

XÂY DỰNG ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH HỒ CHỨA TỪ MÔ HÌNH SỐ HÓA ĐỘ CAO (DEM) CHO NHỮNG VÙNG KHÓ TIẾP CẬN SỐ LIỆU TRÊN LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

**Nguyễn Hoàng Sơn¹, Hoàng Thanh Tùng¹, Nguyễn Quang Kim¹
và Nguyễn Lương Bằng¹**

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng quy trình và chương trình tính toán xây dựng đường đặc tính hồ chứa ($Z \sim F$ và $Z \sim V$) từ mô hình số hóa độ cao (DEM) cho những hồ khó tiếp cận số liệu trên lưu vực Sông Mê Công bên ngoài lãnh thổ Việt Nam. Quy trình sau khi áp dụng thử nghiệm và đánh giá mức độ phù hợp cho 2 hồ PleiKrong và Sê San 4 ở Việt Nam được tính toán tiếp cho các hồ Nậm Theun 2 của Lào, Cảnh Hồng và Nọa Trác Độ của Trung Quốc là những hồ quan trọng trên dòng chính sông Mê Công. Các kết quả tính toán quan hệ $Z \sim F \sim V$ cho các hồ ngoài lãnh thổ Việt Nam có thể giúp ta tính toán, theo dõi giám sát được dung tích các hồ chứa từ ảnh vệ tinh. Từ đó dự báo và cảnh báo được nguồn nước về đồng bằng Sông Cửu Long để có các giải pháp thích ứng với hạn hán và xâm nhập mặn đang có xu thế ngày càng bất lợi trong tương lai.

Từ khóa: đường đặc tính hồ chứa ($Z \sim F$ và $Z \sim V$), mô hình số hóa độ cao (DEM), sông Mê Công

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trước đây việc xây dựng các quan hệ $Z \sim F \sim V$ phục vụ cho tính toán thiết kế hồ chứa, xây dựng quy trình vận hành được xây dựng từ bản đồ 1:50.000 hoặc 1:10.000. Thời gian gần đây, cùng với sự phát triển của kỹ thuật viễn thám, GIS, các loại dữ liệu không gian và dữ liệu mô hình số hóa độ cao DEM toàn cầu được ứng dụng nhiều trong thủy văn. Dữ liệu DEM có thể sử dụng trong việc tính toán hướng dòng chảy, độ dốc, phân cấp sông, diện tích và dung tích của hồ chứa. Các phần mềm GIS cung cấp các công cụ để tính toán diện tích, dung tích từ đường đồng mức, DEM hoặc TIN địa hình.

Hiện nay, dữ liệu ảnh viễn thám từ các vệ tinh đang hoạt động trên quỹ đạo quanh trái đất là rất lớn và với độ phân giải cao, trong đó dữ liệu có độ phân giải đến 10m đã được công bố công khai rộng rãi và hoàn toàn miễn phí. Dữ liệu mô hình số hóa độ cao DEM toàn cầu cũng đã được cung cấp miễn phí trên các trang web. Hiện nay ta có thể download dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau như DEM có độ phân giải không gian 90 m từ

trang web srtm.csi.cgiar.org, DEM 30 m, 90 m, 1 km từ earthexplorer.usgs.gov, và DEM 12,5 m từ nguồn dữ liệu của trang web asf.alaska.edu.

Các tính toán diện tích mặt hồ dựa vào nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh, dữ liệu DEM địa hình hiện nay tiết kiệm được nhiều thời gian và rất hiệu quả so với phương pháp khảo sát, thực hiện trực tiếp trên mặt đất. Ở Việt Nam, Nguyễn Quốc Hiệp, 2019 đã sử dụng ảnh viễn thám radar sentinel-1 để xây dựng đường đặc tính hồ chứa cho các hồ Ngàn Trươi, Sông Rác, Kê Gồ. Kết quả nghiên cứu này cho thấy sai số tương quan của dung tích tính toán, sai số trung bình đạt được 1%, 1,5% và 4,1% đối với hồ chứa sông Rác, Kết quả giải đoán xác định quan hệ $Z \sim W$ cho các hồ chứa có độ chính xác trên 95%. Trên cơ sở này có thể xác định nhanh chóng đường đặc tính cho các hồ chứa chưa xác định đường đặc tính lòng hồ chứa.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các bước tính toán quan hệ $Z \sim F \sim V$ của hồ chứa sử dụng mô hình số hóa độ cao DEM bao gồm các bước được tóm tắt trong hình 1 dưới đây:

