

# Ứng dụng Địa thống kê dự báo động đất tại đập thủy điện Sông Tranh 2 – Quảng Nam

Nguyễn Công Nhựt

Khoa Công nghệ Thông tin, Đại học Nguyễn Tất Thành  
ncnhut@ntt.edu.vn

## Tóm tắt

Động đất gây ảnh hưởng nghiêm trọng tới tính mạng, tài sản con người; có thể dẫn tới dịch bệnh, thiếu các nhu cầu cơ bản, ảnh hưởng đến tinh thần. Mục tiêu chính của bài báo là dự báo động đất để đánh giá nguy cơ xảy ra động đất của từng vùng, thể hiện ở bản đồ phân vùng nguy cơ động đất, đối chiếu với thang đo cường độ địa chấn MSK để phân loại khu vực an toàn, khu vực nguy hiểm. Dựa trên cơ sở sự phân bố các máy đo gia tốc và nguồn gốc phát sinh động đất, ứng dụng các lý thuyết Địa thống kê, nghiên cứu này trình bày quá trình lựa chọn mô hình dự báo phù hợp với bộ dữ liệu và đưa ra kết quả bản đồ dự báo ảnh hưởng của động đất với độ tin cậy cao. Kết quả hệ số hồi quy và hệ số tương quan gần bằng 1, sai số dự đoán gần bằng 0. Nghiên cứu này mở ra hướng nghiên cứu mới về việc ứng dụng Địa thống kê cho các lĩnh vực liên quan đến địa lý như: động đất, khai thác khoáng sản, nước ngầm, môi trường, ...

Nhận 04/03/2023  
Được duyệt 20/05/2023  
Công bố 25/06/2023

Từ khóa  
Địa thống kê,  
phương pháp nội suy,  
Kriging, động đất,  
thủy điện Sông Tranh 2,  
variogram

© 2023 Journal of Science and Technology - NTTU

## 1 Giới thiệu

Động đất là vấn đề được cả xã hội ở Việt Nam nói riêng và thế giới nói chung rất quan tâm. Trong thời gian gần đây liên tiếp xảy ra nhiều trận động đất ở xung quanh khu vực đập thủy điện Sông Tranh 2, làm cho người dân sống ở khu vực này rất hoang mang. Việc đặt các máy ghi động đất rất cần thiết, nhưng gặp nhiều khó khăn: chi phí lắp đặt tốn kém, chọn khu vực lắp đặt như thế nào để đạt kết quả tốt, việc bảo quản thiết bị lại càng khó khăn,... Vì vậy, từ một vài máy ghi động đất đã có, làm thế nào để dự báo cho các vùng lân cận. Trong trường hợp này thì mô hình dự báo không gian là phương pháp hiệu quả.

Địa thống kê (ĐTk) là phương pháp được ứng dụng và phát triển mạnh từ thập niên 1960, nhưng ý tưởng về ĐTk xuất hiện đầu tiên trên một tờ báo bởi 2 tác giả Mercer và Hall trong một lĩnh vực khác từ năm 1911. Năm 1956, Krumbein và Slack, và hai năm sau Hammond và cộng sự mới bắt đầu ứng dụng ĐTk giải

quyết các vấn đề trong lĩnh vực địa chất. Đến những năm 1960, D.G. Krige, một kỹ sư ở Nam Phi, đã ứng dụng ĐTk để cải thiện cách tính trữ lượng quặng. Xuất phát từ quan điểm đúng đắn của Krige, từ năm 1955, Giáo sư G.Matheron (Đại học Mỏ Quốc gia Paris, Pháp) đã phát triển thành bộ môn khoa học ĐTk [1]. Trên thế giới, ứng dụng phương pháp ĐTk vào dự báo không gian cũng đã có rất nhiều nghiên cứu như: phân tích ĐTk theo không gian và thời gian cho mực nước ngầm [2, 3]. Sự phân tích độ biến đổi thời gian – không gian của mực nước ngầm miền ven biển sử dụng ĐTk [4]. Ở Việt Nam hiện nay mô hình dự báo không gian có một số nghiên cứu như: ứng dụng ĐTk xây dựng cấu trúc nền khu vực Quận 1, TP. Hồ Chí Minh [5], Ứng dụng phương pháp nội suy Kiging khảo sát sự phân bố tầng đất yếu tuổi Holocen ở khu vực nội thành TP. Hồ Chí Minh [6]. Các kết quả nghiên cứu ở Việt Nam chỉ dừng lại nghiên cứu một tham số, chạy mô phỏng. Ứng dụng ĐTk dự báo cho động đất kể cả trong nước và quốc tế tính đến thời điểm hiện tại chưa có nghiên cứu

nào. Tóm lại, ứng dụng ĐTK vào dự báo dữ liệu trong không gian là cần thiết. Mục tiêu nghiên cứu là:

- Dự báo ảnh hưởng của động đất ở các vị trí lân cận, nơi chưa đặt máy đo.

- Xây dựng mô hình dựa trên dữ liệu đo được.

Nghiên cứu này lựa chọn phương pháp ĐTK để dự báo động đất tại khu vực Sông Tranh 2, Quảng Nam – nơi thời gian gần đây liên tiếp xảy ra các trận động đất.

