

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG SỐ LIỆU TRỌNG LỰC ĐO TRỰC TIẾP VÀ TỪ ĐO CAO VỆ TINH ĐỂ HỢP NHẤT KẾT NỐI HỆ THỐNG ĐỨT GÃY TRÊN ĐẤT LIỀN VÀ BIỂN KHU VỰC ĐỚI BỜ ĐÔNG BẮC VIỆT NAM

TRẦN TUẤN DƯƠNG<sup>(1)</sup>, TRẦN TUẤN DŨNG<sup>(1,2)</sup>, TRẦN TRỌNG LẬP<sup>(1)</sup>,  
NGUYỄN PHƯƠNG NAM<sup>(1)</sup>, TRẦN HOÀNG TÂM<sup>(3)</sup>, ĐÀO TUẤN LINH<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>(2)</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>(3)</sup>Trường Đại học Khoa học Thái Nguyên

<sup>(4)</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

## Tóm tắt:

Trên khu vực đới bờ, nói chung, khảo sát đo đạc trọng lực trực tiếp vẫn ở mức độ thưa thớt, chưa đồng đều, thậm chí nhiều khu vực không thể thực hiện được do địa hình chuyển tiếp phức tạp. Số liệu dị thường trọng lực vệ tinh có độ chính xác chưa cao so với số liệu đo trực tiếp, đặc biệt là ở các khu vực ven biển, khu vực các đảo, quần đảo hoặc ở những khu vực có nhiều bãi ngầm. Do đó, dị thường trọng lực vệ tinh cần phải có sự hiệu chỉnh theo số liệu đo trực tiếp nhằm nâng cao tính đồng nhất và độ chính xác. Trong nghiên cứu này, phương pháp bình phương tối thiểu Collocation được áp dụng hiệu chỉnh kết nối số liệu trọng lực trên biển và đất liền dựa theo số liệu trọng lực đo trực tiếp và từ đo cao vệ tinh. Phương pháp góc nghiêng gradient ngang dị thường trọng lực được sử dụng để xác định vị trí cũng như là đặc điểm cấu trúc của hệ thống các đứt gãy trong khu vực. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy được tính thực tiễn, hữu ích của tích hợp dị thường trọng lực đo trực tiếp với trọng lực vệ tinh; Nó cũng thể hiện được tính hiệu quả minh giải tài liệu trọng lực xác định, hợp nhất kết nối hệ thống đứt gãy đất liền và biển khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam.

Từ khóa: Trọng lực vệ tinh; trọng lực đo trực tiếp; đới bờ Đông bắc Việt Nam; phương pháp Collocation.

## 1. Giới thiệu chung

Khu vực nghiên cứu bao gồm khu vực đất liền và khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam. Khu vực đất liền nằm trong vùng chuyển tiếp từ địa hình núi cao phía Đông Bắc xuống vùng

đồng bằng thấp phía Tây Nam đã làm nên sự riêng biệt về cấu trúc địa chất ở đây. Cho đến nay việc điều tra, nghiên cứu cấu trúc địa chất của vùng chuyển tiếp giữa khu vực núi cao và đồng bằng, nơi mà sự tương hỗ phức tạp thể

Ngày nhận bài: 1/5/2022, ngày chuyển phản biện: 5/5/2022, ngày chấp nhận phản biện: 9/5/2022, ngày chấp nhận đăng: 28/5/2022