¹ Đại học Thủy lợi, email: sonnh@tlu.edu.vn



Hình 1. Các bước tính toán tính toán quan hệ $Z \sim F \sim V$ của hồ chứa

Trong nghiên cứu này dữ liệu DEM 12,5 m từ nguồn ảnh ALOS PALSAR được lấy từ trang www.asf.alaska.edu. Dữ liệu ảnh này có từ năm 2006 đến 2011.

Sau khi có dữ liệu DEM từ ảnh ALOS PALSAR, để tiện cho việc tính toán ta chọn vùng lòng hồ cần tính toán và cắt ảnh DEM theo vùng lòng hồ riêng ra và chuyển về hệ tọa độ VN 2000, cao độ chuẩn quốc gia. Từ vị trí đập ta xác định mực nước cao nhất của hồ chứa. Từ dữ liệu DEM ta xác định mực nước thấp nhất trong hồ chứa. Từ mực nước lớn nhất và nhỏ nhất ở vùng lòng hồ thì ta có thể biết được cần chia ra bao nhiêu cấp mực nước. Nếu không xác định trước thì một số hồ có thể tính ít các điểm quan hệ quá hoặc có một số hồ có thể phải tính quá nhiều các điểm quan hệ $Z \sim F \sim V$.

Ứng với mỗi mực nước được xác định, ta lấy mực nước trừ đi DEM địa hình lòng hồ thì sẽ được diện tích phần ngập nước ứng với mực nước đó (giá trị mực nước trừ đi địa hình có thể ra độ sâu của hồ như hình 3, 7). Từ đó ta cũng tính được

dung tích hồ tương ứng với mực nước đó. Hoặc ta cũng có thể tính toán dung tích hồ ứng với các cấp mực nước. Tại mỗi một giá trị cao độ khác nhau thì có một giá trị về diện tích mặt nước tương ứng, đối với mực nước tại cao trình Z_i tương ứng với diện tích mặt nước là A_i ; đối với mực nước hồ tại cao trình Z_{i+1} thì tương ứng có diện tích mặt nước A_{i+1} . Từ sự thay đổi về giá trị cao độ và diện tích mặt nước tương ứng, sự thay đổi dung tích trữ của hồ chứa từ cao độ Z_i đến cao độ Z_{i+1} được tính toán theo công thức:

$$V_{i+1} = (A_i + A_{i+1} + \sqrt{A_i A_{i+1}}) \times (Z_{i+1} - Z_i) / 3 \quad (1)$$

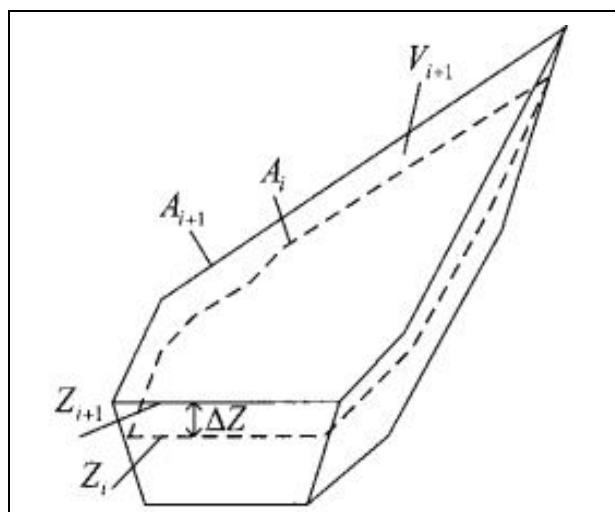
Với $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$

Trong đó: A_i, A_{i+1} : là giá trị diện tích mặt nước của hồ tại thời điểm i và $i+1$ được xác định từ việc tính toán dựa vào DEM

