

# BÀI TOÁN PHÂN BỐ TÀI NGUYÊN NƯỚC BẰNG MÔ HÌNH TỐI ƯU HÓA ĐỘNG ÁP DỤNG TẠI LƯU VỰC SÔNG HỒNG – THÁI BÌNH

**Bùi Thị Thu Hòa**  
**Đào Văn Khiêm**  
**Nguyễn Thị Thu Hà**

**Tóm tắt:** Trong kinh tế tài nguyên thiên nhiên nói chung thì mô hình tối ưu hóa động hiện đang sử dụng phổ biến để tính toán việc sử dụng tối ưu nguồn tài nguyên. Bài viết này muốn giới thiệu mô hình tối ưu hóa động trong phân bố tài nguyên nước ở khu vực phía Bắc- Việt nam, cụ thể là lưu vực sông Hồng – Thái Bình. Mô hình này cũng xem xét phân bố nước theo khu vực, vùng (và tiểu vùng) với những điều kiện ràng buộc và hàm lợi ích của các ngành tương ứng.

**Từ khóa:** Lưu vực sông, đa mục tiêu, tối ưu hóa động, phân bố tài nguyên nước.

## GIỚI THIỆU

Trước những nhu cầu cấp thiết coi nước như một hàng hóa kinh tế cũng như tính toán giá trị kinh tế của nước nhằm giúp việc phân bổ nguồn nước có hiệu quả. Hơn thế nữa, xu thế nghiên cứu chuyển đổi trọng tâm nghiên cứu Tài nguyên Nước theo hướng quy hoạch, quản lý và khai thác tài nguyên thiên nhiên. Kết hợp với những đặc tính thất bại của thị trường nước cùng với các tiếp cận nghiên cứu tính dài hạn (mang tính động) thì bài toán phân bổ nước tối ưu động rất cần thiết trong quy hoạch, quản lý và khai thác Tài nguyên Nước.

Trong bài viết này, chúng tôi đề cập tới việc xây dựng phương pháp luận cũng như áp dụng thực tế tại một số hệ thống con điển hình thuộc lưu vực sông Hồng – Thái Bình.

### 1. Xây dựng mô hình tối ưu hóa động phân bổ tối ưu nguồn nước thuộc lưu vực sông Hồng – Thái Bình

Xét về phương diện sử dụng nước : Lưu vực sông Hồng có thể mô tả như sau: Lưu vực sông Hồng có thể .

- Phân theo tiểu vùng: có thể phân ra 2 vùng chính: thượng lưu sông Hồng và hạ lưu sông Hồng.

- Phân loại theo khu vực sử dụng nước, các khu vực trong vùng được chia thành bốn nhóm gồm nước công nghiệp, nước nông nghiệp, nước sinh hoạt và nước cho sử dụng khác trong đó có cả nghề cá, vận tải và du lịch. Tùy thuộc vào cấu thành của nhóm, mỗi nhóm được chia thành các nhóm con.

#### 1.1. Giả thiết của mô hình

Để mô hình không quá phức tạp, ta giả thiết:

(i) Có thể đo được lợi ích từ sử dụng nước của các khu vực sử dụng nước, chúng ta giả sử rằng các hàm lợi ích này đã biết - các hàm lợi ích của các khu vực được xem là không đổi theo thời gian, trừ hàm lợi ích của sử dụng nước cho sinh hoạt (sẽ được mô tả trong phần phụ lục)

(ii) Các hệ số phân bổ cần thiết cho các khu vực con khác nhau là đã biết.

(iii) Lượng nước, lượng nước cực đại và cực tiểu của các đoạn sông chính là đã biết

#### 1.2. Mô hình toán học

##### 1.2.1. Các biến của mô hình và ký hiệu

$L_i$	các dòng vào từ sông chính trong tiểu vùng $i$
$S_i$	lưu lượng của đoạn sông $i$ .
$Q_i$	các dòng vào rông của các khoảng trong tiểu vùng $i$ .
$W_i$	lượng nước sông chính của $i$ chảy vào tiểu khu $i$ .
$H_i$	lượng nước trở về sông chính trong tiểu khu $i$ .
$B_i(W_i)$	Lợi ích rông cực đại (trăm triệu đồng) từ tiêu dùng nước hàng năm $W_i$ trong tiểu vùng $i$ .
$W_{ik}$	Tiêu dùng nước hàng năm (trăm triệu $m^3$ ) của khu vực $k$ trong tiểu vùng $i$ , $k = 1, 2,$

