

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH



ENGINEERING SURVEYING
FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT - ESSD 2023

**HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH
VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)**

Engineering Surveying for Sustainable Development - ESSD 2023



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 TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH



**ENGINEERING SURVEYING
FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT - ESSD2023**

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(ESSD 2023)

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - ESSD 2023

HÀ NỘI - 2023

BAN TỔ CHỨC

1. GS.TS. Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. PGS.TS. Nguyễn Việt Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. PGS.TS. Lê Đức Tinh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
4. TS. Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
5. PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
6. PGS.TS. Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
7. PGS.TS. Nguyễn Viết Nghĩa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
8. TS. Diêm Công Huy, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng IBST - *Ủy viên*
9. TS. Nguyễn Phi Sơn, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ - *Ủy viên*
10. GS.TS. Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam - *Ủy viên*
11. TS. Dương Văn Hải, Cục phó Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Ủy viên*

BAN KHOA HỌC

1. GS.TS. Bùi Xuân Nam, Phó Hiệu trưởng Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG) - *Trưởng ban*
2. PGS.TS. Nguyễn Việt Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. TS. Phạm Quốc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
4. TS. Trần Đình Trọng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội - *Ủy viên*
5. TS. Trần Quang Học, Trường Đại học Giao thông vận tải - *Ủy viên*
6. TS. Lã Phú Hiến, Trường Đại học Thủy lợi - *Ủy viên*
7. TS. Lê Thị Minh Phương, Trường Đại học Kiến trúc - *Ủy viên*
8. TS. Vũ Danh Tuyên, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội - *Ủy viên*
9. TS. Trần Ngọc Đông, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng IBST - *Ủy viên*
10. TS. Vũ Duy Tân, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ - *Ủy viên*
11. GS.TSKH. Hoàng Ngọc Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
12. PGS.TS. Trần Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
13. PGS.TS. Nguyễn Quang Minh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
14. TS. Trần Trung Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
15. TS. Nguyễn Quốc Long, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
16. TS. Nguyễn Gia Trọng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
17. TS. Trần Thùy Dương, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
18. TS. Nguyễn Đại Đồng, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Ủy viên*

BAN TỔ CHỨC

BAN THƯ KÝ

1. TS. Phạm Trung Dũng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. TS. Nguyễn Thị Kim Thanh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. TS. Vũ Thái Hà, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội - *Ủy viên*
4. TS. Lê Văn Hiến, Trường Đại học Giao thông vận tải - *Ủy viên*

BAN BIÊN TẬP

1. TS. Nguyễn Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. ThS. Trần Thùy Linh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. ThS. Tạ Thị Thu Hường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
4. ThS. Nguyễn Thị Mến, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
5. ThS. Nguyễn Thị Mỹ Hạnh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*

MỤC LỤC

Đánh giá thuật toán BeamForming và MUSIC trong ước lượng vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển trích xuất từ dữ liệu radar mảng tần số cao	1
<i>Đào Duy Toàn, Hwa Chien, Cheng-Da Lee, Trần Đình Trọng, Hà Thị Hằng, Nguyễn Đình Huy, Khúc Thành Đông</i>	
Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Georadar để thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 tại khu vực Hà Nội	12
<i>Diêm Công Huy</i>	
Nghiên cứu mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ Địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An	19
<i>Đoàn Thị Nam Phương, Nguyễn Văn Trung, Trần Xuân Trường, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Tiến Hơn, Đỗ Ngọc Sang</i>	
Thử nghiệm quan trắc tự động các cột thu phát sóng bằng công nghệ GNSS RTK	30
<i>Dương Thành Trung, Lại Đức Trường, Nguyễn Đỗ Quang Duy, Diêm Công Trang</i>	
Nghiên cứu đánh giá sự tương quan số liệu đo mặt giữa các trạm quan trắc bằng phương pháp hệ số tương quan r	41
<i>Bùi Duy Quỳnh, Hà Thị Hằng, Lưu Thị Diệu Chinh, Trần Xuân Trường</i>	
Nghiên cứu ứng dụng GIS trong quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh	51
<i>Hà Thị Hằng, Đào Duy Toàn, Hà Trung Khiên</i>	
Nghiên cứu bình sai và phân tích chuyển dịch ngang công trình xây dựng ứng dụng công nghệ GNSS	59
<i>Hoàng Ngọc Hà</i>	
Xây dựng mô hình nhạy cảm nguy cơ trượt lở đất bằng hàm niềm tin bằng chứng (EBF) tại khu vực huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái	65
<i>Khúc Thành Đông, Hà Thị Hằng, Trần Văn Anh, Bùi Đức Phong, Trương Xuân Quang, Nguyễn Chí Công, Trần Thị Hồng Minh, Trương Mạnh Đạt</i>	
Nghiên cứu khảo sát độ chính xác ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) trong xây dựng công trình giao thông	76
<i>Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công</i>	
Nghiên cứu xây dựng và quản lý dữ liệu địa không gian công trình xây dựng	86
<i>Lương Ngọc Dũng, Vũ Đình Chiêu, Dương Công Hiếu</i>	
Ứng dụng thuật toán truy hồi để thiết kế tối ưu lưới thi công theo độ chính xác	96
<i>Nguyễn Hà, Lê Anh Cường</i>	
Xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A bằng phương pháp Collocation	102
<i>Nguyễn Văn Sáng, Đỗ Văn Mong</i>	

