

# LÀM KHỚP DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC TÍNH TỪ SỐ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH VỚI SỐ LIỆU ĐO TRỌNG LỰC TRỰC TIẾP

NGUYỄN VĂN SÁNG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp làm khớp dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh với dị thường trọng lực tính từ số liệu đo trọng lực trực tiếp. Các tính toán thực nghiệm được thực hiện trên Biển Đông đối với dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT 10 chu kỳ và số liệu đo trọng lực trực tiếp trên khu vực ven biển và trên các đảo. Kết quả tính toán cho thấy khi sử dụng phương pháp Collocation để làm khớp thì dị thường trọng lực chỉ thay đổi tại những điểm đo trọng lực trực tiếp và vùng xung quanh. Càng xa điểm đo trọng lực trực tiếp thì dị thường trọng lực thay đổi càng ít. Bán kính vùng ảnh hưởng khoảng 0,4 độ.

## 1. Đặt vấn đề

Trên thế giới, đo cao vệ tinh được ứng dụng rất hiệu quả trong nhiều lĩnh vực trong đó có việc xác định dị thường trọng lực biển, đã có nhiều quốc gia ứng dụng kết quả đo cao vệ tinh để xác định dị thường trọng lực cho vùng biển của mình.

Việt Nam là nước có bờ biển dài, nghiên cứu Biển Đông để phục vụ phát triển kinh tế và an ninh quốc phòng, bảo vệ chủ quyền biển đảo đang là vấn đề thời sự. Để nghiên cứu biển thì số liệu dị thường trọng lực là một trong những số liệu điều tra cơ bản quan trọng. Đo đạc trực tiếp trọng lực trên biển với mật độ cần thiết rất tốn kém về kinh tế và không thể thực hiện được trên những vùng biển có tranh chấp. Trong điều kiện ấy thì việc xác định dị thường trọng lực biển gián tiếp bằng số liệu đo cao vệ tinh là giải pháp hữu hiệu. Tuy nhiên, dị thường trọng lực

xác định bằng đo cao vệ tinh có độ chính xác kém hơn đo trọng lực trực tiếp và giữa hai loại dị thường trọng lực này luôn tồn tại độ lệch nhất định. Vì vậy, việc làm khớp số liệu dị thường trọng lực xác định bằng số liệu đo cao vệ tinh với số liệu đo trọng lực trực tiếp ở ven biển, trên các đảo và một phần trên biển là cần thiết. Bài báo này trình bày về vấn đề này.

## 2. Làm khớp dị thường trọng lực xác định bằng số liệu đo cao vệ tinh với số liệu đo trực tiếp theo phương pháp Collocation

Giả sử trên khu vực nghiên cứu có  $k$  giá trị dị thường trọng lực xác định từ số liệu đo cao vệ tinh  $\Delta g_1^{alt}, \Delta g_2^{alt}, \dots, \Delta g_k^{alt}$  và  $m$  giá trị dị thường trọng lực tính từ số liệu đo trọng lực trực tiếp. Khi đó, theo phương pháp Collocation, dị thường trọng lực của điểm P được tính bằng công thức [4]:

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

trong đó:  $K(\cdot, \cdot)$  – hàm hiệp phương sai của dị thường trọng lực;

$C_{\Delta\Delta}$  – ma trận hiệp phương sai của sai số đo;

$$K^T(\Delta g^{alt}, \Delta g_P) = [K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_P) \quad K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_P) \quad \dots \quad K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_P)], \quad (2)$$

$$K^T(\Delta g^{do}, \Delta g_P) = [K(\Delta g_1^{do}, \Delta g_P) \quad K(\Delta g_2^{do}, \Delta g_P) \quad \dots \quad K(\Delta g_m^{do}, \Delta g_P)], \quad (3)$$

