

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SỐ ĐỊA HÌNH ĐỂ TÍNH THỂ TÍCH HỒ CHỨA CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

KS. TÔ THỊ PHONG LAN

Công ty Cổ Phần Tư Vấn Xây dựng Điện 1
Tập đoàn Điện lực Việt Nam

Tóm tắt:

Bài báo phân tích các phương pháp tính dung tích hồ chứa và đề xuất phương pháp tính dung tích phù hợp để khai thác tối ưu ứng dụng của mô hình số địa hình, một công nghệ số phổ biến và tiện dụng hiện nay sao cho phù hợp với thực tế xây dựng công trình thủy điện.

Đối với các công trình thủy điện và thủy lợi, khi xây đập trên sông thì mực nước tự nhiên của sông sẽ dâng lên đến độ cao của mực nước chuẩn thiết kế, tạo ra hồ chứa ở phía thượng lưu của đập. Tính toán dung tích hồ chứa là một công đoạn quan trọng, kết quả tính toán phải đạt được độ chính xác nhất định để đáp ứng được yêu cầu thiết kế hệ thống các đập chính, đập phụ, nhà máy, tuyến năng lượng...

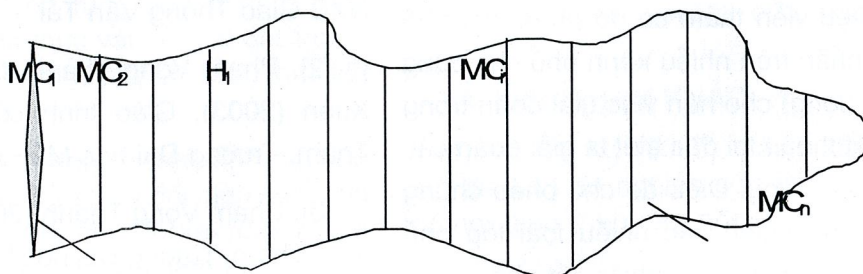
Có nhiều phương pháp tính thể tích, nhưng để tính dung tích (thể tích) hồ chứa, người ta thường sử dụng hai phương pháp cơ bản sau:

- Phương pháp tính thể tích theo phân lớp mặt cắt
- Phương pháp tính thể tích theo phân lớp đường đồng mức

1. Tổng quan về các phương pháp tính thể tích

1.1. Phương pháp mặt cắt

Khi thiết kế công trình thủy điện đến cao trình H_1 và ranh giới diện tích hồ chứa trong phạm vi ngập được xác định trên bản đồ



Hình 1: Tính dung tích vùng hồ theo phân lớp mặt cắt địa hình

a. Xác định ranh giới hồ chứa

Ranh giới vùng hồ được tạo bởi tập hợp n điểm có tọa độ (x_i, y_i) được nối với nhau bằng các đoạn thẳng tạo thành đường khép kín. Tọa độ x_i, y_i được xác định trực tiếp trên bản đồ địa hình do chủ nhiệm thiết kế cung cấp.

b. Xác định giao điểm các mặt cắt với đường ranh giới

Chia vùng hồ bằng hệ thống mặt cắt song song và cách đều nhau. Để thuận lợi cho việc quản lý dữ liệu và lập trình cũng như xác định giao điểm nhanh chóng chúng tôi nhận thấy có hai cách chọn vị trí các mặt cắt đơn giản như sau:

- 1- Vị trí các mặt cắt song song với trục Y và cách nhau một khoảng bằng d.
- 2- Vị trí các mặt cắt song song với trục X và cách nhau một khoảng bằng d.

