

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CHO BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA ĐỘNG SỬ DỤNG PHÂN BỐ NƯỚC CHO MỤC TIÊU TƯỚI VÀ PHÁT ĐIỆN

Bùi Anh Tú¹, Phan Hoài Linh², Trần Trung Dũng³, Trần Văn Mạnh⁴

Tóm tắt: Tài nguyên nước đang bị suy giảm nghiêm trọng do biến đổi khí hậu, sự khai thác quá mức của con người. Để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế xã hội, nhu cầu sử dụng nước ngày một gia tăng trong tương lai cần thiết phải sử dụng tối ưu tài nguyên nước. Để sử dụng tài nguyên nước hiệu quả, đối với công trình vừa có nhiệm vụ cấp nước tưới vừa phát điện, tính toán phân bố tối ưu tài nguyên nước là việc rất cần thiết, từ đó đưa ra lời giải cho bài toán quy hoạch và quản lý tài nguyên nước hiệu quả. Nghiên cứu này tập trung vào cơ sở lý thuyết cho bài toán sử dụng mô hình tối ưu hóa động trong phân bố tài nguyên nước. Kết quả của nghiên cứu này là xây dựng cơ sở lý thuyết cho tưới và phát điện trong điều kiện của một hệ thống đa hồ chứa và ứng dụng ở lưu vực sông Lô – Gâm – Chảy.

Từ khóa: Tối ưu hóa, phát điện, đa hồ chứa.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nhu cầu nước càng ngày càng tăng theo đà phát triển của nền công nghiệp, nông nghiệp và sự nâng cao mức sống của con người. Theo sự ước tính, bình quân trên toàn thế giới có chừng khoảng 40% lượng nước cung cấp được sử dụng cho công nghiệp, 50% cho nông nghiệp và 10% cho sinh hoạt (Chiras, 1991). Sự phát triển càng ngày càng cao của nền công nghiệp trên toàn thế giới càng làm tăng nhu cầu về nước, đặc biệt đối với một số ngành sản xuất như chế biến thực phẩm, dầu mỏ, giấy, luyện kim, hóa chất..., chỉ 5 ngành sản xuất này đã tiêu thụ ngót 90% tổng lượng nước sử dụng cho công nghiệp (Trần Đức Viên, 1990). Theo M.I.Lvovits (1974), sự phát triển trong sản xuất nông nghiệp như sự thâm canh tăng vụ và mở rộng diện tích đất canh tác cũng đòi hỏi một lượng nước ngày càng cao do đó trong tương lai dòng chảy cả năm của các con sông trên toàn thế giới có thể giảm đi khoảng 700 km³/năm do thâm canh nông

ngiệp. Ngoài ra các nhu cầu về nước sinh hoạt, nước cho hoạt động thương mại – du lịch tăng nhiều lần so với trước đây càng làm tăng áp lực về tài nguyên nước. Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu còn được biểu hiện thông qua việc tăng nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển dâng, tàn suất và tính thất thường của các hiện tượng thời tiết cực đoan như nắng nóng và rét đậm kéo dài, hạn hán, bão, lũ lụt... qua đó gây hàng loạt tác động bất lợi đối với nền sản xuất.

Trong nhiều trường hợp, sự cạnh tranh sử dụng nước và tranh chấp lợi ích về nước giữa các ngành nghề phụ thuộc vào nước như nông nghiệp, thủy sản, phát điện, thậm chí là cả du lịch ngày càng tăng cao do tốc độ tăng dân số, công nghiệp và đô thị hóa đã gây ra những thiệt hại về tiền cho nền kinh tế, làm trầm trọng hóa thêm tình hình khó khăn tại các địa phương liên quan (Roger Perman, 2003). Vì thế để sử dụng tài nguyên nước hiệu quả, đáp ứng nhu cầu của các ngành kinh tế khác nhau, tính toán phân bố nước để sử dụng tối ưu tài nguyên nước theo tiếp cận tối đa lợi ích của tài nguyên nước mang lại là việc rất cần thiết, từ đó đưa ra lời giải cho

¹ Khoa Kinh tế và Quản lý, Trường Đại học Thủy lợi

² Bộ Nông nghiệp và PTNT

³ Công ty CP xây dựng và phát triển kinh doanh

⁴ Liên hiệp các Hội UNESCO Việt Nam

bài toán quy hoạch và quản lý tài nguyên nước hiệu quả.