	3, 4.
$B_{ik}(W_{ik})$	Lợi ích ròng cực đại (trăm triệu đồng) từ tiêu dùng nước hàng năm $W_{ik}$ của khu vực $k$ trong tiểu vùng $i$ .
$BS_i(S_i)$	Lợi ích ròng cực đại (trăm triệu đồng) thu được từ phân bổ tối ưu lưu lượng $S_i$ của đoạn sông chính $i$ giữa các khu vực khác nhau trong các tháng của năm.
$BS_{ik}(S_{ikt})$	Lợi ích ròng (trăm triệu đồng) của khu vực $k$ trên quãng $i$ từ $S_{ik}$ , lượng nước trong tháng $t$ .
$V_{it}$	Lượng nước tháng $t$ trong các hồ chứa của $i$ .
$S_{ift}$	Lượng nước tháng $t$ trên đoạn sông của $i$ để ngăn lụt.
$S_{ist}$	Lượng nước tháng $t$ trên đoạn sông của $i$ để dọn bùn.
$U_{siht}, L_{siht}$	Các giới hạn trên và dưới của lượng nước cho các trạm thủy điện của $i$ trong tháng $t$ .
$U_{sint}, L_{sint}$	Các giới hạn trên và dưới của lượng nước cho tàu bè đi lại trên đoạn sông của $i$ trong tháng $t$ .
$N$	Số đoạn chính của sông
$M$	Số các vùng (định nghĩa 2 vùng: thượng nguồn sông Hồng và hạ nguồn sông Hồng)
$S$	Số các tiểu vùng (định nghĩa mỗi tiểu vùng là một tỉnh)
$K$	Ký hiệu số khu vực sử dụng nước (công nghiệp, nông nghiệp, nghề cá và thủy điện)
$J$	Số loại cây trồng trong nông nghiệp
$V_i$	Trữ lượng nước hồ $i$
$k_i$	các hệ số trữ lượng trong hồ chứa của $i$
$NL$	Số hồ chứa điều tiết dài hạn.

### 1.2.2. Mô hình các vùng

Thiết lập mô hình phân bổ nước đối với các vùng là nhằm tìm ra mối quan hệ giữa tiêu thụ nước và những lợi ích ròng của một vùng. Vì lợi ích ròng là kết quả của lượng nước cung cấp cho một vùng trên cơ sở tối ưu, do đó đây cũng là bài toán tối ưu hóa hệ thống.

Phân theo khu vực sử dụng nước, các khu vực trong vùng được chia thành bốn nhóm gồm nước công nghiệp, nước nông nghiệp, nước sinh hoạt và nước cho sử dụng khác. Tùy thuộc vào cấu thành của nhóm, mỗi nhóm được chia thành các nhóm con.

#### Hàm mục tiêu

Để sử dụng hợp lý tốt nhất nguồn nước có hạn của một vùng trong các khu vực sử dụng nước khác nhau, tổng cực đại các lợi ích ròng của các khu vực sử dụng nước khác nhau từ việc cấp nước được dùng làm mục tiêu. Vì vậy, hàm mục tiêu là:

$$B_i(W_i) = \max \sum_{k=1}^4 B_{ik}(W_{ik}) \quad i=1,2 \quad (1)$$

(giả sử phân thành hai vùng là thượng lưu và

hạ lưu sông Hồng)

Để tính  $B_i(W_i)$ , cần xác định lợi ích ròng cực đại  $B_{ik}(W_{ik})$ , lợi ích ròng cực đại thu được từ  $W_{ik}^s$ , tiêu thụ nước hàng năm của khu vực  $k$  trong vùng  $i$ , tiểu vùng  $j$  được phân bổ tối ưu giữa các hộ tiêu dùng nước khác nhau.