hiện từ dưới sâu của vỏ Trái đất còn nhiều vấn đề chưa được đề cập đến. Khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam, mặc dù đã trải qua nhiều năm nghiên cứu nhưng vẫn còn nhiều nơi mới chỉ được thực hiện ở mức độ sơ lược [14]. Một điều thuận lợi để khắc phục những hạn chế trên, đó là nguồn số liệu đo cao vệ tinh (cùng với tổ hợp các phương pháp địa vật lý) đã và đang được khai thác một cách hiệu quả lấp đầy những khoảng trống số liệu mà khảo sát bằng tàu chưa thực hiện được. Đã có nhiều công trình nghiên cứu xác định, nâng cao mức độ chính xác, độ phân giải của dị thường trọng lực vệ tinh bằng dị thường trọng lực vệ tinh (từ các vệ tinh Geosat, Topex/Poseidon, ERS-1, Envisat, Jason-1, Cryosat-2 và SARAL/Altika...) và dị thường trọng lực đo trực tiếp trên đất liền, trên biển để tạo ra được một mạng lưới số liệu trọng lực cho các đại dương trên thế giới [4], [13]. Tiêu biểu có thể kể đến là Sandwell, D. T. và nnk (1999), Huang, M. T., và nnk (2006), Zhang, S., (2016) [6], [20]. Ở Việt Nam có Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng và nnk (2008), Nguyễn Văn Sáng và nnk (2012) cũng đã thực hiện các phép so sánh tích hợp dị thường trọng lực vệ tinh và dị thường đo trực tiếp trên tàu [3], [10], [15]. Các nghiên cứu trên đã cho thấy rằng, ở khu vực gần bờ, trường trọng lực đạt được có độ chính xác không cao. Đây là một vấn đề cần phải được khắc phục khi sử dụng số liệu trọng lực tại các khu vực đới bờ. Như vậy, có thể nói vẫn còn thiếu các công trình nghiên cứu đầy đủ về hợp nhất và kết nối hệ thống đứt gãy chuyển tiếp giữa khu vực đất liền và biển.

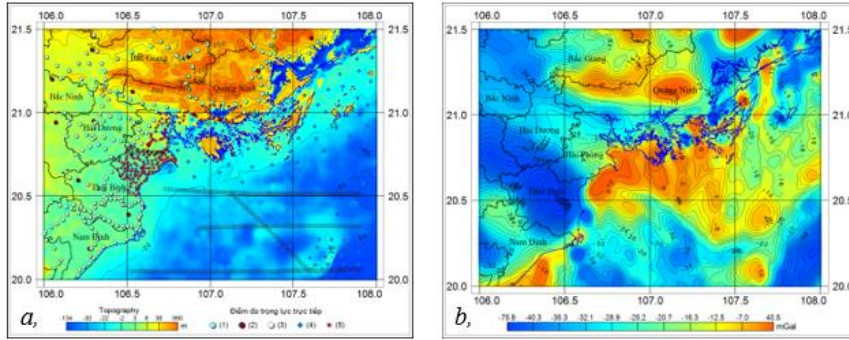
Hiện nay, có nhiều phương pháp được phát triển để xác định ranh giới của nguồn gây

dị thường trọng lực. Một trong số đó có thể kể đến là phương pháp góc nghiêng gradient ngang trọng lực được đề xuất bởi Miller và Singh, 1994 [8]. Sau đó, phương pháp góc nghiêng được Wijns và nnk (2005) [19], Ferreira và nnk (2013) cải tiến thuật toán, nâng cao mức độ chi tiết trong xác định ranh giới của nguồn gây dị thường.

Nghiên cứu xác định đặc trưng và kết nối hệ thống đứt gãy trên đất liền và biển sẽ góp phần không nhỏ nâng cao hiệu quả nghiên cứu cấu trúc địa chất và một số loại hình tai biến liên quan. Qua các đặc trưng đó, có thể luận giải được mối quan hệ mật thiết giữa cấu trúc đứt gãy với một số loại hình tai biến địa chất như là trượt lở đất, xói lở, bồi tụ bờ biển ở khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam.

## **2. Nguồn tài liệu sử dụng**

Trong nghiên cứu này, các điểm đo trọng lực trực tiếp được sử dụng từ các chuyến đo bởi tàu RV Professor Gagarinsky qua các khảo sát khoa học hợp tác giữa Việt Nam và Liên bang Nga trong năm 1990, 1992, cùng với nguồn số liệu đo đạc từ các dự án điều tra khảo sát của Tổng cục Biển và Hải đảo, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản, Viện Địa chất và Địa vật lý biển. Ngoài ra còn có một số lượng tài liệu trọng lực được lưu trữ tại Cục Trắc địa Pháp. Các điểm đo trọng lực trực tiếp trên đất liền là 673 điểm và trên biển là 404 điểm (trường trọng lực bình thường được tính chuyển theo công thức quốc tế trong hệ Potsdam; các nguồn số liệu được biểu diễn trên hệ quy chiếu WGS84 theo độ vĩ và độ kinh trắc địa) (hình 1a) [3], [7], [15], [16], [17].



