

# XÁC ĐỊNH CÁC HÀM HIỆP PHƯƠNG SAI KHI TÍNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC TỪ SỐ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH TRÊN VÙNG BIỂN QUẦN ĐẢO HOÀNG SA

NGUYỄN VĂN SÁNG,

Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

Trong những năm gần đây, công nghệ đo cao vệ tinh được ứng dụng rộng rãi để nghiên cứu đại dương, trong đó, xác định dị thường trọng lực biển. Trên thế giới, từ số liệu đo cao vệ tinh, các mô hình trường trọng lực toàn cầu đã được xây dựng như: DNSC08GRAV, DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV,... (Andersen O.B., 2010, Andersen B., Knudsen P., Stenseng L., 2013, Knudsen P., 2016) [1], [2], [5].

Ở Việt Nam, cũng đã có những nghiên cứu ứng dụng số liệu đo cao vệ tinh trên biển Đông như: xác định dị thường trọng lực từ số liệu vệ tinh ENVISAT (Nguyễn Văn Sáng, 2012) [7]; nghiên cứu xây dựng mô hình MDT từ số liệu đo cao vệ tinh (Nguyễn Văn Sáng, 2016) [8],...

Để xác định được dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh bằng phương pháp collocation cần phải xác định hàm hiệp phương sai giữa dị thường trọng lực và độ cao geoid trên khu vực nghiên cứu. Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết và kết quả thực nghiệm xác định hàm hiệp phương sai khi tính dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh trên vùng biển xung quanh quần đảo Trường Sa.

## 1. Số liệu đo cao vệ tinh trên khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là vùng biển thuộc quần đảo Trường Sa có giới hạn: độ vĩ từ 6°00' đến 12°30', độ kinh từ 111°30' đến 118°00'. Số liệu đo cao vệ tinh được sử dụng từ kết quả 18676 điểm đo của vệ tinh CROSAT-2 đo ở chế độ trắc địa (Geodetic Mission - GM) từ chu kỳ 31 đến chu kỳ 43 trên vùng biển thuộc quần đảo Trường Sa. Các chu kỳ đo xen kẽ nhau tạo nên tập số liệu phân bố dày đặc trên vùng nghiên cứu (H.1). Các số liệu này được cung cấp bởi AVISO (AVISO, 2010) [3].

## 2. Phương pháp xác định hàm hiệp phương sai

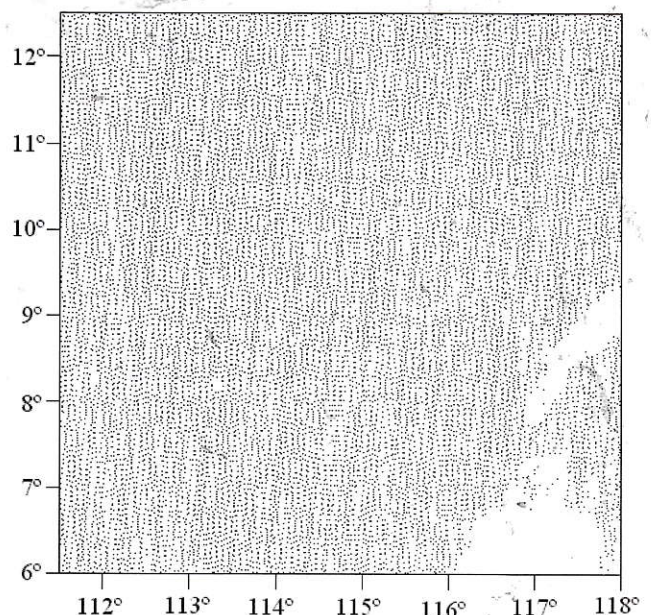
### 2.1. Khái quát bài toán xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh

Kết quả đo cao vệ tinh cho ta độ cao mặt biển SSH (sea surface height). Độ cao mặt biển được biểu diễn thông qua độ cao geoid (N) và độ cao hình thể động lực mặt biển ( $h_d$ ) theo công thức [7]:

$$SSH = N + h_d \quad (1)$$

Độ cao hình thể động lực mặt biển động lực được chia thành 2 phần là: hình thể động lực trung bình mặt biển (mean dynamic topography -  $h_{MDT}$ ) và hình thể động lực mặt biển biến đổi theo thời gian  $h_t$ , còn gọi là địa hình động lực (Nguyễn Văn Sáng, 2012) [7]. Khi đó độ cao mặt biển được biểu diễn bằng công thức:

$$SSH = N + h_{MDT} + h_t \quad (2)$$



H.1. Sự phân bố số liệu đo cao vệ tinh



Độ cao geoid cũng được chia thành 2 thành phần: độ cao geoid tính từ mô hình trường trọng lực toàn cầu  $N_{EGM}$  và phần dư độ cao geoid  $\Delta N$ . Như vậy, công thức (2) được biểu diễn dưới dạng:

$$SSH = N_{EGM} + \Delta N + h_{MDT} + h_t \quad (3)$$

Từ công thức (3) cho thấy: để xác định được phần dư độ cao geoid  $\Delta N$  từ số liệu đo cao vệ tinh cần phải thực hiện các công việc sau đây:

➢ Loại bỏ độ cao geoid tính từ mô hình trường trọng lực toàn cầu  $N_{EGM}$  theo kỹ thuật "Remove - Restore";

➢ Loại bỏ độ cao hình thể động lực trung bình mặt biển  $h_{MDT}$ ;

$$K^T(\Delta N, \delta g_P) = [K(\Delta N_1, \delta g_P) \quad K(\Delta N_2, \delta g_P) \quad \dots \quad K(\Delta N_n, \delta g_P)]; \quad (5)$$

$$K(\Delta N, \Delta N) = \begin{bmatrix} K(\Delta N_1, \Delta N_1) & K(\Delta N_1, \Delta N_2) & \dots & K(\Delta N_1, \Delta N_n) \\ K(\Delta N_2, \Delta N_1) & K(\Delta N_2, \Delta N_2) & \dots & K(\Delta N_2, \Delta N_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(\Delta N_n, \Delta N_1) & K(\Delta N_n, \Delta N_2) & \dots & K(\Delta N_n, \Delta N_n) \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$C_\Delta = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}; \quad \Delta \tilde{N} = \begin{bmatrix} \Delta \tilde{N}_1 \\ \Delta \tilde{N}_2 \\ \dots \\ \Delta \tilde{N}_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Như vậy, để tính được phần dư dị thường trọng lực, cần phải xác định được các giá trị hiệp phương sai giữa các phần dư độ cao geoid  $K(\Delta N_i, \Delta N_j)$ , giữa phần dư độ cao geoid và dị thường trọng lực  $K(\Delta N_i, \Delta g_P)$ .

**2.2. Xây dựng hàm hiệp phương sai lý thuyết**

Theo như (Neiman Y. M., 2010) [6] ta có

$$K(T_i, T_j) = \sum_{l=2}^{\infty} \sigma_l^2 \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) \text{ và } N = \frac{T}{\gamma} \quad (8)$$

Từ đây chúng ta có:

$$K(\Delta N_i, \Delta N_j) = \frac{1}{\gamma_i \cdot \gamma_j} \sum_{l=2}^{\infty} \sigma_l^2 \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) \quad (9)$$

$$K(T_i, T_j) = a \sum_{l=2}^N d_l \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) + \sum_{l=N+1}^{\infty} \frac{A}{(l-1)(l-2)(l+b)} \left( \frac{R_B^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi), \quad (12)$$

Trong đó: a - Tham số bổ sung;  $d_l$  - Phương sai bậc N; b - Số tự nhiên có thể nhận bằng 4 hoặc 24; A - Hằng số có đơn vị là  $(m/s)^4$ ; R - Bán kính trung bình Trái đất;  $R_B$  - bán kính của mặt cầu nằm trong Trái đất.