Các mặt cắt nêu trên có phương trình đường thẳng với dạng tương ứng:

$$\begin{aligned} x &= x_{\min} + iL, \text{ với mặt cắt song song với trục hoành} \\ y &= y_{\min} + iL, \text{ với mặt cắt song song với trục tung} \end{aligned} \tag{1.1.1}$$

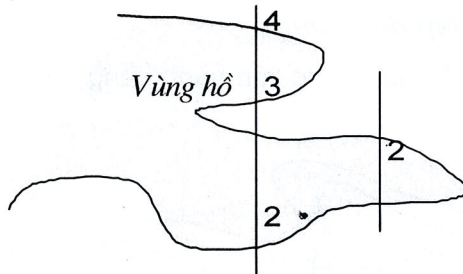
trong đó: x_{\min} y_{\min} là giá trị tọa độ x và y nhỏ nhất trong tập hợp các điểm ranh giới vùng hồ: $i=1 \dots n$ với $n=(x_{\max}-x_{\min})/L$ hoặc $n=(y_{\max}-y_{\min})/L$.

L là giá trị khoảng chia trên mặt cắt.

Tọa độ điểm đầu và cuối của các mặt cắt được xác định là giao điểm của phương trình đường thẳng $x=x_{\min}+iL$ (hoặc $y=y_{\min}+iL$) với tập hợp các phương trình đường thẳng ranh giới vùng hồ $y=a_i x + b_i$.

Trong trường hợp tổng quát, số lượng giao điểm giữa mỗi mặt cắt và đường bao hồ luôn là chẵn. Khi sắp xếp và đánh số các giao điểm theo thứ tự tăng dần (của tung độ y) từ 1 đến n.

Chúng ta dễ dàng nhận thấy: đoạn mặt cắt nằm phía trong hồ sẽ được nối từ điểm có số hiệu lẻ đến điểm có số hiệu chẵn, các đoạn nối từ điểm chẵn đến điểm lẻ nằm ngoài vùng hồ.



Hình 2: Xác định giao điểm mặt cắt với ranh giới

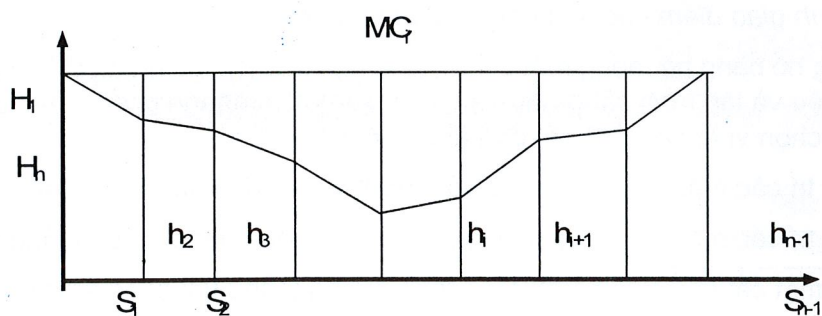
c. Xây dựng cơ sở dữ liệu mặt cắt địa hình

Sau khi xác định vị trí điểm đầu, điểm cuối các mặt cắt, dựa vào mô hình nội suy để xây dựng cơ sở dữ liệu cho các mặt cắt như đã giới thiệu ở phần 3.3 xác định được tọa độ, độ cao, sai số nội suy, khoảng cách cộng dồn của mặt cắt.

d. Tính diện tích các mặt cắt địa hình theo hình vẽ 3

Diện tích phần ngập nước tại các mặt cắt được tính theo công thức (hình 3).

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_i \quad \text{với} \quad S_i = \frac{(h_i + h_{i+1})}{2} L \tag{1.1.2}$$



Hình 3: Tính diện tích mặt cắt MC_i

e. Tính thể tích khối nước giữa 2 mặt cắt kế tiếp

Nếu bỏ qua độ nhám của đường biểu diễn mặt cắt thì thể tích hai mặt cắt liên kế (thứ m và m+1) được tính theo công thức gần đúng sau:

$$V_{m,m+1} = \frac{(S_m + S_{m+1})}{2} d \quad (1.1.3)$$

Trong đó d là khoảng cách giữa hai mặt cắt

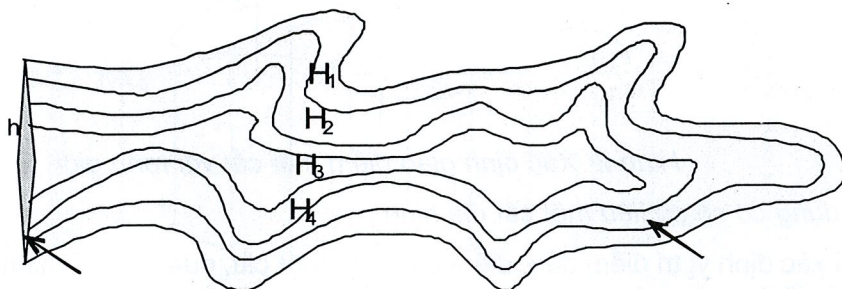
g. Tính dung tích vùng hồ

Sau khi tính thể tích con giữa hai mặt cắt liên tiếp kể từ mặt cắt đầu tiên cho đến mặt cắt cuối cùng, dung tích vùng hồ được tính là tổng thể tích các mặt cắt liên kế theo công thức:

$$V_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N V_i$$

1.2. Phương pháp phân lớp đồng mức

Công tác đo vẽ khu vực hồ chứa được tiến hành bằng phương pháp đo vẽ ảnh lập thể hoặc phương pháp toàn đạc.



Dung tích chung hồ chứa xác định bằng cách lấy tổng của dung tích các lớp nước giữa hai đường đồng mức kế tiếp (kể từ độ cao nhỏ nhất của hồ đến cao độ bề mặt hồ) theo công thức:

$$V_0 = \sum_{H_{\min}}^{H_{\max}} v_i \quad (1.2.1)$$

Trong đó, dung tích lớp nước giữa 2 đường đồng mức (v_i) kế tiếp có thể được tính như

sau:

$$v_i = \frac{P_i + P_{i+1}}{2} h \quad (1.2.2)$$

Với: P_i và P_{i+1} - diện tích giới hạn bởi hai đường đồng mức kế tiếp trên bản đồ và được xác định bằng máy đo diện tích hoặc số hoá và tính diện tích.

Nếu xem bề mặt xung quanh của khối dung tích nằm giữa hai đường đồng mức kế tiếp như là bề mặt của một hình nón cụt, có các diện tích đáy là P_i và P_{i+1} thì có thể tính khối dung tích đó theo công thức chính xác hơn:

$$v' = \frac{P_i + P_{i+1} + \sqrt{P_i \cdot P_{i+1}}}{3} h \quad (1.2.3)$$

Hiệu số giữa các dung tích con tính theo công thức (1.2.2) và (1.2.3) là:

$$\Delta v = v - v' = \frac{(\sqrt{P_i} - \sqrt{P_{i+1}})^2}{6} h \quad (1.2.4)$$

Hiệu số này luôn dương và bởi vậy công thức (1.2.3) luôn cho một dung tích lớn hơn so với dung tích tính theo (1.2.2). Trị tương đối $\Delta v/v$ phụ thuộc vào tỷ số diện tích P_i/P_{i+1}

Để xác định chính xác hơn thể tích hồ chứa, giáo sư Glôtôv đề nghị thiết lập quan hệ hàm số giữa diện tích ngập và sự thay đổi độ cao: $p=f(H)$. Quan hệ này có thể là tuyến tính, hàm parabol, hoặc hàm mũ và được xác định nhờ thực nghiệm. Các hệ số của các dạng hàm trên được xác định theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất nhờ sử dụng độ cao của các điểm trắc địa hoặc là các điểm trên đường đồng mức. Dung tích lớp nước từ độ cao H_1 đến H_2 được tính theo công thức:

$$v = \int_{H_1}^{H_2} p dH = \int_{H_1}^{H_2} f(H) dH \quad (1.2.5)$$

Và dung tích toàn phần của hồ chứa:

$$V_0 = \int_{H_{\min}}^{H_{\max}} f(H) dH \quad (1.2.6)$$

Với hàm parabol bậc 2: $p = f(H) = a+bH+cH^2$, chúng ta có

$$V_0 = \int_{H_{\min}}^{H_{\max}} (a+bH+cH^2) dH \quad (1.2.7)$$

Từ đó suy ra

$$V_0 = aH_n + \frac{bH_n^2}{2} + \frac{cH_n^3}{3}$$

trong đó: $H_n = H_{\max} - H_{\min}$

Ở những vùng trũng, một số đường đồng mức đóng kín tạo với đáy hồ những khối dung tích lõm, có thể xem chúng như những khối chỏm cầu và xác định dung tích theo công thức:

$$V_{cc} = \frac{P \cdot h}{2} \quad (1.2.8)$$

Trong đó P - diện tích đáy của chỏm cầu (S của đường đồng mức đóng kín)
h - chiều cao của chỏm cầu.