#### Các điều kiện ràng buộc

Cân đối lượng nước hàng năm:

$$W_i = \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^4 W_{ik}^s \quad \text{với mọi } i, \quad (2)$$

$$W_{ik} = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^{N_k} W_{ikj}^s \quad \text{với mọi } i, k, \quad (3)$$

$$W_{ikj} = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^{12} W_{ikjt}^s \quad \text{với mọi } i, k, j \quad (4)$$

Các giới hạn trên và dưới

$$LW_{ijk}^s \leq W_{ijk}^s \leq UW_{ijk}^s, \quad \forall i, j, k, s \quad (5)$$

$$LW_{ijkt}^s \leq W_{ijkt}^s \leq UW_{ijkt}^s, \quad \forall i, j, k, s, t \quad (6)$$

$$\sum_{l=1}^2 \sum_{s=1}^S A^s_{i2jl} \leq \sum_{s=1}^S A^s_{i2j} \quad \text{với mọi } j, t \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^6 A^s_{i2jl} \leq A^s_{i2l} \quad \text{với mọi } i, j, s \quad (8)$$

$$LA_{i2j}^s \leq A_{i2j}^s \leq UA_{i2j}^s, \quad \forall i, j \quad (9)$$

Ở đây  $A_{i2j}^s$  ký hiệu diện tích loại 1 đối với cây trồng  $j$  và khu vực nông nghiệp 2 trong vùng  $i$  tiểu vùng  $s$  tính bằng  $10^8 m^2$ .

Bằng cách tổng hợp hàm mục tiêu và các điều ràng buộc như đã nêu trên, có thể thu được mô hình phân bổ tối ưu đối với các vùng.

### 1.2.3. Mô hình sông chính

Thiết lập mô hình phân bổ nước tối ưu của sông chính là xác định mối quan hệ giữ lợi ích ròng và lưu lượng của mỗi sông chính. Lợi ích ròng là kết quả từ phân bổ tối ưu (chủ yếu là điều hòa tối ưu sự phân bổ nước trong một năm) của dòng nước giữa các khu vực sử dụng nước khác nhau.

#### Phân loại các khu vực

Các khu vực sử dụng nước dọc sông chính có thể chia thành ba nhóm gồm nước cho thủy điện, nước tưới, nước cho nghề cá và các mục đích khác.

#### Hàm mục tiêu $BS_i(S_i)$

Mô hình phân bổ nước đối với sông chính khác mô hình phân bổ nước đối với một vùng ở chỗ không có nước tiêu dùng trong sông chính, chỉ sử dụng những thuộc tính đặc trưng của một lượng nước. Nói chung khi lưu lượng trong con sông vẫn giữ ở một mức nào đó, lợi ích của các khu vực dùng nước khác nhau dọc theo sông chính tỷ lệ thuận với lưu lượng trong một quãng sông. Nghĩa là, trong những mục tiêu cơ bản, các khu vực khác nhau thống nhất với nhau, trong khi có thể nảy sinh nhưng xung đột nhất định trong phân bổ nước trong một năm giữa các khu vực sử dụng nước khác nhau. Cần chỉ ra rằng đòi hỏi dòng chảy cao trong các trạm thủy điện ảnh hưởng nhiều tới giao thông thủy. Mối quan tâm chính ở đây là phân bổ tối ưu lưu lượng hàng năm trong các tháng khác nhau của năm. Tổng cực đại lợi ích ròng từ sử dụng nước trong các khu vực khác nhau dọc sông chính được sử dụng làm mục tiêu. Vì vậy, hàm mục tiêu của đoạn sông  $i$  là:

$$BS_i(S_i) = \max \sum_{t=1}^{12} \sum_{k=1}^2 BS_{ik}(S_{ikt}) \quad i = 1, 2. \quad (10)$$

BS, lợi ích ròng cực đại thu được từ Sông chính.  $S_{it}$ , lưu lượng của đoạn sông chính  $i$  trong tháng  $t$ , chính là lượng nước sử dụng của các khu vực khác nhau ( $10^8 m^3$ )

$$S_{it} = S_{i1t} = S_{i2t} \quad (11)$$

Các điều kiện ràng buộc

Cân đối lượng nước:

$$S_i = \sum_{t=1}^{12} S_{it} (10^8 m^3) \quad \text{với mọi } i. \quad (12)$$

Giới hạn trên và dưới của lượng nước đòi hỏi trong đoạn sông:

$$LS_{it} \leq S_{it} \leq US_{it} \quad \text{với mọi } i, t \quad (13)$$

Đòi hỏi lượng thực điện năng phát ra:

$$E(t) \geq LE(t) \quad (10^8 kWh), \quad \forall t \quad (14)$$

Ràng buộc về năng lực cực đại (N):

$$N \geq A.Q(t).H(t)/10000 \quad (10^4 kWh) \quad (15)$$

Các điều kiện ràng buộc khác và ràng buộc không âm.