$$K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{alt}) = \begin{bmatrix} K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_1^{alt}) & K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_2^{alt}) & \dots & K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_k^{alt}) \\ K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_1^{alt}) & K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_2^{alt}) & \dots & K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_k^{alt}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_1^{alt}) & K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_2^{alt}) & \dots & K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_k^{alt}) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$K(\Delta g^{do}, \Delta g^{do}) = \begin{bmatrix} K(\Delta g_1^{do}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_1^{do}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_1^{do}, \Delta g_m^{do}) \\ K(\Delta g_2^{do}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_2^{do}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_2^{do}, \Delta g_m^{do}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(\Delta g_m^{do}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_m^{do}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_m^{do}, \Delta g_m^{do}) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$K(\Delta g^{alt}, \Delta g^{do}) = \begin{bmatrix} K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_1^{alt}, \Delta g_m^{do}) \\ K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_2^{alt}, \Delta g_m^{do}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_1^{do}) & K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_2^{do}) & \dots & K(\Delta g_k^{alt}, \Delta g_m^{do}) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$C_{\Delta^{alt} \Delta^{alt}} = \begin{bmatrix} C_{\Delta_1^{alt} \Delta_1^{alt}} & C_{\Delta_1^{alt} \Delta_2^{alt}} & \dots & C_{\Delta_1^{alt} \Delta_k^{alt}} \\ C_{\Delta_2^{alt} \Delta_1^{alt}} & C_{\Delta_2^{alt} \Delta_2^{alt}} & \dots & C_{\Delta_2^{alt} \Delta_k^{alt}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{\Delta_k^{alt} \Delta_1^{alt}} & C_{\Delta_k^{alt} \Delta_2^{alt}} & \dots & C_{\Delta_k^{alt} \Delta_k^{alt}} \end{bmatrix}; \quad C_{\Delta^{do} \Delta^{do}} = \begin{bmatrix} C_{\Delta_1^{do} \Delta_1^{do}} & C_{\Delta_1^{do} \Delta_2^{do}} & \dots & C_{\Delta_1^{do} \Delta_m^{do}} \\ C_{\Delta_2^{do} \Delta_1^{do}} & C_{\Delta_2^{do} \Delta_2^{do}} & \dots & C_{\Delta_2^{do} \Delta_m^{do}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{\Delta_m^{do} \Delta_1^{do}} & C_{\Delta_m^{do} \Delta_2^{do}} & \dots & C_{\Delta_m^{do} \Delta_m^{do}} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$\Delta g^{alt} = \begin{bmatrix} \Delta g_1^{alt} \\ \Delta g_2^{alt} \\ \dots \\ \Delta g_k^{alt} \end{bmatrix}, \quad \Delta g^{do} = \begin{bmatrix} \Delta g_1^{do} \\ \Delta g_2^{do} \\ \dots \\ \Delta g_m^{do} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Các hàm hiệp phương sai của dị thường trọng lực được tính theo phương pháp của Rapp và Tscherning bằng công thức [3]:

$$K(\Delta g_i, \Delta g_j) = a \sum_{l=2}^N d_l \frac{(l-1)^2}{r_i r_j} \left( \frac{R^2}{r_i r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) + \sum_{l=N+1}^{\infty} \frac{A}{(l-2)(l+b)} \frac{(l-1)}{r_i r_j} \left( \frac{R_B^2}{r_i r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi), \quad (9)$$

trong đó:

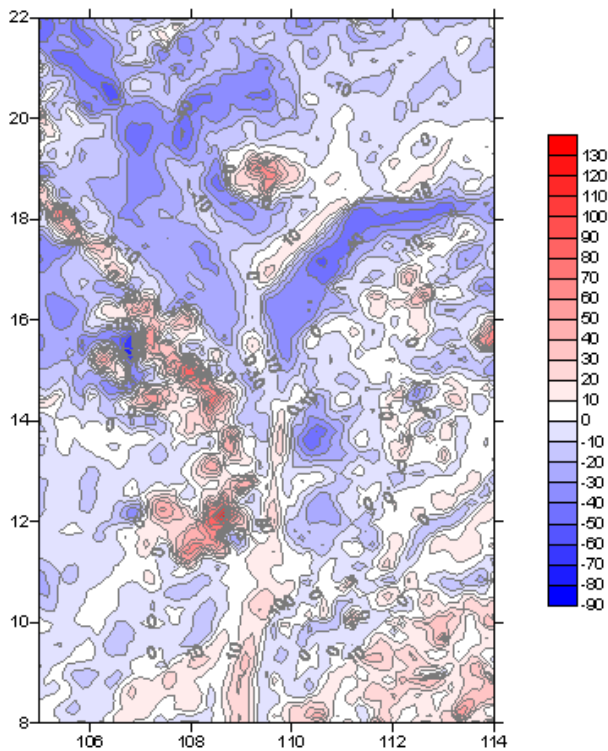
- $P_l(\cos \psi)$  – đa thức Lagrang bậc  $l$ ;
- $\psi$  – khoảng cách cầu giữa điểm  $i$  và  $j$ ;
- $r_i$  và  $r_j$  – khoảng cách đến điểm  $i$  và  $j$  tính từ gốc tọa độ;
- $R$  – bán kính trung bình của Trái Đất;
- $a$  – tham số bổ sung;
- $d_l$  – phương sai của các hệ số đến bậc  $N$ ;
- $b$  – là hằng số, thường được chọn là 4;
- $A$  – hằng số có đơn vị là  $(m/s)^4$ ;
- $R$  – bán kính trung bình trái đất;
- $R_B$  – bán kính của hình cầu có tâm trùng với tâm vật chất trái đất.

