

HIỆU CHỈNH CÁC HỆ SỐ ĐIỀU HÒA CẦU CỦA MÔ HÌNH TRỌNG TRƯỜNG QUẢ ĐẤT NHỜ CÁC KẾT QUẢ BÌNH SAI MẠNG LƯỚI ĐỘ CAO HẠNG I, II QUỐC GIA TRONG HỆ ĐỘ CAO DỰA TRÊN MẶT GEOID CỤC BỘ

PGS. TSKH. HÀ MINH HÒA

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Trong trường hợp xử lý các dữ liệu đo GNSS trên các mốc độ cao hạng I, II quốc gia trong ITRF và bình sai mạng lưới độ cao quốc gia trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid cục bộ, chúng ta sẽ nhận được các giá trị thế nhiều trên các mốc độ cao quốc gia này. Bài báo khoa học này xem xét khả năng sử dụng các giá trị thế nhiều trên các mốc độ cao quốc gia để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa của mô hình trọng trường Quả đất để từ mô hình trọng trường được hiệu chỉnh có thể nhận được dị thường độ cao với độ chính xác tương đương với độ chính xác của dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn.

1. Đặt vấn đề

Từ thế kỷ XX trở về trước, mỗi quốc gia trên thế giới đã xây dựng hệ độ cao dựa trên mặt biển trung bình được xác định từ các số liệu đo mực nước biển nhiều năm tại một trạm nghiệm triều. Trạm nghiệm triều này được gọi là mặt nghiệm triều 0 và hệ độ cao dựa trên mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều 0 được gọi là hệ độ cao dựa trên Geoid Gauss - Listing. Các kết quả nghiên cứu ở trên thế giới và ở Việt Nam (xem các tài liệu Hà Minh Hòa (2012a), Hà Minh Hòa và nnk (2012b)) đã chỉ ra rằng các mặt biển trung bình nhiều năm tại các trạm nghiệm triều ở các khu vực khác nhau trong một quốc gia hoặc các khu vực khác nhau trên thế giới không trùng nhau, tức các mặt biển trung bình nhiều năm không phải là mặt đẳng thế. Các nhược điểm của hệ độ cao dựa trên Geoid Gauss - Listing trong việc giải quyết các nhiệm vụ hiện đại của Trắc địa vật lý đã được trình bày trong các tài liệu (Hà Minh Hòa (2012a); Hà Minh Hòa và nnk (2012b)).

Việc hình thành và phát triển phương pháp đo cao từ vệ tinh (altimetry) bắt đầu từ năm 1969 cùng với nhiều dự án vệ tinh như TOPEX/POSEIDON, Jason1, Jason2, ERS-1, ERS-2, SEASAT, GEOOSAT .v.v... đã dẫn đến việc xây dựng nhiều mô hình Địa hình trung bình động lực MDT (Mean Dynamic Topography), mô hình Mặt biển trung bình MSS (Mean Sea Surface). Đặc biệt vào năm 1976 nhà trắc địa người Czech Bursa Milan đã đề xuất phương pháp xác định thế trọng trường \bar{W}_0 của mặt Geoid toàn cầu trên các biển và các đại dương thế giới dựa trên các dữ liệu altimetry. Các kết quả xử lý các dữ liệu altimetry dựa trên các dự án vệ tinh altimetry đã dẫn đến việc xác định được thế trọng trường \bar{W}_0 của mặt Geoid toàn cầu, theo đó $\bar{W}_0 = 62636856.0 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Giá trị này đã được Tổ chức Dịch vụ quay Quả đất IERS (International Earth Rotation Service) thừa nhận trong các Quyết định 2003 và 2010 (Dennis D. McCarthy, Gerard Petit. (2004); Petit G., Luzum B. (2010)) và đã được sử dụng để xây dựng các mô hình trọng trường Quả đất EGM (Earth Gravitational