Trên bản đồ địa hình, dung tích hồ chứa được tính với độ chính xác khoảng 3-5%, bằng phương pháp chính xác của giáo sư Glôtôv có thể đạt 1,5-2%.

2. Ứng dụng mô hình số địa hình để lựa chọn phương pháp tính thể tích hồ chứa phù hợp với thực tế xây dựng công trình thủy điện

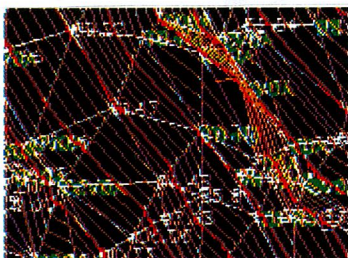
Đặc thù công trình thủy điện là cần tạo ra một vùng hồ chứa rộng lớn phía thượng lưu và được chặn bởi con đập phía hạ lưu để tạo ra cột nước lớn làm quay tua bin chạy thủy điện. Việc tính toán dung tích hồ chứa là một hạng mục công việc rất quan trọng trong công tác thiết kế, tính toán khối lượng cũng như trong công tác thủy văn phục vụ đền bù, di dân, tái định cư, xác định lưu lượng nước tối đa, tối thiểu... Một thực tế là hồ chứa là một vùng ngập rộng lớn nên việc tính dung tích theo phương pháp phân lớp mặt cắt có những hạn chế riêng vì nếu sử dụng các mặt cắt đo ngoài thực địa không thể thực hiện tính toán chính xác được bởi khoảng cách giữa các mặt cắt là quá lớn, không đủ dữ liệu tính toán, kể cả khi thực hiện theo đúng quy trình thì khối lượng đo vẽ lại quá nhiều tốn kém và phi kinh tế. Nếu lập mặt cắt trên mô hình số địa hình thì lại là một công việc không cần thiết vì chỉ cần ta có mô hình số địa hình là có thể tính ra ngay được dung tích hồ chứa theo phương pháp phân lớp đường đồng mức bằng phần mềm chuyên dụng, miễn là xác định được cao trình đường viền hồ, thay bằng việc phải lập thêm các mặt cắt trên mô hình, sẽ tốn ít công sức hơn.

Thực nghiệm tính toán dung tích hồ chứa theo phương pháp phân lớp đường đồng mức bằng phần mềm chuyên dụng GEOPAK SITE như sau:

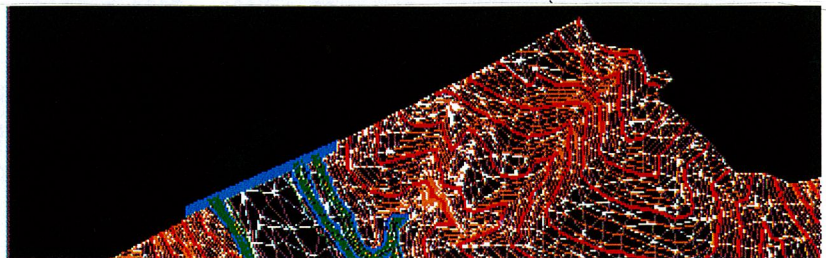
- Từ mô hình số địa hình đã xây dựng, xác định cao trình đường viền hồ bằng đường breakline vẽ lên mô hình
- Chỉnh biên lại lưới tam giác tạo ra một vùng khép kín toàn bộ đường viền hồ chứa xuống tới đáy sông
- Khai báo khoảng cao đều đường đồng mức, xác định cao trình lớn nhất và nhỏ nhất
- Mô hình tính được dung tích của hai đường đồng mức kề nhau
- Dung tích cần tính là tổng dung tích các đường đồng mức kề nhau.

