

TRẮC ĐỊA – ĐỊA CHÍNH – BẢN ĐỒ (trang 83-92)

**XÁC ĐỊNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC VÀ
DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO TỪ KẾT QUẢ CỦA VỆ TINH GRADIENT
TRỌNG LỰC GOCE TẠI VIỆT NAM**

NGUYỄN VĂN SÁNG, Đại học Mỏ - Địa Chất

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp xác định dị thường trọng lực và dị thường độ cao từ kết quả của vệ tinh trọng lực GOCE. Theo phương pháp này các kết quả của vệ tinh trọng lực GOCE được sử dụng để tính ra các hệ số điều hòa của mô hình trường trọng lực *GO_CONS_EGM_DIR_2I*. Sau đó, dị thường trọng lực và dị thường độ cao được xác định từ các hệ số điều hòa này. Kết quả xác định dị thường trọng lực và dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam được biểu diễn ở dạng lưới ô vuông có kích thước 3' x 3'. Dị thường độ cao này cũng được so sánh với số liệu đo GPS – Thủy chuẩn trên 211 điểm. Kết quả so sánh cho thấy dị thường độ cao tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE đạt độ lệch chuẩn 0,328 m.

1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu hình dáng, kích thước và thể trọng trường của Trái đất là một trong những nhiệm vụ quan trọng của Trắc địa cao cấp. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, công nghệ đo đạc trong Trắc địa nói chung và Trắc địa cao cấp nói riêng cũng có những phát triển vượt bậc. Từ chỗ đo trọng lực trên mặt đất, trên tàu biển, trên máy bay, đến nay đã có những dự án đo trọng lực và gradient trọng lực từ vệ tinh: ngày 15 tháng 7 năm 2000, vệ tinh trọng lực thuộc dự án CHAMP được phóng lên quỹ đạo ở độ cao 454 km; ngày 17 tháng 3 năm 2002 hai vệ tinh trọng lực của dự án GRACE được phóng lên quỹ đạo ở độ cao 500 km, hai vệ tinh này bay cách nhau khoảng 220 km, khoảng cách giữa chúng và tốc độ thay đổi khoảng cách được đo liên tục với độ chính xác cao [2]; ngày 17 tháng 3 năm 2009 vệ tinh gradient trọng lực của dự án GOCE được đưa lên quỹ đạo. Các dự án này là cuộc cách mạng về nghiên cứu trường trọng lực trái đất. Các số liệu của các dự án này cho phép xác định nhanh, chính xác mô hình trường trọng lực toàn cầu và sự thay đổi của nó theo thời gian. Ở Việt Nam chưa có nhiều những công trình nghiên cứu về những trị đo mới này. Vì vậy, việc ứng dụng những tiến bộ khoa học này vào Việt Nam là rất cần thiết. Bài báo trình bày việc

xác định dị thường trọng lực và dị thường độ cao từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE trên lãnh thổ Việt Nam.

2. Vệ tinh gradient trọng lực GOCE và mô hình geoid toàn cầu *GO_CONS_EGM_DIR_2I*

Vệ tinh trọng lực GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) được Cơ quan vũ trụ Châu Âu – ESA (European Space Agency) phóng lên quỹ đạo ngày 17 tháng 3 năm 2009 [5]. Vệ tinh có chiều dài 5 m, bay ở độ cao 250 km so với Mặt đất, góc nghiêng quỹ đạo $96,5^{\circ}$, trọng lượng khoảng 1000kg. Vệ tinh được trang bị 3 cặp máy đo gia tốc trọng trường (gradiometer), được bố trí vuông góc với nhau từng đôi một trong không gian, hai máy trong một cặp cách nhau 0,5 m. Bằng cách này vệ tinh trọng lực GOCE có thể xác định được đạo hàm bậc hai của thế trọng trường. Trên vệ tinh còn đặt máy thu GPS để xác định vị trí chính xác của vệ tinh trong không gian. Nhiệm vụ đặt ra của vệ tinh là xác định dị thường trọng lực với độ chính xác 1 mgal, xác định geoid với độ chính xác 1-2 cm.