Tương ứng hàm hiệp phương sai của phần dư độ cao geoid được viết như sau:

$$K(\Delta N_i, \Delta N_j) = a \sum_{l=2}^N d_l \frac{1}{\gamma_i \cdot \gamma_j} \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) + \sum_{l=N+1}^{\infty} \frac{A}{(l-2)(l+b)} \frac{1}{\gamma_i \cdot \gamma_j} \left( \frac{R_B^2}{r_i \cdot r_j} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi). \quad (13)$$

Hàm hiệp phương sai giữa phần dư dị thường trọng lực và phần dư độ cao geoid có dạng:

$$K(\Delta N_i, \Delta g_P) = \frac{a}{\gamma_i} \sum_{l=2}^N d_l \frac{(l-1)}{r_P} \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_P} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi) + \frac{1}{\gamma_i} \sum_{l=N+1}^{\infty} \frac{A}{(l-2)(l+b)} \frac{1}{r_P} \left( \frac{R_B^2}{r_i \cdot r_P} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi). \quad (14)$$

➢ Loại bỏ thành phần hình thể động lực mặt biển biến đổi theo thời gian  $h_t$  ra khỏi độ cao mặt biển (SSH).

Từ phần dư độ cao geoid, dùng phương pháp collocation để xác định phần dư dị thường trọng lực. Sau đó, phục hồi dị thường trọng lực tính từ mô hình trường trọng lực toàn cầu theo kỹ thuật "Remove-Restore". Bằng cách đó, sẽ nhận được dị thường trọng lực  $\Delta g$  trên khu vực nghiên cứu.

Phần dư dị thường trọng lực  $\delta g_P$  của điểm P được tính bằng công thức (Neiman Y. M, 2010) [6]:

$$\delta g_P = K_{\text{kin}}^T(\Delta N, \delta g_P) \cdot [K(\Delta N, \Delta N) + C_{\Delta \text{min}}]^{-1} \cdot \Delta \tilde{N}_{\text{min}} \quad (4)$$

Trong đó:

Trong đó: T - Thế nhiều;  $P_l(\cos \psi)$  - Hàm Legendre bậc l;  $\psi$  - Khoảng cách cầu giữa điểm i và j;  $r_i$  và  $r_j$  - Khoảng cách từ điểm xét đến gốc tọa độ;  $\gamma$  - Trọng lực chuẩn;  $\sigma_l^2$  - Phương sai của thế nhiều.

Mặt khác [4]:

$$\Delta g = -\frac{\partial T}{\partial r} - \frac{2}{r} \cdot T \quad (10)$$

Kết hợp (8), (9) và (10), sẽ nhận được:

$$K(\Delta N_i, \Delta g_P) = \frac{1}{\gamma_i} \sum_{l=2}^{\infty} \sigma_l^2 \frac{(l-1)}{r_P} \left( \frac{R^2}{r_i \cdot r_P} \right)^{l+1} P_l(\cos \psi). \quad (11)$$

Trên thực tế, việc tính các giá trị hiệp phương sai theo các công thức (9) và (11) sẽ không thực hiện được vì chỉ có thể xác định được đến bậc thứ N, các bậc cao hơn phải mô hình hóa.

Theo (Neiman Y. M., 2010) [6], hàm hiệp phương sai của thế nhiều được xác định bằng công thức:



Các tham số  $a$ ,  $d_i$ ,  $N$ ,  $A$ , và  $R_B$  sẽ được xác định dựa vào kết quả tính giá trị hiệp phương sai thực nghiệm phần dư độ cao geoid từ số liệu đo cao vệ tinh.

**2.3. Xác định hàm hiệp phương sai thực nghiệm và làm khớp với hàm hiệp phương sai lý thuyết**

Theo (Neiman Y. M., 2010) [6], hiệp phương sai thực nghiệm của phần dư độ cao geoid được tính:

$$K_{\Delta N}(\psi_i) = \frac{1}{m_i} \sum_{n=1}^{m_i} [\Delta N(P) \cdot \Delta N(P')]_n \quad (15)$$

Trong đó:  $P$  và  $P'$  - Các điểm đã biết giá trị  $\Delta N$ , khoảng cách cầu ( $\psi$ ) giữa 2 điểm thỏa mãn điều kiện sau đây:

$$\psi_i - \frac{\Delta\psi}{2} \leq \psi \leq \psi_i + \frac{\Delta\psi}{2} \quad (16)$$

Tại đây:  $m_i$  - Số lượng cặp điểm thỏa mã điều kiện;

$\Delta\psi$  - Khoảng cách cầu giữa 2 điểm gần nhất trong bộ số liệu đầu vào và  $(\psi_i - \Delta\psi/2) = 0$ , nếu  $\psi_i < (\Delta\psi/2)$ .