Nghiên cứu khả năng sử dụng Lidar phân khúc thấp AA450 trong khảo sát công trình giao thông hiện hữu	110
<i>Nguyễn Việt Hà, Vũ Ngọc Quang, Đồng Văn Huyền</i>	
Ứng dụng đồng bộ công nghệ UAV, xử lý ảnh trong kiểm soát chất lượng và an toàn mỏ mìn tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, tỉnh Hà Nam	120
<i>Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bão, Lê Thị Thu Hoa</i>	
Nghiên cứu kết hợp công nghệ GNSS và 3D Laser Scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng	130
<i>Trần Ngọc Đông, Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Văn Hùng</i>	
Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp phân tích độ ổn định lưới độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình	141
<i>Trần Thùy Linh</i>	
Xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở kết hợp tính chuyển tọa độ công trình và bình sai tự do	147
<i>Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Hà</i>	
Quy trình khảo sát địa hình mô lộ thiên bằng công nghệ UAV phục vụ đánh giá ổn định bờ mô: Thực nghiệm tại cụm mỏ đá thuộc Công ty cổ phần xi măng VICEM Hà Tiên	155
<i>Trần Trung Anh, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Quốc Khánh, Phạm Văn Việt</i>	
Giải pháp Lidar di động cho khảo sát bề mặt đường: Nghiên cứu với Lidar tích hợp Au20 vận hành trên xe ô tô	166
<i>Vũ Ngọc Quang, Nguyễn Việt Hà, Phạm Thị Thanh Hòa</i>	
Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái	176
<i>Vũ Thái Hà, Phạm Chinh Thảo, Khúc Thành Đông</i>	
Trắc địa công trình trong cách mạng số và cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng	185
<i>Vũ Văn Thặng, Vũ Thái Hà</i>	
Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS	193
<i>Phạm Văn Tùng, Nguyễn Văn Trung, Vũ Xuân Cường, Lê Văn Phú</i>	
Đánh giá độ chính xác xử lý số liệu trạm CORS Việt Nam theo phương pháp PPP online sử dụng dịch vụ CSRS-PPP	203
<i>Nguyễn Đình Huy, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng</i>	
Ứng dụng GNSS - RTK trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng ở Việt Nam và một số vấn đề trong xử lý số liệu quan trắc	213
<i>Nguyễn Thùy Linh, Lê Văn Hiến, Lê Minh Ngọc, Cù Văn Lĩnh</i>	
Thực trạng và giải pháp hoàn thiện pháp luật về giá đất, cơ chế vận hành, khai thác cơ sở dữ liệu giá đất	223
<i>Nguyễn Thị Dung, Nguyễn Thế Công, Trần Xuân Miên</i>	

Kinh doanh bất động sản và phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư dự án	233
<i>Phạm Thị Kim Thoa, Trần Xuân Miến, Nguyễn Thế Công, Nguyễn Thị Kim Yến, Trần Thị Bích Hạnh</i>	
Nghiên cứu thiết kế xây dựng hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu lớn dựa trên công nghệ GNSS/CORS	243
<i>Phạm Công Khải</i>	
Nghiên cứu xây dựng một số module chương trình xử lý số liệu trong khảo sát địa hình dưới nước	254
<i>Lê Đức Tình, Tạ Thị Thu Hương, Nguyễn Thị Kim Thanh, Hoàng Ngọc Thế</i>	
Ứng dụng máy quét lazer mặt đất đánh giá độ phẳng bề mặt công trình	269
<i>Phạm Trung Dũng, Nguyễn Như Tuấn Anh</i>	
Khảo sát sự sụt lún tuyến đê, kè biển Cửa Đại bằng phương pháp trắc địa và công nghệ Georadar	279
<i>Lê Văn Hùng, Vũ Duy Tân</i>	

Xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A bằng phương pháp Collocation

Nguyễn Văn Sáng^{1,*}, Đỗ Văn Mong²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển (Sea Level Anomaly - SLA) từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông bằng phương pháp Collocation. Đo cao vệ tinh xác định được độ cao mặt biển, sau khi trừ đi mặt biển trung bình sẽ nhận được dị thường mực nước biển tại các điểm đo. Để xác định dị thường mực nước biển tại các điểm mắt lưới ô vuông, phương pháp Collocation đã được sử dụng. Phương pháp tính toán các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết đã được nghiên cứu. Với dị thường mực nước biển trên khu vực Biển Đông, hàm hiệp phương sai lý thuyết được lựa chọn là đa thức bậc hai. Trên cơ sở lý thuyết đã được nghiên cứu, chương trình máy tính đã được xây dựng. Kết quả thực nghiệm đã xây dựng được lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A của chu kỳ 84 với kích thước mắt lưới là $15' \times 15'$; tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m; độ chính xác đạt là $\pm 0,076$ m.