### 1.2.4 Mô hình lưu vực

Bằng cách tổng hợp các mô hình phân bổ nước tối ưu của các tiểu vùng và sông chính, có thể thu được mô hình toán học phân bổ tối ưu đối với mục tiêu kinh tế của nguồn nước lưu vực lớn. Bằng việc xem xét mục tiêu của trữ lượng trong hồ chứa, có thể thu được mô hình toán học tối ưu đa mục tiêu.

#### Hàm mục tiêu kinh tế

Giả sử rằng mục tiêu kinh tế là cực đại tổng lợi ích ròng từ sử dụng nước trong các tiểu vùng và các đoạn sông chính, hàm mục tiêu kinh tế là:

$$B(W) = \max \left\{ \sum_{i=1}^M \max_{k=1}^4 \max_{j=1}^{N_k} B_{ikj}(W_{ikj}) + \sum_{i=1}^N \max_{t=1}^{12} \max_{k=1}^3 BS_{ik}(S_{it}) \right\} \quad (16)$$

Ở đây  $M$  và  $N$  là số vùng (mỗi vùng bao gồm nhiều tiểu vùng mà ta gọi là  $S$  nhưng để tránh bớt phức tạp về ký hiệu, chúng tôi lợi ích vùng đã thu được từ việc giải các bài toán đối với lợi ích của các tiểu vùng trong vùng) và số đoạn chính của sông. Ý nghĩa của các ký hiệu khác đã nêu ở trên.

#### Hàm mục tiêu của trữ lượng trong hồ chứa

Hàm mục tiêu của trữ lượng trong hồ chứa là cực đại tổng lượng nước chứa trong các hồ chứa

đọc sông.

$$V(W) = \max \sum_{i=1}^N k_i V_i, \quad (17)$$

ở đây  $V(W)$  là trữ lượng cực đại đòi hỏi bởi  $W$ , lượng nước sử dụng bởi toàn bộ lưu vực trong các hồ chứa dọc sông;  $K_i$  là các hệ số trữ lượng trong hồ chứa của  $i$ ;  $N$  là số hồ chứa điều tiết dài hạn.

#### Các điều kiện ràng buộc

Ngoài các điều kiện ràng buộc của các tiểu vùng và sông chính, các điều kiện ràng buộc của mô hình phân bổ tối ưu đa mục tiêu của nguồn nước trong lưu vực cũng cần bao gồm:

Cân đối lượng nước trong năm

$$L_i + Q_i = W_i + S_i \text{ với mọi } i, \quad (18)$$

$$L_i = \sum_{t=1}^{12} L_{it} \text{ với mọi } i, \quad (19)$$

$$Q_i = \sum_{t=1}^{12} Q_{it} \text{ với mọi } i, \quad (20)$$

$$W_i = \sum_{t=1}^{12} W_{it} \text{ với mọi } i, \quad (21)$$

$$S_i = \sum_{t=1}^{12} S_{it} \text{ với mọi } i, \quad (22)$$

Cân đối lượng nước trong tháng

$$L_{it} + Q_{it} = W_{it} + S_{it} \text{ với mọi } i, t, \quad (23)$$

$$L_{i+1,t} = S_{it} + H_{it} \text{ với mọi } i, t, \quad (24)$$

Cân đối lượng nước trong các hồ chứa

$$S_{it} + \Delta V_{it} = L_{i+1,t} \text{ với mọi } i, t, \quad (25)$$

$$\Delta V_{it} = V_{it} - V_{i,t-1} \text{ với mọi } i, t, \quad (26)$$

Các ràng buộc giới hạn trên và dưới

$$LL_{i+t,t} \leq L_{i+t,t} \leq UL_{i+t,t} \text{ với mọi } i, t, \quad (27)$$

$$LS_{it} \leq S_{it} \leq US_{it} \text{ với mọi } i, t, \quad (28)$$

$$LV_{it} \leq V_{it} \leq UV_{it} \text{ với mọi } i, t, \quad (29)$$

$$S_{it} \leq S_{if} \text{ với mọi } i, \quad (30)$$

$$S_{it} \leq S_{ist} \text{ với mọi } i, t, \quad (31)$$

$$S_{it} \leq S_{iit} \text{ với mọi } i, t, \quad (32)$$

$$LS_{iht} \leq S_{iht} \leq US_{iht} \text{ với mọi } i, t, \quad (33)$$

$$LS_{int} \leq S_{int} \leq US_{int} \text{ với mọi } i, t, \quad (34)$$

Các điều kiện ràng buộc khác như lực lượng lao động, vốn và các điều kiện không âm tất cả phụ thuộc vào những hoàn cảnh cụ thể.