## 2 Mô tả khu vực nghiên cứu và tập dữ liệu

### 2.1 Khu vực nghiên cứu

Quảng Nam nằm trong tọa độ địa lí khoảng từ 108°26'16" đến 108°44'04" độ kinh Đông và từ 15°23'38" đến 15°38'43" độ vĩ Bắc; có khí hậu nhiệt đới gió mùa, độ ẩm không khí trung bình 84 %, lượng mưa bình quân năm (2.000-2.500) mm, tập trung trong các tháng 9, tháng 10 và tháng 11, nhiệt độ trung bình năm 25 °C, mùa đông dao động trong khoảng (20-24) °C, mùa hè (25-30) °C. Quảng Nam là tỉnh ven biển thuộc vùng phát triển kinh tế trọng điểm miền Trung; phía Bắc giáp TP. Đà Nẵng và tỉnh Thừa Thiên Huế, phía Đông giáp Biển Đông, phía Tây giáp tỉnh Kon Tum và nước Cộng hòa Dân chủ Nhân dân Lào, phía Nam giáp Quảng Ngãi; tổng diện tích tự nhiên khoảng 10.408 km<sup>2</sup> (Hình 1).

Từ tháng 12/2011, Ban Quản lý dự án (QLDA) thủy điện 3 bắt đầu đặt hai máy gia tốc trên mặt đập để hoạt động; từ tháng 4/2012 lắp thêm hai máy gia tốc nữa. Như vậy hiện tại, ở khu vực đập có bốn máy gia tốc hoạt động: 01 máy ở mặt đập (độ cao 180m), 01 máy ở hành lang số 3 (ở độ cao 152 m), 01 máy ở hành lang số 1 (ở độ cao 100 m) và 01 máy ở ngoài đập ở độ cao 178 m cách cửa đập khoảng 1 m. Dựa vào số liệu các máy gia tốc này kết quả được cho trong Bảng 1 [7].



**Hình 1** Bản đồ hành chính tỉnh Quảng Nam

Nguồn: Sở TN và MT Quảng Nam

### 2.2 Mô tả tập dữ liệu

Theo thông tin từ Viện Vật lí Địa cầu Việt Nam, tháng 9 năm 2012, tại khu vực thủy điện Sông Tranh 2 đã xảy ra 5 trận động đất với độ lớn Richter và độ sâu chấn tiêu như trong Bảng 1.

**Bảng 1** Vị trí các trận động đất

Thứ tự	Vĩ độ	Kinh độ	Độ Richter	Độ sâu (km)	Cấp độ mạnh
1	15,376	108,045	3,8	5	5
2	15,358	108,069	4,1	6	6
3	15,374	108,342	2,7	5	4
4	15,299	108,165	4,2	10	6
5	15,217	108,250	4,2	7,3	6

Thang Medvedev Sponheuer Karnik (MSK) [8] là một thang đo cường độ địa chấn diện rộng, có 12 cấp cường độ, được sử dụng để đánh giá mức độ khốc liệt của sự rung động mặt đất trên cơ sở các tác động đã quan sát và ghi nhận trong khu vực xảy ra động đất, được đề xuất năm 1964 nên còn được gọi là thang MSK-64. Mỗi trận động đất có một độ Richter duy nhất xác định sức tàn phá của nó, trong khi cường độ thì thay đổi tùy theo khoảng cách xa hay gần đối với chấn tâm.

## 3 Phương pháp nghiên cứu

### 3.1 Variogram

Định nghĩa: variogram được định nghĩa như là một nửa kì vọng của biến ngẫu nhiên  $[Z(x) - Z(x+h)]^2$ , nghĩa là:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2, \quad (1)$$

cũng có thể xem  $\gamma(h)$  như là một nửa phương sai của  $[Z(x) - Z(x+h)]$  [1], [9]. Variogram thực nghiệm được xác định theo công thức:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

$N(h)$  số lượng cặp điểm tính toán được tách bởi khoảng cách  $h$ .

Như vậy variogram là một công cụ để định lượng tính ổn định/liên tục hoặc sự tương quan không gian của đối tượng nghiên cứu bằng cách nghiên cứu các giá trị bình phương trung bình của hiệu giữa hai giá trị cách nhau một khoảng cách “ $h$ ” theo một hướng xác định.

### 3.2 Hiệp phương sai (covariance)

Nếu hai biến ngẫu nhiên  $Z(x)$  và  $Z(x+h)$  cách nhau một đoạn “ $h$ ” có phương sai, chúng cũng có một hiệp phương sai và được diễn đạt như sau:

$$C(h) = E\{[Z(x) - m][Z(x+h) - m]\} \quad (3)$$

C(h) thực nghiệm được tính theo công thức:

$$C(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - m][Z(x_i + h) - m] \quad (4)$$

m là kì vọng toán của hàm [9].

### 3.3 Kriging

Kriging là một nhóm phương pháp ĐTK dùng để nội suy số liệu của một trường ngẫu nhiên tại một điểm (một vi khối) chưa biết giá trị (ví dụ không lấy được mẫu phân tích) từ những giá trị đã biết ở những điểm lân cận.

Kriging thông dụng (Ordinary Kriging - OK): còn được gọi là Kriging chưa biết trước giá trị trung bình, chủ yếu dựa vào giả thuyết hàm ngẫu nhiên ổn định (dùng) thực sự [1].

