

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT
HỌC KỲ 2**

Năm học 2025-2026

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TÁI CHIA MẪU
NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO**

GIẢNG VIÊN: TS. NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG

ĐƠN VỊ : BỘ MÔN TRẮC ĐỊA PHỔ THÔNG VÀ SAI SỐ

- KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ & QLDD-

HÀ NỘI - 06/2026

MỞ ĐẦU

Trên thực tế có rất nhiều trường hợp sử dụng mô hình số độ cao hoặc sản phẩm từ mô hình số độ cao làm dữ liệu đầu vào như sử dụng các độ dốc và độ dốc theo hướng, việc xác định lưu vực và dòng chảy, các mô hình dòng chảy, mô hình hóa cảnh quan 3 chiều v.v... Để nâng cao độ chính xác của các dữ liệu đầu vào cho các trường hợp kể trên, một số phương pháp tái chia mẫu (resampling) đã được sử dụng để nâng cao độ chính xác DEM từ đó nâng cao độ chính xác của các sản phẩm có được từ DEM như (Kidner và nnk, 1999) đã đưa ra ý tưởng sử dụng các phương pháp nội suy để nâng cao độ chính xác thông chia nhỏ các ô độ cao (pixel) của các mô hình số độ cao. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng trong đó các phương pháp như nội suy song tuyến, nội suy ba điểm, và nội suy theo phương pháp Kriging nhằm nâng cao độ chính xác thông qua việc tạo ra các mô hình số độ cao có kích thước điểm ảnh nhỏ hơn và cho kết quả khá tốt.

Trong bản báo cáo này sẽ trình bày các thuật toán tăng độ phân giải không gian nhằm nâng cao độ chính xác của mô hình số độ cao (DEM) dạng Grid theo các phương pháp tái chia mẫu phổ biến hiện nay và đánh giá độ chính xác của các phương pháp đó thông qua các kết quả thực nghiệm.

Chương 1 MỘT SỐ THUẬT TOÁN TÁI CHIA MẪU (RESAMPLING) PHỔ BIẾN NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN CHO DEM DẠNG GRID

Có nhiều phương pháp tái chia mẫu khác nhau. Trong các phương pháp tái chia mẫu, các pixel con mới được thêm vào bằng kỹ thuật nội suy khi thực hiện cách tính toán giá trị của các pixel mới dưới dạng trung bình có trọng số của các pixel xung quanh. Trọng số phụ thuộc vào khoảng cách giữa vị trí của pixel mới và các pixel lân cận. Phương pháp tái chia mẫu đơn giản nhất là phương pháp Láng giềng gần nhất (nearest neighbor); một số các phương pháp khác cho độ chính xác cao hơn bằng việc xét thêm các điểm dữ liệu xung quanh để tạo ra kết quả chính xác hơn.

Để đánh giá hiệu quả của phương pháp tăng độ phân giải không gian của DEM khi sử dụng mô hình HNN, chúng tôi cũng đã sử dụng ba phương pháp tái chia mẫu phổ biến để tăng độ phân giải không gian của DEM là phương pháp song tuyến (Bilinear), Bi-cubic và phương pháp Kriging. Sau đó tiến hành thực nghiệm tất cả các phương pháp trên trên cùng hai bộ dữ liệu là bộ dữ liệu DEM đã làm suy giảm độ phân giải và bộ dữ liệu DEM mẫu ở độ phân giải không gian 20 m, 60 m và 90 m.

1.1. Phương pháp tải chia mẫu song tuyến

Nội suy song tuyến được thực hiện bằng cách sử dụng phép nội suy tuyến tính theo một hướng trước, sau đó lại theo hướng khác. Mặc dù mỗi bước là tuyến tính trong các giá trị được lấy mẫu và ở vị trí nhất định nhưng khi nội suy trên toàn bộ khu vực lấy mẫu thì lại không phải là tuyến tính mà là bậc hai.

Hình 1.1. Tải chia mẫu song tuyến để ước tính giá trị f của điểm $P(x, y)$ từ điểm $Q11 = (x1, y1)$, $Q12 = (x1, y2)$, $Q21 = (x2, y1)$ và $Q22 = (x2, y2)$.



