

TÍNH TOÁN DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO CHO KHU VỰC VIỆT NAM TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG HỆ SỐ HÀM ĐIỀU HÒA CẦU CHUẨN HÓA ĐẦY ĐỦ CỦA MÔ HÌNH THỂ TRỌNG TRƯỜNG TOÀN CẦU EGM2008

BÙI KHẮC LUYÊN, VŨ ĐÌNH TOÀN
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết của việc tính toán dị thường độ cao trên cơ sở sử dụng hệ số hàm điều hòa cầu và áp dụng trong tính toán cho khu vực Việt Nam. Kết quả tính toán với mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008 tới số bậc 2190 được so sánh với kết quả được tính toán và cung cấp bởi Cơ quan Thông tin - Địa không gian Quốc gia Mỹ (NGA) trên 858 điểm phân bố đều trên khu vực Việt Nam với kích thước 25'x25', bao gồm 39 hàng và 22 cột cho thấy sự đúng đắn của kết quả tính toán với độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất và độ lệch chuẩn đạt được tương ứng là 0,0019m; -0,0010m và $\pm 0,0006m$. Để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008 trên khu vực Việt Nam, kết quả tính toán còn được so sánh với kết quả được xác định từ 816 điểm GPS-Thủy chuẩn phủ trùm lãnh thổ Việt Nam. Số liệu so sánh cho thấy độ lệch tuân theo luật phân bố chuẩn với độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất và độ lệch chuẩn đạt được lần lượt là 1,613m; -0,170m và $\pm 0,297m$.

1. Giới thiệu

Thông qua các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008 được cung cấp bởi Cơ quan Thông tin - Địa không gian Quốc gia Mỹ (NGA) chúng ta có thể xác định được các giá trị dị thường độ cao, độ cao geoid và dị thường trọng lực cho vị trí bất kỳ trên bề mặt Trái đất. Trong bài báo này chúng tôi đã tiến hành xây dựng chương trình tính toán dị thường độ cao và độ cao geoid trên cơ sở sử dụng hệ số hàm điều hòa cầu và thực nghiệm tính toán cho khu vực Việt Nam trong phạm vi độ vĩ $8,166667^{\circ} \div 24^{\circ}$ và độ kinh $102^{\circ} \div 110,75^{\circ}$. Để kiểm chứng cơ sở lý thuyết và thực nghiệm tính toán, chúng tôi đã tiến hành so sánh kết quả tính toán được với kết quả được tính toán và cung cấp bởi NGA, và đã chứng minh tính đúng đắn của kết quả tính toán thông qua các chỉ tiêu thống kê với độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất và độ lệch chuẩn đạt được là 0,0019m; -0,0010m và $\pm 0,0006m$. Độ lệch trên là rất nhỏ và được cho là do sự tích lũy của sai số tính toán với số vòng lặp rất lớn tương ứng với số bậc rất cao của mô

hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008. Thông qua 816 điểm GPS-Thủy chuẩn phủ trùm lãnh thổ Việt Nam trong phạm vi độ vĩ $8,9867641^{\circ} \div 23,2732358^{\circ}$, độ kinh $102,795819^{\circ} \div 109,402047^{\circ}$, kết quả tính toán đã được so sánh để chứng minh mức độ phù hợp của mô hình EGM2008 ở khu vực Việt Nam. Số liệu thống kê cho thấy độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất và độ lệch chuẩn đạt được tương ứng là 1,613m; -0,170m và $\pm 0,297m$. Bên cạnh đó, sự sai khác còn tồn tại độ lệch hệ thống và đại lượng này có thể được khắc phục một phần thông qua thủ tục thiết lập mô hình bề mặt hiệu chỉnh và chính xác hóa. Ngoài ra, chúng tôi tiến hành khảo sát sự thay đổi của độ lệch giữa kết quả tính toán từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ với kết quả xác định từ dữ liệu GPS-Thủy chuẩn theo số bậc, theo đó giá trị độ lệch chuẩn giảm nhanh khi số bậc tăng lên đến khoảng 200 và sau đó giá trị này giảm chậm lại. Cụ thể giá trị độ lệch chuẩn đạt được là 1,252m tương ứng với bậc 30 giảm xuống là 0,400m và 0,287m tương ứng với bậc 180 và 2190. Cuối cùng, kết quả tính toán độ cao geoid bằng hệ số hàm điều

hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 còn được so sánh với kết quả tính toán thông qua nội suy dựa trên cơ sở dữ liệu độ cao geoid tính trước được cho ở dạng mắt lưới đều với kích thước là $10' \times 10'$; $2,5' \times 2,5'$ và $1' \times 1'$. Kết quả cho thấy các giá trị độ lệch giảm đi rõ rệt khi kích thước lưới của cơ sở dữ liệu giảm. Với cùng một loại cơ sở dữ liệu, phương pháp nội suy song bình phương cho độ chính xác tốt nhất sau đó là phương pháp song tuyến, phương pháp nội suy lạng giềng gât nhất cho kết quả kém nhất. Khi sử dụng cơ sở dữ liệu với kích thước $1' \times 1'$ với phương pháp nội suy song bình phương cho độ lệch rất nhỏ với độ lệch lớn nhất, độ lệch nhỏ nhất và độ lệch chuẩn đạt được tương ứng là $0,0008\text{m}$; $-0,0019\text{m}$ và $\pm 0,0005\text{m}$ tương ứng, và ảnh hưởng của sai số nội suy được xem như không đáng kể, có thể bỏ qua.

2. Mô hình Thế trọng trường toàn cầu EGM2008

Mô hình Thế trọng trường toàn cầu EGM2008 được phát triển bởi Cơ quan Thông tin - Địa không gian Quốc Gia Mỹ (NGA) trên cơ sở sử dụng kết hợp dữ liệu đo đạc bởi vệ tinh gradient trọng lực GRACE với cơ sở dữ liệu trường trọng lực toàn cầu có độ phân giải $5' \times 5'$. EGM2008 được phát triển tới số bậc và số hạng 2159 và các hệ số hàm điều hòa cầu mở rộng tới số bậc 2190 và số hạng 2159 [7,8]. Theo các kết quả đã được công bố, ở những khu vực có dữ liệu trọng lực với chất lượng tốt, độ lệch giữa độ cao geoid trên mô hình EGM2008 với kết

quả được xác định một cách độc lập từ dữ liệu GPS-Thủy chuẩn đạt được trong phạm vi $\pm 5\text{cm}$ đến $\pm 10\text{cm}$. Trong khi đó, độ lệch dây dọi trên mô hình EGM2008 so với độ lệch dây dọi được xác định độc lập từ số liệu đo Thiên văn - Trắc địa trên khu vực Mỹ và Australia đạt được trong phạm vi $\pm 1,1''$ đến $\pm 1,3''$. So với mô hình EGM96, mô hình EGM2008 đã cải tiến được gấp 6 lần về độ phân giải, và gấp từ 3 đến 6 lần về độ chính xác, phụ thuộc vào khu vực khảo sát và dữ liệu trọng trường có được tại khu vực đó [7]. Mô hình EGM2008 sử dụng hệ số trọng trường $GM_{\text{EGM}}=3986004,415 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$, và bán kính bán trục lớn $a_{\text{EGM}}=6378136,3\text{m}$.

Cơ quan Thông tin - Địa không gian Quốc gia Mỹ đã cung cấp các sản phẩm liên quan đến mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008, đó là các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ ở cả hệ triều không và hệ thống không phụ thuộc triều, các kết quả tính toán độ cao geoid từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ ở dạng mắt lưới với kích thước $1' \times 1'$ và $2,5' \times 2,5'$, v.v.