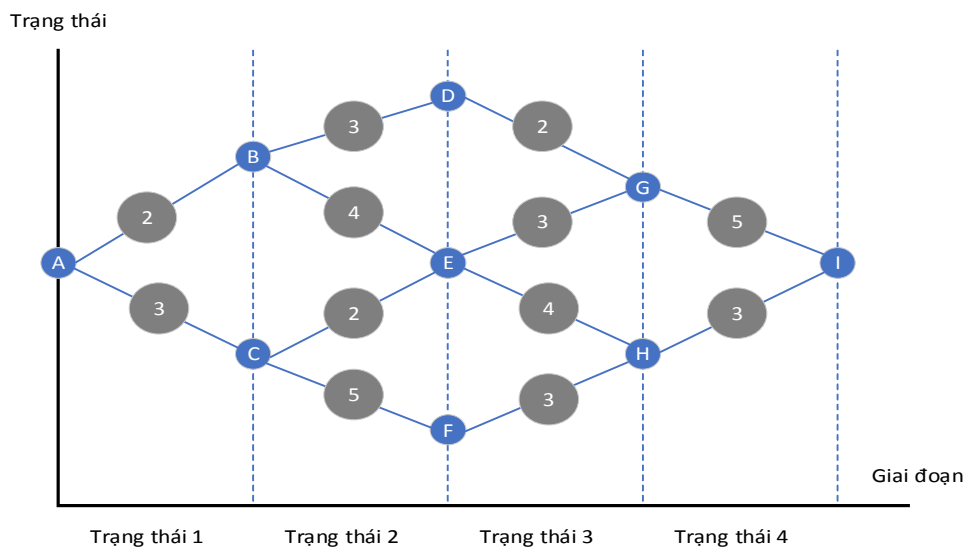
Mô hình phân bổ tối ưu hiện nay thường được sử dụng là mô hình tối ưu hóa tĩnh và mô hình tối ưu hóa động. Trong đó mô hình tối ưu hóa tĩnh có đặc điểm là xác định lợi ích lớn nhất trong 1 giai đoạn nhất định, tạm thời bỏ qua yếu tố thời gian. Trong khi làm việc với tài nguyên, như tài nguyên nước, thì cần phải lưu ý tính toán đến cả yếu tố thời gian do nguồn tài nguyên có hạn và có xu hướng giảm dần theo thời gian. Vì vậy, cần sử dụng mô hình tối ưu hóa động để giải quyết bài toán phân bổ nguồn nước.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu lý thuyết bài toán tối ưu hóa động

Mặc dù tối ưu hóa động hầu hết được diễn tả theo thuật ngữ của một dãy thời gian, nhưng nó cũng có thể dự tính tầm kế hoạch như một dãy các giai đoạn trong một quá trình kinh tế. Trong trường hợp đó, tối ưu động cũng có thể xem như một bài toán ra quyết định nhiều giai đoạn.

Đặc trưng nhiều giai đoạn của tối ưu hóa động có thể được minh họa bằng một sơ đồ rời rạc đơn giản như sau:



Hình 1. Sơ đồ các giai đoạn

Bài toán ở đây là chọn một dãy các cung nối nhau đi từ trái sang phải, bắt đầu tại A (trạng thái ban đầu) và kết thúc tại I (trạng thái kết thúc), sao cho tổng các giá trị của các cung thành phần là cực tiểu. Dãy các cung như vậy sẽ tạo thành một quỹ đạo tối ưu.

Như vậy bất kể các biến là rời rạc hay liên tục, một dạng bài toán tối quy hoạch động đơn giản gồm các thành phần cơ bản sau đây:

- Một điểm đầu và 1 điểm cuối đã cho.
- Một tập các đường đi (quỹ đạo) chấp nhận được từ điểm đầu tới điểm cuối.
- Một tập các giá trị của đường đi (quỹ đạo)

dùng làm các chỉ số đánh giá kết quả thực hiện (chi phí, lợi nhuận,...) gắn với các đường đi khác nhau.