Để tính giá trị của điểm nội suy (x, y) :

- Đầu tiên phải tính toán nội suy theo hướng x theo công thức (2.1):

$$f(x, y_1) = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}),$$

$$f(x, y_2) = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22}). \quad (2.1)$$

- Sau đó tính toán nội suy theo hướng y ta được giá trị của điểm (x, y) theo công thức (2.2):

$$f(x, y) = \frac{1}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} [x_2 - x \quad x - x_1] \begin{bmatrix} f(Q_{11}) & f(Q_{12}) \\ f(Q_{21}) & f(Q_{22}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_2 - y \\ y - y_1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

1.2. Phương pháp tải chia mẫu Bi-cubic

Khác với phương pháp tải chia mẫu song tuyến, giá trị của một hàm chưa biết f tại điểm (x, y) , ví dụ độ cao của điểm (x, y) , được tính từ 16 điểm dữ liệu liền kề.

Hình 1.2 cho thấy giá trị dữ liệu của các điểm được ước tính bằng cách sử dụng 16 điểm xung quanh.



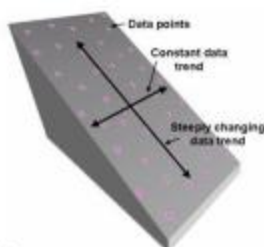
Hình 1.2. Trong phương pháp tải chia mẫu Bi-cubic, điểm độ cao được tính từ 16 điểm độ cao xung quanh.

1.3. Phương pháp nội suy Kriging

Phương pháp nội suy Kriging gần giống với phương pháp tỷ lệ nghịch khoảng cách. Nhưng trong phương pháp tỷ lệ nghịch khoảng cách, trọng số chỉ phụ thuộc vào khoảng

cách tới vị trí của điểm nội suy, còn trong phương pháp nội suy Kriging, các trọng số được tính toán không chỉ dựa vào khoảng cách giữa các điểm đo và vị trí của điểm nội suy mà còn dựa vào mối quan hệ không gian giữa các điểm đo xung quanh điểm nội suy (các tương quan không gian phải được định lượng).

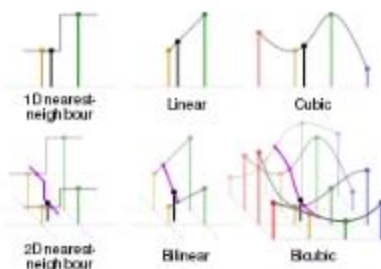
Kriging sử dụng hàm trọng số khác nhau tùy thuộc vào cả khoảng cách và hướng địa lý của điểm mẫu đến nút được tính toán.



Hình 1.3. Ví dụ về dữ liệu không có phương sai theo chiều ngang nhưng thay đổi rất nhiều dọc theo trục dọc của tập dữ liệu.

Phương pháp Kriging nhằm mục đích rút ra được một cách ước lượng tuyến tính tốt nhất không sai số hệ thống, dựa trên các giả định về hiệp phương sai, sử dụng lý thuyết của Gauss-Markov để chứng minh tính độc lập của ước lượng và sai số, sử dụng các công thức rất giống nhau.

- So sánh trực quan giữa các phương pháp nội suy một chiều và hai chiều (Hình 1.24):



Hình 1.2. Hình ảnh so sánh giữa các phép nội suy một chiều và hai chiều.

Chương 2. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA DEM KHI SỬ DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP TÁI CHIA MẪU PHỔ BIẾN

Người ta nhận thấy rằng độ chính xác của phép nội suy không gian của DEM chủ yếu phụ thuộc vào mật độ điểm và sự phân bố của dữ liệu đầu vào, kích thước lưới (độ phân giải), độ phức tạp của địa hình và thuật toán nội suy được sử dụng.

Các biến trong các thông số nội suy có thể cải thiện đáng kể hoặc làm giảm đi độ chính xác. Vì vậy, cần phải kiểm tra thêm sự tác động của độ phức tạp địa hình và các phương pháp lấy mẫu dữ liệu khác nhau. Việc sử dụng kết hợp các mô hình variogram, độ chính xác của các bề mặt và sự tương quan không gian sẽ làm cho việc đánh giá độ chính xác của dữ liệu grid DEM được chính xác hơn.

2.1. Sử dụng phương pháp so sánh trực tiếp

Trong phương pháp này, hai ảnh của hai bộ dữ liệu DEM được so sánh trực tiếp bằng mắt thường để thấy sự giống nhau hoặc sự sai khác, chênh lệch nếu có.