3. Tính toán dị thường độ cao trên cơ sở sử dụng hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008

Với các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 với số bậc và số hạng 2159 kết hợp với các hệ số mở rộng tới số bậc 2190 và số hạng 2159, dị thường độ cao có thể được xác định theo công thức [3]:

$$\zeta(\varphi, \lambda, r) = \frac{T(\varphi, \lambda, r)}{\gamma} = \frac{GM}{\gamma r} \sum_{m=0}^M \left[\cos m\lambda \sum_{n=\max(2,m)}^M \left(\frac{a}{r}\right)^n \bar{C}_{nm} \bar{P}_{nm}(\sin\varphi) + \sin m\lambda \sum_{n=\max(2,m)}^M \left(\frac{a}{r}\right)^n \bar{S}_{nm} \bar{P}_{nm}(\sin\varphi) \right] \quad (1)$$

trong đó: M là số bậc lớn nhất;

γ là giá trị trọng lực chuẩn trên mặt ellipsoid;

GM là hằng số trọng trường Trái đất;

r là bán kính địa tâm của điểm xét;

φ, λ : tọa độ điểm xét;

$\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}$: hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ bậc n , hạng m ;

$\bar{P}_{nm}(\sin\varphi)$: hàm số Legendre liên hợp chuẩn hóa đầy đủ bậc n hạng m .

Hàm số Legendre liên hợp chuẩn hóa đầy đủ $\bar{P}_{nm}(\sin\varphi)$ có thể được tính toán sử dụng công thức truy hồi sau:

$$\bar{P}_{n,m}(\sin\varphi) = a_{n,m} \cdot \sin\varphi \cdot \bar{P}_{n-1,m}(\sin\varphi) - b_{n,m} \cdot \bar{P}_{n-2,m}(\sin\varphi), \text{ với } n > m;$$

$$\bar{P}_{m,m}(\sin\varphi) = \cos\varphi \sqrt{\frac{(2m+1)}{2m}} \bar{P}_{m-1,m-1}(\sin\varphi), \text{ với } m > 1. \quad (2)$$

trong đó,

$$a_{n,m} = \sqrt{\frac{(2n-1)(2n+1)}{(n-m)(n+m)}};$$

$$b_{n,m} = \sqrt{\frac{(2n+1)(n+m-1)(n-m-1)}{(n-m)(n+m)(2n-3)}}. \quad (3)$$

Để tính được các đại lượng trong (2) cần sử dụng các giá trị khởi đầu như sau:

$$\bar{P}_{0,0}(\sin\varphi) = 1, \bar{P}_{1,0}(\sin\varphi) = \sqrt{3}\sin\varphi, \bar{P}_{1,1}(\sin\varphi) = \sqrt{3}\cos\varphi.$$

Trên cơ sở các công thức (1) đến (3), chúng tôi đã tiến hành xây dựng chương trình cho phép tính toán giá trị dị thường độ cao của điểm bất kỳ trên cơ sở cho biết các thành phần tọa độ (φ, λ) . Để kiểm chứng kết quả tính toán được, chúng tôi tiến hành trích lọc từ kết quả tính toán độ cao geoid được cung cấp bởi NGA với kích thước mắt lưới là $2,5' \times 2,5'$ thành các giá trị với kích thước mắt lưới là $25' \times 25'$. Khi đó tổng số điểm có được là 858 điểm, được phân bố với 39 hàng và 22 cột. Số liệu thực nghiệm được giới hạn trong phạm vi độ vĩ $8,166667^0 \div 24^0$ và độ kinh $102^0 \div 110,75^0$.

Để kiểm chứng các kết quả tính được, chúng tôi tiến hành tính toán các đại lượng

thống kê độ lệch giữa kết quả tính toán được với kết quả cung cấp bởi NGA, bao gồm độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất, trung bình, độ lệch trung phương và độ lệch chuẩn, được thể hiện trên bảng 2. Kết quả tính toán cho thấy độ lệch giữa số liệu tính được với số liệu được cung cấp bởi NGA tuân theo luật phân bố chuẩn (hình 1), đồng thời độ lệch đạt được là rất nhỏ, với độ lệch lớn nhất và nhỏ nhất tương ứng là 0,0019m và -0,0010m, và độ lệch trung phương cũng như độ lệch chuẩn đạt được tương ứng là $\pm 0,0009$ m và $\pm 0,0006$ m. Độ lệch đạt được ở trên là do sự tích lũy của sai số tính toán khi sử dụng các công thức (1) đến (3) với số lần lặp là rất lớn, tương ứng với số bậc cao của mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008. Kết quả đó cũng thể hiện sự đúng đắn của chương trình thiết lập được.

