

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THĂM



NATIONAL CONFERENCE ON
GEOSPATIAL TECHNOLOGY FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(NCGSD 2024)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THĂM**



**HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(NCGSD - 2024)**

Hà Nội - 2024

CÁC ĐƠN VỊ ĐỒNG TỔ CHỨC



Trường Đại học
Mỏ - Địa chất



Viện Khoa học Đo đạc và
Bản đồ



Học viện Kỹ thuật Quân sự



Trường Đại học Phenikaa



Hội Trắc địa - Bản đồ
- Viễn thám Việt Nam



Cục Viễn thám Quốc gia



Cục Bản đồ,
Bộ Tổng tham mưu



Trường Đại học Tài nguyên
và Môi trường Hà Nội

BAN TỔ CHỨC

- | | |
|--|------------------|
| 1. GS.TS Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Trưởng ban |
| 2. TS Trần Trung Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 3. PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 4. TS Đỗ Thị Hoài, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ | - Ủy viên |
| 5. PGS.TS Trịnh Lê Hùng, Học viện Kỹ thuật Quân sự | - Ủy viên |
| 6. GS.TS Trần Đức Tân, Trường Đại học Phenikaa | - Ủy viên |
| 7. GS.TS Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam | - Ủy viên |
| 8. PGS.TS Phạm Minh Hải, Cục Viễn thám Quốc gia | - Ủy viên |
| 9. TS Lê Đại Ngọc, Cục Bản đồ, Bộ tổng Tham mưu | - Ủy viên |
| 10. TS Vũ Danh Tuyên, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội | - Ủy viên |

BAN KHOA HỌC

- | | |
|--|------------------|
| 1. GS.TS Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Trưởng ban |
| 2. TS Trần Trung Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 3. PGS.TS Nguyễn Văn Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 4. TS Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 5. GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 6. GS.TS Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam | - Ủy viên |
| 7. PGS.TS Phạm Quốc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 8. PGS.TS Nguyễn Quốc Long, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 9. TS Đỗ Thị Phương Thảo, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 10. TS Nguyễn Gia Trọng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 11. TS Nguyễn Thị Kim Yến, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |

BAN THƯ KÝ

- | | |
|---|------------------|
| 1. TS Trần Thanh Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Trưởng ban |
| 2. TS Đoàn Thị Nam Phương, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 3. ThS Lê Thanh Nghị, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 4. ThS Nguyễn Minh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |
| 5. ThS Phạm Thị Thanh Hòa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | - Ủy viên |

BAN BIÊN TẬP

- | | |
|--|------------------|
| 1. PGS.TS Nguyễn Văn Trung, Trường Đại học Mở - Địa chất | - Trưởng ban |
| 2. ThS Nguyễn Minh Hải, Trường Đại học Mở - Địa chất | - Phó Trưởng ban |
| 3. TS Đoàn Thị Nam Phương, Trường Đại học Mở - Địa chất | - Ủy viên |
| 4. ThS Lê Thanh Nghị, Trường Đại học Mở - Địa chất | - Ủy viên |
| 5. ThS Phạm Thị Thanh Hòa, Trường Đại học Mở - Địa chất | - Ủy viên |