Các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm sẽ được sử dụng để làm khớp với hàm hiệp phương sai lý thuyết (13) để xác định các tham số của mô hình. Các tham số này sau đó được sử dụng để tính các giá trị hiệp phương sai  $K(\Delta N_i, \Delta g_P)$  và  $K(\Delta N_i, \Delta N_j)$ .

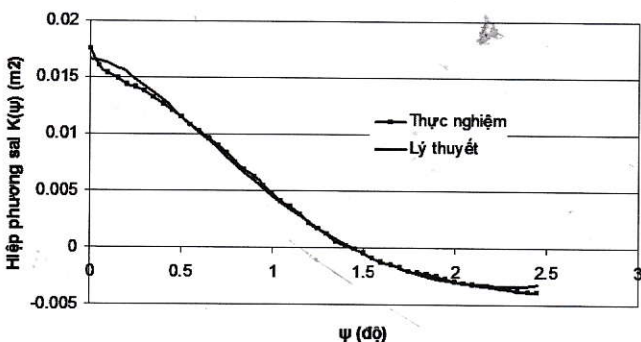
**3. Kết quả xác định hàm hiệp phương sai trên vùng biển quần đảo Trường Sa**

Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm của phần dư độ cao geoid trên vùng biển thuộc quần đảo Trường Sa đối với số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 từ chu kỳ 31 đến chu kỳ 43 được trình bày trên Bảng 1. Kết quả tính toán được thực hiện bằng chương trình Emcovn (Rene Forsberg, C.C. Tscherning, 2008) [9].

Bảng 1. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm của phần dư độ cao geoid

STT	$\psi$ (độ)	$K(\psi), m^2$	STT	$\psi$ (độ)	$K(\psi), m^2$	STT	$\psi$ (độ)	$K(\psi), m^2$	STT	$\psi$ (độ)	$K(\psi), m^2$
1	0,0000	0,0175	14	0,6500	0,0095	27	1,3000	0,0012	40	1,9500	-0,0027
2	0,0500	0,0160	15	0,7000	0,0090	28	1,3500	0,0006	41	2,0000	-0,0029
3	0,1000	0,0153	16	0,7500	0,0083	29	1,4000	0,0002	42	2,0500	-0,0031
4	0,1500	0,0149	17	0,8000	0,0075	30	1,4500	-0,0001	43	2,1000	-0,0032
5	0,2000	0,0143	18	0,8500	0,0068	31	1,5000	-0,0005	44	2,1500	-0,0033
6	0,2500	0,0141	19	0,9000	0,0063	32	1,5500	-0,0009	45	2,2000	-0,0034
7	0,3000	0,0137	20	0,9500	0,0054	33	1,6000	-0,0012	46	2,2500	-0,0035
8	0,3500	0,0132	21	1,0000	0,0048	34	1,6500	-0,0015	47	2,3000	-0,0036
9	0,4000	0,0126	22	1,0500	0,0041	35	1,7000	-0,0017	48	2,3500	-0,0037
10	0,4500	0,0120	23	1,1000	0,0036	36	1,7500	-0,0020	49	2,4000	-0,0039
11	0,5000	0,0115	24	1,1500	0,0029	37	1,8000	-0,0022	50	2,4500	-0,0039
12	0,5500	0,0108	25	1,2000	0,0022	38	1,8500	-0,0023			
13	0,6000	0,0102	26	1,2500	0,0017	39	1,9000	-0,0025			

Kết quả làm khớp hàm hiệp phương sai lý thuyết và hiệp phương sai thực nghiệm được trình bày trên đồ thị H.2. Việc làm khớp được thực hiện bởi chương trình Covfit (Rene Forsberg, C.C. Tscherning, 2008) [9].



H.2. Đồ thị hàm hiệp phương sai lý thuyết và thực nghiệm sau khi đã làm khớp

Kết quả xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết:  $N=70$ ,  $a=0,0035$ ,  $R_B-R=-47,03$  km,  $A=15940,0$  (m/s)<sup>4</sup>, phương sai của dị thường trọng lực=24,55 mgal<sup>2</sup>. Từ đồ thị trên H.2 cho thấy: hàm hiệp phương sai lý thuyết xác định được rất khớp với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm trên khu vực nghiên cứu.

