

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC TOÀN CẦU XÁC ĐỊNH TỪ ĐO CAO VỆ TINH TRÊN BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN VĂN SÁNG

Trường Đại học Mở-Địa Chất

Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

## 1. Tổng quan

Trên thế giới, trong những năm gần đây, đo cao vệ tinh (Altimetry) phát triển mạnh mẽ, được ứng dụng hiệu quả trong các lĩnh vực Trắc địa, Địa Vật lý, Hải dương học, Khí tượng, Môi trường và thăm dò khoáng sản trên biển. Trên thế giới, từ số liệu đo cao vệ tinh, các mô hình dị thường trọng lực đã được xây dựng như: mô hình DNSC08GRAV năm 2008 [7]; mô hình DTU10GRAV năm 2010 [5]; mô hình DTU13GRAV năm 2013 [6]; và mô hình DTU15GRAV năm 2015 [8]. Các mô hình này đã được nhiều quốc gia sử dụng để nghiên cứu trên vùng biển của quốc gia mình.

Ở Việt Nam, năm 2012 Nguyễn Văn Sáng đã xác định dị thường trọng lực biển từ số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT kết hợp với số liệu trọng lực đo trực tiếp ở trên bờ và các đảo cho khu vực Biển Đông đạt độ chính xác khoảng  $\pm 6.0$  mGal [3]. Năm 2017, Vũ Văn Trí và Nguyễn Văn Sáng cùng nhóm nghiên cứu đã xác định dị thường trọng lực cho vùng biển xung quanh quần đảo Trường Sa với độ phân giải (3'x3') bằng số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2. Kết quả dị thường trọng lực tính ra được so sánh với số liệu 625 điểm đo trọng lực trực tiếp. Độ chính xác đạt được là  $\pm 0,67$  mGal [9]. Năm 2018, Phạm Văn Tuyên đã sử dụng số liệu vệ tinh Cryosat-2 để xác định dị thường trọng lực cho khu vực Vịnh Bắc Bộ của Việt Nam. Độ chính xác của dị thường trọng lực đạt  $\pm 3,57$  mGal [4].

Từ kết quả phân tích các công trình nghiên cứu nêu trên cho thấy: hiện nay, Việt Nam vẫn chưa có công trình nghiên cứu nào xác định dị thường trọng lực đạt độ chính xác cao cho toàn bộ Biển Đông. Vì thế, việc nghiên cứu, đánh giá độ chính xác của các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu trên Biển Đông nhằm khai thác sử dụng hiệu quả các mô hình này vào mục đích nghiên cứu Biển Đông là cần thiết.

## 2. Giới thiệu tóm tắt một số mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ đo cao vệ tinh

➤ Mô hình DNSC08GRAV: năm 2008, Ole Baltazar Andersen và nhóm nghiên cứu đã sử dụng số liệu đo cao vệ tinh của các vệ tinh Geosat, ERS, T/P, Jason, Envisat, GFO và ICESat để xác định dị thường trọng lực biển và xây dựng mô hình trường trọng lực DNSC08GRA. Các tác giả đã sử dụng mô hình trọng lực Trái đất EGM2008 mô hình MDT toàn cầu và kỹ thuật bình sai giao cắt để loại bỏ độ cao địa hình mặt biển động học. Phần dư độ cao geoid được sử dụng để xác định phần dư dị thường trọng lực theo phương pháp Collocation. Độ chính xác của mô hình đánh giá theo độ lệch chuẩn đạt  $\pm 3,91$  mGal [7].

➤ Mô hình DTU10GRAV: năm 2010, Ole Baltazar Andersen đã nâng cấp mô hình DNSC08GRAV thành DTU10GRAV bằng cách bổ sung những số liệu đo mới của ERS-2 và vệ tinh ENVISAT. Độ chính xác của mô hình đạt cao hơn, đánh giá theo độ lệch chuẩn đạt  $\pm 3,82$  mGal [5].