MỤC LỤC

Địa không gian thông minh trong hành trình thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững	1
<i>Võ Chí Mỹ*</i>	
Giao dịch bất động sản - Thực trạng và biện pháp hạn chế rủi ro về mặt pháp lý	6
<i>Nguyễn Thị Dung*</i>	
Ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài khi tính độ sâu từ dị thường trọng lực	12
<i>Nguyễn Văn Sáng*</i>	
Kết hợp đa chỉ số phổ trong chiết tách đất xây dựng ở khu vực Hà Nội từ ảnh vệ tinh Sentinel-2	18
<i>Nguyễn Văn Trung*, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Thành Len, Lê Thị Minh Phương</i>	
Phân tích tự tương quan không gian trong nghiên cứu kiểu mẫu phân bố bệnh sốt xuất huyết Dengue: Thử nghiệm tại Thành phố Hồ Chí Minh	28
<i>Vũ Danh Tuyên*, Vương Thị Hòe, Phạm Thị Thu Hương, Nguyễn Tiến Thành</i>	
Sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-2 thành lập bản đồ sinh vật đáy khu vực quần đảo Côn Đảo, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Việt Nam	34
<i>Nguyễn Văn Trung*, Lê Thị Thu Hà, Đoàn Thị Nam Phương, Phạm Thị Hương, Nguyễn Quang Minh, Phạm Vọng Thành</i>	
Nghiên cứu giải pháp tự động chiết xuất đối tượng đường giao thông trên ảnh vệ tinh Sentinel- 2 MSI	44
<i>Lê Văn Phú, Trịnh Lê Hùng*, Tô Thị Phương</i>	
Phát hiện cháy rừng đang xảy ra sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-3 SLSTR khu vực xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau	51
<i>Đoàn Thị Nam Phương*, Nguyễn Văn Trung, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Quang Minh</i>	
Công nghệ SBAS xử lý dữ liệu lớn cho xác định biến dạng bề mặt địa hình vùng Thành phố Hồ Chí Minh	59
<i>Nguyễn Minh Hải*</i>	
Nghiên cứu phân bố không gian gió vùng biển vịnh Bắc Bộ giai đoạn 1981 - 2020 từ dữ liệu viễn thám	65
<i>Nguyễn Ngọc Tuấn, Nguyễn Hoàng Minh, Đỗ Thị Phương Thảo*</i>	
Nghiên cứu ứng dụng tư liệu ảnh Sentinel-5P trong giám sát chất lượng không khí tại các đô thị lớn	72
<i>Lê Minh Hằng, Đỗ Thị Hoài*</i>	
Thành lập mô hình lún để chẩn đoán Nhà máy lọc dầu Dung Quất	82
<i>Nguyễn Thị Kim Thanh*, Nguyễn Hà</i>	
Nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân loại hướng đối tượng và mô hình học máy trong xây dựng bản đồ lớp phủ từ ảnh viễn thám quang học	90
<i>Khúc Thành Đông*, Trần Đình Trọng, Trần Văn Anh, Đỗ Quang Vinh, Hà Trung Khiên, Đào Duy Toàn, Trương Xuân Quang</i>	
Xác định lún đất khu vực Cà Mau bằng chuỗi ảnh radar trên nền tảng điện toán đám mây Google Colab	97
<i>Hà Trung Khiên, Trần Văn Anh*, Khúc Thành Đông, Nguyễn Đình Huy</i>	
Ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám hỗ trợ phân tích, quản lý tài nguyên rừng trong điều kiện biến đổi khí hậu ở tỉnh Đắk Lắk	106
<i>Nguyễn Sách Thành*, Trịnh Lê Hùng, Lê Văn Phú, Nguyễn Văn Trung</i>	

Ứng dụng công nghệ địa tin học trong đánh giá hạn hán ở Quảng Nam	114
<i>Phạm Thị Thanh Hoà*, Trần Hồng Hạnh, Lưu Thị Diệu Chinh</i>	
Nghiên cứu ứng dụng mô hình LSTM (Long Short-Term Memory) trong dự báo độ mặn từ chuỗi dữ liệu đa biến tại trạm Đại Ngãi, Sóc Trăng	122
<i>Bùi Duy Quỳnh*, Hà Thị Hằng, Lưu Thị Diệu Chinh, Trần Xuân Trường</i>	
Kiểm định giả thuyết thống kê trong bình sai lưới quan trắc chuyển dịch ngang đập công trình thủy điện	131
<i>Trần Trung Anh*, Nguyễn Quang Hà</i>	
Phân tích, lọc và hiển thị dữ liệu đám mây điểm LiDAR với thư viện Pandas và Matplotlib của Python	138
<i>Nguyễn Thị Hữu Phương*, Phạm Thị Hải Vân, Đào Thị Hồng Thắm</i>	
Nghiên cứu xác định sự biến động độ sâu ven đảo xa bờ sử dụng dữ liệu viễn thám Sentinel-2 trên nền tảng Google Earth Engine	146
<i>Nguyễn Như Hùng*, Lê Văn Phú, Nguyễn Văn Sơn</i>	
Nghiên cứu một số thuật toán huấn luyện mạng nơron nhân tạo trong dự báo độ lún công trình thủy điện	154
<i>Phạm Quốc Khánh*</i>	
Công nghệ máy bay không người lái và thuật toán bán tự động trong việc xác định hệ thống khe nứt chính trên mô đá ốp lát	163
<i>Phạm Văn Việt*, Nguyễn Anh Tuấn, Trần Trung Anh, Phạm Văn Hoà</i>	
Phương trình LiDAR tính tọa độ điểm đo trong công nghệ bay quét laser hàng không	172
<i>Trần Trung Anh*, Trần Hồng Hạnh, Lưu Hải Âu, Quách Mạnh Tuấn</i>	
Lập bản đồ biến động hệ thực vật vùng đất ven biển khu vực Khánh Hòa bằng ảnh Landsat đa thời gian trên nền tảng Google Earth Engine	179
<i>Trần Thanh Hà*</i>	
Quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực ở tầng khai thác mỏ lộ thiên dựa trên công nghệ GNSS/CORS	188
<i>Phạm Công Khải*, Nguyễn Văn Hải</i>	
Dự báo thay đổi lớp phủ bề mặt bằng thuật toán học máy	199
<i>Trần Thị Hoà*, Trần Thị Ngọc, Trần Đình Trí</i>	
Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS phục vụ công tác tìm kiếm và cứu nạn khu vực vịnh Bắc Bộ	207
<i>Nguyễn Quang Minh*, Nguyễn Văn Trung, Bùi Tiến Diệu</i>	
Phân tích lượng mưa tích lũy và nguy cơ trượt lở đất: Nghiên cứu và mô phỏng số tại Km10+950, Quốc lộ 34, tỉnh Hà Giang	221
<i>Đỗ Văn Đăng*, Nguyễn Châu Lân, Hà Thị Hằng, Bùi Duy Quỳnh, Dương Công Hiếu, Lưu Thị Diệu Chinh</i>	
Nghiên cứu một số vấn đề chuyển đổi tọa độ từ WGS-84 về hệ tọa độ trắc địa sử dụng tại Việt Nam	228
<i>Hoàng Ngọc Hà*</i>	

Ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài khi tính độ sâu từ dị thường trọng lực

Nguyễn Văn Sáng^{1*}

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là xác định xem mật độ của điểm đo trực tiếp dị thường trọng lực và độ sâu ảnh hưởng thế nào đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài trong bài toán xác định độ sâu đáy biển từ số liệu dị thường trọng lực. Phương pháp Collocation đã được sử dụng để nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài. Khu vực thực nghiệm có độ vĩ Bắc từ 14,5°-16,0°; độ kinh Đông từ 115,0°-116,5°, nằm ở phía Đông - Nam quần đảo Hoàng Sa của Việt Nam. Các tính toán được thực hiện ở 8 phương án có mật độ điểm đo khác nhau. Kết quả thực nghiệm cho thấy: Khi khoảng cách tối thiểu giữa các điểm đo tăng từ 183 m (0,1 x 0,1') đến 3667 m (2' x 2') thì độ lệch trung phương nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài tăng từ $\pm 1,014$ mGal đến $\pm 3,945$ mGal. Kết quả nghiên cứu này rất có ý nghĩa khi xác định mật độ điểm đo trực tiếp cần thiết khi tính toán độ sâu từ số liệu dị thường trọng lực.

Từ khóa: Mật độ điểm đo trực tiếp, độ chính xác, dị thường trọng lực bước sóng dài, độ sâu trọng lực.

1. Đặt vấn đề

Trong bài toán xác định độ sâu đáy biển từ trọng lực, dị thường trọng lực được chia làm 2 phần: Phần thứ nhất liên quan đến mật độ đất đá dưới sâu và rộng của đáy biển, được gọi là dị thường trọng lực bước sóng dài, ký hiệu là $\Delta g^{dài}$; phần thứ hai liên quan đến địa hình đáy biển, được gọi là dị thường trọng lực bước sóng ngắn, ký hiệu là $\Delta g^{ngắn}$. Một trong những công việc quan trọng trong bài toán này là nội suy $\Delta g^{dài}$ từ các điểm đã biết độ sâu và dị thường trọng lực (Nguyễn Văn Sáng và nnk., 2023).

Những năm gần đây, trên thế giới, nhiều nhà khoa học đã có nghiên cứu về vấn đề xác định độ sâu đáy biển từ dị thường trọng lực như: Năm 2010, các tác giả đã sử dụng phương pháp địa chất - trọng lực (GGM) để xác định độ sâu của vùng biển phía Đông Nhật Bản từ dị thường trọng lực có nguồn gốc từ đo cao vệ tinh kết hợp độ sâu đo bằng tàu (Kwang Bae Kim và nnk., 2010); năm 2011, các tác giả đã nghiên cứu phương pháp “downward continuation - DWC” để xác định độ sâu đáy biển từ số liệu dị thường trọng lực có nguồn gốc từ đo cao vệ tinh và số liệu đo sâu bằng tàu ở hai khu vực nghiên cứu, nằm ở phía nam Greenland (Yu-Shen Hsiao và nnk., 2011); năm 2017, các tác giả đã nghiên cứu xây dựng mô hình dị thường trọng lực bước sóng dài để xác định độ sâu từ số liệu dị thường trọng lực. Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng mô hình dị thường trọng lực bước sóng dài là rất quan trọng và ảnh hưởng đến độ chính xác xác định độ sâu từ số liệu trọng lực (Xueshuang Xiang và nnk., 2017). Năm 2018, Yeon Yeu và các đồng nghiệp đã nghiên cứu xác định được độ sâu từ số liệu dị thường trọng lực có nguồn gốc từ đo cao vệ tinh kết hợp với các số liệu đo sâu hồi âm đơn tia và đa tia, số liệu đo bằng Lidar ở vùng biển phía Tây Hàn Quốc,... Tuy nhiên, chưa có công trình nào nghiên cứu về ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp trọng lực và độ sâu đến độ chính xác nội suy $\Delta g^{dài}$.

