

# VỀ VIỆC HIỆU CHỈNH CÁC HIỆU ĐỊA THỂ TỪ HỆ TRIỀU TRUNG BÌNH VỀ HỆ TRIỀU 0 TRONG BÀI TOÁN BÌNH SAI MẠNG LƯỚI ĐỘ CAO QUỐC GIA THEO CÁC HIỆU ĐỊA THỂ

PGS. TSKH. HÀ MINH HOÀ  
ThS. NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG  
Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

## Tóm tắt:

Bài báo khoa học này chỉ ra sự tồn tại của các sai số hệ thống trong các giá trị độ cao chuẩn trong hệ triều trung bình do tác động của sóng vùng nảy sinh dưới sức hút của Mặt trăng, Mặt trời và cần thiết phải chuyển các độ cao chuẩn từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 để giải quyết các bài toán hiện đại của trắc địa cao cấp. Ngoài ra, do sự bảo toàn giá trị của thế trọng trường trong hệ triều trung bình và hệ triều 0, nên không cần thiết chuyển các hiệu địa thể từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 trong trường hợp bình sai mạng lưới độ cao quốc gia theo các hiệu địa thể.

## 1. Đặt vấn đề

Phương pháp xử lý toán học mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia theo các hiệu địa thể thay cho các chênh cao đo là bước phát triển mới của Lý thuyết hiệu chỉnh toán học các mạng lưới trắc địa. Tiền đề để áp dụng phương pháp này là xác định được thế trọng trường  $W_0$  của mặt geoid sát nhất với mặt biển trung bình nhiều năm tại trạm nghiệm triều 0 (trạm nghiệm triều mà mặt biển trung bình nhiều năm được sử dụng để xây dựng hệ độ cao Gauss - Listing truyền thống). Phương pháp chuyển các chênh cao đo thành các hiệu địa thể trong trọng trường chuẩn của ellipsoid quy chiếu quốc gia đã được trình bày trong các tài liệu (Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2013); Hà Minh Hòa (2014a)). Như đã trình bày trong các tài liệu (Hà Minh Hòa (2014a); Hà Minh Hòa (2014b)), các trị bình sai của các mốc độ cao sau khi xử lý toán học mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia theo các hiệu địa thể là các thế trọng trường của các mốc độ cao, còn trị bình sai của độ cao chuẩn của các mốc độ cao được tính toán từ các trị bình sai của các thế trọng trường tương ứng. Các lợi ích của việc xử lý toán học mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia theo các hiệu địa thể thay cho các chênh cao không chỉ giúp giải quyết bài toán kết nối các hệ độ cao khác nhau, mà còn nằm ở chỗ xác định được các thế nhiều của các mốc độ cao hạng I, II quốc gia trong trường hợp đo GPS trên các mốc độ cao này và xử lý các dữ liệu GPS trong ITRF. Về phần mình, các giá trị thế nhiều của các mốc độ cao hạng I, II quốc gia là nguồn dữ liệu bổ sung, độc lập với các dữ liệu trọng lực, để giải quyết bài toán hiệu chỉnh các hệ số khai triển điều hòa cầu của mô hình trọng trường Trái đất cho phù hợp với trọng trường trên lãnh thổ quốc gia (xem Hà Minh Hòa (2014b)). Các nước Châu Âu đã hoàn thành việc bình sai mạng lưới Châu Âu theo các hiệu địa thể vào năm 2007 (Sacher M., Ihde J., Liebsch G., Mkinen J. (2008)).

---

Người phản biện: TS. Nguyễn Đình Thành

Các vấn đề khoa học sẽ được xem xét trong bài báo khoa học này bao gồm làm rõ ý nghĩa của việc chuyển độ cao chuẩn từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 và luận chứng cho sự không cần thiết chuyển các hiệu địa thế từ hệ triều trung bình về hệ triều 0.

## 2. Giải quyết vấn đề

Như đã trình bày trong tài liệu (*Hà Minh Hòa (2014b)*), sự xuất hiện của sóng vùng dưới sức hút của Mặt trăng và Mặt trời đã làm bề mặt Trái đất từ xích đạo đến vĩ tuyến  $35^{\circ}16'$  bị nâng lên. Việc nâng bề mặt Trái đất không bị biến dạng triều đến bề mặt Trái đất bị biến dạng triều (xem hình 1) được giải thích bởi sự phân bố lại vật chất trong lớp vỏ Trái đất dưới tác động của sóng vùng. Điều này làm thế trọng trường  $(W_0)_m$  của mặt geoid trong hệ triều trung bình giảm đi một đại lượng bằng thế triều (*Mkinen J. (2008)*):

$$W_V = 97220 - 288410.\sin^2 B - 1950.\sin^4 B \quad <m.mGal> \quad (1)$$

ở đây B - vĩ độ trắc địa của điểm M bất kỳ trên mặt vật lý của Quả đất bị biến dạng triều.