Hình 1. a, Minh họa các điểm đo trọng lực trực tiếp trên đất liền và biển ((1)>Viện Địa chất và Khoáng sản; (2)> Cục Trắc địa Pháp; (3)> Tàu Gagarinsky; (4)> Tổng cục Biển và Hải đảo; (5)> Viện Địa chất và Địa vật lý biển)); b, Dị thường trọng lực vệ tinh

Dị thường trọng lực được xác định từ đo cao vệ tinh với lưới grid 1'x1' (sau đây được gọi tắt là trọng lực vệ tinh), được đưa ra bởi Sandwell, D. T và nnk (được cập nhật bổ sung cho đến thời điểm hiện tại và được biểu diễn trên hệ quy chiếu WGS84 theo độ vĩ và độ kinh trắc địa) (hình 1b) [5], [13].

### 3. Phương pháp nghiên cứu

#### 3.1. Phương pháp bình phương tối thiểu Collocation

Từ số liệu đo cao vệ tinh, các nhà khoa học đã tính toán xác định được dị thường trọng lực trên phạm vi toàn cầu, trong đó có vùng biển Việt Nam [13]. Tuy nhiên, dị thường trọng lực này có độ chính xác chưa cao và có

chênh lệch so với dị thường trọng lực đo trực tiếp trên đất liền và trên biển. Ở đây, mục đích chính của phương pháp bình phương tối thiểu Collocation là tích hợp hiệu chỉnh số liệu trọng lực vệ tinh theo số liệu trọng lực đo trực tiếp. Phương pháp có thể được mô tả một cách tổng quát như sau:

Giả sử trên khu vực nghiên cứu có  $k$  giá trị dị thường trọng lực vệ tinh  $\Delta g_1^{alt}, \Delta g_2^{alt}, \dots, \Delta g_k^{alt}$  và  $m$  giá trị dị thường trọng lực đo trực tiếp  $\Delta g_1^{do}, \Delta g_2^{do}, \dots, \Delta g_m^{do}$ .

Khi đó, theo phương pháp Collocation, dị thường trọng lực của điểm P bất kỳ được tính theo công thức [10], [12]:

$$\Delta g_p = \begin{bmatrix} K(\Delta g^{alt}, \Delta g_p) \\ K(\Delta g^{do}, \Delta g_p) \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{alt}) + C_{\Delta^{alt}\Delta^{alt}} & K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{do}) \\ K^T(\Delta g^{alt}, \Delta g^{do}) & K(\Delta g^{do}, \Delta g^{do}) + C_{\Delta^{do}\Delta^{do}} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta g^{alt} \\ \Delta g^{do} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$K(\cdot, \cdot)$  - Ma trận hiệp phương sai của dị thường trọng lực (giữa dị thường trọng lực vệ tinh với dị thường trọng lực tại điểm P bất kỳ  $K(\Delta g^{alt}, \Delta g_p)$ ; giữa dị thường trọng lực đo trực tiếp với dị thường trọng lực tại điểm P bất kỳ  $K(\Delta g^{do}, \Delta g_p)$ ; giữa dị thường trọng lực vệ tinh tại các điểm khác nhau  $K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{alt})$ ; giữa dị thường trọng lực đo trực tiếp tại các điểm khác

nhau  $K(\Delta g^{do}, \Delta g^{do})$ ; giữa dị thường trọng lực vệ tinh với dị thường trọng lực đo trực tiếp  $K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{do})$ ).

$K^T(\cdot, \cdot)$  - Ma trận chuyển vị của ma trận hiệp phương sai  $K(\cdot, \cdot)$ .

$C_{\Delta\Delta}$  - Ma trận hiệp phương sai của sai số đo (cả đo trực tiếp và cả đo vệ tinh).

Các giá trị hiệp phương sai của dị thường trọng lực được tính theo phương pháp của Tscherning CC, Rapp RH, 1974, công thức

tính như sau [18]:

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

Trong đó:  $P_l(\cos \psi)$  – Đa thức Legendre bậc  $l$ ;  $\psi$  – Khoảng cách cầu giữa điểm  $i$  và  $j$ ;  $r_i$  và  $r_j$  – Khoảng cách đến điểm  $i$  và  $j$  tính từ gốc tọa độ;  $R$  – Bán kính trung bình của Trái đất;  $a$  – Tham số bổ sung;  $d_l$  – Phương sai của các hệ số đến bậc  $N$ ;  $b$  – Hằng số, thường được chọn là 4;  $A$  – Hằng số có đơn vị là  $(\text{m/s})^4$ ;  $R_B$  – Bán kính của hình cầu Bjerhammar.