Model), ví dụ EGM2008. Điều này đã dẫn đến việc hình thành xu hướng hiện đại “Xây dựng hệ quy chiếu độ cao dựa trên mặt Geoid”, thêm vào đó mặt Geoid này sát nhất với mặt biển trung bình được nhận làm khởi tính cho hệ độ cao. Nhiệm vụ khoa học chính cần thực hiện để xây dựng hệ quy chiếu độ cao dựa trên mặt Geoid là xác định thể trọng trường của mặt Geoid này. Tiên đề cho việc giải quyết nhiệm vụ này chính là Geoid toàn cầu với thể trọng trường $\overline{W}_0 = 62636856.0 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ đã được sử dụng trong các mô hình EGM và MDT. Các hệ độ cao dựa trên mặt Geoid của các nước châu Âu EVRF2007 (Sacher M., Ihde J., Liebsch G., Mkinen J. (2008)) đã hoàn thành năm 2007, của các nước Nam Mỹ SIR-GAS2000 (Sánchez, L. (2005); Fortes P., Lauría E., Brunini C., Amaya W., Sánchez L., Drewes H., Seemuller W. (2006)) hoàn thành năm 2000. Phân ban Đo đạc trắc địa (The Geodetic Survey Division - GSD) trực thuộc Bộ Tài nguyên của Canada (Natural Resources Canada - NRCan) đang triển khai Dự án hiện đại hóa hệ độ cao Canada GVRF (Geoid - based Vertical Reference Frame for North America) được bắt đầu từ năm 2002 và công bố vào tháng 11/2013 (Veronneau M. Huang J. (2007); Sideris Michael G., Spiros Pagiatakis. (2010)). Nước Mỹ đang trù tính phối hợp với Canada xây dựng hệ độ cao dựa trên mặt Geoid và kết thúc vào năm 2022 (Daniel Roman and Neil Weston (2012)).

Ở Việt Nam, phương pháp xác định thể trọng trường W_0 của mặt Geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu đã được đề xuất trong tài liệu (Hà Minh Hòa (2007); Hà Minh Hòa (2012a)) với việc đề xuất phương trình tương quan giữa độ cao chuẩn cục bộ H_M^γ và độ cao chuẩn toàn cầu \overline{H}_M^γ của điểm M ở dạng sau:

$$\overline{H}_M^\gamma = H_M^\gamma + \frac{\overline{W}_0 - W_0}{\overline{\gamma}_M},$$

và phương trình tương quan giữa dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn ζ_M^* và dị thường độ cao toàn cầu $\overline{\zeta}_M$ (được xác định từ mô hình trong trường Quả đất EGM) của điểm M ở dạng sau:

$$\zeta_M^* = \overline{\zeta}_M + \frac{\overline{W}_0 - W_0}{\overline{\gamma}_M}, \quad (1)$$

ở đây đại lượng $\frac{\overline{W}_0 - W_0}{\overline{\gamma}_M}$ trong các công thức trên chính là độ cao của mặt Geoid cục bộ so với mặt Geoid toàn cầu tương ứng với vị trí của điểm

Từ các công thức trên, dựa trên các dữ liệu đo GNSS trên các điểm độ cao hạng I quốc gia và xử lý trong ITRF2008 và mô hình EGM2008 đã xác định được thể trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt Geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình Hòn Dấu với sai số trung phương $\pm 0.183 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Các kết quả nghiên cứu đã được công bố trong các tài liệu (Hà Minh Hòa và nnk (2012b); Hà Minh Hòa (2012c); Hà Minh Hòa (2013a)). Ngoài ra, trong các công trình trên cho thấy rằng trên toàn lãnh thổ Việt Nam, đại lượng

$\frac{\bar{W}_0 - W_0}{\bar{\gamma}_M} = 0,890$ m. Khi bình sai mạng lưới độ cao quốc gia trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid, thay cho các trị đo là các chênh cao, người ta sử dụng các hiệu các thể trọng trường giữa các mốc độ cao. Việc chuyển chênh cao đo giữa hai mốc độ cao thành hiệu các trọng trường giữa hai mốc độ cao đó, chuyển hiệu các trọng trường giữa hai mốc độ cao từ trọng trường của Quả đất về trọng trường chuẩn của ellipsoid quy chiếu và chuyển tiếp theo về hệ triều 0 đã được nghiên cứu trong tài liệu (Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2013b)). Vai trò của việc nâng cao độ chính xác của mô hình Quasigeoid quốc gia nhờ hệ độ cao dựa trên mặt Geoid đã được phân tích trong tài liệu (Hà Minh Hòa (2012d)).