GO_CONS_EGM_DIR_2I là kết quả sản phẩm cấp 2 của vệ tinh gradient trọng lực GOCE, là mô hình geoid toàn cầu được xây dựng trên cơ sở sử dụng số liệu của gradient

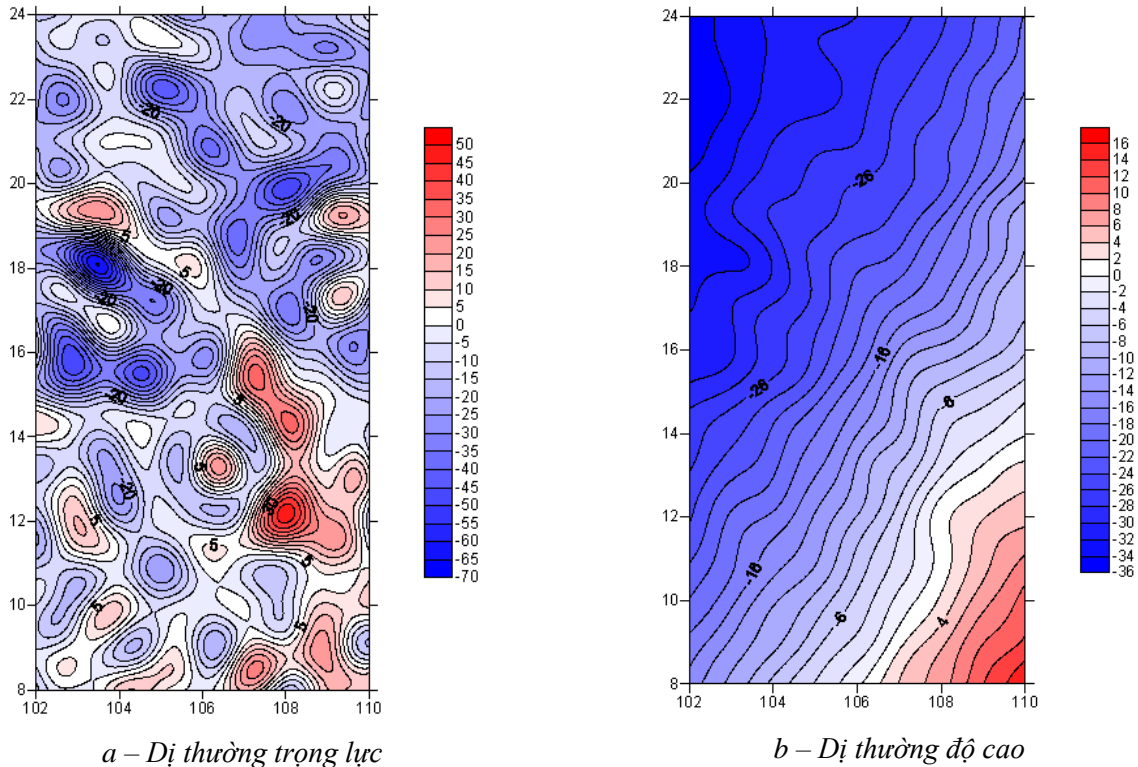
trọng lực vệ tinh GOCE giai đoạn từ 01-11-2009 đến 30-06-2010. Bậc lớn nhất của hàm điều hòa là 240. Mô hình được công bố bởi ESA. Các thông số cơ bản của mô hình:

Hằng số trọng trường Trái đất: $GM = 0,3986004415E+15 \text{ m}^3/\text{s}^2$;

Bán trục lớn của ellipsoid Trái đất: $a = 0,6378136460E+07 \text{ m}$.

Các hệ số điều hòa được trình bày trong tệp EGM_GOCE.txt bao gồm 29 161 dòng, mỗi dòng có 6 thành phần ($n, m, C_{nm}, S_{nm}, \sigma C_{nm}, \sigma S_{nm}$) có định dạng (2I5, 2D19.12, 2D11.8).

3. Tính dị thường trọng lực và dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE



Hình 1. Dị thường trọng lực và dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE

Từ các hệ số điều hòa, dị thường trọng lực và dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam (vĩ độ: $08^{\circ} \div 24^{\circ}$, kinh độ: $102^{\circ} \div 110^{\circ}$) ở dạng lưới ô vuông $3' \times 3'$ được tính theo công thức (1), (2) [6].

$$\Delta g = \frac{GM}{r^2} \left[\sum_{n=2}^N \left(\frac{a}{r} \right)^n (n-1) \sum_{m=0}^n (c_{n,m} \cos m\lambda + s_{n,m} \sin m\lambda) \bar{P}_{n,m}(\sin \phi) \right], \quad (1)$$

$$N = \frac{GM}{\gamma \cdot r} \left[\sum_{n=2}^N \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (c_{n,m} \cos m\lambda + s_{n,m} \sin m\lambda) \bar{P}_{n,m}(\sin \phi) \right], \quad (2)$$