Các tham số  $a$ ,  $d_l$ ,  $N$ ,  $A$ , và  $R_B$  sẽ được xác định bằng cách làm khớp hàm hiệp phương sai lý thuyết với các giá trị hiệp phương sai thực

nghiệm, chúng được xác định theo phần mềm của nghiên cứu [11].

### 3.2. Phương pháp góc nghiêng gradient ngang trọng lực

#### a. Xác định góc nghiêng gradient ngang trọng lực

Phương pháp này thực hiện phép chuẩn hóa đạo hàm thẳng đứng gradient ngang trọng lực. Góc nghiêng gradient ngang trọng lực (TDR) được tính theo công thức:

$$TDR \{H[\Delta g(x, y)]\} = \text{atan} \frac{\frac{\partial H[\Delta g(x, y)]}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial H[\Delta g(x, y)]}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial H[\Delta g(x, y)]}{\partial y}\right)^2}}$$

Trong đó  $H[\Delta g(x, y)]$  là gradient ngang trọng lực, được tính như sau [2]:

$$H[\Delta g(x, y)] = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta g(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta g(x, y)}{\partial y}\right)^2}$$

$\frac{\partial \Delta g(x, y)}{\partial x}$  và  $\frac{\partial \Delta g(x, y)}{\partial y}$  là đạo hàm bậc nhất của trường dị thường trọng lực theo phương  $x$ ,  $y$  và  $\Delta g(x, y)$  là dị thường trọng lực.

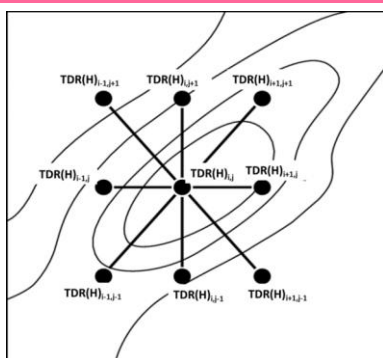
$TDR \{H[\Delta g(x, y)]\}$  là hàm lượng giác atan nên giá trị của nó sẽ biến đổi từ  $-\frac{\pi}{2}$  đến  $+\frac{\pi}{2}$ . Các điểm cực đại TDR phản ánh các ranh giới về mật độ đất đá - với một góc độ nào đó, trong minh giải trọng lực, chúng ta có thể gọi chúng là hệ thống các đứt gãy. Có thể nói, đây là một phương pháp có tính khách quan và độ tin cậy trong xác định hệ thống đứt gãy cũng như ranh giới các khối cấu trúc nâng hạ [1].

#### b. Xác định điểm cực đại TDR

$(TDR(H)_{max})$

Xác định vị trí và giá trị cực đại của TDR trên mạng lưới số liệu được tiến hành bằng cách so sánh giá trị  $TDR(H_{i,j})$  (có tọa độ  $(i,j)$ ) với 8 điểm xung quanh theo các bất đẳng thức dưới đây [2]:

$$\begin{aligned} TDR(H_{i-1,j}) < TDR(H_{i,j}) > TDR(H_{i+1,j}) \\ TDR(H_{i,j-1}) < TDR(H_{i,j}) > TDR(H_{i,j+1}) \\ TDR(H_{i,j-1}) < TDR(H_{i,j}) > TDR(H_{i-1,j-1}) \\ TDR(H_{i-1,j-1}) < TDR(H_{i,j}) > TDR(H_{i+1,j+1}) \end{aligned}$$



Hình 2. Sơ đồ minh họa xác định vị trí cực đại TDR

Một biến đếm  $N$  ( $0 \leq N \leq 4$ ) được sử dụng để xác định khả năng đạt cực đại của điểm đó. Cứ mỗi bất đẳng thức trên được thỏa mãn thì biến đếm  $N$  tăng thêm 1 đơn vị. Trong nghiên cứu này, lựa chọn  $N \geq 2$ , khi đó, vị trí cũng như giá trị cực đại của  $TDR(H_{i,j})$  sẽ được xác định:

$$x_{\max} = -\frac{bd}{2a}$$

Trong đó:  $a, b$  là các hệ số phụ thuộc vào  $TDR(H_{i,j})$ ;  $d$  là khoảng cách giữa 2 nút lưới số liệu theo phương tính toán.