Khi bình sai mạng lưới độ cao quốc gia trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid với các trị đo là các hiệu thể trọng trường giữa các mốc độ cao, chúng ta sẽ nhận được các trị bình sai của các thể trọng trường của các mốc độ cao quốc gia. Việc sử dụng nguồn dữ liệu quan trọng này độc lập với các dữ liệu trọng lực để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất cho phù hợp với trọng trường Quả đất trên lãnh thổ quốc gia được đề xuất trong tài liệu (Hà Minh Hòa (2013c)).

Trong bài báo khoa học này, tác giả sẽ luận chứng cho hai vấn đề khoa học:

- Việc sử dụng các trị bình sai của các thể trọng trường của các mốc độ cao quốc gia để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất cho phù hợp với trọng trường Quả đất trên lãnh thổ quốc gia cho phép nhận được mô hình trọng trường Quả đất được hiệu chỉnh mà dựa vào mô hình này, chúng ta sẽ nhận được dị thường độ cao tương đương với dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn;

- Cách tiếp cận phương pháp để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất cho phù hợp với trọng trường Quả đất trên lãnh thổ quốc gia dựa trên các thể nhiễu trên các mốc độ cao quốc gia.

2. Giải quyết vấn đề

Chúng ta giả thiết rằng trên mốc độ cao quốc gia (hạng I hoặc hạng II) M sau khi bình sai mạng lưới độ cao quốc gia trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid cục bộ Hòn Dấu, chúng ta nhận được trị bình sai của thể trọng trường W_M . Mặt khác, trên điểm M chúng ta đã tiến hành đo đạc GNSS, xử lý toán học các dữ liệu đo GNSS trong ITRF tương ứng với ellipsoid quy chiếu quốc tế và nhận được độ cao trắc địa \bar{H}_M của điểm này tương ứng với ellipsoid quy chiếu quốc tế. Đương nhiên trong trường hợp này, chúng ta sẽ nhận được dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn ζ_M^* dưới dạng sau:

$$\zeta_M^* = \bar{H}_M - H_M^\chi, \quad (2)$$

ở đây H_M^γ - độ cao chuẩn của điểm M , thêm vào đó

$$H_M^\gamma = \frac{W_0 - W_M}{\bar{\gamma}_M}, \quad (3)$$

$\bar{\gamma}_M$ - giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn được xác định theo đường vuông góc với mặt ellipsoid từ điểm M và được xác định theo công thức (Mäkinen J.(2008)):

$$\bar{\gamma}_M = \gamma_0 - \frac{0,3086 \cdot H_M^\gamma}{2} + \frac{0,072 \cdot 10^{-6} (H_M^\gamma)^2}{2} < mGal >, \quad (4)$$

còn γ_0 - giá trị gia tốc lực trọng trường chuẩn trên mặt ellipsoid quy chiếu quốc tế.

Trong trường hợp nêu trên, chúng ta sẽ xác định được thế nhiễu T_M của điểm M theo công thức sau:

$$T_M = W_M - U_M, \quad (5)$$

ở đây thế trọng trường chuẩn U_M của điểm M được xác định theo công thức:

$$U_M = U_0 - \bar{\gamma}_M \cdot \bar{H}_M, \quad (6)$$

ở đây U_0 - thế trọng trường chuẩn trên mặt của ellipsoid quy chiếu quốc tế.

Bây giờ, chúng ta sẽ chứng minh rằng nếu như sử dụng thế nhiễu T_M để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa của mô hình trọng trường Quả đất EGM và nhận được mô hình EGM được hiệu chỉnh sao cho từ mô hình mô hình EGM được hiệu chỉnh này chúng ta xác định thế nhiễu có giá trị được coi bằng thế nhiễu T_M trong giới hạn sai số cho phép, thì từ thế nhiễu T_M nhận được, chúng ta sẽ xác định được dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn ζ_M^* (2). Thật vậy, Từ (5) lưu ý (3), (6) chúng ta có:

$$\begin{aligned} T_M = W_M - U_M &= (W_0 - \bar{\gamma}_M \cdot H_M^\gamma) - (U_0 - \bar{\gamma}_M \cdot \bar{H}_M) = \\ &= W_0 - U_0 + \bar{\gamma}_M \cdot (\bar{H}_M - H_M^\gamma) \end{aligned}$$