Ở dạng chung nhất, bài toán liên quan đến thủ tục Kriging thông dụng có thể diễn đạt: có n giá trị  $Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_n)$  ở các điểm quan sát  $x_1, x_2, \dots, x_n$  phân bố ở các lân cận điểm cần ước lượng  $x_0$  (hoặc khối ước lượng  $v_0$ ). Có thể ước lượng các điểm (hoặc khối) trong cả 2 và 3 chiều. Giá trị ước lượng tuyến tính cho  $x_0$  (hoặc cho  $v_0$ ) tốt nhất có dạng:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^{N(h)} \lambda_i Z(x_i) \quad (5)$$

$$\hat{Z}(v_0) = \sum_{i=1}^{N(h)} \lambda_i Z(v_i) \quad (6)$$

Trong đó:  $\lambda_i$  là các trọng số,  $Z(x_i), Z(v_i)$  là các thông số đã biết ở lân cận điểm (hoặc khối) cần ước lượng. Điều kiện tối ưu là phép ước lượng phải đảm bảo không có sai số hệ thống, nghĩa là sai số trung bình phải xấp xỉ bằng 0, vậy dưới dạng khối có thể viết:

$$E[\hat{Z}(v_0) - Z(v_0)] = 0 \quad (7)$$

$$E\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(v_0) - Z(v_0)\right] = \sum_{i=1}^n \lambda_i m_{KV} - m_{KV} \quad (8)$$

$$= m_{KV} \left[\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1\right]$$

Trong đó:  $m_{KV}$  là trung bình khu vực. Vậy

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1. \quad (9)$$

Phương sai của ước lượng phải nhỏ nhất; nghĩa là:

$$\delta_c^2 = D[\hat{Z}(v_0) - Z(v_0)] = E[\hat{Z}(v_0) - Z(v_0)]^2 \rightarrow \min. \quad (10)$$

### 3.4 CoKriging

Trong thực tế, có thể đồng thời sử dụng nhiều thông số trong quan hệ với nhau; có thể ước lượng một thông số bất kỳ, ngoài thông tin mà có thể chứa đầy đủ của

chính nó vẫn có thể sử dụng thông tin của một thông số khác mà đã biết chi tiết hơn.

Cokriging đơn giản là một phần mở rộng của Auto-Kriging trong đó nó sẽ đưa vào phép tính toán thông tin tương quan bổ sung trong các biến phụ thuộc. Cokriging là một kĩ thuật nội suy thống kê làm giảm các sai số ước lượng (Kriging) của một tham số bằng cách sử dụng một số loại thông tin cho các thông số tương tự hoặc sử dụng dữ liệu cho tham số không gian tương quan bổ sung [1, 10].

Giả sử có k biến vùng  $Z_1(u), Z_2(u), \dots, Z_k(u)$  trong đặc tính của tập hợp k hàm ngẫu nhiên  $Z_k(u)$  có quan hệ tương quan không gian. Có thể viết hệ phương trình Ordinary Cokriging để ước tính giá trị tại một vị trí như sau:

$$\begin{cases} \hat{Z}^1(u) = \sum_{i=1}^{n_1} \lambda_i Z_1(u_i) + \sum_{j=1}^{n_2} \lambda_j Z_2(u_j) + w_1 m_1 + w_2 m_2 \\ \sum_{i=1}^{n_1} \lambda_i = 1 \\ \sum_{j=1}^{n_2} \lambda_j = 0 \end{cases} \quad (11)$$

Trong đó:  $m_1, m_2$  là các ước lượng tương ứng của thông số thứ nhất và thông số thứ 2;  $\lambda_i, \lambda_j$  là các trọng số tương ứng của 2 thông số,  $w_1, w_2$  là các nhân tử Lagrange.

## 4 Xây dựng mô hình

### 4.1 Các phần mềm được sử dụng

#### 4.1.1 Phần mềm khảo sát địa hình hmaps 2013

Phần mềm này dùng để chuyển tọa độ địa lí (kinh độ, vĩ độ) sang tọa độ phẳng (m).

#### 4.1.2 Phần mềm Geograpic System Plus GS+

Đây là một chương trình đồ họa dùng để phân tích địa lí, cho phép đo lường và thể hiện mối quan hệ các dữ liệu địa lí trong không gian. Phân tích dữ liệu không gian trong GS+ sử dụng các thông số đo đạc địa lí một cách tối ưu, thống kê giá trị từng vùng hay theo từng mẫu quan sát. Phần mềm này được thiết lập bởi Gamma Design Software P.O.Box 201 Plainwell, Michigan 49080 USA

Dưới đây là địa chỉ tải về 2 phần mềm trên [11]:

<http://hmaps.vn/vi/news/hmaps/Phan-mem-khao-sat-hhmaps-2013-2988/>

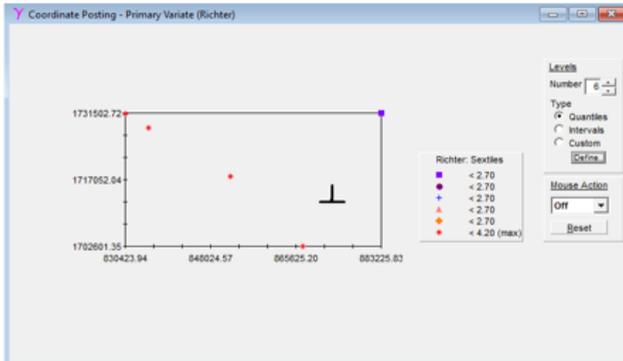
<https://www.gammadesign.com/default.aspx>

### 4.2 Xử lí số liệu đầu vào

#### 4.2.1 Thu thập số liệu



Dữ liệu động đất ở khu vực lân cận đập thủy điện Sông Tranh 2, Quảng Nam (quan sát tháng 9 năm 2012) được cung cấp từ nguồn của Viện Vật lí Địa cầu Việt Nam, Bảng 1.