Bảng 1. Kết quả so sánh độ cao geoid được tính toán trên cơ sở sử dụng các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả được cung cấp bởi NGA

STT	Độ vĩ (0)	Độ kinh (0)	N^{coef} (m)	N^{NGA} (m)	ΔN (m)
1	24,0000000	102,0000000	-34,6799	-34,679	0,0009
2	24,0000000	102,4166670	-33,6943	-33,693	0,0013
3	24,0000000	102,8333330	-33,3214	-33,320	0,0014
4	24,0000000	103,2500000	-32,6898	-32,689	0,0008
5	24,0000000	103,6666670	-32,0253	-32,024	0,0013
...
857	8,1666670	110,3333330	17,6176	17,617	-0,0006
858	8,1666670	110,7500000	18,9820	18,981	-0,0010

Trên bảng 1, N^{coef} là độ cao geoid tính toán từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008;

N^{NGA} : độ cao geoid được cung cấp bởi NGA;

$$\Delta N = N^{\text{NGA}} - N^{\text{coef}}.$$

Bảng 2. Thống kê độ lệch độ cao geoid được tính toán trên cơ sở sử dụng các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả được cung cấp bởi NGA

Đơn vị: mét

Đại lượng so sánh	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Trung phương	Độ lệch chuẩn
Độ cao geoid	0,0019	-0,0010	0,0007	±0,0009	±0,0006

Trên bảng 2, độ lệch trung phương và độ lệch chuẩn được tính theo công thức sau:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_i \Delta_i]}{n}}; \sigma = \pm \sqrt{\frac{[(\Delta_i - \bar{\Delta})^2]}{n - 1}}$$

trong đó, μ : độ lệch trung phương;

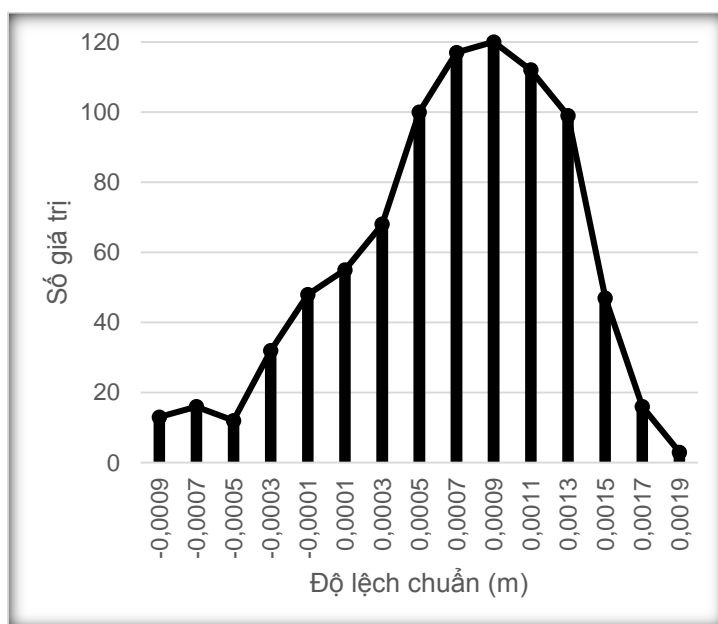
σ : độ lệch chuẩn;

Δ_i : độ lệch giữa kết quả tính toán với kết quả được cung cấp bởi NGA của điểm

kiểm tra thứ i;

$\bar{\Delta}$: độ lệch trung bình;

n: số điểm kiểm tra.

