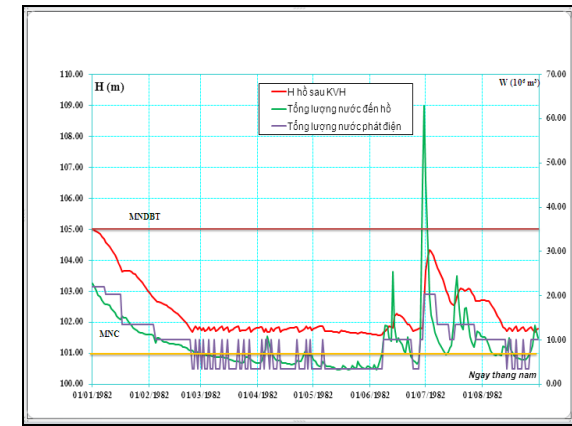
Từ các kết quả trên thấy rằng, ứng với lượng nước về các hồ chứa trong mùa kiệt năm 1982, hệ số điều khiển tùy thuộc vào mực nước hồ chứa và nhu cầu sử dụng nước. Ở đây nhu cầu phát điện được cấp tương ứng với công suất bảo đảm, đồng thời thỏa mãn lượng nước tối thiểu cho hạ lưu  $3,40 \text{ m}^3/\text{s}$ , còn các nhu cầu dùng nước khác được đáp ứng ở mức từ 0,3-0,8, tùy theo cấp mực nước. Mực nước sau khi vận hành của các hồ An Khê - Kanak, hồ Krông Hnăng, hồ Yayun Hạ, hồ sông Hinh và hồ Ba Hạ giảm dần về mực nước chết vào cuối mùa kiệt. Dung tích hồ chứa cũng diễn biến tương tự. Đây là kịch bản tương đối phù hợp, nhưng chưa phải tối ưu.



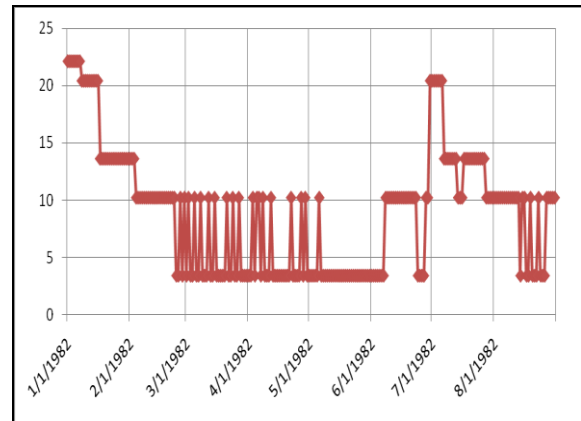
Hình 5.a. Quá trình vận hành hồ Kanak và Ayun hạ mùa kiệt năm 1982.



Hình 5.b. Quá trình vận hành hồ Krông H' năng và Sông Hinh mùa kiệt năm 1982.



Hình 5.c. Quá trình vận hành hồ Sông Ba Hạ mùa kiệt năm 1982.



Hình 5.d. Quá trình dòng ra của hồ sông Ba Hạ mùa kiệt năm 1982.

Hình 5. Kết quả vận hành liên hồ sông Ba theo kịch bản 3.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Mô hình điều tiết Athen đơn hồ chứa và phương pháp Muskingum được liên kết thành mô hình vận hành liên hồ chứa, cho phép thay đổi các hệ số điều khiển vận hành để đáp ứng các nhu cầu sử dụng nước và các ưu tiên cấp nước khác nhau một cách hợp lý nhất.