TDR cực đại tại điểm  $x_{\max}$  được xác định bằng một hàm bậc 2:

$$TDR(H)_{\max} = ax_{\max}^2 + bx_{\max} + TDR(H_{i,j})$$

Với mỗi bất đẳng thức thỏa mãn, sẽ xác định được một vị trí  $x_{\max}$  tương ứng với giá trị  $TDR(H)_{\max}$ .

#### 4. Kết quả nghiên cứu

##### 4.1. Dị thường trọng lực hiệu chỉnh tích hợp

Dị thường trọng lực trước và sau khi hiệu chỉnh được so sánh với nhau. Độ lệch giữa chúng sau khi hiệu chỉnh được biểu diễn trên hình 3a. Ở đây, trong khuôn khổ giới hạn của một bài báo và cũng như tiêu đề của bài báo đã nêu, sẽ không đi sâu vào trình bày, biểu

diễn một cách chi tiết các kết quả trung gian. Sau khi sử dụng 1077 điểm đo trọng lực trực tiếp để hiệu chỉnh, tích hợp với số liệu dị thường trọng lực vệ tinh, kết quả so sánh dị thường trọng lực vệ tinh với dị thường trọng lực đo trực tiếp trước và sau khi hiệu chỉnh, tích hợp như sau:

- Độ lệch trung phương giữa dị thường trọng lực trước khi hiệu chỉnh với dị thường trọng lực đo trực tiếp:  $\sigma_{\Delta g}^T = \pm 8,233$  mGal.
- Độ lệch trung phương giữa dị thường trọng lực sau khi hiệu chỉnh với dị thường trọng lực đo trực tiếp:  $\sigma_{\Delta g}^S = \pm 3,373$  mGal.

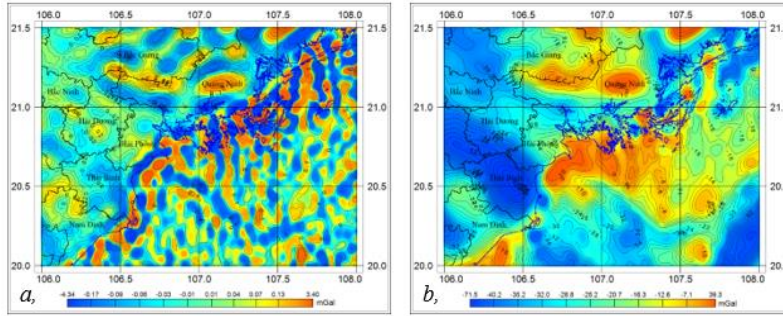
Có thể thấy sau khi hiệu chỉnh độ lệch trung phương được cải thiện từ  $\pm 8,233$  mGal xuống còn  $\pm 3,373$  mGal. Sai lệch giữa dị thường trọng lực trước và sau khi áp dụng phương pháp hiệu chỉnh bình phương tối thiểu Collocation là từ  $-4,34$  mGal đến  $+3,40$  mGal và được biểu diễn trên hình 3a. Như vậy, với phương pháp Collocation, dị thường trọng lực vệ tinh đã được hiệu chỉnh, tích hợp với dị thường trọng lực đo trực tiếp. Độ chính xác của dị thường trọng lực vệ tinh đã được nâng lên, nâng cao độ chính xác. Kết quả đạt được là một mạng lưới số liệu trọng lực với kích thước  $1' \times 1'$  trên khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam và lân cận (hình 3b). Dị thường trọng lực sau khi hiệu chỉnh bằng phương pháp Collocation có giá trị biến đổi trong khoảng từ  $-71,5$  mGal đến  $+39,3$  mGal; So sánh với nguồn số liệu ban đầu có dải biến đổi là từ  $-75,8$  mGal đến  $+40,5$  mGal, tương ứng.

Từ kết quả so sánh hiệu chỉnh có thể thấy rằng, sau khi hiệu chỉnh giá trị dị thường trọng lực thay đổi đáng kể ở tại và xung quanh vị trí điểm đo bằng tàu trên biển, càng cách xa hơn thì giá trị hiệu chỉnh dị thường trọng lực càng thay đổi ít hơn. Điều đó nói lên rằng, trong bài toán hiệu chỉnh dị thường trọng lực,



mức độ chính xác càng được nâng cao khi mật độ điểm đo trực tiếp bằng tàu trên biển càng

lớn và được phân bố đều trên khu vực nghiên cứu.