➤ Mô hình DTU13GRAV: năm 2013, Ole Baltazar Andersen và các đồng nghiệp đã nâng cấp mô hình DNSC08GRAV và DTU10GRAV thành mô hình DTU13GRAV bằng cách sử dụng số liệu đo cao vệ tinh mới của vệ tinh CryoSat-2 và Jason-1. Số liệu vệ tinh CryoSat-2 bao phủ hầu hết khu vực Bắc Cực, do đó mô hình DTU13 có kết quả trên cả vùng này, điều mà các mô hình trước đó không có được. Ngoài ra, số liệu dùng để xác định DTU13 cũng có độ phân giải không gian cao hơn (1'x1') [6].

➤ Mô hình DTU15GRAV: năm 2015, các nhà khoa học của Trung tâm Vũ trụ Quốc gia Đan Mạch (Danish National Space Center - DNSC) thuộc Trường Đại học Tổng hợp Kỹ thuật Đan Mạch (Technical University of Denmark - DTU) đã xác định dị thường trọng lực trên các vùng cực và nâng

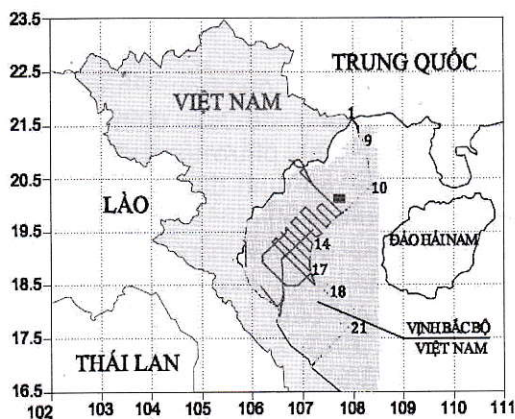


cấp DTU13GRAV thành mô hình DTU15GRAV [8]. Mô hình này được cải thiện rất nhiều do có nhiều số liệu của vệ tinh Jason-1, và số liệu vệ tinh Cryosat-2. Những vệ tinh mới này cung cấp số trị đo độ cao bề mặt nhiều gấp ba lần so với trước đây. Dữ liệu mới này cải thiện đáng kể chất lượng của mô hình, đặc biệt là bước sóng ngắn hơn của trường trọng lực (10÷20 km).

**3. Phương pháp đánh giá độ chính xác của mô hình dị thường trọng lực xác định từ đo cao vệ tinh**

**3.1. Số liệu đo trọng lực trực tiếp**

Để đánh giá độ chính xác của các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ số liệu đo cao vệ tinh trên vùng biển Việt Nam, 58.989 điểm đo trọng lực trực tiếp bằng tàu trong phạm vi Vịnh Bắc Bộ-Việt Nam đã được sử dụng. Phân bố các điểm đo trọng lực trực tiếp bằng tàu nêu trên hình H.1. Số liệu này được đo bằng máy trọng lực biển ZLS Dynamic Meter D06 của hãng ZLS Corp Mỹ với độ chính xác của máy là ±1 mGal [4]. Tọa độ của các điểm đo này được tính chuyển sang hệ tọa độ quốc tế WGS-84 để phù hợp với mô hình dị thường trọng lực toàn cầu.



H.1. Phân bố các điểm đo trọng lực trực tiếp bằng tàu [4]

**3.2. Nội suy dị thường trọng lực từ mô hình cho các điểm đo trọng lực trực tiếp**

Từ các mô hình trên, dị thường trọng lực tại 58.989 điểm đo trực tiếp được nội suy từ các mắt lưới của mô hình. Theo phương pháp này, giá trị dị thường trọng lực của điểm *i* bất kỳ được biểu diễn bởi công thức:

$$\Delta g_i = a + b.B_i + c.L_i \tag{1}$$

Trong đó:  $B_i, L_i$  - Tọa độ trắc địa của điểm *i*; *a, b, c* - Các tham số cần xác định.