Z_i và Z_{i+1} là cao độ mực nước trong hồ tại thời điểm i và $i+1$, được tính toán dựa vào ảnh DEM

Tổng dung tích trữ V_t của hồ chứa tại cao trình mực nước Z_{i+1} được tính theo công thức:

$$V_t = \sum_{k=0}^i V_{k+1} \quad (2)$$



Nguồn: Peng, 2006

Hình 2. Sơ họa phương pháp tính toán chênh lệch dung tích hồ chứa giữa 2 cao trình mặt nước hồ

Từ các cao trình, diện tích và dung tích hồ tương ứng đã xác định, ta xây dựng được đường đặc tính hồ $Z \sim F \sim V$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Thu thập dữ liệu DEM

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thu thập số liệu DEM 12.5m ở khu vực các hồ nghiên cứu trên lưu vực Sông Mê Công, bao gồm các hồ Pleikrong và Sesan 4 ở Việt Nam (Bảng 1), hồ Namtheun 2 ở Lào (Bảng 2), hồ Cảnh Hồng và hồ Nọa Trắc Độ ở Trung Quốc (Bảng 3) để nghiên cứu xây dựng đường đặc tính lòng hồ (F~Z~V). Đường đặc tính 2 hồ Pleikrong và Sesan 4 được xây dựng khi thiết

kế hồ cũng được thu thập từ Quy trình vận hành liên hồ chứa Sông Sesan theo Quyết định 215/QĐ-TTg 2018 của Thủ tướng Chính Phủ ngày 13-02-2018 (Quy trình 215) nhằm mục đích so sánh với đường đặc tính được xây dựng từ DEM để đánh giá mức độ chính xác của quy trình xây dựng Z~F~V từ DEM.

Bảng 1. Các file dữ liệu DEM 12,5 m vùng lòng hồ Pleikrong và Sê San 4

TT	File ảnh	Ngày giờ chụp
1.	ALPSRP193070270	09/08/09, 15:31:28
2.	ALPSRP193070260 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	09/08/09, 15:31:20
3.	ALPSRP190590270 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	08/22/09, 15:29:15
4.	ALPSRP166230270	03/08/09, 15:30:13
5.	ALPSRP166230260 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	03/08/09, 15:30:05

Bảng 2. Các file dữ liệu DEM 12,5 m vùng lòng hồ Nam Theun

TT	File ảnh	Ngày giờ chụp
1.	ALPSRP234060340 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	06/16/10, 15:37:46
2.	ALPSRP119990340 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	04/25/08, 15:34:34
3.	ALPSRP086440340 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	09/08/07, 15:37:04
4.	ALPSRP073020340 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	06/08/07, 15:37:18

Bảng 3. Các file dữ liệu DEM 12,5 m vùng lòng hồ Nọa Trắc Độ (Nuazhadu) và Cảnh Hồng (Jinghong)

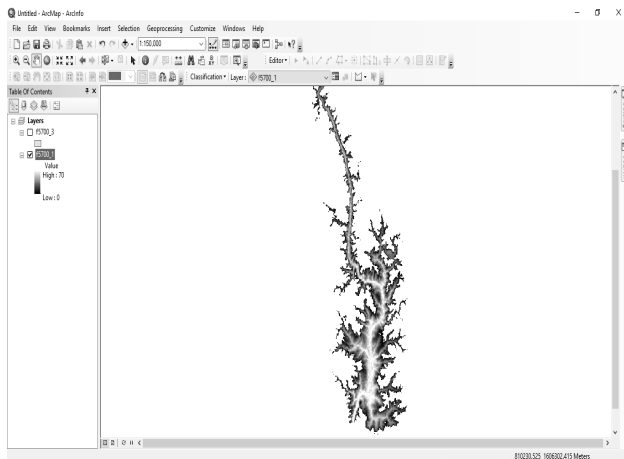
TT	File ảnh	Ngày giờ chụp
1.	ALPSRS169073350 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	03/28/09, 03:28:55
2.	ALPSRS114663400 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	03/20/08, 03:20:35
3.	ALPSRS114663350 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	03/20/08, 03:19:55
4.	ALPSRS061713350 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	03/23/07, 03:28:27
5.	ALPSRP163460250 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	02/17/09, 15:44:45
6.	ALPSRP160980240 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	01/31/09, 15:42:16
7.	ALPSRP049390240 <u>ALOS PALSAR</u> • L-Band	12/28/06, 15:44:14