**Hình 2** Khu vực xuất hiện động đất (chữ T ngược là vị trí đập thủy điện Sông Tranh 2).

Nguồn: Viện Vật lí Địa cầu Việt Nam

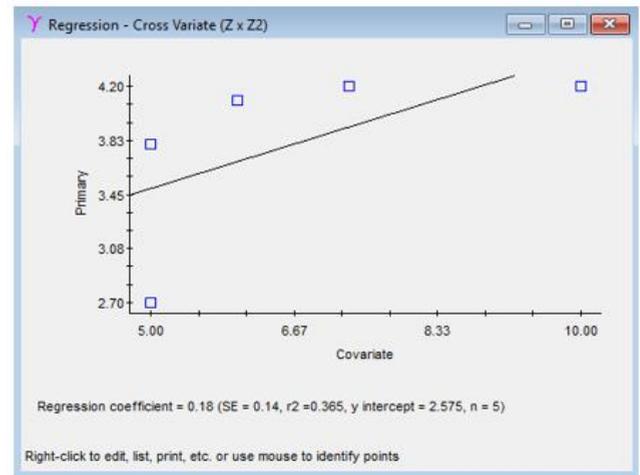
Để xác định mức độ ảnh hưởng các trận động đất đến khu vực xung quanh đập thủy điện, cần có các số liệu về vị trí địa lí của các trận động đất. Bên cạnh đó thông số về độ sâu chấn tiêu cũng được thu thập làm thông số phụ hỗ trợ quá trình xây dựng mô hình. Mật độ phân bố các trận động đất càng nhiều thì việc lựa chọn mô hình dễ dàng hơn, kết quả nội suy có độ tin cậy cao hơn và ngược lại [12-14].

Nhập dữ liệu vào phần mềm theo cú pháp sau: Import file > data (.txt,.dat,.xls,.csv, ...).

Mật độ phân bố các trận động đất trong khu vực nghiên cứu được trình bày ở Hình 2, với cú pháp thực hiện: Data > Quantiles Posting > Primary Variate (Z).

#### 4.2.2 Xử lí thống kê số liệu thu thập

Kiểm tra mức độ tương quan hồi quy của thông số chính và thông số phụ qua đồ thị Regression-Cross Variate. Trong phần mềm, ta thực hiện theo cú pháp: Data > Summary > Statistics > Cross Variate Regression (Z vs. Z2).

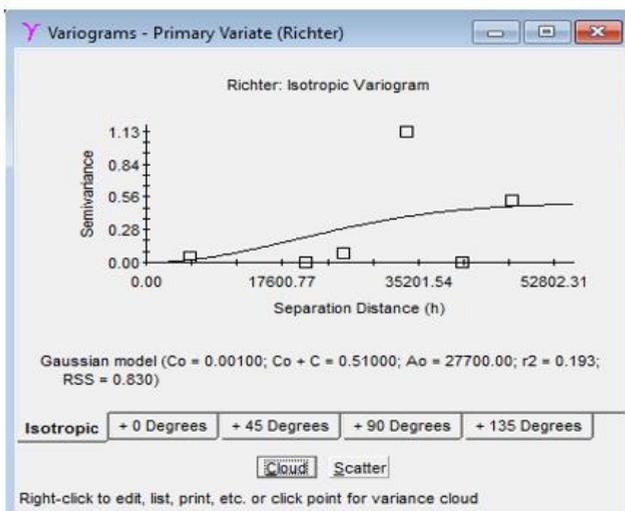


**Hình 3** Đồ thị Regression-Cross Variate

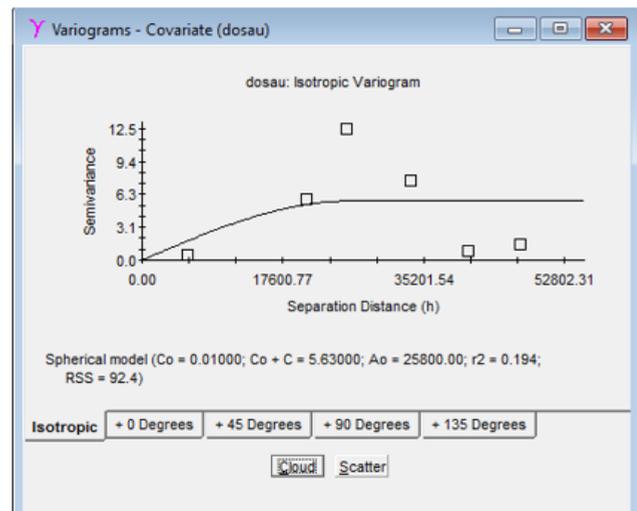
Hệ số tương quan  $r^2 = 0,365$  và hệ số hồi quy  $R = 0,18$  (do số trạm quan trắc động đất ít nên hệ số tương quan và hệ số hồi quy không cao, kết quả đánh giá mô hình thể hiện trong Bảng 5). Hình 3 cho thấy 2 thông số có tương quan nhau, thông số thứ hai phục vụ tốt cho quá trình nội suy.