Với đủ độ chính xác cần thiết, thế triều được đánh giá theo công thức (*Hà Minh Hòa (2014b)*):

$$W_V = 96972,250 - 290916,749.\sin^2 B \quad <m.mGal> \quad (2)$$

Như vậy, so với mặt geoid với thế trọng trường  $(W_0)_Z$  trong hệ triều 0 và không bị ảnh hưởng của sóng vùng, mặt geoid trong hệ triều trung bình bị nâng lên một khoảng bằng (xem *Hà Minh Hòa (2014b)*)

$$\Delta\rho_0 = \frac{W_V}{\bar{\gamma}_M}, \quad (3)$$

ở đây  $\bar{\gamma}_M$  - giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn và được tính theo công thức:

$$\bar{\gamma}_M = \gamma_0 - \frac{0,3086.H_M^\gamma}{2} + \frac{0,072.10^{-6}(H_M^\gamma)^2}{2} \quad <mGal>, \quad (4)$$

thêm vào đó  $\gamma_0$  - giá trị gia tốc lực trọng trường chuẩn trên mặt ellipsoid.

Đối với ellipsoid WGS84, thế trọng trường chuẩn  $\gamma_0$  được xác định theo công thức:

$$\gamma_0 = 978032,53359 \left( 1 + 0,00530248.\sin^2 B - 0,0000058497.\sin^2 2B \right), \quad (5)$$

ở đây B là vĩ độ trắc địa của điểm M.

Đồng thời, thế trọng trường  $(W_0)_Z$  của mặt geoid trong hệ triều 0 quan hệ với thế trọng trường  $(W_0)_m$  của mặt geoid trong hệ triều trung bình ở dạng sau:

$$(W_0)_Z = (W_0)_m + W_V \quad (6)$$

Khi nhận các giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn  $\bar{\gamma}$  trên lãnh thổ Việt Nam bằng 978300 mGal, từ công thức (3) lưu ý (2) suy ra:

$$\Delta\rho_0 = 0,099 - 0,296.\sin^2 B \quad m. \quad (7)$$

Chúng ta lưu ý rằng mặt quasigeoid là mặt khởi tính cho hệ độ cao chuẩn luôn trùng với mặt geoid trên biển và tách dần khỏi mặt geoid khi đi càng sâu vào đất liền. Tuy nhiên, tại điểm bất kỳ trên mặt vật lý Trái đất, khoảng cách giữa mặt geoid hệ triều trung bình so với mặt geoid hệ triều 0 luôn bằng khoảng cách giữa mặt quasigeoid hệ triều trung bình so với mặt quasigeoid hệ triều 0 và bằng  $\Delta\rho_0$ . Trên lãnh thổ Việt Nam, giá trị cực đại của  $\Delta\rho_0$  chỉ ở mức 9 cm ở cực Nam của đất nước. Khi đó, từ hình 1 lưu ý (7) chúng ta có quan hệ giữa độ cao chuẩn trong hệ triều 0 và độ cao chuẩn trong hệ triều trung bình ở dạng:

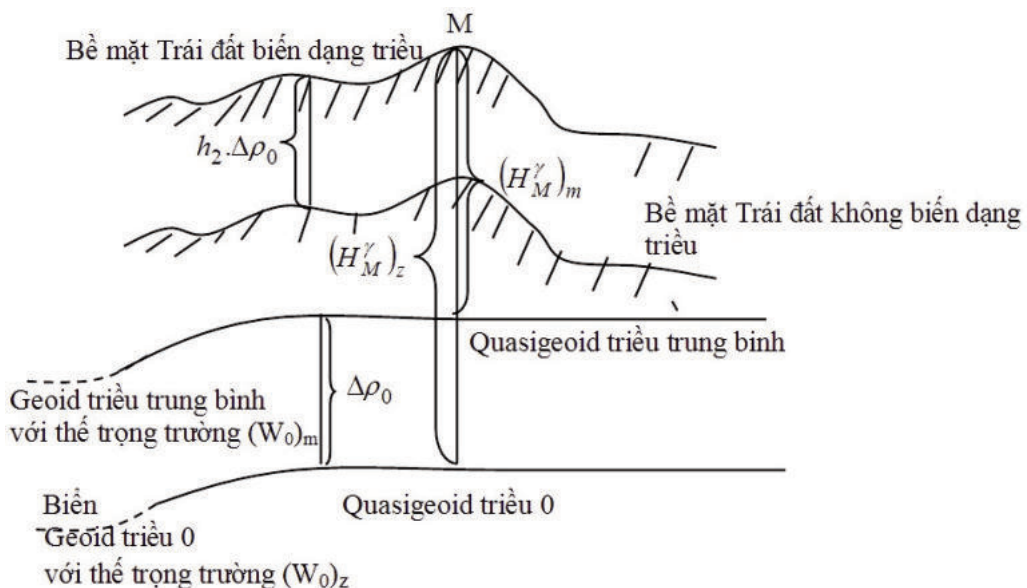
$$(H_M^\gamma)_z = (H_M^\gamma)_m + 0,099 - 0,296 \cdot \sin^2 B. < m > \quad (8)$$