3.2 Kết quả tính toán xây dựng đường đặc tính hồ Z~F~V từ DEM

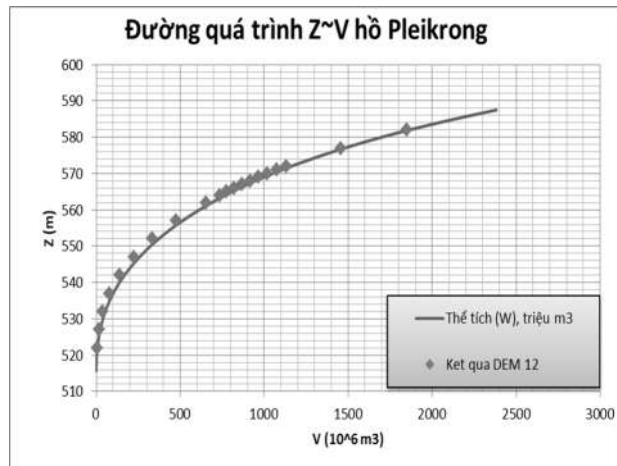
3.2.1 Kết quả tính toán đường đặc tính Z~F~V cho hồ PleiKrong và hồ Sesan 4

Từ dữ liệu DEM thu thập, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lập chương trình tính trong ArcGIS và tính toán thử nghiệm cho hồ PleiKrong và hồ Sê San 4 theo các bước đã nêu trong hình 1. Kết quả tính toán cho hồ Pleikrong (được minh họa tóm tắt

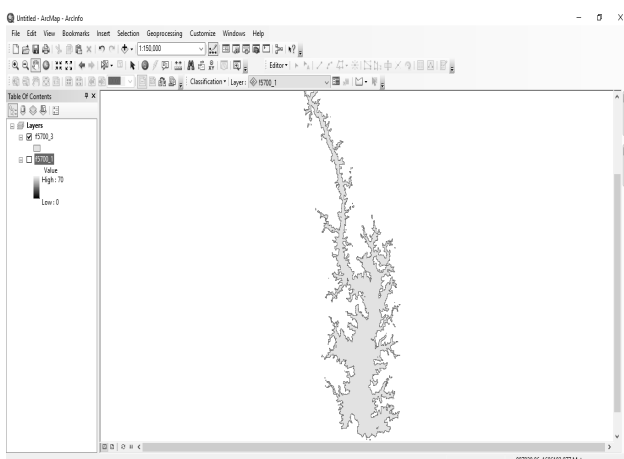
trong các Hình 3, 4, 5, 6), cho hồ Sesan 4 (được minh họa trong các hình 7, 8, 9, 10) cho thấy quy trình tính toán này phù hợp, có thể áp dụng cho những hồ khó tiếp cận và thu thập dữ liệu bên ngoài lãnh thổ Việt Nam trên lưu vực sông Mê Công; đặc biệt là những hồ mới được xây dựng trong khoảng 15 năm gần đây khi mà mô hình số hóa độ cao DEM đã được xây dựng trên toàn thế giới và có thể truy cập miễn phí.