- trong đó: GM - hằng số trọng trường của Trái đất;
- r - khoảng cách từ tâm Trái đất đến điểm xét;
- a - bán trục lớn của ellipsoid Trái đất;
- ϕ, λ - tọa độ của điểm xét;
- $c_{n,m}, s_{n,m}$ - hệ số điều hòa cấp n , bậc m ;
- $\bar{P}_{n,m}(\sin \phi)$ - hàm Legendre chuẩn hóa, được tính bằng công thức [2];

$$\bar{P}_{nm}(\sin \phi) = \left[\frac{(n-m)!(2n+1)k}{(n+m)!} \right]^{1/2} P_{nm}(\sin \phi), \quad (3)$$

$$P_{nm}(\sin \phi) = (\cos \phi)^m \frac{d^m}{d(\sin \phi)^m} [P_n(\sin \phi)], \quad (4)$$

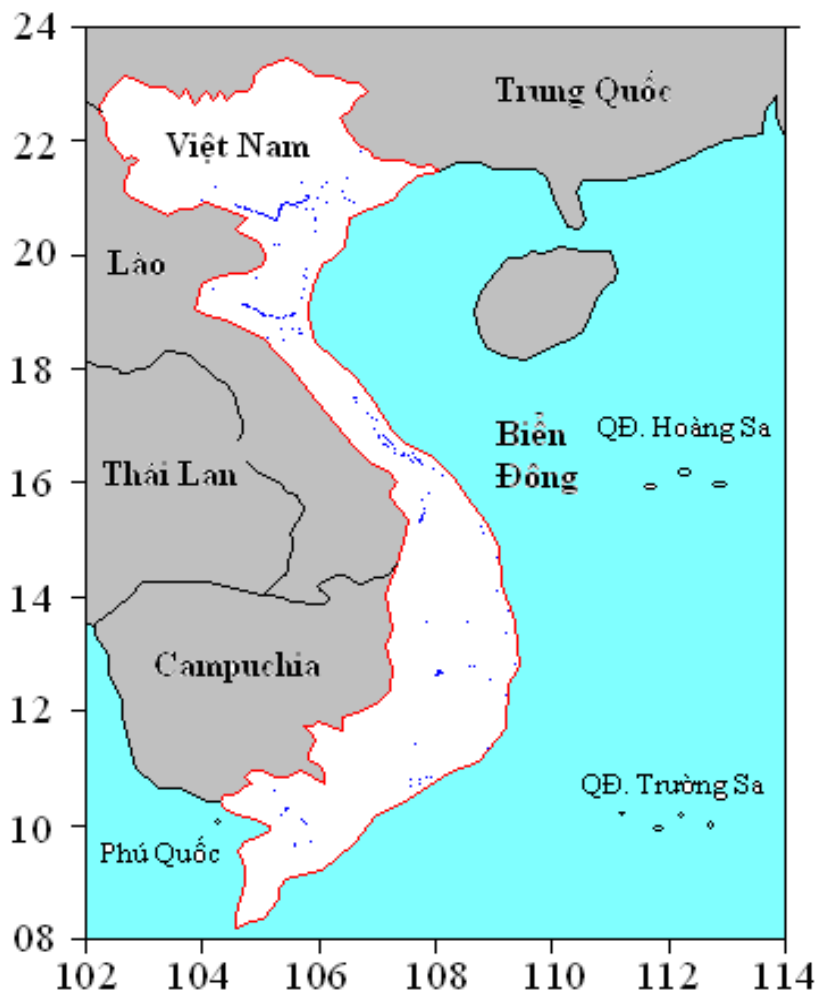
Đa thức Legendre $P_n(\sin \phi)$ được tính theo công thức:

$$P_n(\sin \phi) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{d(\sin \phi)^n} (\sin^2 \phi - 1)^n, \quad (5)$$

Kết quả tính dị thường trọng lực và dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam được trình bày trên hình 1 với số liệu thống kê sau: Tổng số điểm tính là 51 681 điểm; giá trị dị thường trọng lực lớn nhất là 48,5 mgal; giá trị dị thường trọng lực nhỏ nhất là -65,1 mgal; giá trị dị thường độ cao lớn nhất là 15,649 m; giá trị dị thường độ cao nhỏ nhất là -17,111 m.

4. So sánh dị thường độ cao tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE với kết quả đo GPS-thủy chuẩn

Dị thường độ cao từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE được so sánh với kết quả đo GPS-thủy chuẩn trên 211 điểm phân bố trên khắp lãnh thổ Việt Nam (hình 2) [1]. Các điểm này được đo trước năm 1999 phục vụ công tác xây dựng hệ tọa độ VN2000 và có độ chính xác tương đương thủy chuẩn hạng IV trở lên. Kết quả so sánh nhận được trình bày trên bảng 1.