Từ khóa: Đo cao vệ tinh, dị thường mực nước biển, Biển Đông, SENTINEL-3A.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, đo cao vệ tinh được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu biển. Từ số liệu đo cao vệ tinh có thể tính được dị thường mực nước biển tại các điểm đo. Dị thường mực nước biển (Sea Level Anomaly - SLA) là chênh lệch giữa mực nước biển tức thời và mực nước biển trung bình. Dị thường mực nước biển sẽ phục vụ việc nghiên cứu sự thay đổi mực nước biển theo mùa, nghiên cứu khí tượng trên biển, cảnh báo sóng thần và nghiên cứu thủy triều. Từ kết quả xác định dị thường mực nước biển đã xác định được động năng của nước biển trên vịnh Mexico có giá trị rất lớn vào thời điểm 10 ngày trước khi siêu bão Katrina đi qua năm 2005; khi sóng thần tại Ấn Độ Dương xảy ra ngày 26/12/2004, các kết quả quan sát của vệ tinh Jason1 (chu kỳ 129) và vệ tinh ENVISAT (chu kỳ 352) đều ghi nhận giá trị lớn của dị thường mực nước biển (ESA, 2009). Ở Việt Nam, đã có những nghiên cứu xác định SLA trên Biển Đông từ số liệu đo cao vệ tinh và mô hình mặt biển trung bình DTU13MSS (Nguyễn Văn Sáng và nnk., 2016).

Để phục vụ các mục đích ứng dụng khác nhau, cần thiết phải xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ giá trị SLA tại các điểm đo. Trong địa thống kê, có nhiều phương pháp nội suy như nội suy tuyến tính, nội suy đa thức, nội suy kriging, nội suy trọng số gần nhất, nội suy nghịch đảo khoảng cách trọng số, nội suy hàm spline,... Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng phương pháp Collocation, một phương pháp đã được ứng dụng hiệu quả trong trắc địa (Neiman, 2010), để nội suy dị thường mực nước biển cho các điểm mắt lưới ô vuông. Cách tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết cũng được nghiên cứu. Trên cơ sở lý thuyết, chương trình máy tính đã được xây dựng.

Bắt đầu từ những năm 1980, vệ tinh đo độ cao đã được phát triển nhanh chóng và trở thành một công cụ hữu ích cho nghiên cứu biển: 10 dự án đo cao vệ tinh đã hoạt động là: Geosat, ERS-1/2, TOPEX/Poseidon (T/P), Geosat Follow On (GFO), Jason-1/2, Envisat, HY-2A, SPOT; 10 dự án đo cao vệ tinh đang hoạt động là CryoSat, SARAL/AltiKa, Jason-3, SENTINEL-3A/B, CFOSAT, HY-2B/2C, Jason-CS và vệ tinh SWOT. Trong đó, Sentinel-3A được phóng vào ngày 16 tháng 2 năm 2016 và hiện đang hoạt động ở chế độ lặp lại chính xác (ERM) với chu kỳ lặp lại là 27 ngày (ESA, 2023).

* Tác giả liên hệ
Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

Do đó, số liệu của SENTINEL-3A là số liệu mới, phù hợp để nghiên cứu Biển Đông. Bài báo lựa chọn thực nghiệm xây dựng được lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A của chu kỳ 84. Việc đánh giá độ chính xác của phương pháp cũng được thực hiện.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên lý đo cao vệ tinh và dị thường mực nước biển xác định từ đo cao vệ tinh

Nguyên tắc cơ bản của đo cao vệ tinh như sau: Vệ tinh phát đi một chùm sóng ngắn trong dải sóng rada xuống mặt nước, sóng này phản xạ trở lại và được vệ tinh thu nhận lại. Do được thời gian lan truyền tín hiệu hai chiều là Δt . Khi đó, độ cao từ vệ tinh đến mặt nước có thể được xác định theo công thức (Rosmorduc et al., 2009):

$$h = c \frac{\Delta t}{2}, \quad (1)$$

trong đó: c là tốc độ lan truyền tín hiệu; Δt là thời gian lan truyền tín hiệu hai chiều; h là khoảng cách từ vệ tinh đến mặt biển.

Bởi vì nước phản xạ tốt tín hiệu rada nên phương pháp này đặc biệt phù hợp trên biển và đại dương. Sóng phát từ vệ tinh đến mặt nước không phải là một tia mà là một chùm tia, chiếu lên mặt nước thành một hình tròn có bán kính vài km, được gọi là “Dấu chân - footprint” (Hình 1). Cần phải tính toán hiệu chỉnh mới có được trị đo h từ vệ tinh đến mặt biển.