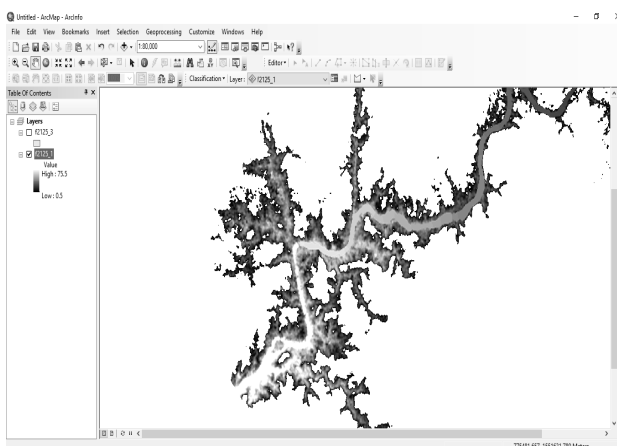
Hình 3. Minh họa độ sâu hồ PleiKrong nằm ở cao trình 570 m



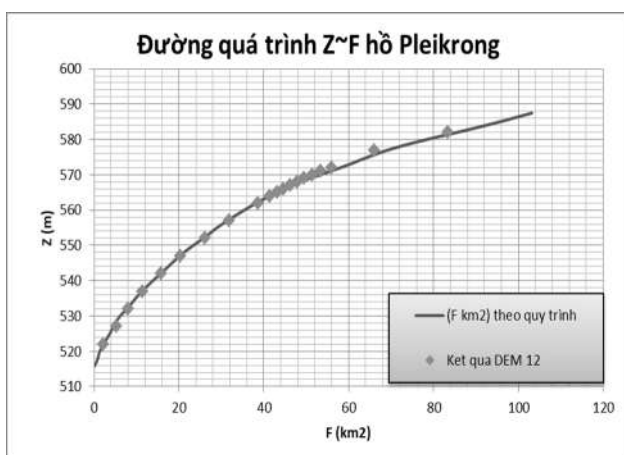
Hình 6. Đường quan hệ Z~V hồ Pleikrong được xây dựng từ DEM và đường trong thiết kế (Quy trình 215)



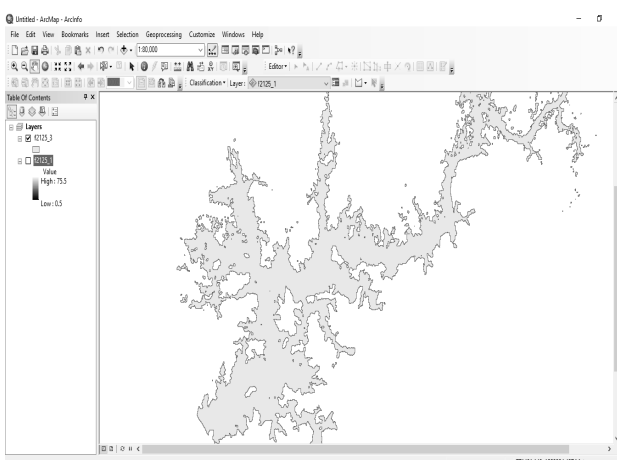
Hình 4. Minh họa diện tích mặt hồ PleiKrong ở cao trình 570 m



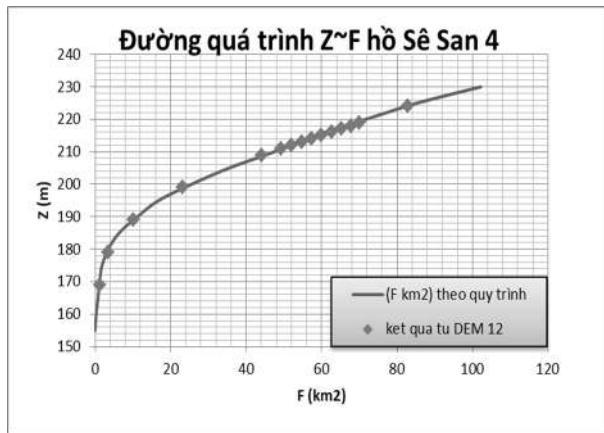
Hình 7. Minh họa độ sâu hồ Sê San 4 ở cao trình 212.5 m