Ví dụ minh họa

Từ đề cương cấm mốc viền hồ công trình thủy điện Khe Bó, ta xác định được cao trình cấm mốc viền hồ là từ đường bình độ 50m trở xuống, từ vị trí tuyến đập lên thượng lưu.



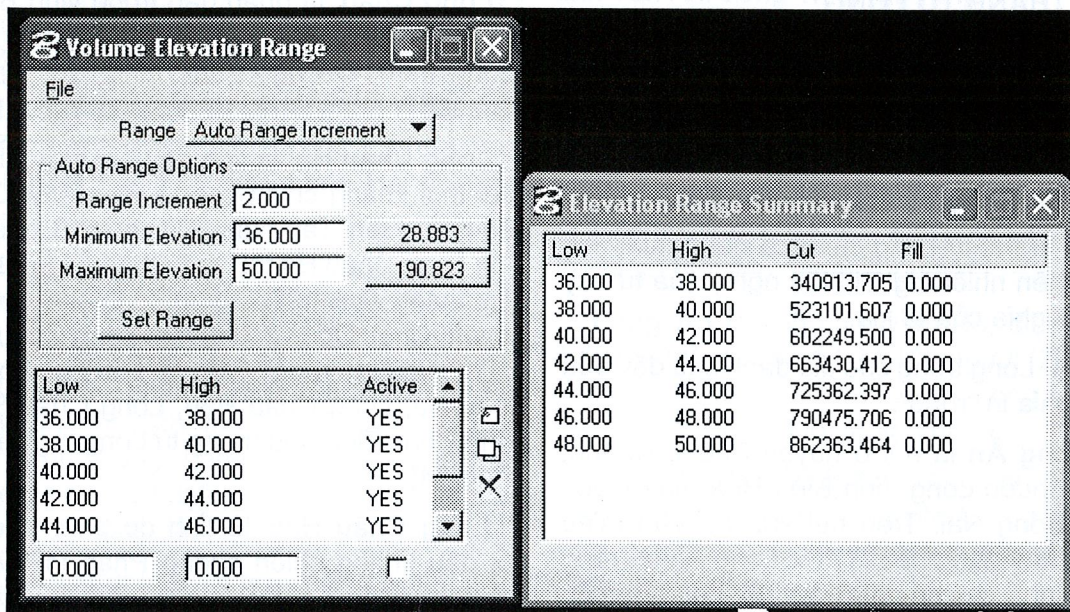
Hình 4: Phạm vi lòng hồ



Hình 5: Lưới tam giác đã được chỉnh biên và phạm vi lòng hồ

Trên hình 2.1, đường viền hồ chính là đường bình độ màu xanh. Để tính được dung tích hồ cần chỉnh lại biên của lưới tam giác từ vị trí tuyến đập trở xuống. Dùng lệnh Cut TIN để chỉnh biên lưới tam giác.

Sau khi đã chỉnh biên, ta tính được được dung tích hồ chứa như sau:



Dung tích cần tính là dung tích tổng của các đường đồng mức kế nhau tức là bằng 4507896.8 m³.○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan Văn Hiến và nnk (1999), *Trắc địa công trình*, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [2]. Bentley systems, *Microstaion 95 User's Guide*
- [3]. Bentley system, *GEOPAK 2001 Training Manual, User's Guide*
- [4]. Intergraph (January 1996), *MGE Modeler/Terrain analyst (MGM/MTA) Course guide*.○

Summary

APPLICATION OF THE DIGITAL TERRAIN MODEL TO CALCULATE THE VOLUME OF RESERVOIRS FOR HYDROPOWER PROJECTS.

Eng To Thi Phong Lan

The article analyses some methods to calculate reservoir's volume then propose a suitable solution to develop efficiently application of Digital Terrain Model as a useful popular digital technology in conforming to factual job on hydro power project construction.○