Mô hình được thử nghiệm vận hành cho liên hồ chứa sông Ba mùa kiệt năm 1982 ứng với tuần suất 90%. Kết quả cho thấy, khi nhu cầu thủy điện ở mức 50% tối đa thì các nhu cầu sử dụng nước khác bị thiếu hụt. Khi thay đổi hệ số cấp nước cho thủy điện thì lượng nước cấp cho các sử dụng khác được cải thiện. Hiệu quả rõ rệt hơn khi lấy nhu cầu thủy điện ở mức công suất đảm bảo (tối thiểu). Khi đó, lượng nước không chỉ tập trung cho thủy điện mà còn cung cấp đồng đều cho các sử dụng khác. Như vậy, việc thay đổi các hệ số và điều chỉnh nhu cầu cấp nước giữa các sử dụng hợp lý cho phép điều tiết, vận hành liên hồ chứa có hiệu quả.

Mặc dù vậy, còn một số vấn đề cần tiếp tục được nghiên cứu xử lý như sau:

- Trong mô hình đơn hồ hệ số cấp nước chỉ là hàm của mực nước, không cho phép điều hành theo thời gian. Thực tế có thời kỳ mực nước đã xuống thấp (ví dụ giữa mùa cạn) nhưng nhu cầu sử dụng lại lớn. Các quy tắc điều hành được cố định chung cho các hồ chứa, nhưng thực tế mỗi hồ chứa có nhu cầu và mức ưu tiên khác nhau.

- Lượng nước xả qua hồ dao động rất mạnh theo thời gian, gây khó khăn rất lớn cho việc thao tác điều khiển các cửa xả. Vì vậy, nên cải tiến để có thể xác định tổng lượng xả chung ra khỏi hồ, sau đó lượng xả sẽ được phân phối ưu tiên hoặc nhân nhượng giữa các nhu cầu.

- Chương trình nguồn được viết theo ngôn ngữ lập trình Delphi còn khá phức tạp, không thuận tiện khi cần điều chỉnh quy tắc vận hành cho một hệ thống hồ chứa khác. Cần cải tiến để thao tác thuận lợi hơn.

- Liên kết giữa mô hình Athen điều tiết đơn hồ chứa và phương pháp Muskingum được thực hiện còn khá đơn giản, tức là các mô hình chạy độc lập sau đó mới liên kết lại với nhau thông qua chương trình Microsoft Excel. Do vậy cần nghiên cứu và lập trình thuật toán hoàn chỉnh cho toàn hệ thống.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Jain S.K, P.V.Singh (2004). *Water resources system planning and management*. Elsevier.
- [2] Andreas Efstratiadis, Stefanos Kozanis, *RMM-NTUA - Reservoir Management Model*. National Technical University of Athens, Greece, 2007.
- [3] A. Efstratiadis, S. Kozanis, I. Liagouris and E. Safiolea, *Impact of climate change scenarios on the reliability of reservoir- Migration of a Reservoir Management Model*. National Technical University of Athens, Greece, 2010.
- [4] Nguyễn Văn Tuấn, Đoàn Quyết Trung, Bùi Văn Đức, *Dự báo thủy văn*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2001.
- [5] Nguyễn Hữu Khai (2010), *Nghiên cứu xây dựng công nghệ điều hành hệ thống liên hồ chứa đảm bảo ngăn lũ, chậm lũ, an toàn vận hành hồ chứa và sử dụng hợp lý tài nguyên nước về mùa kiệt lưu vực sông Ba*. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp NN, Mã số KC08.30/06-10.

## Application and Development Research of Athena Model for operation of reservoirs system of Ba rivers basin

Nguyen Huu Khai<sup>1</sup>, Than Van Don<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Water Resources Research Center, Ministry of Natural Resources and Environment

Current multi-purposes reservoirs system controller included operation simulation models have not met the requirement of actual problem and often do not have open source. Athena Model is single multi-purposes reservoir operation model with open source which allows adjusting the operation to meet different demands of water usage. In order to apply for inter-reservoirs the model needs to be expanded and developed. This report represents the theoretical basis and the development research of Athena Model for application to reservoirs system by combining with river segment routing using Muskingum method. Combining model which was tested run for reservoirs system of Ba River in dry season showed the ability of application and direction for the development to meet the expected requirements in operation of multi-purposes reservoirs system.