Trên vệ tinh được gắn máy thu GNSS hoặc các hệ thống theo dõi vệ tinh, quỹ đạo vệ tinh được xác định. Nghĩa là, xác định được độ cao trắc địa của vệ tinh (H) so với Ellipsoid quy chiếu WGS-84. Khi đó, độ cao mặt biển (SSH - Sea Surface Height) được xác định như sau (Rosmorduc et al., 2009):

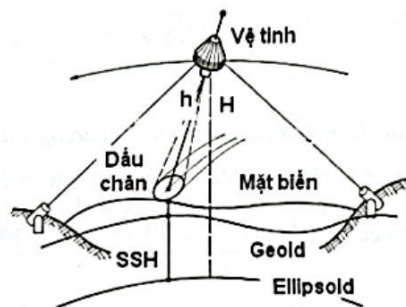
$$SSH = H - h - h_{cor}, \quad (2)$$

trong đó: h_{cor} là các số hiệu chỉnh.

Từ độ cao mặt biển, dị thường mực nước biển được tính theo công thức:

$$SLA = SSH - MSS \quad (3)$$

trong đó: MSS là độ cao mặt biển trung bình, được lấy từ mô hình mặt biển trung bình toàn cầu.



Hình 1. Nguyên lý đo cao vệ tinh (Gunter Seeber, 2003)

2.2. Nội suy dị thường mực nước biển bằng phương pháp Collocation

Để phục vụ các mục đích ứng dụng khác nhau, cần thiết phải xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ các giá trị này tại các điểm đo. Công việc này có thể được thực hiện bằng phương pháp nội suy Collocation như sau: Giả sử trong khu vực xét có n giá trị dị thường mực nước biển $SLA = (SLA_1, SLA_2, \dots, SLA_n)$, dị thường mực nước biển tại điểm P (điểm mắt lưới) được xác định theo công thức (Neiman, 2010):

$$SLA_p = K^T(i, P) \cdot (K(i, j))^{-1} \cdot SLA \quad (4)$$

trong đó: $K(i, P)$ - ma trận hiệp phương sai giữa điểm P và các điểm i đã biết, $K(i, j)$ - ma trận hiệp phương sai giữa điểm i và điểm j trong tập hợp số liệu đã có.

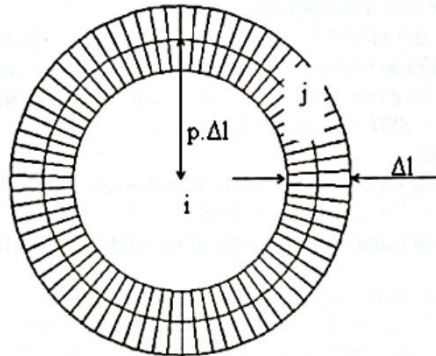
2.3. Tính toán các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm của dị thường mực nước biển

Đối với dị thường mực nước biển, giá trị hiệp phương sai thực nghiệm được tính theo công thức (Neiman, 2010):

$$\begin{cases} K(0) = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} SLA_i^2 \\ K(1. \Delta l) = \frac{1}{n_1} \sum_{m=1}^{n_1} SLA_i \cdot SLA_j \\ K(2. \Delta l) = \frac{1}{n_2} \sum_{m=1}^{n_2} SLA_i \cdot SLA_j \\ \dots \\ K(k. \Delta l) = \frac{1}{n_k} \sum_{m=1}^{n_k} SLA_i \cdot SLA_j \\ \dots \\ K(p. \Delta l) = \frac{1}{n_p} \sum_{m=1}^{n_p} SLA_i \cdot SLA_j \end{cases} \quad (5)$$

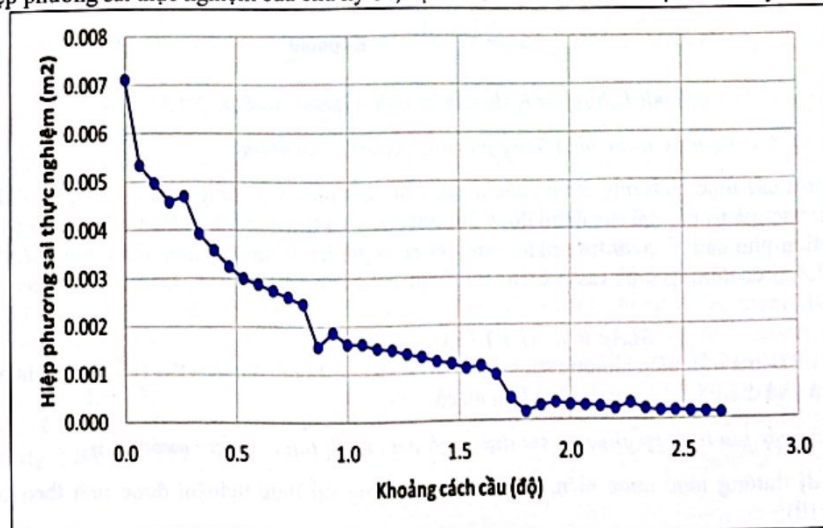
với điều kiện: $k. \Delta l - \frac{\Delta l}{2} < l_{ij} \leq k. \Delta l + \frac{\Delta l}{2}$, (6)