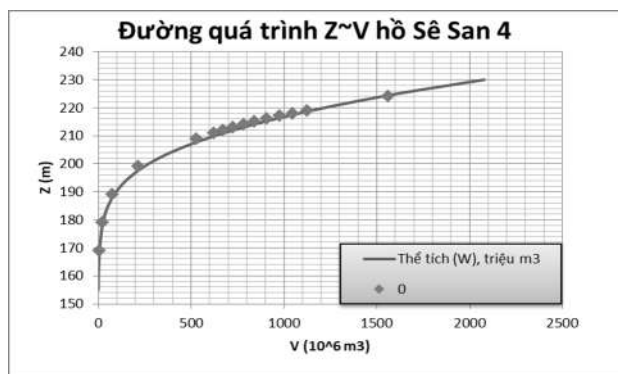
Hình 5. Đường quan hệ Z~F hồ Pleikrong được xây dựng từ DEM và đường trong thiết kế (Quy trình 215)



Hình 8. Minh họa diện tích mặt hồ Sê San 4 ở cao trình 212.5 m



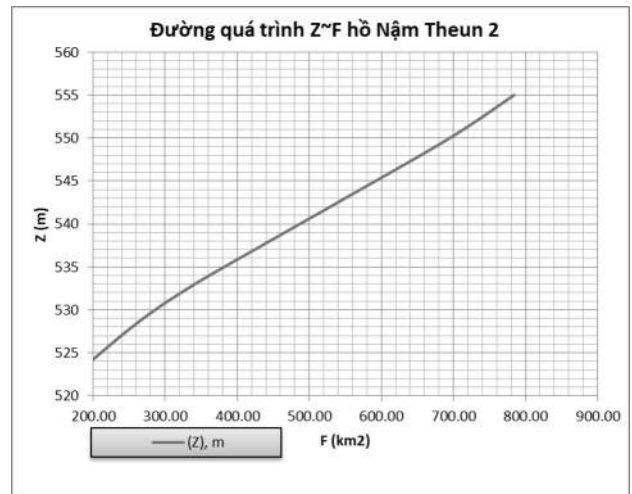
Hình 9. Đường quan hệ $Z\sim F$ hồ Sesan 4 được xây dựng từ DEM và đường trong thiết kế (Quy trình 215)



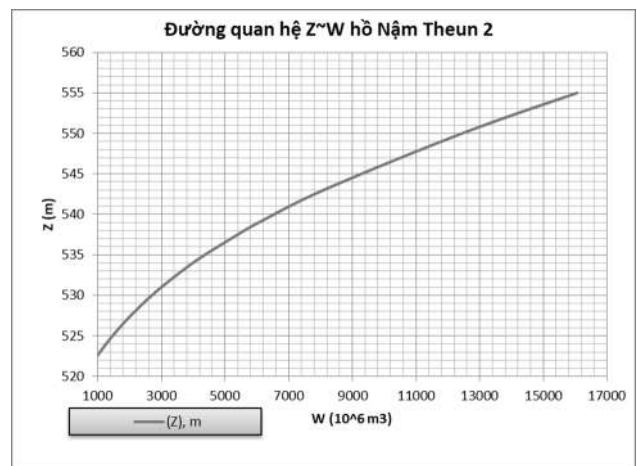
Hình 10. Đường quan hệ $Z\sim V$ hồ Sesan 4 được xây dựng từ DEM và đường trong thiết kế (Quy trình 215)

3.2.2. Kết quả tính toán $Z\sim F\sim V$ cho các hồ khó tiếp cận số liệu trên lưu vực Sông Mê Công bên ngoài lãnh thổ Việt Nam

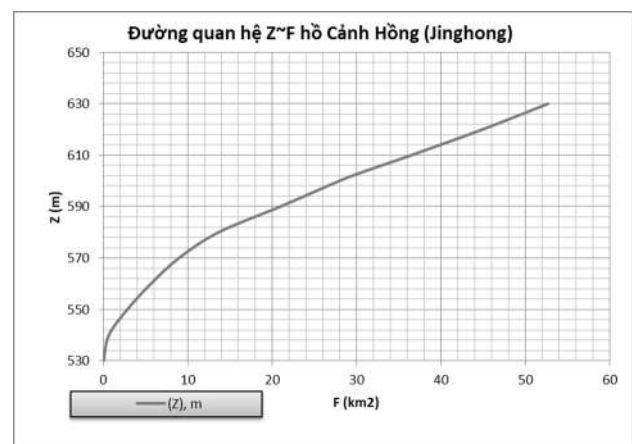
Sau khi tính toán và đánh giá kết quả xây dựng đường đặc tính $Z\sim F\sim V$ của các hồ Pleikrong, Sesan 4 là khá tốt, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán và xây dựng đường đặc tính cho các hồ khó tiếp cận số liệu trên lưu vực Sông Mê Công bên ngoài lãnh thổ Việt Nam với mục đích giám sát dung tích và mực nước các hồ chứa này từ ảnh vệ tinh (sẽ được trình bày trong một bài báo khác). Kết quả xây dựng đường đặc tính hồ Nậm Theun 2 của Lào được minh họa trong các hình 11, 12, hồ Cảnh Hồng và Nọa Trác Độ của Trung Quốc được minh họa trong các hình 13, 14, 15 và 16 tương ứng.