Công trình nghiên cứu này sẽ trình bày nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài theo phương pháp Collocation và khảo sát ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp trọng lực và độ sâu đến độ chính xác nội suy $\Delta g^{dài}$ bằng cách thực hiện các phương án nội suy với mật độ điểm đo trực tiếp khác nhau, các kết quả nội suy này được so sánh với dị thường trọng lực đã biết để đánh giá độ chính xác.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm ở phía Đông - Nam quần đảo Hoàng Sa (Hình 1), thuộc vùng trũng sâu của Biển Đông: độ sâu nhỏ nhất là -626,0 m; độ sâu lớn nhất là -4413,0 m; độ sâu trung bình là -4100,7 m. Kích thước của khu vực nghiên cứu mỗi chiều 1,5°, được giới hạn bởi: Độ vĩ Bắc từ 14,5°-16,0°; độ kinh Đông từ 115,0°-116,5°, diện tích khoảng 27 225 km².

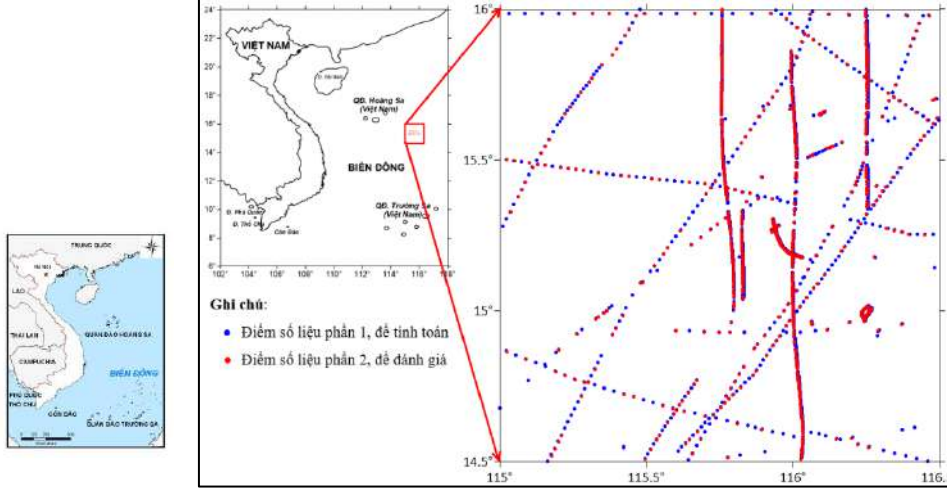
Số liệu nghiên cứu

Số liệu đo sâu và đo trọng lực trực tiếp trên khu vực nghiên cứu được cung cấp bởi Tổ chức Trọng lực quốc tế

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

(BGI). Đây là số liệu đo trọng lực trực tiếp bằng tàu biển. Tổng số có 4298 điểm đo (các điểm màu **đỏ** và **xanh** trên Hình 1). Tọa độ của các điểm trong hệ WGS-84. Số liệu này được chia làm 2 phần: phần 1 dùng để tính toán, bao gồm 3224 điểm màu xanh trên Hình 1; phần 2 dùng để đánh giá độ chính xác, bao gồm 1074 điểm màu đỏ trên Hình 1.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

2.2. Nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài theo phương pháp Collocation

2.2.1. Tính dị thường trọng lực bước sóng dài

Giả sử có n điểm đã biết dị thường trọng lực bước sóng dài $\Delta g_1^{dài}, \Delta g_2^{dài}, \dots, \Delta g_n^{dài}$ trên khu vực nghiên cứu. Khi đó, theo phương pháp Collocation, dị thường trọng lực bước sóng dài của điểm P được tính bằng công thức (Neiman, 2010):

$$\Delta g_P^{dài} = C^T(\Delta g^{dài}, \Delta g_P^{dài}) \cdot [C(\Delta g^{dài}, \Delta g^{dài}) + C_{\Delta g^{dài}}]^{-1} \cdot \Delta g^{dài} \quad (1)$$

trong đó: $C^T(\Delta g^{dài}, \Delta g_P^{dài})$ là ma trận hiệp phương sai dị thường trọng lực bước sóng dài giữa điểm P và các điểm đã biết dị thường trọng lực:

$$C^T(\Delta g^{dài}, \Delta g_P^{dài}) = [C(\Delta g_1^{dài}, \Delta g_P^{dài}) \ C(\Delta g_2^{dài}, \Delta g_P^{dài}) \ \dots \ C(\Delta g_n^{dài}, \Delta g_P^{dài})] \quad (2)$$