ở đây l_{ij} - khoảng cách giữa hai điểm i và j ; Δl - khoảng cách gần nhất giữa các điểm. Trong trường hợp này chính là khoảng cách gần nhất giữa các điểm đo cao vệ tinh, đối với số liệu vệ tinh sử dụng ở nghiên cứu này (SENTINEL-3A) nên lấy $\Delta l = 4'$; p - là một số tự nhiên dương phụ thuộc vào độ rộng của khu vực nghiên cứu, đối với Biển Đông $p = 30$; n_k ($k = 1, 2, \dots, p$) - số lượng cặp điểm i và j thỏa mãn điều kiện (6).



Hình 2. Sơ đồ các điểm tính các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm

Điều kiện (6) được biểu diễn trên Hình 2. Từ đây ta thấy, giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính theo công thức (5) chỉ sử dụng những điểm j nằm trên phần gạch chéo. Đồ thị hiệp phương sai thực nghiệm của chu kỳ 84, vệ tinh SENTINEL-3A được trình bày trên Hình 3.



Hình 3. Đồ thị hiệp phương sai thực nghiệm của chu kỳ 84, vệ tinh SENTINEL-3A

2.4. Xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết của dị thường mực nước biển

Trên cơ sở các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính được, ta lựa chọn hàm hiệp phương sai lý thuyết phù hợp. Đối với số liệu dị thường mực nước biển trên khu vực Biển Đông, kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm tại chu kỳ 84 của vệ tinh SENTINEL-3A được thể hiện trong Hình 3. Với đồ thị của hiệp phương sai thực nghiệm này thì hàm hiệp phương sai lý thuyết nên chọn là hàm bậc hai có dạng:

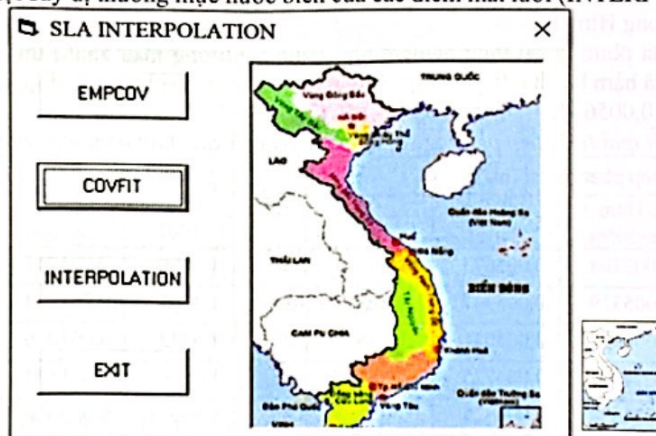
$$K(l) = \theta \cdot l^2 + \alpha \cdot l + \beta, \quad (7)$$

trong đó: l - khoảng cách giữa các điểm; θ, α, β - các tham số cần xác định.

Các ẩn số θ, α và β sẽ được xác định bằng phương pháp số bình phương nhỏ nhất theo các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính được theo (5).

2.5. Chương trình máy tính xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển

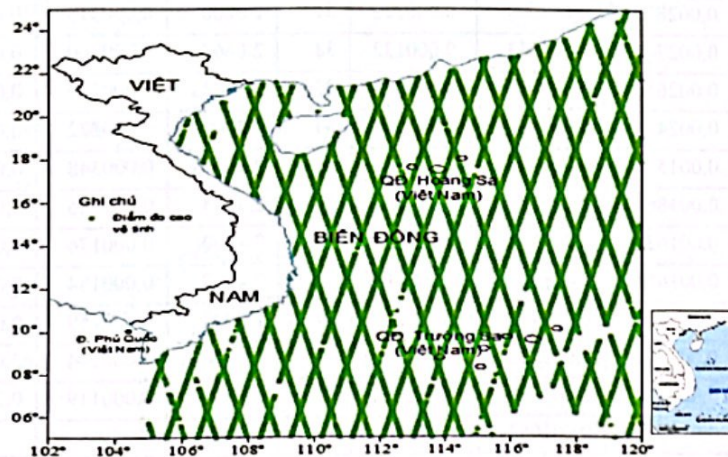
Trên cơ sở lý thuyết trình bày ở trên, chương trình máy tính xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển đã được thành lập. Giao diện của chương trình như Hình 4. Chương trình gồm 3 module: Module tính hiệp phương sai thực nghiệm (EMPCOV); Module xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết (COVFIT); và module nội suy dị thường mực nước biển của các điểm mắt lưới (INTERPOLATION).