Để xác định các tham số *a, b, c* cần có ít nhất 3 điểm đã có dị thường trọng lực gọi là điểm nút (chính là các điểm mắt lưới). Nếu số điểm nút là *n* nhiều hơn 3 điểm, các tham số này sẽ được xác

định theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Khi đó, hệ phương trình số hiệu chỉnh có dạng:

$$v_i = a + b.B_i + c.L_i - \Delta g_i \tag{2}$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$V = A.X + L \tag{3}$$

Trong đó:

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} 1 & B_1 & L_1 \\ 1 & B_2 & L_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & B_n & L_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}; L = \begin{bmatrix} \Delta g_1 \\ \Delta g_2 \\ \dots \\ \Delta g_n \end{bmatrix} \tag{4}$$

Hệ phương trình chuẩn với điều kiện các điểm nút có độ chính xác như nhau sẽ là:

$$(A^T A).X + (A^T L) = 0 \tag{5}$$

Giải ra ta được:

$$X = -(A^T A)^{-1}(A^T L) \tag{6}$$

Từ các tham số *a, b, c* xác định được, thay vào công thức (1) ta sẽ xác định  $\Delta g$  của điểm cần tìm.

**3.3. Đánh giá độ chính xác**

Như vậy, 58.989 điểm đo trọng lực trực tiếp vừa có dị thường trọng lực đo trực tiếp ( $\Delta g^{ship}$ ), vừa có dị thường trọng lực tính từ mô hình toàn cầu ( $\Delta g^{alt}$ ). Độ lệch dị thường trọng lực được tính bằng công thức như sau:

$$\delta g_i = \Delta g_i^{alt} - \Delta g_i^{ship}, i=1, 2, \dots, n; n=58.989 \tag{7}$$

Độ lệch trung bình được tính:

$$\delta g_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta g_i \tag{8}$$

Nếu độ lệch trung bình xấp xỉ bằng 0, chứng tỏ độ lệch giữa dị thường trọng lực đo bằng tàu và xác định bằng đo cao vệ tinh không có tính hệ thống mà chỉ có tính ngẫu nhiên. Khi đó, sai số trung phương được tính theo công thức:

$$m_{\Delta g} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta g_i)^2}{n}} \tag{9}$$

Nếu độ lệch trung bình khác 0, chứng tỏ độ lệch giữa dị thường trọng lực đo bằng tàu và xác định bằng đo cao vệ tinh có tính hệ thống. Khi đó, độ lệch chuẩn được tính bằng công thức:

$$\sigma_{\Delta g} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta g_i - \delta g_{TB})^2}{n-1}} \tag{10}$$

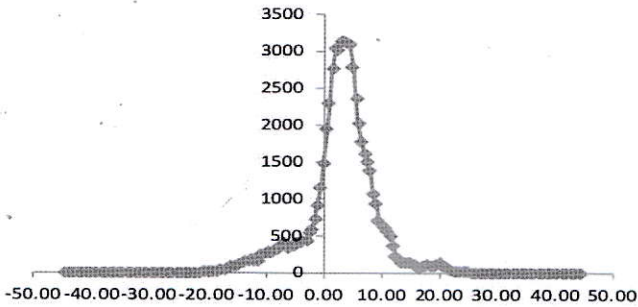
**4. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác của các mô hình DTU10GRAV, DTU13GRAV, và DTU15GRAV trên Biển Đông**

Kết quả đánh giá 3 mô hình DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV thể hiện tóm tắt trên Bảng 1.

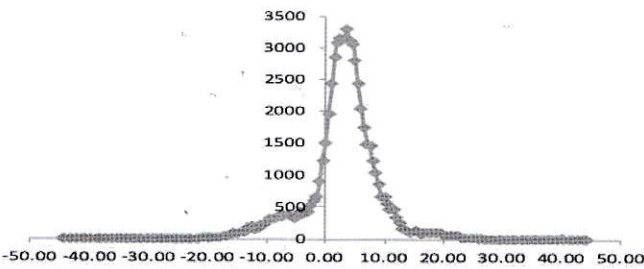


Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác dị thường trọng lực từ các mô hình