- Một mục tiêu được chỉ định: cực đại hoặc cực tiểu giá trị của đường đi, bằng cách lựa chọn đường đi (quỹ đạo) tối ưu

2.2. Thành phần trong bài toán tối ưu hóa động

2.2.1. Biến điều khiển

Trong lý thuyết này thì bài toán **tối ưu hóa động** (TUHD) được đặt ra dưới dạng bài toán điều khiển tối ưu, ở đây có một số biến được dùng làm công cụ tối ưu hóa đó là biến điều khiển.

Biến điều khiển có hai tính chất cơ bản:

- Thứ nhất, nó là biến mà chúng ta có thể lựa chọn tự do theo ý mình.

- Thứ hai, biến điều khiển có ảnh hưởng đến biến trạng thái tại mỗi giai đoạn của quá trình.

Ví dụ trong bài toán xã hội muốn tối đa hóa tổng lợi ích nhận được từ việc sử dụng tài nguyên trong một khoảng thời gian cho trước $[0, T]$ (ở đây là thời gian liên tục). Nếu trữ lượng cuối không bị giới hạn, thì bài toán tối ưu hóa động sẽ ở dưới dạng sau:

Hàm giá trị mục tiêu cực đại:

$$\int_0^T U(E)e^{-\rho t} dt$$

Với ràng buộc $\frac{\partial S}{\partial t} = -E(t)$

Và $S(0) = S_0$ $S(T)$ tự do (S_0, T cho trước)

Ở mô hình đơn giản này, chỉ có biến điều khiển E được đưa vào trong hàm mục tiêu của mô hình. Biến trạng thái S của kho tài nguyên phụ thuộc vào biến điều khiển E .

Kết quả quan trọng nhất trong lý thuyết điều khiển tối ưu là điều kiện cần cấp một cho lời giải của bài toán, được gọi là nguyên lý cực đại, hay còn được gọi là nguyên lý Pontryagin. Nguyên lý cực đại được phát biểu trên khái niệm hàm **toán tử** Hamilton và biến hiệp trạng thái.

2.2.2. Biến trạng thái và hàm Hamilton

Có 3 loại biến trình bày trong bài toán: t (thời gian), y (trạng thái), u (điều khiển). Trong khi giải bài toán còn xuất hiện thêm một loại biến khác, đó là biến trạng thái λ . Biến trạng thái gần giống nhân tử Lagrange, và vì vậy về bản chất nó đóng vai trò “giá bóng” để đánh giá tầm quan trọng của biến trạng thái đối với mục tiêu cực đại. Các biến y, u, λ có thể lấy các giá trị khác nhau tại các thời điểm khác nhau.

Biến trạng thái được đưa vào bài toán điều khiển tối ưu thông qua hàm Hamilton, có vai trò nổi bật trong khi giải. Hàm Hamilton (ký hiệu là H) được biểu diễn như sau:

$$H(t, y, u, \lambda) \equiv \lambda_0(t)F(t, y, u) + \lambda(t)f(t, y, u)$$

H là hàm của bốn đối số: y, t, u, λ . Trong đó λ_0 là một hằng số không âm, cũng chưa xác định. Tuy nhiên trên thực tế tình huống λ_0 bằng 0 xảy ra chỉ trong những hoàn cảnh bất thường nào đó mà lời giải của bài toán thực sự độc lập với hàm lấy tích phân F , nghĩa là hàm F không có ảnh hưởng gì đối với quá trình giải. Hầu hết các bài toán gặp trong kinh tế học là những bài toán mà hàm F có ảnh hưởng, do đó các nhà kinh tế giả thiết $\lambda_0 > 0$, rồi chuẩn hóa nó bằng 1.