Hình 4. Giao diện chương trình xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu



Hình 5. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là vùng Biển Đông bao gồm biển Việt Nam và vùng phụ cận, được giới hạn bởi (5°N, 25°N) theo vĩ độ và (105°E, 120°E) theo kinh độ (Hình 5).

Để phục vụ cho mục đích nghiên cứu, chúng tôi đã thu thập số liệu chu kỳ 48 của vệ tinh SENTINEL-3A, thực hiện nhiệm vụ đo ở chế độ "lập lại chính xác" - ERM (ESA, 2023), đo từ ngày 06/4/2022 đến ngày 03/5/2022. Số điểm đo trên khu vực nghiên cứu là 7417 điểm. Vị trí các điểm đo được thể hiện trên Hình 5. Số liệu được cung cấp bởi AVISO (AVISO, 2023). Số liệu cung cấp ở dạng độ cao mặt biển (Sea Surface Height - SSH). Từ số liệu này, SLA được tính toán bằng cách trừ đi độ cao mặt biển trung bình của mô hình MSS toàn cầu. Độ chính xác của SLA tại các điểm khác nhau được coi là như nhau trong tính toán.

3.2. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết

Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết được trình bày trong Bảng 1. Đối với số liệu vệ tinh SENTINEL-3A thì khoảng cách tính phương sai phù hợp là 4' ($\approx 0,0667^{\circ}$). Để hiệp phương sai tiệm cận đến giá trị 0, cần tính đến 41 giá trị. Khoảng cách ở đây là khoảng cách trên ellipsoid, trên phạm vi nhỏ có thể dùng mặt cầu có bán kính phù hợp để thay thế nên gọi là khoảng cách cầu. Đơn vị của hiệp phương sai là (m²) theo công thức (5). Đồ thị của hàm hiệp phương sai được trình bày trong Hình 6.

Với đồ thị của phương sai thực nghiệm như Hình 6 (đường màu xanh) thì hàm hiệp phương sai lý thuyết nên chọn là hàm bậc hai là phù hợp. Các giá trị tham số của hàm xác định được là: $\theta = 0,001126$; $\alpha = -0,004966$; $\beta = 0,005673$.

Bảng 1. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết

T T	Khoảng cách cầu (độ)	Hiệp phương sai (m ²)			TT	Khoảng cách cầu (độ)	Hiệp phương sai (m ²)		
		Thực nghiệm	Lý thuyết	Độ lệch			Thực nghiệm	Lý thuyết	Độ lệch
1	0,0000	0,007108	0,005673	0,001435	22	1.4000	0,001247	0,000927	0,000320
2	0,0667	0,005329	0,005347	-0,000018	23	1.4667	0,001194	0,000811	0,000383
3	0,1333	0,004957	0,005031	-0,000074	24	1.5333	0,001096	0,000705	0,000391
4	0,2000	0,004574	0,004725	-0,000151	25	1.6000	0,001144	0,000610	0,000534
5	0,2667	0,004694	0,004429	0,000265	26	1.6667	0,000956	0,000524	0,000432
6	0,3333	0,003924	0,004143	-0,000219	27	1.7333	0,000454	0,000448	0,000006
7	0,4000	0,003582	0,003867	-0,000285	28	1.8000	0,000170	0,000382	-0,000212
8	0,4667	0,003244	0,003601	-0,000357	29	1.8667	0,000299	0,000326	-0,000027
9	0,5333	0,002998	0,003345	-0,000347	30	1.9333	0,000362	0,000280	0,000082
10	0,6000	0,002877	0,003099	-0,000222	31	2.0000	0,000313	0,000244	0,000069
11	0,6667	0,002741	0,002863	-0,000122	32	2.0667	0,000300	0,000218	0,000082
12	0,7333	0,002610	0,002637	-0,000027	33	2.1333	0,000280	0,000203	0,000077
13	0,8000	0,002466	0,002421	0,000045	34	2.2000	0,000222	0,000197	0,000025
14	0,8667	0,001566	0,002215	-0,000649	35	2.2667	0,000348	0,000201	0,000147
15	0,9333	0,001867	0,002019	-0,000152	36	2.3333	0,000226	0,000215	0,000011
16	1,0000	0,001622	0,001833	-0,000211	37	2.4000	0,000176	0,000239	-0,000063
17	1,0667	0,001616	0,001657	-0,000041	38	2.4667	0,000184	0,000273	-0,000089
18	1,1333	0,001521	0,001491	0,000030	39	2.5333	0,000159	0,000318	-0,000159
19	1,2000	0,001490	0,001335	0,000155	40	2.6000	0,000144	0,000372	-0,000228
20	1,2667	0,001396	0,001189	0,000207	41	2.6667	0,000119	0,000436	-0,000317
21	1,3333	0,001339	0,001053	0,000286					