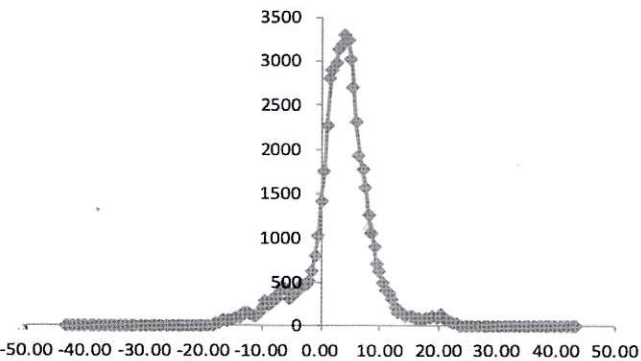
N <sub>o</sub>	Mô hình	Độ lệch lớn nhất, $\delta g_{max}$ (mGal)	Độ lệch nhỏ nhất, $\delta g_{min}$ (mGal)	Độ lệch trung bình, $\delta g_{TB}$ (mGal)	Độ lệch chuẩn, $\sigma_{\Delta g}$ (mGal)
1	DTU10GRAV	40,02	-44,17	2,98	±5,80
2	DTU13GRAV	40,16	-44,13	2,94	±5,73
3	DTU15GRAV	40,30	-43,99	3,18	±5,63



H.2. Biểu đồ tần suất xuất hiện của độ lệch giữa DTU10GRAV so với số liệu đo trực tiếp bằng tàu



H.3. Biểu đồ tần suất xuất hiện của độ lệch giữa DTU13GRAV so với số liệu đo trực tiếp bằng tàu



H.4. Biểu đồ tần suất xuất hiện của độ lệch giữa DTU15GRAV so với số liệu đo trực tiếp bằng tàu

Biểu đồ tần suất xuất hiện của độ lệch được thể hiện trên các hình H.2, H.3 và H.4. Kết quả so sánh cho thấy rằng: các độ lệch có giá trị lớn thì tần suất xuất hiện ít, các độ lệch có giá trị nhỏ thì tần suất xuất hiện nhiều. Đối với mô hình DTU10GRAV, số điểm có độ lệch lớn hơn 25 mGal chỉ có 8 điểm, số điểm có độ lệch nhỏ hơn -25 mGal chỉ có 4 điểm. Tương ứng đối với mô hình DTU13GRAV là 8 điểm và 6 điểm, đối với mô hình DTU15GRAV là 8

điểm và 4 điểm. Biểu đồ tần suất xuất hiện của độ lệch tuân theo luật phân bố chuẩn, nhưng đỉnh lệch khỏi trục đứng về phía phải, tương ứng với độ lệch trung bình.

### 5. Kết luận

➤ Độ chính xác của các mô hình trọng lực toàn cầu xác định từ số liệu đo cao vệ tinh được đánh giá bằng cách so sánh với số liệu đo trực tiếp trên hải phận Việt Nam. Nếu không có độ lệch hệ thống, độ chính xác được đánh giá bằng sai số trung phương. Nếu có độ lệch hệ thống, độ chính xác được đánh giá bằng độ lệch chuẩn.

➤ Trên Biển Đông, độ chính xác của các mô hình trọng lực Trái đất: DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV so với số liệu đo trọng lực trực tiếp bằng máy trọng lực biển ZLS Dynamic Meter D06 (đánh giá theo độ lệch chuẩn) lần lượt là ±5,80 mGal, ±5,73 mGal, ±5,63 mGal. Độ chính xác của 3 mô hình không khác nhau nhiều. Trong đó mô hình DTU15GRAV có độ chính xác cao nhất.

➤ Các mô hình trên đều có sai lệch hệ thống so với số liệu đo trọng lực trực tiếp, thể hiện ở độ lệch trung bình lần lượt là +2,98 mGal, +2,94 mGal, +3,18 mGal. Do đó, trước khi sử dụng số liệu của các mô hình này để phục vụ mục đích nghiên cứu, cần phải hiệu chỉnh sai lệch hệ thống. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Công Qué, Trần Tuấn Dũng và Lê Trâm, 2008. Thành lập bản đồ dị thường trọng lực thống nhất trên vùng biển Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển. 2(8). Tr. 29-41.
2. Nguyễn Như Trung, 2003. Các trường dị thường trọng lực vệ tinh khu vực Biển Đông và kế cận. Tuyển tập các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển - Tập VII. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
3. 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).
4. Phạm Văn Tuyên, Nguyễn Văn Sáng, 2018. Kết quả xác định dị thường trọng lực bằng số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 trên vùng biển Vịnh Bắc



Bộ-Việt Nam. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mô-Địa Chất (tập 59, kỳ 2, tr 60-68), Trường Đại học Mô-Địa Chất, Hà Nội. ISSN: 1859-1469.