Từ công thức (8) chúng ta thấy rằng yêu cầu phải chuyển độ cao chuẩn từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 xuất phát từ thực tế là sóng vùng gây biến dạng hệ thống trong độ cao chuẩn thuộc hệ triều trung bình theo vĩ độ. Do đó, khi giải quyết các bài toán hiện đại của trắc địa cao cấp có liên quan đến các giá trị độ cao chuẩn, ví dụ như bài toán làm khớp dị thường độ cao GPS/thủy chuẩn với dị thường độ cao trọng lực hoặc bài toán ghép nối mạng lưới GPS độ chính xác cao để xây dựng hệ tọa độ không gian quốc gia theo phương pháp bình phương nhỏ nhất thỏa mãn định lý Gauss - Markov, chúng ta bắt buộc phải loại bỏ các sai số hệ thống do ảnh hưởng của sóng vùng trong các giá trị độ cao chuẩn thuộc hệ triều trung bình.

Trong tài liệu (Hà Minh Hòa (2014b)) đã chỉ ra sự thay đổi của giá trị  $\Delta\rho_0$  trên lãnh thổ Việt Nam và được trình bày ở bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

Các vĩ độ	8°	16°	24°
$\Delta\rho_0$	+ 0,093 m	+ 0,076 m	+ 0,050 m



Hình 1: Sự thay đổi của độ cao chuẩn giữa các hệ triều trung bình và hệ triều 0

Vấn đề tiếp theo là sự không cần thiết phải chuyển hiệu địa thế từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 trong bài toán bình sai mạng lưới độ cao hạng I, II theo các hiệu địa thế. Như đã trình bày trong các tài liệu (*Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2013); Hà Minh Hòa (2014a)*) chúng ta có hai trường hợp chuyển chênh cao đo giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$  thành hiệu địa thế  $dC_{ij} = W_i - W_j$  giữa hai mốc độ cao này, ở đây  $W_i$  và  $W_j$  là các thế trọng trường của các mốc độ cao  $i$  và  $j$ .

**Trường hợp 1:** Chênh cao đo  $h_{ij}^\gamma$  giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$  đã được chuyển về trường trọng lực chuẩn của ellipsoid quy chiếu

Khi đó

$$dC_{ij} = \bar{\gamma}_{ij} \cdot h_{ij}^\gamma + \bar{H}_{ij}^\gamma \cdot (\bar{\gamma}_j - \bar{\gamma}_i), \quad (9)$$

ở đây  $\bar{\gamma}_{ij} = \frac{\bar{\gamma}_j + \bar{\gamma}_i}{2}$  - giá trị trung bình của các giá trị  $\bar{\gamma}_i$  và  $\bar{\gamma}_j$  giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$ ;

$\bar{H}_{ij}^\gamma = \frac{H_j^\gamma + H_i^\gamma}{2}$  - độ cao chuẩn trung bình giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$ .

**Trường hợp 2:** Chênh cao đo  $h_{ij}$  giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$  chưa được chuyển về trường trọng lực chuẩn của ellipsoid quy chiếu

Trong trường hợp này

$$dC_{ij} = \left[ \bar{\gamma}_{ij} - 0.1543 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{H}_{ij}^\gamma + (g - \gamma)_{ij} \right] \cdot h_{ij}, \quad (10)$$

ở đây  $(g - \gamma)_{ij}$  - giá trị trung bình của dị thường trọng lực trong không khí tự do giữa hai mốc độ cao  $i$  và  $j$ .