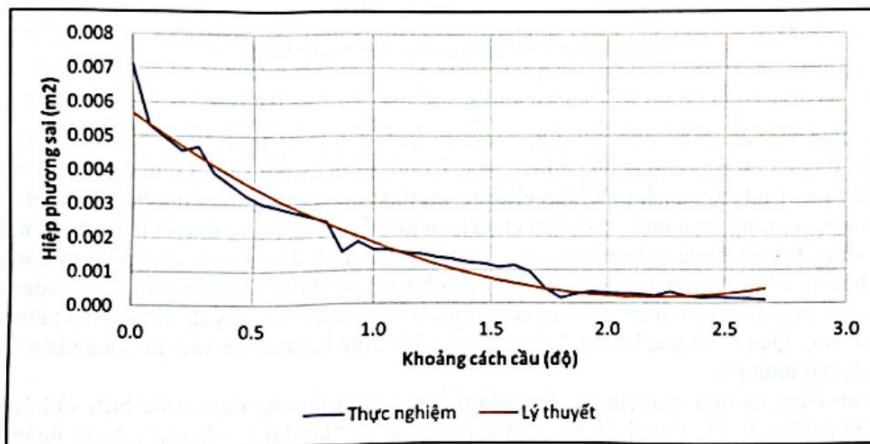
Từ Bảng 1, các thống kê về độ lệch giữa giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết đã được tính toán: độ lệch lớn nhất là 0,0014 m; độ lệch nhỏ nhất là -0,0006 m; độ lệch trung bình là 0,0000 m; độ lệch

trung phương là 0,0003 m. Từ kết quả này cho thấy: độ lệch giữa giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết rất nhỏ; đồ thị của hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết rất khớp nhau. Điều này chứng tỏ hàm hiệp phương sai lý thuyết tìm được rất phù hợp với các giá trị thực nghiệm.

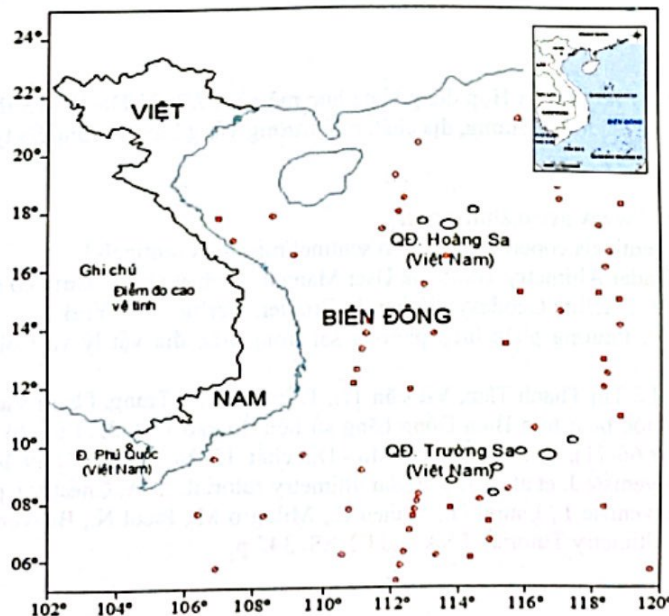
Từ các kết quả xác định hàm hiệp phương sai và số liệu SLA tại các điểm đo, lưới ô vuông SLA trên khu vực nghiên cứu đã được xây dựng với kích thước mắt lưới 15'×15'. Tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị SLA lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m.

3.3. Đánh giá độ chính xác

Để đánh giá độ chính xác nội suy, chúng tôi lựa chọn ngẫu nhiên 64 điểm đã biết giá trị SLA của chu kỳ 84 vệ tinh SENTINEL-3A (Hình 7), sau đó tiến hành tính toán nội suy cho các điểm này (giá trị SLA của 64 điểm này không sử dụng để nội suy). Kết quả nội suy được sẽ được so sánh với giá trị đã biết. Độ lệch SLA được trình bày trên Hình 8.

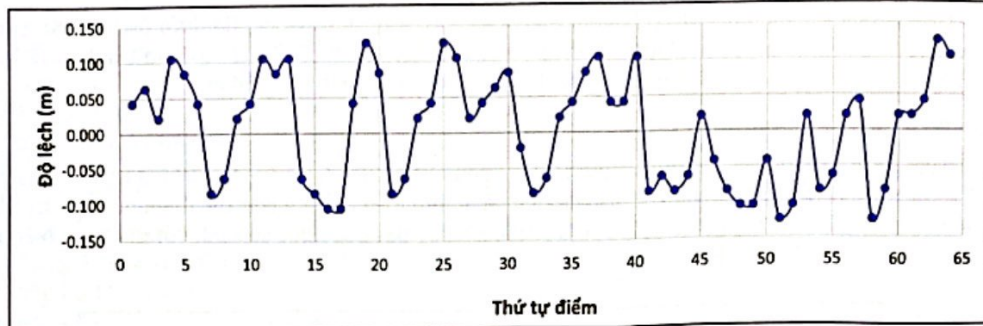


Hình 6. Đồ thị của hàm hiệp phương sai của chu kỳ 84



Hình 7. Sơ đồ phân bố các điểm kiểm tra

Thống kê độ lệch giữa giá trị nội suy được và giá trị đã biết như sau: độ lệch lớn nhất là 0,126 m; nhỏ nhất là -0,125 m; trung bình là 0,004 m; độ lệch trung phương là $\pm 0,076$ m.