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

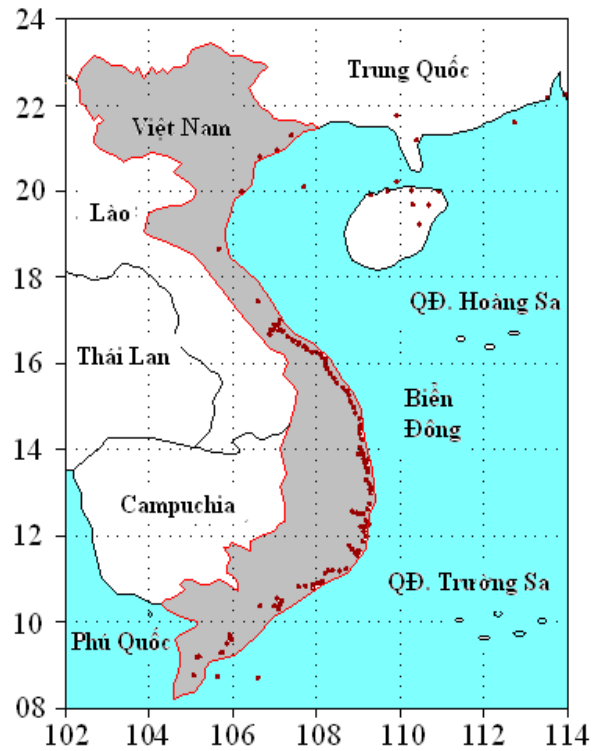
### 3. Thực nghiệm tính toán làm khớp dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông

#### 3.1. Số liệu thực nghiệm

Số liệu thực nghiệm được sử dụng là 4675 giá trị dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT 10 chu kỳ (350 ngày từ tháng 10 năm 2010) với các thông kê vắn tắt như sau: giá trị lớn nhất 137,8 mgal, giá trị nhỏ nhất -86,1 mgal, giá trị trung bình -4,2 mgal (hình 1). Số liệu này phân bố ở dạng lưới ô vuông kích thước  $10' \times 10'$  trên khu vực có độ vĩ  $8^\circ \div 22^\circ$ , độ kinh  $105^\circ \div 114^\circ$ .



Hình 1. Dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh



Hình 2. Phân bố của các điểm đo trọng lực trực tiếp

Số liệu đo trực tiếp là dị thường trọng lực tại 133 điểm trên khu vực ven biển và trên các đảo, trong đó có 10 điểm nằm trong lưới trọng lực hạng I [2] đo năm 2011 và 123 điểm trọng lực chi tiết. Phân bố của các điểm đo trực tiếp này thể hiện trên hình 2.

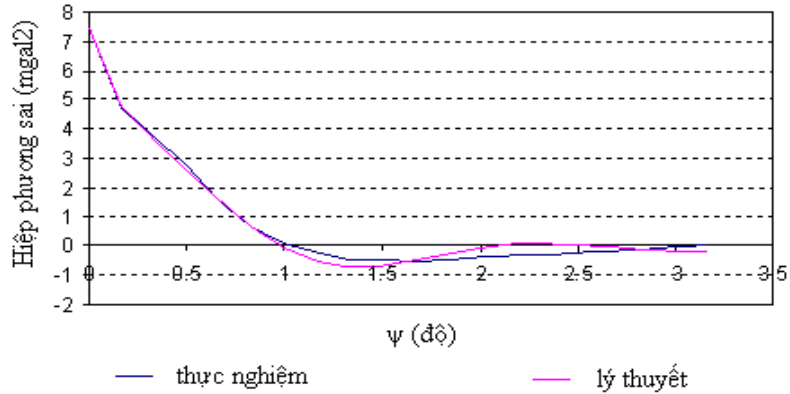
### 3.2. Kết quả tính phương sai thực nghiệm và các tham số của hàm phương sai lý thuyết