2.2. Sử dụng phương pháp mặt cắt

So sánh hai bề mặt DEM dựa vào mặt cắt:

Trong phương pháp này, dựa trên giá trị các điểm độ cao của các bộ dữ liệu DEM, chúng ta tính toán và vẽ các mặt cắt dọc, các mặt cắt ngang tương ứng của các dữ liệu DEM kết quả sau khi tái chia mẫu và dữ liệu DEM mẫu ở cùng một độ phân giải. Sau đó, tiến hành so sánh giữa các mặt cắt tương ứng đó. Nếu các mặt cắt của DEM kết quả của các phương pháp tái chia mẫu càng gần hoặc sát với mặt cắt của DEM mẫu thì bề mặt DEM đó càng gần với bề mặt DEM mẫu (DEM tham khảo), có nghĩa là dữ liệu DEM đó có độ chính xác càng cao (có độ sai lệch càng ít so với DEM mẫu).

2.3. So sánh bằng biểu đồ phân tán

Từ các dữ liệu điểm độ cao của các bộ dữ liệu DEM, chúng ta đi xây dựng các biểu đồ phân tán của các bộ dữ liệu này. Sau đó so sánh hai bề mặt DEM bằng biểu đồ phân tán. Trong các biểu đồ phân tán này, nếu các điểm trên biểu đồ phân tán càng nằm sát đường hồi quy thì hai bề mặt DEM sẽ càng gần giống nhau, còn nếu các điểm nằm xa đường hồi quy thì hai bề mặt DEM không khớp nhau.

2.5. Sử dụng giá trị sai số trung phương

Giá trị sai số trung phương (RMSE) biểu thị độ lệch giữa dữ liệu độ cao trong DEM tham khảo (DEM mẫu) và dữ liệu DEM kết quả của các phương pháp tái chia mẫu, được biểu diễn dưới dạng toán học như sau (công thức 2.1):

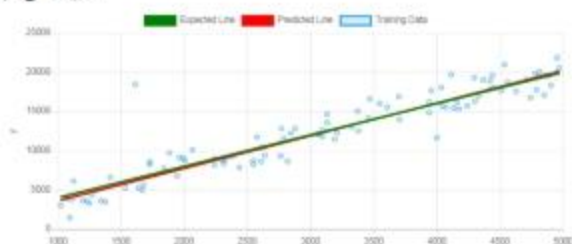
$$RMSE_Z = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Z_{dl} - Z_{rl})^2} \quad (2.1)$$

2.6. Sử dụng các giá trị thống kê R (Hệ số tương quan) và phương trình hồi quy

Hệ số tương quan là thước đo về giá trị bằng số của một số loại tương quan giữa hai biến, nghĩa là mối quan hệ thống kê giữa hai biến. Nếu tương quan giữa hai biến là 0, nghĩa là không có mối quan hệ tuyến tính giữa chúng.

Trong toán học, các mô hình hồi quy là một kỹ thuật thống kê dùng để ước lượng phương trình phù hợp nhất với một tập hợp các kết quả quan sát của biến phụ thuộc và biến độc lập. Nó cho phép đạt được kết quả ước lượng tốt nhất về mối quan hệ chân thực giữa các biến số. Từ phương trình ước lượng được này, người ta có thể dự báo về biến phụ thuộc (chưa biết) dựa vào giá trị cho trước của biến độc lập (đã biết).

Ở Hình 2.1, đường màu xanh là đường mà ta mong muốn đạt được còn đường màu đỏ mà mô hình ước lượng được.



Hình 2.1. Mô hình đường hồi quy tổng quát

Khi so sánh hai DEM (dữ liệu DEM kết quả sau khi tái chia mẫu và dữ liệu DEM tham chiếu), hệ số tương quan R được sử dụng để đo sự liên kết giữa hai bộ dữ liệu, do đó sẽ đánh giá được sự phân phối các điểm dữ liệu trong các biểu đồ phân tán xung quanh đường khớp tuyệt đối.

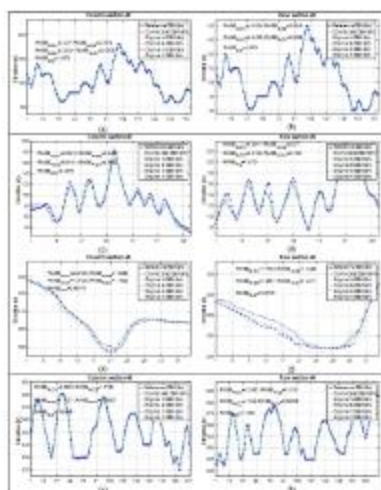
CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM

3.1. So sánh trực tiếp

So sánh trực quan cho thấy các DEM kết quả được tạo ra sau khi tái chia mẫu bằng các phương pháp song tuyến, Bi-cubic và Kriging nhìn trực quan thấy giống với DEM tham chiếu hơn so với các DEM giảm độ phân giải và bộ dữ liệu DEM mẫu. Sự cải thiện về độ giống nhau khi trực quan giữa các DEM sau khi tái chia mẫu và DEM tham chiếu rất rõ ràng khi so sánh giữa các DEM 20 m và 30 m trong các bộ dữ liệu giảm độ phân giải ở khu vực Nghệ An và các DEM sau khi tái chia mẫu ở độ phân giải 5 m và 30 m với các DEM tham chiếu.

3.2. Sử dụng phương pháp mặt cắt

Việc so sánh các bề mặt của các DEM kết quả được thể hiện qua các mặt cắt ở Hình 0.1 cho thấy một lợi thế rõ ràng hơn của phương pháp nội suy Kriging với DEM gốc có độ phân giải ban đầu và các DEM được tạo ra sau khi tái chia mẫu.



Hình 0.1. So sánh bề mặt tham chiếu (DEM tham chiếu), bề mặt DEM độ phân giải thô ban đầu (N-DEM gốc), song tuyến (B-DEM gốc) và Bi-cubic (C-DEM gốc) dựa trên các biểu đồ hình.

3.3. So sánh bằng biểu đồ phân tán (Scatter)

So sánh trực quan của các biểu đồ phân tán cho thấy: Các DEM kết quả được tạo ra theo các phương pháp tái chia mẫu hoàn toàn khớp với dữ liệu DEM tham chiếu khi so sánh với dữ liệu DEM gốc ban đầu. Trong các biểu đồ phân tán này, hai dữ liệu DEM được coi là gần nhau hơn nếu các điểm dữ liệu nằm gần đường hồi quy.

3.5. Đánh giá định lượng

Qua các kết quả đánh giá định lượng trên cho thấy: phương pháp tăng độ phân giải không gian của mô hình DEM dạng grid theo các phương pháp tái chia mẫu và theo phương pháp nội suy Kriging cho độ chính xác cao khác khi chạy thử nghiệm trên cả bốn bộ dữ liệu DEM. Các thống kê này chứng minh rằng các phương pháp tái chia mẫu có thể làm tăng độ chính xác của DEM dạng grid khi nó được sử dụng để tăng độ phân giải không gian của DEM thành một DEM mới có độ phân giải không gian cao hơn.

3.6. Kết luận

Qua thực nghiệm này, các thuật toán tái chia mẫu để tăng độ phân giải không gian và độ chính xác của các DEM dạng grid đã được tiến hành và sau đó đã đánh giá kết quả một cách toàn diện bằng cách sử dụng các dữ liệu DEM có độ phân giải không gian và đặc điểm khác nhau. Các kết quả thử nghiệm đã cho thấy sự tăng đáng kể về độ chính xác đối với các DEM được nội suy theo phương pháp Kriging so với DEM gốc, và theo phương pháp tái chia mẫu song tuyến và Bi-cubic.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tatem, A.J. et al., "Multi-class land cover mapping at the sub-pixel scale using a Hopfield and Geoinformation, 3, pp. pp. 90-184, 2001.
- [2] Ling, F. et al., "Super-resolution land-cover mapping using multiple sub-pixel sensing, 31(19), pp. pp. 5023-5040, 2010.
- [3] Genitha, C.H. & Vani, K., "Super resolution mapping of satellite images using Hopfield and Climate Change, Chennai, 2010, IEEE, 2010.
- [4] Nguyen, Q.M. et al., "Super-resolution mapping using Hopfield Neural Network with pan pp. pp. 6149-76, 2011.
- [5] Nguyen, Q.M, Do, V.D., Atkinson, P.M & H.G. Lewis., "Downscaling Multispectral Images Conference on Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment-Building pp. pp. 6149-76, 2011.
- [6] Nguyen, Q.M., "Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ ron Hopfield nhằm tăng cường độ phân cấp Bộ, no. mã số B2012-02-06, 12 2013.
- [7] Saksena, S., Merwade, V., "Incorporating the effect of DEM resolution and accuracy for pp. pp. 180-194, 2015.
- [8] Bian, L., Butler, R., "Comparing Effects of Aggregation Methods on Statistical and Engineering & Remote Sensing, 651, pp. pp. 73-84, 1999.