Hình 8. Độ lệch dị thường mực nước biển

4. Kết luận

Với mục đích xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông, bài báo đã nghiên cứu ứng dụng phương pháp Collocation để nội suy dị thường mực nước biển cho các điểm mắt lưới; trình bày cách tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết. Đối với dị thường mực nước biển nên chọn hàm hiệp phương sai lý thuyết là hàm bậc hai.

Trên cơ sở lý thuyết được nghiên cứu, chương trình máy tính đã được thiết lập để tự động hóa việc tính toán. Chương trình máy tính gồm giao diện chính và 3 module: Module tính hiệp phương sai thực nghiệm; Module xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết và module nội suy dị thường mực nước biển của các điểm mắt lưới. Qua đánh giá, khẳng định chương trình thực hiện chính xác. Phương pháp Collocation là phù hợp với bài toán này.

Nghiên cứu cũng đã thực nghiệm xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển số liệu chu kỳ 84 của vệ tinh SENTINEL-3A, thực hiện nhiệm vụ đo ở chế độ "lập lại chính xác", đo từ ngày 06/4/2022 đến ngày 03/5/2022 trên Biển Đông. Lưới ô vuông SLA có kích thước mắt lưới là $15' \times 15'$; tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m; độ chính xác đạt là $\pm 0,076$ m.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của Hợp đồng khoa học mã số: 07/2021/Đ6-DATS thuộc dự án Điều tra tổng hợp khí tượng, các yếu tố hải dương, địa chất, môi trường vùng biển Trường Sa tỷ lệ 1:200.000.

Tài liệu tham khảo

- AVISO, 2023. <https://www.aviso.altimetry.fr>
- ESA, 2023. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-3>.
- ESA, 2009. Basic Radar Altimetry Toolbook User Manual. Website <http://earth.esa.int/>.
- Gunter Seeber, 2003. Satellite Geodesy. Walter de Gruyter. Berlin. New York.
- Neiman Y.M., 2010. Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation, Matxcova (tiếng Nga).
- Nguyễn Văn Sáng, Lê Thị Thanh Tâm, Vũ Văn Trí, Trần Thị Thu Trang, Phạm Văn Tuyên, 2016. Xác định dị thường mực nước biển trên Biển Đông bằng số liệu đo cao vệ tinh. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mô - Địa chất (số 55, tr 66-71), Trường Đại học Mô - Địa chất, Hà Nội. ISSN: 1859-1469.
- Rosmorduc V., Benveniste J. et al., 2018. Radar altimetry tutorial. ESA, Cnes(3a), p. 357.
- Rosmorduc V., Benveniste J., Lauret O., Maheu C., Milagro M., Picot N., Benveniste J. and Picot N. Editors, 2009. Radar Altimetry Tutorial. ESA and CNES. 342 p.

ABSTRACT

Constructing a grid of the sea level anomalies from satellite altimeter data of SENTINEL-3A using the Collocation method

Nguyen Van Sang^{1,*}, Do Van Mong²

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Vietnam's People Naval Hydrographic and Oceanographic Department, Vietnam

The purpose of this study is to construct a grid of the Sea Level Anomaly from satellite altimeter data over the East Sea. The satellite altimeter determines the sea surface height, after subtracting the mean sea surface, the sea level anomaly will be obtained at the measurement points. To determine the sea level anomalies at the grid points, the Collocation method was used. The method of calculating the experimental covariance values and determining the theoretical covariance function have been studied. For the sea level anomaly over the East Sea, the theoretical covariance function is chosen as a quadratic polynomial. On the basis of the studied theory, the computer program has been built. In the experimental results, the grid of sea level anomalies from satellite altimeter data of SENTINEL-3A of the period 84 was built, with mesh size of 15'×15'; the total points of the grid is 4941; the maximum value is 0.345 m; the smallest is -0.239 m; average is 0.058 m; the accuracy is ±0.076 m.

Keywords: Altimetry, Sea Level Anomalies, East Sea, SENTINEL-3A.

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 TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH
VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)**
ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - ESSD 2023

**Trường Đại học Mỏ - Địa chất,
Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý đất đai
Bộ môn Trắc địa công trình**

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: Hà Thị Thu Trang
Trình bày kỹ thuật: Nguyễn Hà
Trình bày bìa: Phạm Quốc Khánh

Liên kết xuất bản:
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Địa chỉ: Số 18 Phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

ISBN: 978-604-357-178-3

In 200 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: 3098-2023/CXBIPH/01-33/KHTNVCN.
Số quyết định xuất bản: 37/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 15 tháng 9 năm 2023.
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2023.