Hình 3. a, Sai lệch giữa dị thường trọng lực vệ tinh trước và sau khi hiệu chỉnh, tích hợp bằng phương pháp bình phương tối thiểu Collocation; b, Dị thường trọng lực vệ tinh đã được hiệu chỉnh tích hợp (free-air)

**4.2. Hệ thống đứt gãy hợp nhất trên đới bờ Đông Bắc Việt Nam**

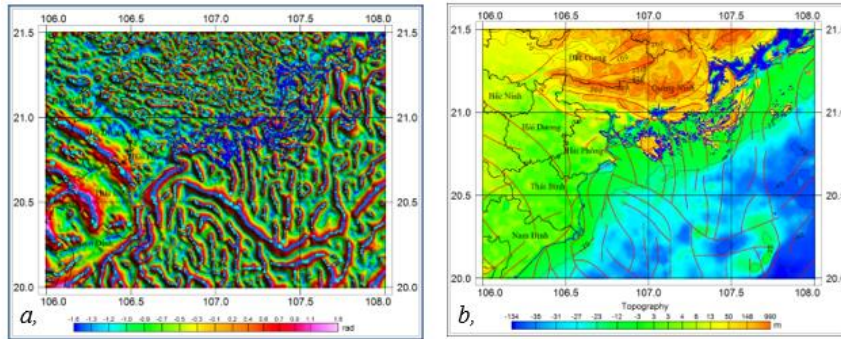
Trong quá trình tính toán, qua bước trung gian, dị thường trọng lực free-air được tính chuyển sang dị thường trọng lực Bughe. Trên hình 4a là phân bố góc nghiêng gradient ngang trọng lực bughe (TDR) và cực đại góc nghiêng (TDR(H)<sub>max</sub>). Trên phương diện nghiên cứu đứt gãy theo minh giải tài liệu trọng lực thì đó cũng được coi là phân bố của hệ thống các đứt gãy, của các ranh giới mật độ. Hệ thống các đứt gãy được thể hiện bằng vị trí và hướng của các dải cực đại TDR(H)<sub>max</sub>. Mặc dù phân bố các cực đại TDR(H)<sub>max</sub> còn khá là phức tạp (hình 4a) nhưng cũng đã thể hiện rõ được các đứt gãy cũng như các ranh giới về mật độ đất đá trong khu vực. Các đứt gãy được biểu thị bằng các dải cực đại TDR(H)<sub>max</sub> kéo dài kế tiếp nhau và cùng hướng, đặc biệt rõ nét là các đứt gãy có qui mô mang tính khu vực. Nếu đi sâu vào nghiên cứu phân bố TDR(H)<sub>max</sub> ở các mức sâu khác nhau (bằng các phép giải tích trường lên nửa không gian phía trên hoặc lọc trường với các bước sóng khác nhau) thì có thể xác định được chi tiết hơn về các đặc trưng phân bố không gian của hệ thống các đứt gãy (góc nghiêng, hướng cắm, phương và độ sâu phát triển...). Trên phần đất liền, các đứt gãy

khá phù hợp với kết quả ở công trình [9].

Bằng việc phân tích phân bố không gian cũng như là giá trị TDR và TDR(H)<sub>max</sub> với tổ hợp phương pháp thích hợp, các dải điểm cực đại được kết nối với nhau tạo nên một bức tranh hệ thống đứt gãy cả về vị trí không gian và quy mô phát triển. Tuy nhiên, trong phạm vi của bài báo cũng mới chỉ đi vào mô tả một cách khái quát hình thái cấu trúc của một số đứt gãy chính trong khu vực (hình 4b), đó là:

- Hệ các đứt gãy hướng Tây Bắc - Đông Nam được thể hiện khá rõ bằng dải TDR(H)<sub>max</sub> phát triển liên tục, có giá trị > +0,5 rad, phát triển chủ yếu ở phía Tây Nam khu vực nghiên cứu. Trên vùng ven biển Nam Định - Thái Bình - Hải Phòng, các đứt gãy này chuyển hướng và chạy song song với đường bờ biển, có phương phát triển Đông Bắc - Tây Nam. Ngoài ra, dọc theo bờ biển Quảng Ninh tồn tại một hệ đứt gãy nhỏ có phương kéo dài song song với đường bờ; các đứt ở đây bị phân cắt bởi các đứt gãy chạy từ trong đất liền hướng ra biển.
- Hệ các đứt gãy phương Á Kinh tuyến, chúng phát triển chủ yếu ở Trung tâm và phía Nam của khu vực. Các đứt gãy này có qui mô nhỏ, phát triển trong tầng trầm tích nông.