Bảng 1. Kết quả tính giá trị phương sai thực nghiệm và phương sai lý thuyết

№	$\psi_i$ (°)	Phương sai, mgal <sup>2</sup>		№	$\psi_i$ (°)	Phương sai, mgal <sup>2</sup>	
		thực nghiệm	lý thuyết			thực nghiệm	lý thuyết
1	0.000	7.428	7.428	11	1.667	-0.530	-0.504
2	0.167	4.716	4.748	12	1.833	-0.472	-0.271
3	0.333	3.727	3.626	13	2.000	-0.394	-0.065
4	0.500	2.763	2.558	14	2.167	-0.331	0.061
5	0.667	1.485	1.522	15	2.333	-0.311	0.090
6	0.833	0.605	0.609	16	2.500	-0.209	0.042
7	1.000	0.064	-0.102	17	2.667	-0.172	-0.047
8	1.167	-0.241	-0.549	18	2.833	-0.120	-0.132
9	1.333	-0.468	-0.729	19	3.000	-0.020	-0.179
10	1.500	-0.476	-0.688	20	3.167	-0.002	-0.172

Các giá trị dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh và đo trọng lực trực tiếp sau khi được “loại ra” phần dị thường trọng lực của mô hình EGM2008 được đưa vào tính các giá trị

phương sai thực nghiệm. Các giá trị phương sai thực nghiệm này được làm khớp với hàm phương sai lý thuyết để xác định ra các tham số của hàm. Việc tính toán này được thực hiện bằng chương trình “EmpCov” và “CovFit” [5]. Các kết quả tính toán phương sai thực nghiệm, phương sai lý thuyết và đồ thị của chúng được trình bày trên bảng 1 và hình 3.

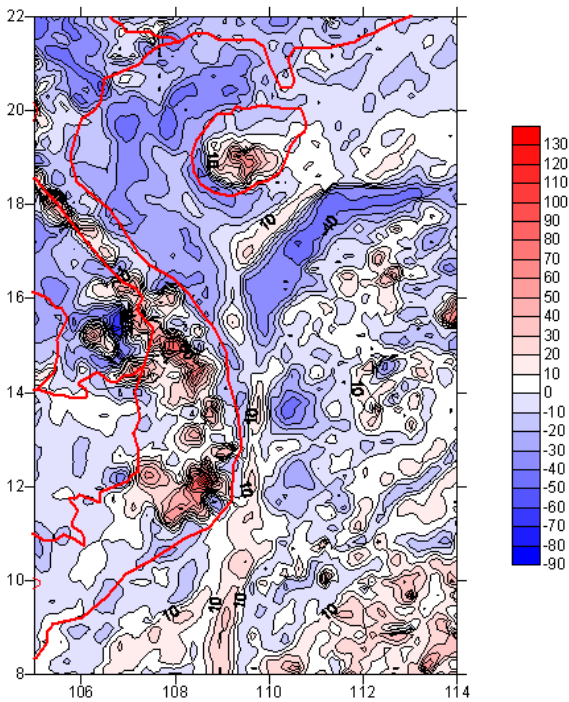


Hình 3. Đồ thị hàm phương sai thực nghiệm và phương sai lý thuyết

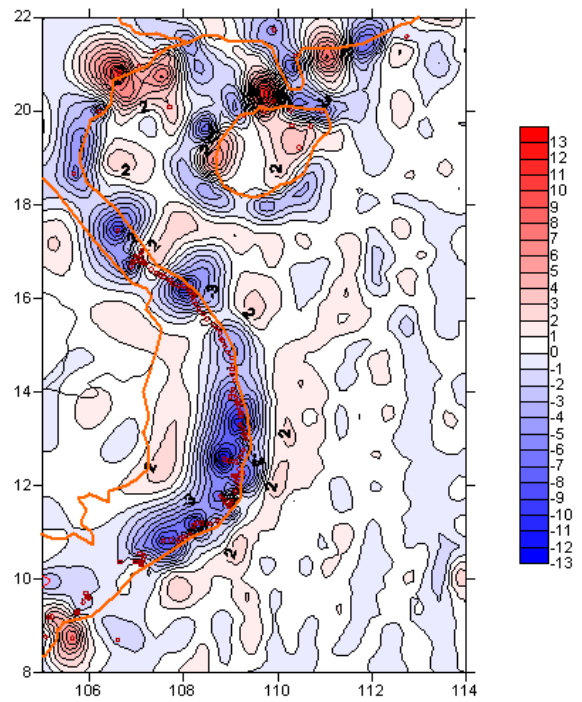
Kết quả xác định các tham số của hàm phương sai lý thuyết nhận được:  $N = 214$ ;  $a = 0,1352$ ;  $R_B - R = -0,37748$  km,  $A = 40080$  (m/s)<sup>4</sup>, phương sai của dị thường trọng lực là 7,43 mgal<sup>2</sup>.