## 2. Áp dụng mô hình phân bổ nguồn nước tối ưu tại hệ thống con điển hình thuộc lưu

### vực sông Hồng

Với cách tiếp cận xây dựng bài toán phân bổ nguồn nước tối ưu như ở trên, nhóm nghiên cứu lập trình mô hình phân bổ nguồn nước cho hệ thống thủy lợi Núi Cốc – Thái nguyên làm ví dụ điển hình. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng đường cầu sử dụng nước cho các mục đích sử dụng theo tháng và thiết lập mô hình phân bổ tối ưu nước với kết quả bảng dưới đây với tổng lợi ích do nước đem lại toàn hệ thống là 3302 tỷ đồng :

Bảng 1- Phân phối nước cho các ngành

TT	Chỉ tiêu	Lượng nước (triệu m <sup>3</sup> )
1	Nước tưới cho vụ đông xuân	41.61
2	Nước tưới cho vụ hè thu	8.67
3	Nước tưới vụ đông	14.07
4	Tổng lượng nước tưới	64.36
5	Nước cho sinh hoạt	12.2
6	Nước cho công nghiệp	3.33
7	Nước cho sông Cầu	30

Bảng 2- Phân phối nước theo tháng với nhiều mục đích sử dụng

Tháng	Lượng nước (triệu m <sup>3</sup> )
Tháng 1	8.88
Tháng 2	6.36
Tháng 3	20.47
Tháng 4	11.85
Tháng 5	15.77
Tháng 6	14.72
Tháng 7	15.05
Tháng 8	11.51
Tháng 9	16.65
Tháng 10	12.56
Tháng 11	5.88
Tháng 12	6.55

### KẾT LUẬN

Như vậy với xây dựng mô hình lý thuyết cho bài toán phân bổ nước với tiếp cận tối ưu hóa động, nhóm nghiên cứu đã giải quyết được bài toán quy hoạch phi tuyến, với số biến và ràng buộc không hạn chế. Lập trình bài toán dưới dạng tổng quát nhanh chóng và gọn nhẹ, phù

hợp cho giải quyết những bài toán thực tế với nhiều biến và ràng buộc. Trong quá trình lập trình bài toán, chia thành các phần riêng biệt, khai báo biến, mảng dữ liệu nhập vào, phân lập hàm mục tiêu, phân lập trình ràng buộc, do vậy

ta có thể thay đổi, tính toán bài toán một cách nhanh chóng, với thời gian ngắn ta có thể thực hiện nhiều bài toán, cũng như các phương án khác nhau.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tan Deshan: 1990, Research on the coordination algorithms for optimal allocation of water resources in River Basin, *J. Hohai Univ.* 19(1), Nanjing, China
2. Umanahesh, N.V. and P. Sreenivasulu (1997). Two-phase stochastic dynamic programming model for optimal operation of irrigation reservoir. *Water Resources Management*, 11: 395-406
3. Yakowitz, S (1982) "Dynamic Programming applications in water resources," *Water Resources Research* 18 673 - 696.

### Abstract

### DYNAMIC OPTIMAL ALLOCATION OF WATER RESOURCES IN RED RIVER – THAI BINH BASINS

*In natural resources economics, dynamic optimization models commonly are used to calculate the optimal uses of resources. This paper presents implementations of the dynamic optimization models for allocation of water resources in the context of some sub-basins in the Red-Thaibinh River Basin in Northern Vietnam. The model take into account water allocation between various sectoral structures of water users (agriculture, industry, households and other) as well as between regional (sub-regional) sectors.*

**Key words:** River basin, multi-objective, dynamic optimization, water resources allocation.

---

Người phản biện: **TS. Ngô Minh Hải**

BBT nhận bài: 10/12/2012

Phản biện xong: 18/12/2012