#### 4.3 Phân tích variograms

Phân tích variograms giúp định lượng tính ổn định/liên tục hoặc sự tương quan không gian của đối tượng nghiên cứu. Tính variograms và chọn hướng chính cho mô hình theo thông số độ Richter (Hình 4). Với cú pháp thực hiện: Autocorrelation > Variogram > Primary Variate (Z) > Calculate.



**Hình 4** Đồ thị variograms độ Richter



**Hình 5** Đồ thị variograms độ sâu

Các giá trị variograms đẳng hướng có từ đồ thị variograms độ Richter (Hình 5), được trình bày trong Bảng 2. Với cú pháp AutoCorrelation > Variogram > Secondary Variate (Z2) > Calculate. Các giá trị variograms đẳng hướng có từ đồ thị variograms độ sâu

(Hình 6), được trình bày trong Bảng 3. Với cú pháp AutoCorrelation > Variogram > Cross Variate (ZxZ2) > Calculate.

Các giá trị variograms đẳng hướng của 2 thông số, được trình bày trong Bảng 4.

**Bảng 2** Các giá trị variograms đẳng hướng của độ Richter

Mô hình	Sai số đo	Ngưỡng	Khoảng cách biên động	r <sup>2</sup>	RSS	C+C0
Linear	0	0	10	0,164	1,55	-7,081
Gaussian	0	0,51	47.978	0,193	0,830	0,998
Spherical	0	0,479	56.900	0,175	0,856	0,998
Exponential	0	0,873	186.000	0,169	0,826	0,999

**Bảng 3** Các giá trị variograms đẳng hướng của độ sâu

Mô hình	Sai số đo	Ngưỡng	Khoảng cách biên động	r <sup>2</sup>	RSS	C+C0
Linear	0,48	4,8	47.281	0	113	0
Gaussian	0	5,65	18.706	0,193	91,5	0,998
Spherical	0,01	5,63	25.800	0,194	92,4	0,998
Exponential	0,01	5,47	22.200	0,152	99,3	0,998

**Bảng 4** Các giá trị variograms đẳng hướng của 2 thông số

Mô hình	Sai số đo	Ngưỡng	Khoảng cách biên động	r <sup>2</sup>	RSS	C+C0
Linear	0,346	1,04	47.280	0,046	5,05	0,668
Gaussian	0	1,02	32.216	0,135	4,58	0,999
Spherical	0	0,99	36.100	0,151	4,55	0,999
Exponential	0	1,04	46.800	0,105	4,77	0,999

## 5 Kết quả và thảo luận

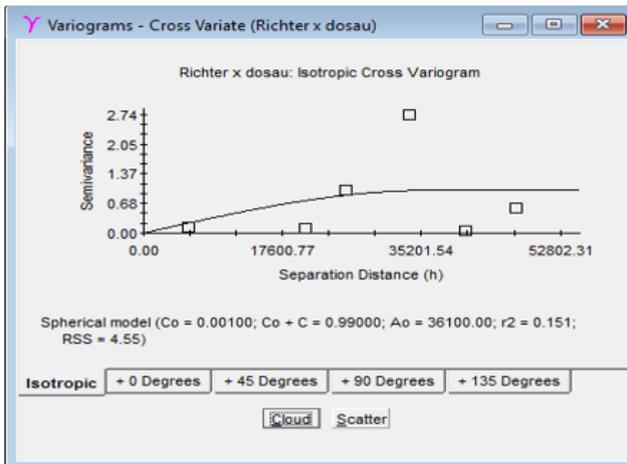
Kiểm định mô hình: độ tin cậy của kết quả lựa chọn phương pháp mô hình nội suy phù hợp thể hiện qua hệ số hồi quy, hệ số tương quan của số liệu và giá trị nội suy, ngoài ra còn có các giá trị sai số như sai số chuẩn

(SE), sai số dự đoán (SE Prediction). Các giá trị kê trên được trình bày trong Bảng 5.

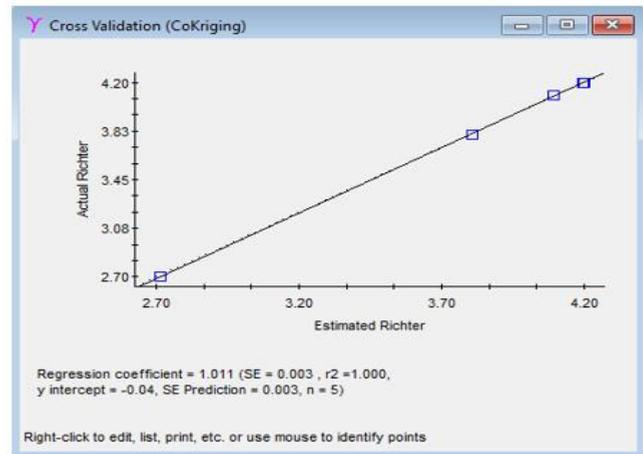
**Bảng 5** Thông số kiểm định mô hình

Hệ số hồi quy	Hệ số tương quan	Sai số chuẩn	Sai số dự đoán
1,011	1,0	0,003	0,003

Với cú pháp: *Interpolate > Cokrig > Validate*



Hình 6 Đồ thị variograms cho độ Richter và độ sâu



Hình 7 Đồ thị Cross - Validation (CoKriging)