2.3. Hàm mục tiêu phát điện

Công suất của trạm thủy điện xác định theo công thức:

$$N = 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

Trong công thức (1) lưu lượng Q và cột nước H đã trừ đi mọi tổn thất về lưu lượng và cột nước. Mặt khác để thể hiện tổn thất qua máy móc thiết bị trong công thức còn có hệ số η . Hệ số η được gọi là hiệu suất của trạm thủy điện (hoặc hiệu suất phát điện. Hiệu suất bao giờ cũng nhỏ hơn 1 và bằng: $\eta = \eta_{mf} \cdot \eta_{tb} \cdot \eta_{trd}$ (2)

Trong đó: η_{tb} : Hiệu suất turbine

η_{mf} : Hiệu suất máy phát

η_{trd} : Hiệu suất truyền động

Nếu turbine và máy phát nối trực tiếp (liên tục) thì $\eta_{trd} = 1$

Công thức (1) có thể viết dưới dạng:

$$N = K \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

Trong đó: $K = 9,81 \cdot \eta$

Thông thường khi tính toán thủy năng, chưa chọn được thiết bị, nên chưa xác định được η một cách cụ thể (vì $\eta = f(Q, H)$, mà Q và H luôn thay đổi trong quá trình vận hành).

Điện lượng E của trạm thủy điện là điện lượng thực tế mà trạm thủy điện phát ra đầu thanh cái máy phát. Trị số này phụ thuộc vào công suất và thời gian làm việc của trạm. Dạng chung để tính điện lượng của trạm là:

$$E = \int_0^t N \cdot dt \quad (4)$$

Trong đó t: thời gian mà trạm làm việc với công suất N; n: Số thời đoạn làm việc

Khi đó, hàm mục tiêu cho phát điện sẽ được tính theo công thức sau:

$$\text{Lợi ích phát điện (B}_{pd}) = E \cdot P_{\text{điện}} \quad (5)$$

Trong đó E là sản lượng điện tạo ra; P là Giá 1 kWh điện. Trong trường hợp này, bài báo coi lợi ích phát điện là giá trị mà việc phát điện tạo ra do sử dụng nước từ hệ thống sông Lô – Gâm

$$U_j = \int_0^{w_j} (AW + B)dw \quad (j = 1,2,3 \text{ là các kênh tưới xét trong 1 tháng}). \quad (6)$$

$$\text{Hay } U_j = \frac{1}{2} AW_j^2 + BW_j \quad (7)$$

Trong đó: A là hệ số góc của đường cầu tháng

B là hệ số chặn của đường cầu tháng

W là tổng lượng nước sử dụng để tưới cho tháng đó

Tổng Lợi ích từ nước tưới mỗi tháng sẽ là tổng lợi ích của nước tưới của các kênh cộng lại (công thức 8) và Tổng lợi ích từ nước mỗi năm là tổng lợi ích nước tưới từ mỗi tháng (công thức 9):

$$U_i = \sum U_j \quad (8)$$

$$U = \sum U_i \rightarrow \text{Max} \quad (9)$$

Trong đó: j là kênh tưới; i là các tháng trong năm

2.5. Các ràng buộc

(i) Ràng buộc về cân bằng nước trong hồ chứa:

$$S_{n+1} - S_n = QF_n - BH_n - d_n$$

Trong đó: n là thời đoạn tính toán (tháng); S là dung tích trữ trong hồ; QF là lượng nước đến; BH là lượng nước bốc hơi; d là lượng nước xả trong thời đoạn tính toán đó.

Hoặc có công thức biến đổi sau:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = QF_{(t)} - BH_{(t)} - d_{(t)}$$

Trong đó:

S là trữ lượng nước trong hồ (đơn vị triệu m³)

– Chảy, tạm thời không xem xét đến chi phí sản xuất của việc phát điện.

2.4. Hàm mục tiêu cho tưới

Lợi ích tưới sẽ là tổng lợi ích tưới của 12 tháng trong năm của từng năm. Lợi ích tưới của từng tháng sẽ được tính ra từ đường cầu riêng của mỗi tháng tại mỗi kênh. Phần diện tích dưới đường cầu chính là lợi ích của tưới.

Lợi ích của nước tưới của 1 kênh trong 1 tháng sẽ là:

QF_(t) là dòng nước chảy đến hồ theo thời gian (đơn vị triệu m³)

BH_(t) là lượng nước bốc hơi theo thời gian (đơn vị triệu m³)

d_(t) là lượng nước xả ra theo thời gian (đơn vị triệu m³)

Với điện thì d_(t) là lượng nước chảy qua tuabin

Với nông nghiệp thì d_(t) sẽ là lượng tưới + xả thừa.