5. Andersen Ole Baltazar, 2010. Marine Gravity and Geoid from Satellite Altimetry. Geodetic Department, DTU-Space, Juliane Maries Vej 30, DK-2100, Denmark.

6. Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2014. Global and arctic marine gravity field from recent satellite altimetry (DTU13). 76th EAGE Conference and Exhibition <http://dx.doi.org/10.3997/2214-4609.20140897>.

7. Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, Philippa A. M. Berry, 2010. The DNSC08GRA 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.

8. Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2016. Deriving the DTU15 Global high resolution marine gravity field from satellite altimetry. ESA Living Planet Symposium 2016. Prague, Czech Republic.

9. Nguyen Van Sang, Vu Van Tri, Pham Van Tuyen, 2019. Determination of Marine Gravity Anomalies in the Truong Sa Archipelago's Sea Territory Using Satellite Altimeter Data. FIG Working Week 2019. Geospatial information for a smarter life and environmental resilience, Hanoi, Vietnam, April 22-26, 2019.

**Ngày nhận bài:** 21/04/2019

**Ngày gửi phản biện:** 18/06/2019

**Ngày nhận phản biện:** 25/08/2019

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/01/2020

## ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ...

(Tiếp theo trang 71)

5. Maciaszek, J, Gawalkiewicz, R. (2007). Badanie dokładności tachimetrów i skanerów laserowych w warunkach laboratoryjnych i polowych. Zeszyty Naukowe. Górnictwo/ Politechnika Śląska(278), 241-258.

6. Simon Ratcliffe, Andrew Myers. (2006). Laser Scanning in the Open Pit Mining Environment A Comparison with Photogrammetry. I-SiTE White Paper, 1-10.

7. <http://www.nhietdien.campha.com.vn/>

8. [http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/12/E1188\\_FOCUS3DX130\\_MANUAL\\_EN.pdf](http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/12/E1188_FOCUS3DX130_MANUAL_EN.pdf)

**Ngày nhận bài:** 24/03/2019

**Ngày gửi phản biện:** 27/07/2019

**Ngày nhận phản biện:** 25/11/2019

**Từ khóa:** *dị thường trọng lực, mô hình dị thường trong trường toàn cầu, đo cao vệ tinh, Biển Đông*

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam*

### SUMMARY

Currently, there are several global gravity anomalies models determined from satellite altimetry data. In order to effectively use these models for geodesy, geophysical, mineral exploration, etc... in the East Sea, it is necessary to assess their accuracy. The assessment is based on the comparisons between the satellite-derived gravity anomalies with independent in-situ marine gravity data. After checking the system deviation, the accuracy is assessed by the root mean square deviation or the standard deviation. The results of assessment show that the models DTU10GRAV, DTU13GRAV, and DTU15GRAV have systematic deviations of +2.98 mGal, +2.94 mGal, +3.18 mGal, and the accuracy assessed by standard deviation respectively are  $\pm 5.80$  mGal,  $\pm 5.73$  mGal,  $\pm 5.63$  mGal. When using these models in the East Sea, the systematic deviations need to be corrected.

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/01/2020

**Từ khóa:** Công nghệ quét laser mặt đất; mô hình 3D; nhiệt điện Cẩm Phả, Faro Focus X130

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam*

### SUMMARY

The paper presents the possibility of applying Faro Focus X130 to build 3D models of the current status quo of technology equipment in the Cẩm Phả Thermal Power Plant and the process of cloud data processing to establish the 3D solid models.