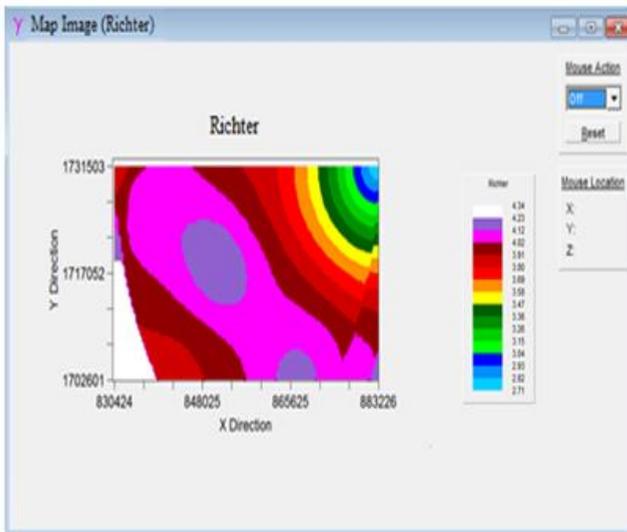
Bảng 6 Kết quả sai số giữa giá trị ước lượng và thực tế

Record	X-Coordinate	Y-Coordinate	Actual Z	Estimated Z	Error (E-A)
1	883225.83	1731502.72	2.70	2.71	0.01
2	852108.85	1717763.13	4.20	4.20	-0.00
3	866977.21	1702601.35	4.20	4.20	-0.00
4	830423.94	1731291.56	3.80	3.81	0.01
5	835240.38	1728283.88	4.10	4.09	-0.01

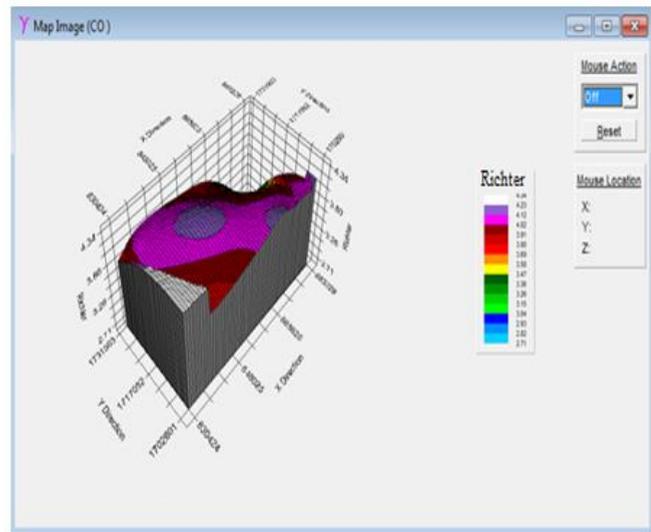
Hình 7 cho thấy kết quả của kiểm định sai số giữa giá trị thực tế và giá trị ước lượng của mô hình bằng phương pháp CoKriging với thông số độ Richter đẳng hướng và thông số phụ độ sâu đẳng. Hệ số hồi quy bằng 1,011, hệ số tương quan bằng 1,0, các giá trị sai số nhỏ (SE xấp xỉ bằng 0) cho thấy việc lựa chọn mô hình nội suy là phù hợp. Kết quả cho thấy sai số giữa giá trị động đất thực tế đo đạc và giá trị nội suy

từ mô hình là gần như bằng 0. Bảng 6 là kết quả so sánh giá trị dữ liệu thực tế thu được (actual) và giá trị dự báo (estimated) suy ra từ mô hình.

Kết quả nội suy cường độ Richter tại Quảng Nam bằng phương pháp nội suy 2 chiều (Hình 8) và nội suy 3 chiều (Hình 9). Với cú pháp thực hiện: Interpolate > Cokrig > Calculate..



**Hình 8** Nội suy CoKriging 2 chiều



**Hình 9** Nội suy CoKriging 3 chiều

Giải thích bản đồ: phần ở giữa là kết quả khu vực nghiên cứu, các màu sắc khác nhau đại diện cho mức độ động đất khác nhau, mức động đất thấp nhất có màu xanh và cao nhất có màu trắng. Những vùng cùng một màu có mức động đất gần bằng nhau, chỉ chênh lệch nhau một giá trị nhỏ. Dựa vào bản đồ trên, ta có thể dự báo kết quả ảnh hưởng của động đất ở lân cận đập thủy điện Sông Tranh 2 với mức ảnh hưởng cao nhất là 4,34 độ Richter tương ứng cấp 4 trong thang đo MSK-64, và mức độ chịu ảnh hưởng của đập thủy điện Sông Tranh 2 theo thiết kế là động đất cấp 8; người dân sống trong khu vực khảo sát chịu ảnh hưởng của động đất vẫn an toàn, chưa cần di dời.