Khi lưu ý (2), từ quan hệ trên chúng ta nhận được công thức đã biết:

$$\zeta_M^* = \bar{H}_M - H_M^\gamma = \frac{T_M}{\bar{\gamma}_M} + \frac{U_0 - W_0}{\bar{\gamma}_M}. \quad (7)$$

Công thức (7) hoàn toàn xác định khi đã biết thế trọng trường W_0 của mặt Geoid cục bộ Hòn Dấu. Đối với ellipsoid quy chiếu quốc tế WGS84, thế trọng trường chuẩn $U_0 = 62636851,518 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, còn đối với ellipsoid quy chiếu quốc tế GRS80: $U_0 = 62636860,850 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ (xem trong Hà Minh Hòa và nnk (2012b)).

Như vậy, nếu như trên tất cả các mốc độ cao hạng I, II quốc gia tiến hành đo GNSS và xử lý các dữ liệu GNSS trong ITRF tương ứng với ellipsoid quốc tế ITRF và các thế nhiễu được xác định từ các giá trị bình sai của các thế trọng trường của các mốc độ cao này và được sử dụng để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa của mô hình trọng trường Quả đất EGM và nhận được mô hình EGM được hiệu chỉnh sao cho từ mô hình EGM được hiệu chỉnh này chúng ta xác định thế nhiễu có giá trị sai lệch với các thế nhiễu đã có của các mốc độ cao hạng I, II quốc gia trong giới hạn sai số cho phép, thì từ mô hình EGM được hiệu chỉnh

chúng ta có thể xác định được dị thường độ cao của điểm bất kỳ trên lãnh thổ quốc gia khi biết các tọa độ trắc địa B, L của điểm, thêm vào đó dị thường độ cao nhận được có độ chính xác tương đương với dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn. Trong trường hợp tốt nhất, các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất EGM đầu tiên được hiệu chỉnh nhờ các dữ liệu trọng lực đã có trên lãnh thổ quốc gia, tiếp theo được hiệu chỉnh nhờ các giá trị thể nhiều của các điểm hạng I, II quốc gia.

Chúng ta sẽ xem xét tiếp theo việc xác định độ lệch cho phép giữa dị thường độ cao GNSS/thủy chuẩn ζ_M^* và dị thường độ cao ζ_M^{EGM} được xác định từ mô hình trọng trường Quả đất được hiệu chỉnh. Từ quan hệ $\zeta_M^* = \zeta_M^{EGM} + \Delta$, ở đây Δ - độ lệch của dị thường độ cao ζ_M^{EGM} so với ζ_M^* , chúng ta chuyển sang sai số trung phương:

$$m_{\zeta^*}^2 = m_{\zeta^{EGM}}^2 + m_{\Delta}^2.$$

Để sai số trung phương m_{Δ} nhỏ bỏ qua, tức $m_{\zeta^*} = m_{\zeta^{EGM}}$, cần điều kiện:

$$m_{\Delta} \leq \frac{1}{3} \cdot m_{\zeta^{EGM}}.$$

Từ điều kiện trên, chúng ta sẽ xác định được giá trị giới hạn của sai số trung phương m_{Δ} . Khi đó hạn sai của độ lệch Δ bằng $\pm 2 \cdot m_{\Delta}$.

Sai số trung phương $m_{\zeta^{EGM}}$ được xác định như sau. Khi ký hiệu ρ là bán kính - vectơ của điểm M , đại lượng $G.M$ là hằng số trọng trường địa tâm của Quả đất, phương sai mức của giá trị dị thường độ cao ζ_M^{EGM} được đánh giá theo công thức:

$$m_n^2(\zeta_M^{EGM}) = \left(\frac{G.M}{\bar{\gamma}_M \cdot \rho} \right)^2 \cdot \sum_{m=0}^n \left(m_{\bar{C}_{n,m}}^2 + m_{\bar{S}_{n,m}}^2 \right),$$

còn sai số trung phương của giá trị ζ_M^{EGM} bằng $m(\zeta_M^{EGM}) = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} m_n^2(\zeta_M^{EGM})}$,

ở đây $m_{\bar{C}_{n,m}}, m_{\bar{S}_{n,m}}$ - các sai số trung phương của các hệ số điều hòa cầu $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ trong công thức (8) ở dưới đây.