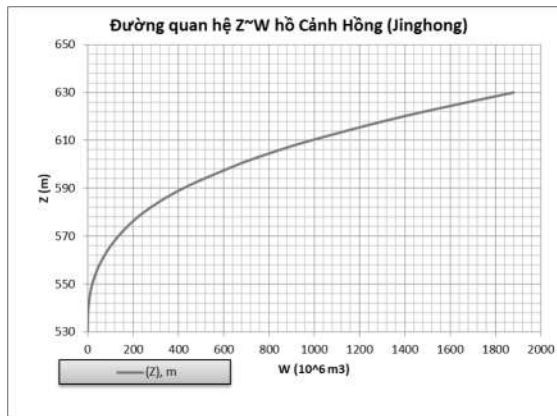
Hình 11. Đường quan hệ $Z\sim F$ hồ Nậm Theun 2 được xây dựng từ DEM 12.5m



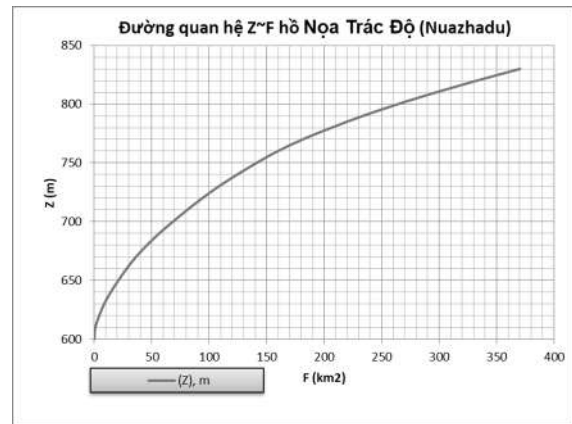
Hình 12. Đường quan hệ $Z\sim W$ hồ Nậm Theun 2 được xây dựng từ DEM 12.5m



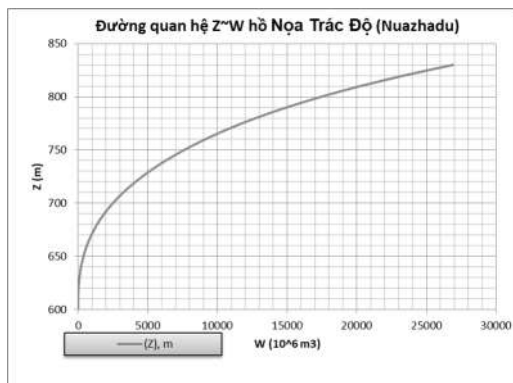
Hình 13. Đường quan hệ $Z\sim F$ hồ Cảnh Hồng được xây dựng từ DEM 12.5m



Hình 14. Đường quan hệ $Z \sim V$ hồ Cảnh Hồng được xây dựng từ DEM 12.5m



Hình 15. Đường quan hệ $Z \sim F$ hồ Nọa Trắc Độ được xây dựng từ DEM 12.5m



Hình 16. Đường quan hệ $Z \sim V$ hồ Nọa Trắc Độ xây dựng từ DEM 12.5 m

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng quy trình và chương trình tính toán trong ArcGIS đường đặc tính của hồ chứa ($Z \sim F \sim V$) từ DEM. Quy trình này sau khi áp dụng thử nghiệm và đánh giá mức độ phù hợp cho 2 hồ có số liệu ở Việt Nam là hồ Pleikrong và