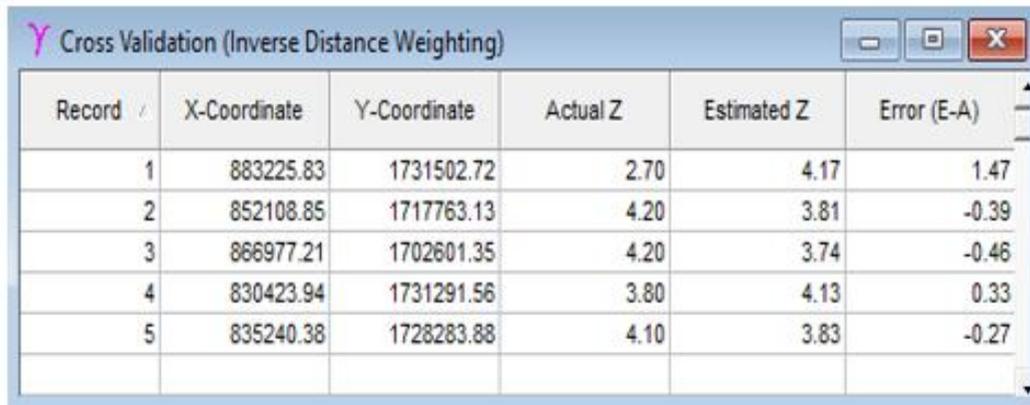
Các phương pháp được đề cập của ứng dụng ĐTK để dự đoán mức độ động đất Richter tại Quảng Nam cho thấy, các khu vực dự báo gần nhau có độ lệch dự báo là nhỏ, trong khi đó các khu vực ở xa có độ lệch cao hơn. Qua trường hợp này, nghiên cứu dự báo sử dụng các phương pháp và mô hình nội suy dựa trên không gian, có thể dự báo được mức độ chịu ảnh hưởng từ các trận

động đất cho khu vực xung quanh, từ đó đề xuất các biện pháp thích hợp như có cần thiết di dời dân đến nơi an toàn hay không.

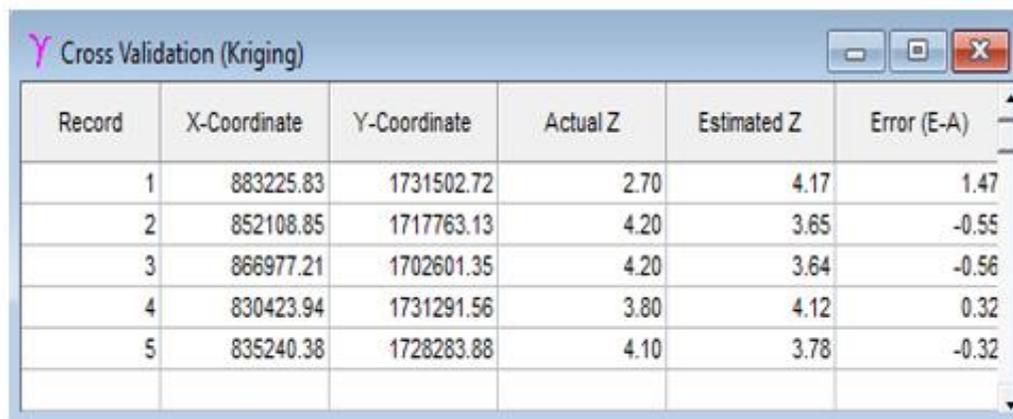
**So sánh các phương pháp**

So sánh phương pháp CoKriging với một số phương pháp khác như: phương pháp nghịch đảo khoảng cách, phương pháp nội suy Kriging. Trọng số khoảng cách nghịch đảo (IDW) xác định nội suy đa biến với một tập hợp điểm phân tán đã biết. Các giá trị được gán cho các điểm chưa biết được tính toán với giá trị trung bình có trọng số của các giá trị có sẵn tại các điểm đã biết.

Bảng 7 là kết quả dự báo bằng phương pháp nghịch đảo khoảng cách. Sai số dự báo (error) giữa giá trị thực tế; giá trị quan sát trong Bảng 7 cao hơn so với sai số dự báo trong Bảng 6 (phương pháp CoKriging). Bảng 8 là kết quả dự báo bằng phương pháp Kriging; sai số dự báo trong Bảng 8 cũng cao hơn sai số dự báo trong Bảng 6.

**Bảng 7** Phương pháp nghịch đảo khoảng cách


Record	X-Coordinate	Y-Coordinate	Actual Z	Estimated Z	Error (E-A)
1	883225.83	1731502.72	2.70	4.17	1.47
2	852108.85	1717763.13	4.20	3.81	-0.39
3	866977.21	1702601.35	4.20	3.74	-0.46
4	830423.94	1731291.56	3.80	4.13	0.33
5	835240.38	1728283.88	4.10	3.83	-0.27

**Bảng 8** Phương pháp nội suy Kriging


Record	X-Coordinate	Y-Coordinate	Actual Z	Estimated Z	Error (E-A)
1	883225.83	1731502.72	2.70	4.17	1.47
2	852108.85	1717763.13	4.20	3.65	-0.55
3	866977.21	1702601.35	4.20	3.64	-0.56
4	830423.94	1731291.56	3.80	4.12	0.32
5	835240.38	1728283.88	4.10	3.78	-0.32