Vì số liệu cung cấp giữa các yếu tố đầu vào tuân theo các khoảng thời gian là các tháng nên chuyển phương trình ràng buộc từ phương trình vi phân sang phương trình sai phân với Δt = 1:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = S_{n+1} - S_n = QF_n - BH_n - d_n$$

(ii) Ràng buộc về giới hạn dung tích hồ chứa

$$S_t < S_{\text{maxt}}$$

Trong đó: S_{maxt} là dung tích lớn nhất của hồ chứa tại thời đoạn t; S_t là dung tích hồ chứa tại thời đoạn t

(iii) Ràng buộc về cao trình mực nước tại hồ
 $H_t > H_{\text{mint}}$

Trong đó: H_{mint} là cao trình mực nước tối thiểu của hồ tại thời đoạn tính toán t; H_t là cao trình mực nước của hồ tại thời đoạn tính toán t

(iv) Ràng buộc về lưu lượng nước đảm bảo cung cấp tưới nông nghiệp

$$Q_{\text{xả}} \geq Q_{\text{tưới}}$$

Trong đó: $Q_{\text{xả}}$ là lưu lượng xả từ hệ thống hồ chứa; $Q_{\text{tưới}}$ là lưu lượng nước tưới cho nông nghiệp.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Sử dụng tối ưu hóa động cho bài toán phân bổ tối ưu hóa lợi của nước cho các ngành, nghiên cứu điển hình ở lưu vực sông Lô – Gâm – Chày.

Ứng dụng mô hình tối ưu hóa động cho bài toán phân bổ nước:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{\text{pd}} + \mathbf{U}$$

Trong đó: B là tổng lợi ích từ việc cấp nước
 B_{pd} là lợi ích từ việc phát điện

U là lợi ích tưới cho sản xuất nông nghiệp

Áp dụng phần mềm lingo vào tính toán thu được kết quả:

- Tổng lợi ích một năm thu được do nước đem lại là: 994.195,7 triệu đồng

- Lợi ích của nông nghiệp là: 403.658,8 triệu đồng

- Lợi ích của phát điện là: 590.536,9 triệu đồng.

Để đáp ứng được hàm mục tiêu trên, các hồ Thác Bà và Tuyên Quang cần xả nước theo lượng nước như sau:

Bảng 1. Tổng hợp kết quả xả nước từng tháng của 2 hồ Thác Bà và Tuyên Quang

Tháng	HỒ TUYÊN QUANG			HỒ THÁC BÀ		
	Tổng lượng xả	Tưới	Xả thừa	Tổng lượng xả	Tưới	Xả thừa
1	1329,846	0,55	1329,296	535,258	0,496	534,762
2	1348,187	18,891	1329,296	557,218	22,456	534,762
3	899,0083	12,811	886,1973	371,839	15,229	356,61
4	903,5773	17,38	886,1973	377,27	20,66	356,61
5	903,3913	17,194	886,1973	377,089	20,439	356,65
6	454,969	11,871	443,098	188,89	10,155	178,735
7	495,051	51,953	443,098	223,18	44,445	178,735
8	491,919	48,821	443,098	220,311	41,776	178,535
9	465,811	22,713	443,098	197,666	19,431	178,235
10	887,9433	1,746	886,1973	358,225	1,575	356,65
11	1330,187	0,891	1329,296	535,565	0,803	534,762
12	1330,488	1,192	1329,296	535,836	1,074	534,762
TỔNG	10840,38	206,013	10634,3652	4478,347	198,539	4279,808

Bảng 2. Tổng hợp kết quả xả nước tại mỗi tháng ở các khu tưới do 2 hồ cung cấp từ tháng 1 đến tháng 6

KHU TƯỚI		Mức nước tưới cho từng khu ở mỗi tháng					
		Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6
SÔNG GÂM	G4	0,344	6,53	4,429	6,0087	5,944	5,18
	G5	0,101	6,611	4,483	6,082	6,017	3,474
	G6	0,105	5,75	3,899	5,29	5,233	3,217