$C(\Delta g^{dài}, \Delta g^{dài})$ là ma trận hiệp phương sai dị thường trọng lực bước sóng dài giữa các điểm đã biết dị thường trọng lực với nhau:

$$C(\Delta g^{dài}, \Delta g^{dài}) = \begin{bmatrix} C(\Delta g_1^{dài}, \Delta g_1^{dài}) & C(\Delta g_1^{dài}, \Delta g_2^{dài}) & \dots & C(\Delta g_1^{dài}, \Delta g_n^{dài}) \\ C(\Delta g_2^{dài}, \Delta g_1^{dài}) & C(\Delta g_2^{dài}, \Delta g_2^{dài}) & \dots & C(\Delta g_2^{dài}, \Delta g_n^{dài}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C(\Delta g_n^{dài}, \Delta g_1^{dài}) & C(\Delta g_n^{dài}, \Delta g_2^{dài}) & \dots & C(\Delta g_n^{dài}, \Delta g_n^{dài}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$C_{\Delta g^{dài}}$ là ma trận hiệp phương sai độ chính xác dị thường trọng lực bước sóng dài:

$$C_{\Delta g^{dài}} = \begin{bmatrix} C_{\Delta g_1^{dài} \Delta g_1^{dài}} & C_{\Delta g_1^{dài} \Delta g_2^{dài}} & \dots & C_{\Delta g_1^{dài} \Delta g_n^{dài}} \\ C_{\Delta g_2^{dài} \Delta g_1^{dài}} & C_{\Delta g_2^{dài} \Delta g_2^{dài}} & \dots & C_{\Delta g_2^{dài} \Delta g_n^{dài}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{\Delta g_n^{dài} \Delta g_1^{dài}} & C_{\Delta g_n^{dài} \Delta g_2^{dài}} & \dots & C_{\Delta g_n^{dài} \Delta g_n^{dài}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$\Delta g^{dài}$ là ma trận các giá trị dị thường trọng lực bước sóng dài đã biết.

2.2.2. Tính hiệp phương sai thực nghiệm

Hiệp phương sai thực nghiệm của dị thường trọng lực bước sóng dài được tính dựa vào số liệu thực nghiệm theo công thức (Nguyễn Văn Sáng và nnk., 2023):

$$\hat{C}_{\Delta g}(\psi_i) = \frac{1}{m_i} \sum_{n=1}^{m_i} [\Delta g^{dài}(P) \cdot \Delta g^{dài}(P')]_n, \quad (5)$$

trong đó: P và P' - là các điểm đã biết giá trị dị thường trọng lực bước sóng dài $\Delta g^{dài}$. Khoảng cách cầu giữa 2 điểm thỏa mãn điều kiện:

$$\psi_i - \frac{\Delta\psi}{2} \leq \psi \leq \psi_i + \frac{\Delta\psi}{2}, \quad (6)$$

ở đây: m_i - là số lượng cặp điểm thỏa mãn điều kiện, $\Delta\psi$ - là khoảng cách cầu giữa 2 điểm gần nhất trong bộ số liệu đầu vào và $\psi_i - \Delta\psi/2 = 0$, nếu $\psi_i < \Delta\psi/2$.

2.2.3. Xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết

Hàm hiệp phương sai lý thuyết của dị thường trọng lực có dạng (Neiman, 2010):

$$C(\Delta g_i, \Delta g_j) = a \sum_{l=2}^N d_l \frac{(l-1)^2}{r_i r_j} \left(\frac{R^2}{r_i r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) + \sum_{l=N+1}^{\infty} \frac{A}{(l-2)(l+b)} \frac{(l-1)}{r_i r_j} \left(\frac{R_B^2}{r_i r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi), \quad (7)$$

trong đó: a - tham số bổ sung; d_l - phương sai bậc N ; b - số tự nhiên; A - hằng số có đơn vị là $(\text{m/s})^4$; R - bán kính trung bình Trái đất; R_B - bán kính của mặt cầu nằm trong Trái đất; $P_l(\cos \psi)$ - hàm Legendre bậc l ; ψ - khoảng cách cầu giữa điểm i và j ; r_i và r_j - khoảng cách từ điểm đến gốc tọa độ.

Các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết sẽ được xác định bằng cách làm khớp giá trị hiệp phương sai thực nghiệm với hàm lý thuyết (Nguyễn Thành Lê và nnk., 2021).

Các phương án tính toán nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài

Để nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp đến kết quả nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài, các tính toán nội suy được thực hiện ở 8 phương án (Bảng 1): PA1 - giữ nguyên các điểm như khi đo trực tiếp (số liệu phần 1, Hình 1); trong các phương án tiếp theo, các điểm đo trực tiếp được bỏ bớt (làm thưa) để khoảng cách tối thiểu tăng dần từ 183 m (tương ứng 0,1') đến 3667 m (tương ứng 2').

Bảng 1. Các phương án tính toán

PA	Khoảng cách tối thiểu (m)	PA	Khoảng cách tối thiểu (m)
PA1	Giữ nguyên như khi đo	PA5	1100
PA2	183	PA6	1467
PA3	367	PA7	1833
PA4	733	PA8	3667

Các kết quả tính toán nội suy được so sánh với các điểm số liệu phần 2 (Hình 1) để đánh giá. Các giá trị độ lệch Δ_i , độ lệch trung bình Δ_{TB} được tính theo công thức:

$$\Delta_i = \Delta g_i^{NS} - \Delta g_i^{ship}; \quad \Delta_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i. \quad (8)$$

trong đó: Δg_i^{NS} là dị thường trọng lực bước sóng dài nội suy; Δg_i^{ship} là dị thường trọng lực bước sóng dài tính từ giá trị đo trực tiếp bằng tàu.