## 6 Kết luận

Với bộ dữ liệu mà tác giả đang nghiên cứu, mô hình Spherical là mô hình phù hợp, các chỉ số tốt hơn các mô hình còn lại. Sai số giữa giá trị thực tế và giá trị ước lượng của mô hình rất nhỏ 0,003. Hệ số hồi quy bằng 1,011; hệ số tương quan bằng 1,0 cho thấy việc lựa chọn mô hình nội suy là phù hợp. Ứng dụng ĐTK để dự báo động đất ở thủy điện Sông Tranh 2 cho thấy kết quả sai số rất nhỏ giữa giá trị ước lượng và giá trị thực tế. Nghiên cứu cho thấy hiệu quả và hợp lý với độ tin

cậy cao của lý thuyết ĐTK để xây dựng mô hình dự báo không gian là phù hợp. Khi xây dựng các mô hình nên chú ý đến các giá trị sai số mô hình, dữ liệu đặc trưng của đối tượng và xem xét kết quả của việc lựa chọn mô hình nhằm chọn mô hình phù hợp cho sự kiện thực tế, từ các mô hình cung cấp độ chính xác khác nhau. Vì vậy, kinh nghiệm lựa chọn mô hình đóng vai trò quan trọng trong kết quả nội suy.

Đề xuất: cần nghiên cứu bộ dữ liệu mới về động đất theo không gian và cả thời gian.

## Tài liệu tham khảo

1. Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists* (2nd Edition). John Wiley & Sons LTD, England, 6-8.
2. Ahmadi, S.H., & Sedghamiz, A. (2007). Geostatistical analysis of Spatial and Temporal Variations of Groundwater level. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129, 277-294.
3. Hua, Z., Cheng, W., Yi, S., Qing, J. (2009). Geostatistical analysis of Spatial and Temporal Variations of Groundwater Depth in Shule River. *Wase International Conference on Information Engineering, China*.
4. Mini, P.K., Singh, D.K., & Sarang, A. (2014). Spatio-Temporal Variability Analysis of Groundwater Level in Coastal Aquifers Using Geostatistics. *International Journal of Environmental Research and Development*, 4, 4, 329-336.
5. Ng. Th. Danh & L. M. Son. (2011). Ứng dụng Địa thống kê xây dựng cấu trúc nền khu vực Quận 1, TP. Hồ Chí Minh. *Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 12, Đại học Bách khoa TP. HCM*.
6. P. T. S. Hà & L. M. Son. (2007). Ứng dụng phương pháp nội suy Kriging khảo sát sự phân bố tầng đất yếu tuổi Holocen ở khu vực nội thành TP. Hồ Chí Minh, *Tạp chí Phát triển KH&CN, ĐHQG TP.HCM*, Tập 10, Số 02, pp. 43-53.
7. Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. (1012). Báo cáo kết quả khảo sát động đất tháng 09/2012 khu vực thủy điện Sông Tranh 2, Quảng Nam.
8. [https://wiki.edu.vn/wiki/index.php?title=Thang\\_Medvedev-Sponheuer-Karnik](https://wiki.edu.vn/wiki/index.php?title=Thang_Medvedev-Sponheuer-Karnik)
9. Margaret, A. Oliver, Richard Webster, (2015). *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
10. Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for natural resources evaluation*. New York: Oxford University Press.
11. Gamma Design Software, (2004). *GS+: Geostatistics for the Environmental Science*. Plainwell, Michigan USA.
12. Nguyễn Công Nhứt. (2016). Metropolitan air pollution prediction: A case study using PM<sub>10</sub> data observed in Ho Chi Minh City. *Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc 2016*, ngày 3 và ngày 4 tháng 12 năm 2016. Đại học Hoa Sen, Việt Nam, trang 265-275.
13. Nguyen Cong Nhut, Nguyen Van Minh Man, Vo Le Phu. (2020). “Co-kriging Method for Air Pollution Prediction: A Case Study in Ho Chi Minh City”. *Thailand Statistician*. ISSN: 2351-0676.
14. Nguyen Cong Nhut, Nguyen V.M. Man. “Analyzing incomplete spatial data in air pollution prediction”. *Journal Southeast-Asian J. of Sciences*, Vol. 6, No 2 (2018) pp. 111-133, ISSN 2286-7724.

## Application of Geostatistics to Predict Earthquakes at Song Tranh 2 Hydropower Dam – Quang Nam

Nguyen Cong Nhut

Faculty of Information Technology, Nguyen Tat Thanh University

ncnhut@ntt.edu.vn

**Abstract** Earthquakes seriously affect human life and property. It can lead to epidemics, lack of basic needs, affect morale, ... The main goal of the author is earthquake forecasting to assess the risk of earthquakes in each region, shown in earthquake hazard zoning map, and compare with MSK seismic intensity scale to classify safe areas and hazardous areas. Based on the distribution of the accelerometer and the origin of earthquakes, applying the geostatistical theories, the study presents the process of choosing a suitable forecasting model for the data set and then produces a map that predicts the effects of earthquakes with high confidence. The results of the regression coefficient and the correlation coefficient are close to 1, the prediction error is close to 0. This study opens a new research direction on the application of Geostatistics to the fields related to geography such as earthquakes, mining, groundwater, environment, etc.

**Keywords** geostatistics, interpolation, kriging, earthquakes, Song Tranh 2 hydropower dam, variogram.