Hướng nghiên cứu này rất triển vọng và cần được làm sâu sắc thêm trong tương lai.

Cuối cùng, chúng ta sẽ nghiên cứu cách tiếp cận phương pháp để hiệu chỉnh các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất cho phù hợp với trọng trường Quả đất trên lãnh thổ quốc gia dựa trên các thể nhiều T trên các mốc độ cao quốc gia.

Khi ký hiệu $G.M$ là hằng số trọng trường địa tâm của Quả đất, $G.M_0$ là hằng số trọng trường địa tâm của ellipsoid trọng lực được sử dụng trong mô hình trọng trường Quả đất EGM, thể nhiều của trọng trường Quả đất tại điểm M với các tọa độ ellipsoid (p, B, L), ở đây p - bán kính - vectơ, B, L - các tọa độ trắc địa, được xác định theo công thức:

$$T_M^{EGM}(\rho, B, L) = \frac{G.M - G.M_0}{\rho} + \frac{G.M}{\rho} \cdot \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\bar{C}_{n,m} \cdot \cos mL + \bar{S}_{n,m} \cdot \sin mL \right) \bar{P}_{n,m}(\sin B), \quad (8)$$

ở đây với ký hiệu $\beta=1$: số lẻ, $\beta=2$: số chẵn, số $n \in \beta=1$ là số lẻ, số $n \in \beta=2$ là số chẵn, các hệ số điều hòa cầu $\bar{C}_{n,m}$, $\bar{S}_{n,m}$ được xác định như sau:

$$m=0, n \in \beta = \begin{cases} 1 & \bar{C}_{n,m} = \bar{C}_{n,m} \\ 2 & \bar{C}_{n,m} = \bar{C}_{n,m} + \frac{G.M_0}{G.M} j_n^{(0)}, \bar{S}_{n,m} = 0, \end{cases}$$

$$m \geq 1 \quad \bar{C}_{n,m} = \bar{C}_{n,m}, \quad \bar{S}_{n,m} = \bar{S}_{n,m},$$

$\bar{C}_{n,m}$, $\bar{S}_{n,m}$ là các hệ số điều hòa cầu được chuẩn hóa của mô hình trọng trường Quả đất EGM, các hệ số điều hòa vùng chẵn

$$j_2^{(0)} = 0,108262982131 \cdot 10^{-2}, \quad j_4^{(0)} = -0,237091120053 \cdot 10^{-5};$$

$$j_6^{(0)} = 0,608346498882 \cdot 10^{-8}, \quad j_8^{(0)} = -0,14268108792 \cdot 10^{-10}, \quad j_{10}^{(0)} = 0,121439275882 \cdot 10^{-13},$$

còn các hệ số $j_n^{(0)}$ với n là số chẵn lớn hơn 12 đều bằng 0.

Đại lượng $\frac{G.M - G.M_0}{\rho}$ là đại lượng mức 0 (the Zero Degree Term).

Chúng ta ký hiệu:

$$\hat{T}_M^{EGM}(\rho, B, L) = \frac{G.M}{\rho} \cdot \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\bar{C}_{n,m} \cdot \cos mL + \bar{S}_{n,m} \cdot \sin mL \right) \bar{P}_{n,m}(\sin B). \quad (9)$$