Độ lệch chuẩn STD được tính theo công thức (Đặng Nam Chính và nnk., 2015):

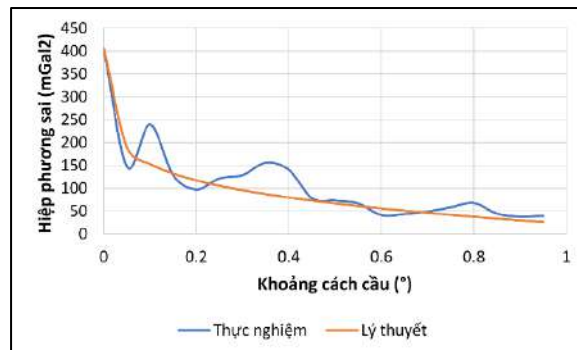
$$STD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta_{TB})^2}, \quad (9)$$

Độ lệch trung phương RMS được tính theo công thức (Đặng Nam Chính và nnk., 2015):

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}. \quad (10)$$

3. Kết quả và thảo luận

Trên Bảng 2 trình bày minh họa kết quả xác định hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết của PA1 với khoảng cách cầu tính đến $0,95^\circ$. Trên Hình 2 là đồ thị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết. Hình này cho thấy đồ thị hiệp phương sai lý thuyết đã được làm khớp với các giá trị thực nghiệm.

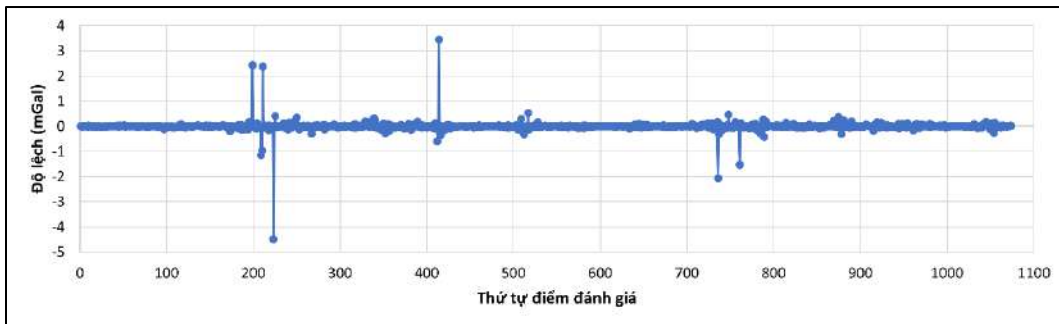


Hình 2. Đồ thị hàm hiệp phương sai

Bảng 2. Kết quả tính hiệp phương sai

S T T	Khoảng cách cầu (°)	Hiệp phương sai (mGal ²)		S T T	Khoảng cách cầu (°)	Hiệp phương sai (mGal ²)	
		Thực nghiệm	Lý thuyết			Thực nghiệm	Lý thuyết
1	0,00	405,3815	405,8097	11	0,50	72,9110	66,8104
2	0,05	146,7698	188,3606	12	0,55	66,6154	61,1589
3	0,10	239,1841	152,8680	13	0,60	41,2277	55,8837
4	0,15	128,2844	131,9489	14	0,65	43,2563	50,9248
5	0,20	97,2602	116,9620	15	0,70	48,7123	46,2375
6	0,25	121,1211	105,1911	16	0,75	58,2313	41,7886
7	0,30	128,5357	95,4265	17	0,80	67,5137	37,5533
8	0,35	155,6112	87,0247	18	0,85	44,3913	33,5129
9	0,40	140,2369	79,6040	19	0,90	37,5825	29,6539
10	0,45	78,0320	72,9206	20	0,95	39,5408	25,9664

Độ lệch giữa dị thường trọng lực bước sóng dài nội suy được và giá trị đã biết tại các điểm đánh giá của PA1 được trình bày trên Hình 3. Hình này cho thấy: hầu hết các độ lệch có giá trị rất nhỏ, chỉ có vài điểm có độ lệch lớn, các điểm này sẽ được loại bỏ. Độ lệch trung phương nhỏ, đạt 0,231 mGal (Bảng 3).