### 3.3. Kết quả làm khớp dị thường trọng lực

Trên cơ sở những công thức trình bày trong phần 2, dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông đã được làm khớp. Việc tính toán được thực hiện bằng chương trình Geocol [5]. Sau khi “phục hồi” phần dị thường trọng lực của mô hình EGM2008, nhận được 4675 giá trị dị thường trọng lực phân bố ở dạng lưới ô vuông có kích thước 10' x 10' (hình 4). Thống kê vắn tắt như sau: Giá trị dị thường trọng lực lớn nhất là 132,2 mgal; giá trị nhỏ nhất là -84,5 mgal; giá trị trung bình là 4,2 mgal.



Hình 4. Dị thường trọng lực sau khi làm khớp



Hình 5. Độ lệch của dị thường trọng lực trước và sau khi làm khớp

#### 4. So sánh dị thường trọng lực trước và sau khi làm khớp

Dị thường trọng lực trước và sau khi làm khớp được so sánh với nhau. Độ lệch được biểu diễn bằng đường đồng mức trên hình 5. Kết quả so sánh vẫn tất như sau:

- Độ lệch lớn nhất  $\delta g_{\max} = 13,9 \text{ mgal}$ ;
- Độ lệch nhỏ nhất  $\delta g_{\min} = -13,1 \text{ mgal}$ ;
- Độ lệch trung bình  $\delta g_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta g_i = 0,0 \text{ mgal}$ ;
- Độ lệch trung phương

$$\sigma_{\delta g} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta g_i - \delta g_{TB})^2} = 2,0 \text{ mgal}.$$

trong đó:  $\delta g_i = \Delta g_i^S - \Delta g_i^T$ ;

$\Delta g_i^S$  - dị thường trọng lực sau khi làm khớp;

$\Delta g_i^T$  - dị thường trọng lực trước khi làm khớp.

Từ kết quả so sánh vẫn tất và hình 5 cho thấy: sau khi làm khớp, dị thường trọng lực chỉ thay đổi tại những điểm đo trọng lực trực tiếp và vùng xung quanh, càng xa những điểm này thì dị thường trọng lực càng ít thay đổi. Đối với khu vực thực nghiệm, bán kính vùng này khoảng 0,4 độ. Độ lệch trung phương đạt 2,0 mgal.

#### 5. Kết luận

Phương pháp Collocation cho phép làm khớp kết quả tính dị thường trọng lực từ số liệu

đo cao vệ tinh với dị thường trọng lực tính từ số liệu đo trọng lực trực tiếp.

Khi làm khớp bằng phương pháp này thì dị thường trọng lực sau khi làm khớp chỉ thay đổi tại những điểm đo trọng lực trực tiếp và vùng xung quanh chúng, bán kính vùng này khoảng 0,4 độ đối với khu vực thực nghiệm. Độ lệch trung phương trước và sau làm khớp là 2,0 mgal.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bernhard Hofmann-Wellendorf, Helmut Moritz, 2005. Physical Geodesy. Springer Wien New York.
- [2]. Iablonski L. H., 2011. Báo cáo kết quả đo đạc trọng lực trên lãnh thổ Việt Nam theo hợp đồng số 3/7 – 09, Matxcova (tiếng nga).
- [3]. Neiman. Y. M., 2010. Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation, Matxcova (tiếng nga).
- [4]. Nguyễn Văn Sáng, 2012. Cung cấp trọng lực cho vùng biển Việt Nam bằng kết quả đo cao vệ tinh. Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Matxcova (tiếng nga).
- [5]. Rene Forsberg, C.C. Tscherning, 2008. Geodetic Gravity Field Modelling Programs. National Space Institute and Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Denmark.

#### SUMMARY

##### **Fitting of the gravity anomalies, computed from altimetry data, with the results of gravity survey**

**Nguyen Van Sang, Hanoi University of Mining and Geology**

The paper presents method of fitting of the gravity anomalies computed from altimetry data with the results of gravity survey. The case study was applied to compute for the East Sea which is based on the gravity anomalies obtained from ENVISAT altimetry of the 10 cycles and the results of gravity survey in the sea-coast and on the islands. The experimental results show that when using method Collocation for fitting, gravity anomalies only are changed on the gravity survey points and the near areas. Radius of the near areas are about 0.4 degree.