Do hàm $\hat{T}(\rho, B, L)$ có tính chất chỉnh quy ở vô hạn, tức hàm này tiến tới 0 khi $\rho \rightarrow \infty$, thỏa mãn phương trình Laplace (Hofmann-Wellenhof B., Moritz H. (2007)), nên nó là hàm điều hòa và được khai triển theo các hệ số điều hòa cầu ở dạng (9). Khi đó, theo tài liệu (Hofmann-Wellenhof B., Moritz H. (2007)), từ (9) chúng ta biểu diễn các hệ số điều hòa cầu $\bar{C}_{n,m}$, $\bar{S}_{n,m}$ ở dạng sau:

$$\begin{cases} \bar{C}_{n,m} \\ \bar{S}_{n,m} \end{cases} = \frac{\rho}{4\pi \cdot G.M} \cdot \iint_{\sigma} \hat{T}(\rho, B, L) \cdot \begin{cases} \cos mL \\ \sin mL \end{cases} \cdot \bar{P}_{n,m}(\sin B) \cdot d\sigma, \quad (10)$$

ở đây σ là vùng tính toán, $d\sigma = \cos B \cdot dB \cdot dL$, $0 \leq B \leq \pi$, $0 \leq L \leq 2\pi$, còn từ (8) suy ra

$$\hat{T}_M^{EGM}(\rho, B, L) = T_M^{EGM}(\rho, B, L) - \frac{G.M - G.M_0}{\rho}. \quad (11)$$

Hiện nay, giá trị $G.M = 3,986004418 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$ ((Dennis D. McCarthy, Gerard Petit. (2004); Petit G., Luzum B. (2010))), còn đối với ellipsoid trọng lực TFS2008 (Tide Free

System2008) được sử dụng trong mô hình EGM2998: $G.M_0 = 3,986004415 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$

Với mục đích hiệu chỉnh các hệ số khai triển điều hòa $\overline{C}_{n,m}$, $\overline{S}_{n,m}$ theo mô hình (8), chúng ta xác định thế nhiễu $T_M^{EGM}(\rho, B, L)$. Về nguyên tắc, thế nhiễu $T_M(\rho, B, L)$ được xác định theo công thức (5) phải tương ứng với thế nhiễu $T_M^{EGM}(\rho, B, L)$. Tuy nhiên, do sự tồn tại của đại lượng mức 0: $\frac{G.M - G.M_0}{\rho}$ nên đại lượng $\hat{T}_M^{EGM}(\rho, B, L)$ (9) chỉ tương ứng với đại lượng

$$\hat{T}_M(\rho, B, L) = T_M(\rho, B, L) - \frac{G.M - G.M_0}{\rho}.$$

Do đó hiệu

$$\delta T(\rho, B, L) = \hat{T}_M(\rho, B, L) - \hat{T}_M^{EGM}(\rho, B, L) = T_M(\rho, B, L) - T_M^{EGM}(\rho, B, L).$$

Khi đó, từ (10) chúng ta có công thức xác định các số cải chính vào các hệ số điều hòa cầu ở dạng sau:

$$\begin{cases} \delta \overline{C}_{n,m} \\ \delta \overline{S}_{n,m} \end{cases} = \frac{\rho}{4\pi \cdot G.M} \cdot \iint_{\sigma} \delta T(\rho, B, L) \cdot \begin{cases} \cos mL \\ \sin mL \end{cases} \cdot \overline{P}_{n,m}(\sin B) \cdot d\sigma$$

và các giá trị được hiệu chỉnh của các hệ số điều hòa cầu được xác định theo công thức:

$$\begin{cases} \overline{\overline{C}}_{n,m} \\ \overline{\overline{S}}_{n,m} \end{cases} = \begin{cases} \overline{C}_{n,m} \\ \overline{S}_{n,m} \end{cases} + \begin{cases} \delta \overline{C}_{n,m} \\ \delta \overline{S}_{n,m} \end{cases}.$$