KHU TƯỚI		Mức nước tưới cho từng khu ở mỗi tháng					
		Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6
SÔNG CHẢY	C3	0,322	6,052	4,104	5,568	5,509	3,039
	C4	0,122	10,629	7,208	9,779	9,674	4,652
	C5	0,052	5,775	3,917	5,313	5,256	2,464
SÔNG LÔ	L1	0,739	0,877	0,595	0,807	0,733	2,335
	L2	0,364	3,616	2,452	3,327	3,291	3,965
	L3	0,467	5,611	3,805	5,162	5,107	4,98
	L4	0,376	16,107	10,923	14,818	14,659	8,445
	L5	0,124	3,143	2,131	2,891	2,86	1,881
	L6	0,089	5,75	3,899	5,29	5,233	2,032
	L7	0,053	5,738	3,892	5,279	5,223	2,511
	L8	0,133	7,604	5,157	6,996	6,921	3,202
	L9	0,053	3,321	2,252	3,055	3,022	1,061
	L10	0,042	5,346	3,625	4,918	4,865	1,867

Bảng 3. Tổng hợp kết quả xả nước tại mỗi tháng ở các khu tưới do 2 hồ cung cấp từ tháng 7 đến tháng 12

KHU TƯỚI		Mức nước tưới cho từng khu ở mỗi tháng					
		Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
SÔNG GÂM	G4	22,67	21,303	9,911	1,092	0,557	0,746
	G5	15,204	14,287	6,647	0,321	0,164	0,219
	G6	14,079	13,231	6,155	0,333	0,17	0,227
SÔNG CHẢY	C3	13,301	12,499	5,815	1,022	0,521	0,697
	C4	20,259	19,132	8,901	0,388	0,198	0,265
	C5	10,785	10,135	4,715	0,165	0,084	0,112
SÔNG LÔ	L1	10,217	9,601	4,467	2,348	1,198	1,603
	L2	17,353	16,307	7,586	1,156	0,59	0,789
	L3	21,792	20,479	9,527	1,484	0,757	1,013
	L4	36,959	34,731	16,158	1,195	0,609	0,816
	L5	8,232	7,736	3,599	0,393	0,201	0,268
	L6	8,891	8,355	3,887	0,284	0,145	0,194
	L7	10,987	10,325	4,803	0,17	0,087	0,116
	L8	14,014	13,169	6,126	0,422	0,215	0,288
	L9	4,645	4,365	2,031	0,17	0,087	0,116
	L10	8,17	7,6758	3,572	0,133	0,068	0,091

4. KẾT LUẬN

Áp dụng bài toán tối ưu hóa động vào bài toán phân bổ nước giữa các ngành là một hướng đi mới, nhất là trong điều kiện các hồ

chứa ở miền Bắc có nhiệm vụ chính là tưới và cung cấp nước cho nông nghiệp, phát điện. Đặc điểm chính của nghiên cứu là bước đầu xây dựng nên mô hình tối ưu hóa động

cho vấn đề phân bổ nước để xác định được lợi ích ước tính đạt được qua mỗi năm trong đường tăng trưởng của tổng lợi ích và giá trị thời kì kế hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Khắc Minh (2004). *Tối ưu hóa động trong phân tích kinh tế*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Cuong Le Van (2011). *Dynamic optimization*, Paris 1, CH Pháp.
- C. Chiang, Kevin Wainwright (2005). *Fundamental methods of Mathematical Economics*, Fourth Edition.
- Roger Perman, Yue Ma, James McGilvray, Michael Common (2003). *Natural Resource and Environmental Economics Third Edition*, UK.

Abstract

THEORY OF DYNAMIC OPTIMIZATION AND MODEL APPLY FOR IRRIGATION, HYDROPOWER OPERATION SYSTEM

Water resources are reduced in weight due to climate change, human overexploitation. To meet the needs of socio-economic development, the increasing demand for water in the future needs to make optimal use of water resources. To use the water effect, for the media with the task with the level of the water, and the power of, the powerpoint of the feature, the resource water is the very need, from that is give up the solution for the math planning and effects water resource management. This is a study of center to the basic theory for the worksheet using the Optimization of the model in the state of plug-in. The result of this NC is to build the basis of persuasion and power generation in terms of a multi-reservoir system and application in the Lo - Gam - Chay river basin.

Keywords: Dynamic optimization, power generation, multi-reservoir.

Ngày nhận bài: 07/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 05/8/2022