Hình 2. Sơ đồ phân bố 211 điểm đo GPS-thủy chuẩn

Bảng 1. Tóm tắt kết quả so sánh dị thường độ cao tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE, mô hình EGM2008 với số liệu đo GPS – thủy chuẩn

Stt	Các chỉ tiêu so sánh	GOCE	EGM2008
1	Độ lệch trung bình δN_{tb} (m)	0,441	0,551
2	Độ lệch tiêu chuẩn $\sigma_{\delta N}$ (m)	$\pm 0,328$	$\pm 0,371$

trong đó:

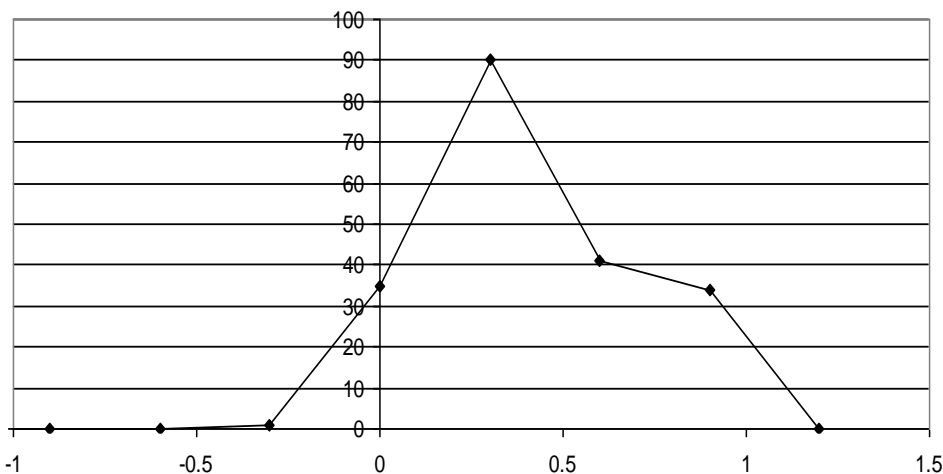
$$\delta N = N_{GPS-tc} - N_{mh}, \quad (6)$$

$$\delta N_{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta N_i, \quad (7)$$

$$\sigma_{\delta N} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta N_i - \delta N_{tb})^2}, \quad (8)$$

N_{mh} - dị thường độ cao tính từ mô hình geoid;

N_{GPS-tc} - dị thường độ cao tính từ số liệu đo GPS và thủy chuẩn.



Hình 3. Tần suất xuất hiện của hiệu dị thường độ cao, khoảng chia là 0,5 m

Trên hình 3, biểu diễn biểu đồ số lần xuất hiện của độ lệch dị thường độ cao với khoảng chia là 0,5 m. Từ hình vẽ này ta có nhận xét: độ lệch dị thường độ cao có đồ thị tuân theo luật phân bố chuẩn, tuy nhiên đỉnh của đồ thị lệch khỏi trục tung là do còn có sai số hệ thống trong độ lệch này.

Từ kết quả so sánh trên bảng 1 và hình 3 nhận thấy rằng độ lệch tiêu chuẩn nhỏ ($\pm 0,328$ m) chứng tỏ bề mặt geoid GO_CONS_EGM_DIR_2I khá phù hợp với lãnh thổ Việt Nam, tuy nhiên độ lệch trung bình có giá trị tuyệt đối lớn, đỉnh của đồ thị lệch khỏi trục tung chứng tỏ giữa dị thường độ cao tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE và số liệu đo GPS-thủy chuẩn vẫn còn chứa sai số hệ thống. Sai số hệ thống này là do mặt thủy chuẩn gốc quốc gia tại Hòn Dấu – Hải Phòng

chỉ mang tính cục bộ và không trùng với Geoid toàn cầu.

Dị thường độ cao tính từ mô hình EGM2008 [4] cũng được so sánh với dị thường độ cao GPS - thủy chuẩn trên 211 điểm. Các kết quả so sánh tương ứng trình bày trên bảng 1. Từ hai kết quả so sánh trên thấy rằng:

- Giữa dị thường độ cao tính từ mô hình geoid EGM2008 và số liệu đo GPS - thủy chuẩn cũng còn chứa sai số hệ thống và còn lớn hơn so với mô hình GO_CONS_EGM_DIR_2I thể hiện ở sai số trung bình tương ứng là 0,551m và 0,441m.