**4. Kết luận**

➤ Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng: hàm hiệp phương sai giữa phần dư dị thường trọng lực và phần dư độ cao geoid đã được kiểm chứng và có thể sử dụng khi xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh bằng phương pháp collocation.

➤ Kết quả thực nghiệm đã xác định được các tham số của hàm hiệp phương sai cho vùng biển thuộc quần đảo Trường Sa đối với số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 từ chu kỳ 31 đến chu kỳ 43.



➤ Kết quả thực nghiệm cho thấy hàm hiệp phương sai lý thuyết xác định được rất khớp với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Andersen B., Knudsen P., Stenseng L., 2013. The DTU13 Global mean sea surface from 20 years of satellite altimetry. DTU Space, Technical University of Denmark.
2. Andersen O.B., 2010. Marine Gravity and Geoid from Satellite Altimetry. Geodetic Department, DTU - Space, Juliane Maries Vej 30, DK - 2100, Denmark.
3. AVISO, 2010. DT CorSSH and DT SLA Product Handbook, Toulouse - France.
4. Hofmann B. W., Moritz H., 2005. Physical Geodesy, SpringerWienNewYork.
5. Knudsen P., 2016. The updated geodetic mean dynamic topography model - DTU15MDT. Technical University of Denmark - Space, Kongens Lyngby, Denmark.
6. Neiman Y. M., 2010. Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation, Moskva (tiếng Nga).
7. Nguyễn Văn Sáng, 2012. Xác định dị thường trọng lực cho vùng biển Việt Nam bằng kết quả đo cao vệ tinh. Luận án Tiến sĩ Khoa học Kỹ thuật. Trường Đại học Tổng hợp Trắc địa và Bản đồ Moskva, Liên bang Nga (tiếng Nga).
8. Nguyễn Văn Sáng, 2016. Nghiên cứu phương pháp xác định độ cao địa hình mặt biển bằng số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông-B2014-02-18. Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ, Bộ Giáo dục và Đào tạo. Hà Nội.
9. Rene Forsberg, C.C. Tscherning, 2008. Geodetic Gravity Field Modelling Programs. National Space Institute and Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Denmark.

**Ngày nhận bài:** 20/03/2017

**Ngày gửi phản biện:** 5/04/2017

**Ngày nhận phản biện:** 15/06/2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 15/10/2017

**Từ khoá:** *dị thường trọng lực; đo cao vệ tinh; collocation; hiệp phương sai*

### SUMMARY

For computation of the gravity anomaly from altimetry data by using the Collocation method, have to built the covariance functions of the gravity anomaly with the geoid height. The covariance functions are built base on the relation of the gravity anomaly and the geoid height, the covariance function of the anomaly potential up to level N and modeling the remainder. The parameters of the covariance functions are determined by fitting the theory function with the experimental covariance values, computed from the altimetry data. The experimental computations are realized in the sea of the Trường Sa Archipelago for Cryosat-2 altimetry data from cycle 31 to cycle 43. The experimental results show that the parameters of the covariance functions were determined in the study area and the determined covariance functions are very in accord with the experimental covariance values.

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG...

(Tiếp theo trang 3)

power network elements", ISSN 0033-2097, R. 88 NR 8/2012.

4. Yildirim, D, Fuchs, E, "Transformer derating and comparison with Harmonic Loss Factor Approach", IEEE Trans. PD, Vol 15, no. 1, January 2000.

**Ngày nhận bài:** 20/04/2017

**Ngày gửi phản biện:** 15/05/2017

**Ngày nhận phản biện:** 15/08/2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 15/10/2017

**Từ khoá:** *máy biến áp mỏ; tải phi tuyến; tổn hao*

### SUMMARY

Transformers in the mine power grid are often designed and manufactured with linear loads. However, during operation there are many nonlinear loads entering the network that causes the current passing through the transformer no longer sinusoidal. This can cause the transformer to overload even working with the design parameters. The paper focuses to the effect of nonlinear loading on losses and heat dissipation in the transformer. The results of the study will provide reasonable solutions for the operation of the transformer to ensure it's longevity and no damage.