Sesan 4 được áp dụng để tính toán và xây dựng đường đặc tính cho các hồ khó tiếp cận số liệu trên lưu vực sông Mê Công đó là hồ Nậm Theun 2 của Lào, các hồ Cảnh Hồng và Nọa Trắc Độ của Trung Quốc nhằm mục đích từng bước giám sát dung tích và mực nước các hồ quan trọng trên dòng chính của Sông Mê Công từ ảnh vệ tinh phục vụ việc cảnh báo và dự báo nguồn nước về Việt Nam.

Nghiên cứu sử dụng DEM 12,5 từ nguồn ảnh ALOS PALSAR. Các dữ liệu DEM này còn chênh lệch với bản đồ địa hình nên kết quả tính toán sẽ còn bị chênh lệch so với dữ liệu thực đo. Việc tính toán thể tích theo mặt cong trong GIS hay mặt phẳng khi tính theo bản đồ địa hình cũng cho kết quả tính toán khác nhau. Nghiên cứu cũng sẽ xem xét các phương pháp khác để nâng cao độ chính xác trong các nghiên cứu tiếp theo,

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Quốc Hiệp, Nguyễn Anh Hùng, *cách tiếp cận mới xây dựng đường đặc tính hồ chứa bằng việc sử dụng ảnh viễn thám radar sentinel-1*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn số tháng 10-2019, ISSN Print: 2525 - 2208
- D. Eilander, F. O. Annor, L. Iannini, and N. van de Giesen, "Remotely sensed monitoring of small reservoir dynamics: A Bayesian approach," *Remote Sens.*, vol. 6, no. 2, pp. 1191–1210, 2014.
- F. Baup, F. Frappart, J. Maubant, "Combining high-resolution satellite images and altimetry to estimate the volume of small lakes," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 18: 2007–2020, 2014.
- H. Gao, "Remote Sensing of Reservoir Storage using Altimetry Data and Satellite Imagery", 2012
- H. Lee, "Present-day lake level variation from Envisat altimetry over the Northeastern Qinghai-Tibetan plateau: links with precipitation and temperature. *Terrestrial.*" *Atmospheric and Oceanic Sciences*, vol. 22, no. 2, pp. 169-175, 2011.

- J. Magome, H. Ishidaira, and K. Takeuchi, "Method for satellite monitoring of water storage in reservoirs for efficient regional water management," Water Resour. Syst., no. 2, pp. 303–310, 2003.
- S. Gahlaut, "Determination of Surface water area using multitemporal SAR imager.", Master Thesis, Institute of Geodesy, University Stuttgart, 2015

Bài báo này là một phần kết quả của đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ giám sát tài nguyên nước mặt và cảnh báo hạn hán ở đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện thiếu số liệu quan trắc ở lưu vực sông Mê Công ngoài lãnh thổ Việt Nam". Mã số: KC.08.34/16-20

Abstract:

**ESTIMATE ELEVATION~AREA-STORAGE CURVE (Z~F~V)
OF RESERVOIR FROM DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)
FOR UNCOLLECTED DATA ON MEKONG DELTA**

This paper presents research results of procedure and calculated program to estimate Z~ F and Z~V relationship for reservoirs in hard-collected information regions from DEM. The results Z~ F and Z~V calculated from DEM for PleiKrong and Se San 4 reservoirs were assessed as good as them from designed document. The procedure was then used to calculate Z~ F and Z~V for some reservoirs in the Mekong River Basin such as Nam Theun reservoir in Laos, Jinghong and Nuazhadu reservoirs in China. With Z~F~V calculated from DEM, we can monitor reservoir storage with satellite images. The water levels and volumes of reservoirs can be estimated and monitored for warning and forecasting water resources coming to the Cuu Long Delta of Vietnam for adaptation plans to drought and salinity intrusion.

Keywords: elevation~area-storage curve (Z~F~V), digital elevation model (DEM), Mekong delta

Ngày nhận bài: 25/12/2020

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2020