Hình 3. Độ lệch dị thường trọng lực bước sóng dài

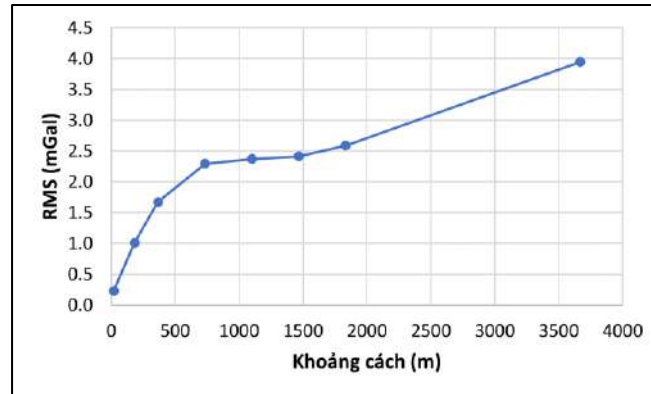
Kết quả đánh giá của 8 phương án được trình bày tổng hợp trên Bảng 3, trong đó: RMS là độ lệch trung phương, STD là độ lệch chuẩn, Mean là độ lệch trung bình. Kết quả trong bảng này cho thấy: Các phương án tính đều có độ lệch trung bình nhỏ, chứng tỏ không tồn tại độ lệch hệ thống giữa kết quả tính và số liệu đánh giá; Độ lệch trung phương tăng dần khi mật độ điểm đo giảm (khoảng cách tối thiểu tăng). Khi khoảng cách tối thiểu giữa các điểm đo là 0,1' (183 m) thì độ chính xác nội suy là $\pm 1,014$ mGal. Khi khoảng cách tối thiểu tăng lên là 2' (3667 m) thì độ chính xác nội suy là $\pm 3,945$ mGal.

Bảng 3. Kết quả đánh giá độ chính xác theo các phương án tính

PA	Khoảng cách tối thiểu (m)	Độ lệch (m)				
		Max	Min	Mean	STD	RMS
PA 1	Giữ nguyên như khi đo	3,446	-4,493	-0,002	$\pm 0,231$	$\pm 0,231$
PA 2	183	6,439	-13,131	-0,058	$\pm 1,012$	$\pm 1,014$
PA 3	367	13,144	-21,623	-0,108	$\pm 1,671$	$\pm 1,673$
PA 4	733	24,150	-23,533	-0,081	$\pm 2,295$	$\pm 2,295$
PA 5	1100	13,692	-15,670	-0,153	$\pm 2,367$	$\pm 2,371$
PA 6	1467	13,671	-14,955	-0,042	$\pm 2,414$	$\pm 2,414$
PA 7	1833	13,736	-14,070	-0,061	$\pm 2,590$	$\pm 2,589$
PA 8	3667	25,850	-19,060	0,095	$\pm 3,946$	$\pm 3,945$

Mối tương quan giữa khoảng cách tối thiểu và các điểm đo và độ chính xác nội suy được trình bày trên Hình 4. Từ hình này cho thấy: khi khoảng cách tối thiểu tăng từ 183 m lên 733 m thì độ lệch trung phương (RMS) tăng nhanh, đồ thị dốc; khi khoảng cách tối thiểu tăng từ 733 m lên 1833 m thì RMS tăng chậm, đồ thị

thoải; khi khoảng cách tối thiểu tăng từ 1833 m lên 3667 m thì RMS tăng ở mức trung bình. Như vậy, với khoảng cách tối thiểu giữa các điểm đo là 1833 m (1') sẽ đem lại hiệu quả tối ưu giữa mật độ đo và độ chính xác nội suy.



Hình 4. Mối quan hệ giữa mật độ điểm đo trực tiếp và độ chính xác nội suy

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ điểm đo đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài theo phương pháp Collocation. Tám phương án tính toán nội suy với mật độ điểm khác nhau đã được tính toán, kết quả nội suy được so sánh với giá trị đã biết để đánh giá. Khi khoảng cách tối thiểu tăng từ 183 m lên 733 m thì độ lệch trung phương (RMS) tăng nhanh từ $\pm 1,014$ mGal lên $\pm 2,295$ mGal. Khi khoảng cách tối thiểu tiếp tục tăng lên 1833 m thì RMS tăng chậm lên $\pm 2,589$ mGal. Khi khoảng cách tối thiểu tăng đến 3667 m thì RMS tăng trung bình lên $\pm 3,945$ mGal. Kết quả nghiên cứu này rất có ý nghĩa trong bài toán xác định độ sâu từ dị thường trọng lực.

Cần tiếp tục nghiên cứu ở những khu vực rộng lớn hơn để có thể đánh giá được ảnh hưởng ở mật độ điểm đo ở mức thưa hơn đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của đề tài KHCN cấp bộ của Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số: B2021-MDA-06 và đề tài cấp Quốc gia Việt Nam ĐTDLCN.07/23. Tác giả cũng xin cảm ơn BGI đã hỗ trợ nhóm tác giả số liệu trong nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Đặng Nam Chinh, Nguyễn Xuân Bắc, Bùi Thị Hồng Thắm, Trần Thị Thu Trang, Ninh Thị Kim Anh, 2015. Giáo trình lý thuyết sai số. Trường Đại học Tài nguyên và môi trường, Hà Nội.