Chúng thường bị cắt bởi các đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam. Ở khu vực Trung tâm, hầu hết các đứt gãy phương Á Kinh tuyến đều bị không chế bởi đứt gãy có qui mô khá lớn (được biểu hiện rõ nét bằng dải  $TDR(H)_{max}$  phát triển liên tục, có giá trị  $> +0,7$  rad) phương Tây Bắc - Đông Nam.



Hình 4. a, Góc nghiêng và điểm cực đại góc nghiêng gradient ngang dị thường trọng lực  
b, Phân bố hệ thống đứt gãy đất liền và biển khu vực Đông Bắc Việt Nam

## 5. Kết luận

Số liệu trọng lực trên biển và đất liền đã được hiệu chỉnh kết nối tăng độ chính xác. Độ lệch trung phương giữa dị thường trọng lực vệ tinh và dị thường trọng lực đo trực tiếp được cải thiện từ  $\pm 8,233$  mGal lên đến  $\pm 3,373$  mGal;

Hệ thống các đứt gãy trên đất liền và biển khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam đã được xác định, hợp nhất kết nối bằng tổ hợp các phương pháp, mô hình minh giải dị thường trọng lực;

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy được tính thực tiễn, hữu ích của tích hợp dị thường trọng lực đo trực tiếp với trọng lực vệ tinh; Nó cũng thể hiện được tính hiệu quả minh giải tài liệu trọng lực xác định, hợp nhất kết nối hệ thống đứt gãy đất liền và biển khu vực Đông Bắc Việt Nam. ○

## Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn Viện Địa

- Phía Bắc khu vực nghiên cứu, là vùng núi cao địa hình phức tạp, hệ các đứt gãy có phương phát triển đa dạng chạy theo xu thế của địa hình. Cụ thể chúng có phương Á Vĩ tuyến, Đông Bắc - Tây Nam và Tây Bắc Đông Nam. Nhìn chung các đứt gãy ở đây đều có qui mô không lớn.

chất và Địa vật lý biển - VAST đã tạo mọi điều kiện để hoàn thành công trình nghiên cứu này.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. A. Eshaghzadeh, A. Dehghanpour and R.A. Kalantari., 2018. Application of the tilt angle of the balanced total horizontal derivative filter for the interpretation of potential field data. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 59, n.2, pp. 161-178; <https://doi.org/10.4430/bgta0233>.
- [2]. Blakely, R. J. and Simpson, R.W. 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. Geophysics, 51, 1494-1498.
- [3]. Bùi Công Quế., 2008. Nghiên cứu xác định các đặc trưng cấu trúc và địa động lực của các hệ đứt gãy trên thềm lục địa Việt Nam và Biển Đông. Tuyển tập công trình nghiên cứu vật lý địa cầu 2008. Nxb Khoa học tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội. Tr. 231-245.
- [4]. Emmanuel S. Garcia, David T.

Sandwell and Walter H.F. Smith. Retracking CryoSat-2, Envisat and Jason-1 radar altimetry waveforms for improved gravity field recovery. *Geophysical Journal International* Advance Access published January 2, 2014. doi: 10.1093/gji/ggt469.

[5]. <https://topex.ucsd.edu/>

[6]. Huang, M. T., Zhai, G. J., Ouyang, Y. Z., et al., 2006. Recovery of marine gravity field using integrated data from multi-satellite missions. *Sci. Surv. Mapp.* 31 (6), 37–39.

[7]. Liên đoàn Vật lý Địa chất, 2011. Bản đồ các trường dị thường trọng lực Việt Nam (Phần đất liền) tỷ lệ 1:500.000, niên đại 2011.

[8]. Miller H.G, Singh V., 1994. Potential field tilt a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics* 32:213-217.

[9]. Nguyễn Công Lượng và nnk., 1999. Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt nam, tỷ lệ 1:200.000. Viện Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.

[10]. Nguyễn Văn Sáng, 2013. Làm khớp dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh với số liệu đo trọng lực trực tiếp. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mở-Địa chất*, 44/10-2013, tr.44-48.

[11]. Nielsen, J., Tscherning, C.C., Jansson, T.R.N and Forsberg, R. 2012, Development and User Testing of a Python Interface to the GRAVSOFTE Gravity Field Programs. S. Kenyon et al. (eds.), *Geodesy for Planet Earth*, International Association of Geodesy Symposia 136, DOI 10.1007/978-3-642-20338-1\_54, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.