3. Kết luận

Việc phát triển hệ độ cao dựa trên mặt Geoid mới được tiến hành hơn 10 năm trở lại đây, nhưng những lợi ích của nó trong việc giải quyết các nhiệm vụ khoa học cơ sở của Trắc địa vật lý đang ngày càng được phát huy mạnh mẽ. Trong bài báo khoa học này đã luận chứng cho một trong những lợi ích của hệ độ cao này trong việc làm chính xác hóa mô hình trọng trường Quả đất. Các luận cứ khoa học được trình bày trong bài báo này cần được nghiên cứu sâu sắc thêm để hoàn thiện phương pháp hiệu chỉnh các hệ số điều hòa cầu của mô hình trọng trường Quả đất dựa trên các giá trị thế nhiễu của các điểm độ cao hạng I, II quốc gia nhận được trong kết quả xử lý các dữ liệu đo GNSS trên các mốc này trong ITRF và bình sai mạng lưới độ cao hạng I, II quốc gia trong hệ độ cao dựa trên mặt Geoid cục bộ Hòn Dấu theo các trị đo là các hiệu các thế năng giữa các mốc độ cao quốc gia. ○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bursa M. (1976). Satellite altimetry scaling of the geopotential model. Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, provided by NASA Astrophysics Data System, "Bull. Astro. Inst. Czechoslovaque", 27, No1, pp.57-60.
- [2]. Daniel Roman and Neil Weston (2012). Beyond GEOID12: Implementing a New Vertical Datum for North America. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italia, 6-10 May 2012.
- [3]. Dennis D. McCarthy, Gerard Petit. (2004). IERS Conventions (2003). IERS

Technical Note No 32. Frankfurt am Main, 2004.

[4]. Fortes P., Lauría E., Brunini C., Amaya W., Sánchez L., Drewes H., Seemuller W. (2006). SIRGAS - a geodetic enterprise. Scientific work of the field Geodesy and Geoinformatic of the University of Hanover, J. of Coordinates, Vol. 258, pp. 59-70, 2006.

[5]. Hà Minh Hòa (2007). Giải quyết một số vấn đề liên quan đến việc chuyển hệ độ cao được xác định từ mặt nước biển trung bình ở trạm thủy triều về mặt Quasigeoid toàn cầu. Tạp chí Địa chính số 2, tháng 4/2007, trg. 3-11.

[6]. Hà Minh Hòa (2012a). Các phương hướng hoàn thiện hệ độ cao quốc gia. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, No11, 03/2012, trg. 1-9.

[7]. Hà Minh Hòa và nnk (2012b). Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc hoàn thiện hệ độ cao gắn liền với việc xây dựng hệ tọa độ động lực quốc gia. Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường. Hà Nội - 2012.

[8]. Hà Minh Hòa (2012c). Nghiên cứu xác định thế năng trọng trường thực W_0 của mặt Geoid cục bộ trùng với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu. Báo cáo khoa học. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học và Công nghệ "Trắc địa và Bản đồ vì sự nghiệp tài nguyên và Môi trường". Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ - Hội Trắc địa, Bản đồ và Viễn thám Việt Nam. Hà Nội - Tháng 10/2012. Trg. 6-19.

[9]. Hà Minh Hòa (2012d). Khả năng nâng cao độ chính xác xác định dị thường độ cao trên điểm GPS/thủy chuẩn nhờ Hệ độ cao dựa trên mặt Geoid cục bộ Hòn Dấu. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 14, tháng 12-2012, trg:1-7.

[10]. Hà Minh Hòa (2013a). Estimating the geopotential value W_0 of the local geoid based on data from local and global normal heights of GPS/Leveling points in Vietnam. Geodesy and Cartography. Taylor & Francis. UDK 528.21, doi:10.3846/20296991.2013.823705, V.39 (3): 99-105.

[11]. Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2013b). 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. 1-9.

[12]. Hà Minh Hòa (2013c). Các vấn đề liên quan đến việc xây dựng hệ quy chiếu không gian quốc gia. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, No18, 12/2013, trg. 1-10.

[13]. Hofmann-Wellenhof B., Moritz H. (2007). Trắc địa vật lý. Dịch từ tiếng Anh dưới sự biên tập của GS. Neiman Y. M. Matxcova, MIIGAiK, 2007, 426 trg. (Bản dịch sang tiếng Nga).

[14]. Näkinen J. (2008). The treatment of permanent tide in EUREF products. Paper presented at the Symposium of the IAG Sub-commission for Europe (EUREF) in Brussels, June 17 - 21, 2008. Submitted to the proceedings.

[15]. Petit G., Luzum B. (2010). IERS Conventions (2010). IERS Technical Note No 36, Verlag des Bundesamts fur Kartographie und Geodasie. Frankfurt am Main 2010, 179 pp.

(Xem tiếp trang 20)