Forsberg R., Tscherning C.C., 2008. An overview manual for the GRAVSOF Geodetic Gravity Field Modelling Programs, DTU Space.

Kwang Bae Kim, Yu-Shen Hsiao, Jeong Woo Kim, Bang Yong Lee, Yi Kyun Kwon, Chang Hwan Kim, 2010. Bathymetry enhancement by altimetry-derived gravity anomalies in the East Sea (Sea of Japan). Mar Geophys Res (2010) 31:285-298. Doi 10.1007/s11001-010-9110-0.

Neiman. Y.M., 2010. Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation (Sách chuyên khảo). Matxcova (tiếng Nga).

Nguyễn Thành Lê, Nguyễn Văn Sáng, Đinh Xuân Mạnh, 2021. Xây dựng giải pháp tối ưu việc xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết trong phương pháp LSC. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Số 49 - 9/2021, tr 15-20. Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ.

Nguyễn Văn Sáng và nnk., 2023. Nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định độ sâu đáy biển từ số liệu dị thường trọng lực trên khu vực Biển Đông. Đề tài cấp bộ, Bộ Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội.

Nguyen Van Sang, Khuong Van Long, Tran Tuan Dung, Lam Van Nguyen, Bui Cong Que, Do Van Mong, Bui Dang Quang, Ole Baltazar Andersen, Rene Forsberg, Dieu Tien Bui, 2023. Seafloor Depth Mapping of Central Vietnam's Sea area and its surrounding using gravity anomaly data and Gravity Geological Method. Advances in Space Research, Volume 72, Issue 5, 1 September 2023, p. 1721-1738. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.04.033>.

Xueshuang Xiang, Xiaoyun Wan, Running Zhang, Yang Li, Xiaohong Sui and Wenbin Wang, 2017. Bathymetry inversion with Gravity-Geologic Method: A study of long-wavelength gravity modeling based on adaptive mesh. Marine Geodesy. ISSN: 0149-0419 (Print) 1521-060X (Online), Doi: 10.1080/01490419.2017.1335257.

Yeon Yeu, Jurng-Jae Yee, Hong Sik Yun and Kwang Bae Kim, 2018. Evaluation of the Accuracy of Bathymetry on the Nearshore Coastlines of Western Korea from Satellite Altimetry, Multi-Beam, and Airborne Bathymetric LiDAR. Sensors, MDPI. Doi:10.3390/s18092926.

Yu-Shen Hsiao, Jeong Woo Kim, Kwang Bae Kim, Bang Yong Lee, and Cheinway Hwang, 2011. Bathymetry Estimation Using the Gravity-Geologic Method: An Investigation of Density Contrast Predicted by the Downward Continuation Method. Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 22, No. 3, 347-358. Doi: 10.3319/TAO.2010.10.13.01.

ABSTRACT

Effect of the density of the shipborne points on interpolation accuracy of the long-wavelength gravity anomaly when calculating seabed depth from gravity anomaly

Nguyen Van Sang^{1,*}

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

The purpose of this study is to determine how the density of shipborne points of gravity and depth affects the interpolation accuracy of long-wavelength gravity anomalies when determining seabed depth from gravity anomaly. The Collocation method was used to interpolate long-wavelength gravity anomalies. The experimental area has latitude from 14.5° to 16.0°; longitude from 115.0° to 116.5°, located in the East - South of Vietnam's Hoang Sa Archipelago. The calculations are performed in 8 options with different density of shipborne points. The experimental results show that: When the minimum distance between shipborne points increases from 183 m (0.1 x 0.1') to 3667 m (2' x 2'), the root mean square deviation of interpolated long-wavelength gravity anomaly increases from ± 1.014 mGal to ± 3.945 mGal. The results of this study are very meaningful when determining the needed density of shipborne points when calculating seabed depth from gravity anomaly data.

Keywords: Density of shipborne points, interpolation accuracy, long wavelength gravity anomaly, gravity derived-depth.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;

Phòng Biên tập: **024.37917148**;

Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;

Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**; Website: **www.vap.ac.vn**

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
NATIONAL CONFERENCE
ON GEOSPATIAL TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT
(NCGSD - 2024)**

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc, Tổng biên tập

PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập:

Nguyễn Thị Chiên

Trình bày kỹ thuật:

PGS.TS Nguyễn Văn Trung

Trình bày bìa:

Nguyễn Minh Hải

Liên kết xuất bản:

GS.TS Trần Thanh Hải - Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Địa chỉ: 18 Phố Viên, Đông Ngạc, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

ISBN: 978-604-357-305-3

In 100 cuốn, khổ 21×29,7 cm, tại Công ty Cổ phần Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 11 ngách 1, ngõ 1 Võ Chí Công, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, TP. Hà Nội. Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3231-2024/CXBIPH/02-36/KHTNVCN. Số quyết định xuất bản: 50/QĐ-HKTNCN, tháng 10 năm 2024. In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2024.