[12]. Ole Baltazar Andersen, Per Knudsen, Philippa A. M. Berry, 2010. The DNSCO8GRA global marine gravity field

from double retracked satellite altimetry. *Journal of Geodesy*, Volume 84, Issue 3, pp.191-199, DOI 10.1007/s00190-009-0355-9, Springer.

[13]. Sandwell, D. T., Müller, R. D., Smith, W. H. F., Garcia, E., Francis, R., 2014. New global marine gravity model from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure, *Science*, Vol. 346, no. 6205, pp. 65-67, doi: 10.1126/science.1258213.

[14]. Trần Nghi và nnk, 2020. Nghiên cứu diễn biến và dự báo xu thế biến động các địa hệ khu vực ven biển từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy từ Holocen đến nay. Báo cáo đề tài KC.09.02/16-20. Chương trình nghiên cứu KH&CN phục vụ quản lý biển, hải đảo và phát triển kinh tế biển.

[15]. Tran Tuan Dung và nnk., 2019. Improving accuracy of altimeter-derived marine gravity anomalies in the East Vietnam Sea deep-basin and adjacent area. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*; Vol. 19, No. 3B: 43–53. <https://doi.org/10.15625/1859-3097/19/3B/14497>.

[16]. Trần Tuấn Dũng và nnk., 2021. Điều tra, đánh giá đặc điểm địa chất-trầm tích Đệ tứ muộn liên quan đến xói lở và bồi tụ khu vực ven biển Thái Bình-Quảng Ninh. Đề tài UQĐTCB.02/21-22.

[17]. Trung tâm Địa chất và Khoáng sản biển. Điều tra đặc điểm địa chất, địa động lực, địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và dự báo tai biến địa chất vùng biển Hải Phòng - Quảng Ninh từ 0 - 30m nước. 2007 – 2010.

[18]. Tscherning, C.C. and R. H. Rapp, 1974. Closed Covariance Expressions for gravity Anomalies, Geoid Undulations, and Deflections of the Vertical Implied by



Anomaly Degree Variance Models. Reports of the Department of Geodetic Science No. 208, The Ohio State University, Columbus, Ohio

[19]. Wijns C, Perez C, Kowalczyk P., 2005. Theta map: Edge detection in magnetic data. *Geophysics* 70: 39-43.

[20]. Zhang, S., Sandwell, D.T., Taoyong Jin, Dawei Li, 2016. Retracking of SARAL/AltiKa radar altimetry waveforms for optimal gravity field recovery. *Mar. Geod.* <http://dx.doi.org/10.1080/01490419.2016.1265032>.○

## Summary

### **Research and application of the direct measured gravity and satellite-derived gravity data for consolidating and connecting the faults system onland and inshore in the Vietnam Northeast coastal zone**

*Tran Tuan Duong, Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology; Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology*

*Tran Trong Lap, Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology*

*Nguyen Phuong Nam, Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology*

*Tran Hoang Tam, Thai Nguyen University of Sciences*

*Dao Tuan Linh, Hanoi University of Mining and Geology*

In the coastal zone, direct gravity survey is still sparse and uneven; in many areas, it cannot even be conducted due to complicated topography. Meanwhile, this area is covered entirely by satellite-derived gravity data. However, the satellite-derived gravity anomalies are not highly accurate compared with directly measured gravity anomalies, especially in coastal zones, islands, archipelagos, or areas with many underneath islands. Therefore, satellite-derived gravity anomalies need to be corrected to improve the accuracy for geological structure research of these regions, here in Vietnam northeastern coastal zone and the adjacent areas. In this study, the least squares collocation method is applied to correct and consolidate the gravity data on land and sea based on direct measurement and satellite gravity anomalies. The title angle method of the total horizontal gradient of the gravity anomaly is used to determine the locations and structural characteristics of the faults system in the area. Research results have shown the practicality and usefulness of integrating the satellite-derived gravity anomalies with direct measured gravity anomalies; It also shows the efficiency in the interpretation of the gravity data for determining and consolidating the land-sea faults system in the Vietnam Northeast coastal zone.○

Key words: Satellite-derived gravity; Direct measured gravity; Vietnam Northeastern coastal zone; Least square Collocation method.