- Mô hình GO_CONS_EGM_DIR_2I mới chỉ được tính đến cấp và bậc 240 tuy nhiên độ lệch tiêu chuẩn nhỏ hơn so với mô hình EGM2008 chứng tỏ mô hình

GO_CONS_EGM_DIR_2I phù hợp với lãnh thổ Việt Nam hơn mô hình EGM2008 tính đến cấp và bậc 2160. Mức độ phù hợp này sẽ còn được tăng thêm khi trong tương lai, số cấp và bậc của hàm điều hòa của các mô hình xác định từ số liệu vệ tinh gradient trọng lực GOCE tăng lên.

5. Kết luận

Kết quả của vệ tinh trọng lực GOCE khá phù hợp với lãnh thổ Việt Nam thể hiện ở độ lệch chuẩn của hiệu dị thường độ cao tính từ mô hình GO_CONS_EGM_DIR_2I so với số liệu đo GPS - thủy chuẩn nhỏ, tuy nhiên vẫn còn chứa sai số hệ thống thể hiện ở độ lệch trung bình lớn.

Mô hình GO_CONS_EGM_DIR_2I phù hợp tốt hơn mô hình EGM 2008 trên lãnh thổ Việt Nam thể hiện ở độ lệch chuẩn và độ lệch trung bình của hiệu dị thường độ cao so với kết quả đo GPS - thủy chuẩn đều nhỏ hơn.

Mô hình GO_CONS_EGM_DIR_2I mới chỉ tính đến cấp và bậc 240 của hàm điều hòa, trong tương lai, khi các mô hình geoid xác định từ số liệu vệ tinh gradient trọng lực GOCE có số cấp và bậc của hàm điều hòa tăng lên sẽ phù hợp hơn nữa trên lãnh thổ Việt Nam, vì vậy, cần tiếp tục cập nhật, nghiên cứu ứng dụng các mô hình này vào Việt Nam.

Cần tiếp tục đánh giá độ chính xác dị thường trọng lực tính từ kết quả của vệ tinh gradient trọng lực GOCE theo các số liệu đo trọng lực trực tiếp trên lãnh thổ Việt Nam, nếu độ chính xác đạt được cao hơn độ chính xác của

dị thường trọng lực tính từ mô hình EGM2008 thì có thể sử dụng số liệu này trên những khu vực chưa có điều kiện đo trọng lực hoặc trên lãnh thổ các nước Lào, Campuchia, Trung Quốc khu vực giáp biên với nước ta, trong bài toán xây dựng mô hình geoid độ chính xác cao của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Minh, 2005. Xây dựng cơ sở dữ liệu trường trọng lực toàn cầu, thiết lập mô hình geoid độ chính xác cao trên lãnh thổ Việt Nam phục vụ nghiên cứu hoạt động của Trái đất và đổi mới công nghệ đo độ cao bằng hệ thống định vị toàn cầu. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật. Hà Nội. 174 tr.
- [2]. Bernhard Hofmann-Wellendorf, Helmut Moritz, 2005. Physical Geodesy. Springer Wien New York.
- [3]. Bruinsma S.L., Marty J.C., Balmino G., Biancale R., Foerste C., Abrikosov O. and Neumayer H, 2010. GOCE Gravity Field Recovery by Means of the Direct Numerical Method, presented at the ESA Living Planet Symposium, 27th June - 2nd July 2010, Bergen, Norway.
- [4]. <http://earthinfo.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/index.html>
- [5]. <http://www.esa.int/SPECIALS/GOCE/index.html>
- [6]. NIMA. Department of Defense World Geodetic System 1984. National Imagery and Mapping Agency, American. 2000.

SUMMARY

Determination of gravity anomaly and height anomalies from results of the GOCE satellite gravity gradiometry in the Vietnam

Nguyen Van Sang, *University of Mining and Geology*

This paper presents the method of determination of gravity anomalies and height anomalies from the results of the GOCE satellite gravity gradiometry. The results of the GOCE gravity gradiometry are used to calculate the harmonic coefficients of the gravity model GO_CONS_EGM_DIR_2I. Then gravity anomalies and height anomalies are calculated from these coefficients. The experimental results in Vietnam are represented in the form of the grid 3' x 3'. This height anomalies are also compared to GPS leveling measurements at the 211 points. The comparing results show that height anomalies computed from the results of the GOCE satellite gravity gradiometry has standard deviation of 0.328 m.