Trong thực tế tính toán, giá trị hiệu địa thế  $dC_{ij}$  được biểu diễn trong đơn vị kGal.m. Khi đó các công thức (4), (5) được biểu diễn dưới các dạng sau:

$$\bar{\gamma} = \gamma_0 - 0.1543 \cdot 10^{-6} \cdot H^\gamma + 0.036 \cdot 10^{-12} (H^\gamma)^2 < kGal >,$$

$$\gamma_0 = 0.97803253359 \cdot \left( 1 + 0.0053023132 \cdot \sin^2 B - 0.00000581794875 \cdot \sin^2 2B \right) < kGal >.$$

Trong tài liệu (*Hà Minh Hòa (2014a)*) dựa trên tài liệu (*Mkinen J. (2008)*) đã đề xuất công thức chuyển hiệu địa thế  $dC_{ij}$  từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 dưới dạng sau:

$$\delta dC_{ij} = 0.28841 \cdot (\sin^2 B_j - \sin^2 B_i) + 0.00195 \cdot (\sin^4 B_j - \sin^4 B_i) < kGal.m >, \quad (11)$$

còn  $B_i$  và  $B_j$  là các vĩ độ trắc địa của các mốc độ cao  $i$  và  $j$ .

Vấn đề cần giải quyết là công thức (11) có ý nghĩa trong thực tế hay không. Chúng ta sẽ giải quyết vấn đề này. Như đã chỉ ra trong tài liệu (*Hà Minh Hòa (2014b)*), đối với điểm  $M$  nằm trên mặt Trái đất bị biến dạng triều, thế trọng trường  $(W_M)_m$  trong hệ triều trung bình bằng thế trọng trường  $(W_M)_z$  trong hệ triều 0. Chúng ta chứng minh điều này. Từ các quan hệ đã biết:

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_M \cdot (H_M^\gamma)_m &= (W_0)_m - (W_M)_m, \\ \bar{\gamma}_M \cdot (H_M^\gamma)_z &= (W_0)_z - (W_M)_z. \end{aligned} \quad (12)$$

Từ đây chúng ta có:

$$\bar{y}_M \cdot [(H_M^y)_z - (H_M^y)_m] = [(W_0)_z - (W_0)_m] - [(W_M)_z - (W_M)_m]$$

và lưu ý (3), (6),(8) suy ra đẳng thức:  $(W_M)_z = (W_M)_m$  (13)

Đẳng thức (13) cho thấy rằng sự nâng lên của bề mặt Trái đất do sự phân bố lại vật chất trong lòng Trái đất dưới tác động của sóng vùng đảm bảo sự bảo toàn của thế trọng trường của các điểm nằm trên bề mặt Trái đất bị biến dạng triều, tức thế trọng trường của các điểm này không thay đổi trong hệ triều trung bình và hệ triều 0.

Với ý nghĩa này, số hiệu chỉnh  $\delta C_{ij}$  luôn nhỏ bỏ qua. Kết luận này đã được kiểm tra trong kết quả bình sai mạng lưới độ cao hạng I, II khu vực miền Bắc Việt Nam theo các hiệu địa thế. Chúng ta đưa ra một số dẫn chứng ở bảng 2 dưới đây.

**Bảng 2**

STT	Các tên mốc đầu (i) và cuối (j)	Các vĩ độ trắc địa của mốc đầu và mốc cuối			Số cải chỉnh $\delta C_{ij}$ (kGal.m)
		0	'	''	
1	II (NB-HN)36 -	21	41	36	-0.0005
	II (NB-HN)41	21	33	30	
2	II (NB-HN)5 -	22	36	48	-0.0004
	II (NB-HN)9	22	30	24	
3	II (YB-CN)12 -	21	20	06	-0.0006
	II (YB-CN)15	21	16	48	

Như vậy, trong trường hợp bình sai mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia theo các hiệu địa thế, chúng ta không cần thiết phải hiệu chỉnh các hiệu địa thế từ hệ triều trung bình về hệ triều 0.

### 3. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu trong bài báo khoa học này cho thấy rằng việc chuyển các độ cao chuẩn từ hệ triều trung bình về hệ triều 0 là bắt buộc nhằm loại bỏ các sai số hệ thống trong các giá trị độ cao chuẩn trong hệ triều trung bình được gây ra do ảnh hưởng của sóng vùng dưới sức hút của Mặt trăng và Mặt trời. Tuy nhiên, khi bình sai mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia theo các hiệu địa thế, chúng ta không cần thiết phải hiệu chỉnh các hiệu địa thế từ hệ triều trung bình về hệ triều 0. Từ các trị bình sai của các thế trọng trường của các mốc độ cao quốc gia, để nhận được các giá trị bình sai của các độ cao chuẩn trong hệ triều 0 chúng ta phải sử dụng phương trình thức hai trong biểu thức (12) với thế trọng trường  $(W_0)_z$  của mặt geoid trong hệ triều 0.○

### Tài liệu tham khảo

[1]. Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2013). Giải quyết một số vấn đề khoa học - kỹ thuật liên quan đến việc xử lý toán học mạng lưới độ cao nhà nước trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid Hòn Dấu. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, No16, 06/2013, trg. 1 - 10.

*(Xem tiếp trang 16)*