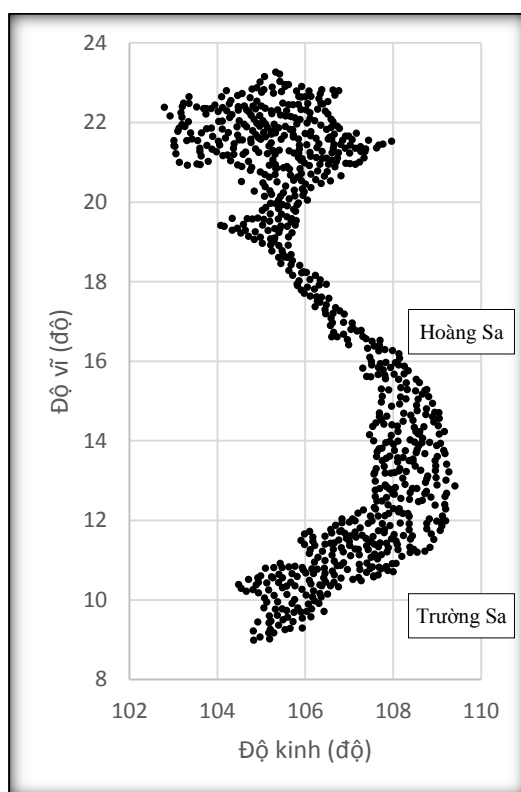


Hình 1. Biểu đồ phân bố độ lệch chuẩn giữa kết quả tính toán với kết quả được cung cấp bởi NGA

4. So sánh các kết quả tính toán với dị thường độ cao xác định từ kết quả đo GPS-Thủy chuẩn

Như đã biết, trong đánh giá mô hình mô hình geoid xây dựng được, việc so sánh độ cao geoid với độ cao trắc địa nhận được từ kết quả đo GNSS, và độ cao chính hay độ cao chuẩn nhận được từ kết quả đo thủy chuẩn hình học ở các điểm rời rạc sẽ thể hiện một cách hợp lý về độ chính xác của mô hình. Vì vậy, bên cạnh việc so sánh kết quả tính toán được với độ cao geoid cung cấp bởi NGA, chúng tôi có tiến hành tính toán dị thường độ cao tại các điểm

GPS-Thủy chuẩn phân bố đều trên lãnh thổ Việt Nam. Dữ liệu dùng trong so sánh bao gồm 816 điểm GPS-Thủy chuẩn phân bố trong phạm vi độ vĩ $8,9867641^{\circ} \div 23,2732358^{\circ}$, độ kinh $102,795819^{\circ} \div 109,402047^{\circ}$ (hình 2). Các số liệu thống kê độ lệch được thể hiện trên bảng 3 và bảng 4. Kết quả so sánh cho thấy độ lệch lớn nhất và nhỏ nhất đạt được là 1,613m và -0,170m tương ứng, và độ lệch chuẩn đạt được là $\pm 0,297m$. Hình 3 thể hiện biểu đồ phân bố độ lệch chuẩn giữa kết quả tính toán với kết quả xác định từ dữ liệu đo song trùng GPS-Thủy chuẩn.



Hình 2. Sơ đồ phân bố điểm GPS-Thủy chuẩn

Bảng 3. Kết quả so sánh dị thường độ cao được tính toán trên cơ sở sử dụng các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả nhận được từ dữ liệu GPS-Thủy chuẩn

STT	Độ vĩ (°)	Độ kinh (°)	ζ^{coef} (m)	$\zeta^{\text{GPS-TC}}$ (m)	$\Delta\zeta$ (m)
1	8.98676413	104.8276937	-6.795	-6.116	0.679
2	9.02311874	105.1860132	-5.579	-4.993	0.586
3	9.07434870	104.9680639	-6.613	-6.005	0.608
4	9.17441569	105.1667292	-6.112	-5.464	0.649
5	9.17821086	105.2871761	-5.598	-4.841	0.758
...
815	23.22120222	105.4180987	-28.773	-28.260	0.513
816	23.27323577	105.3254936	-28.920	-28.270	0.650

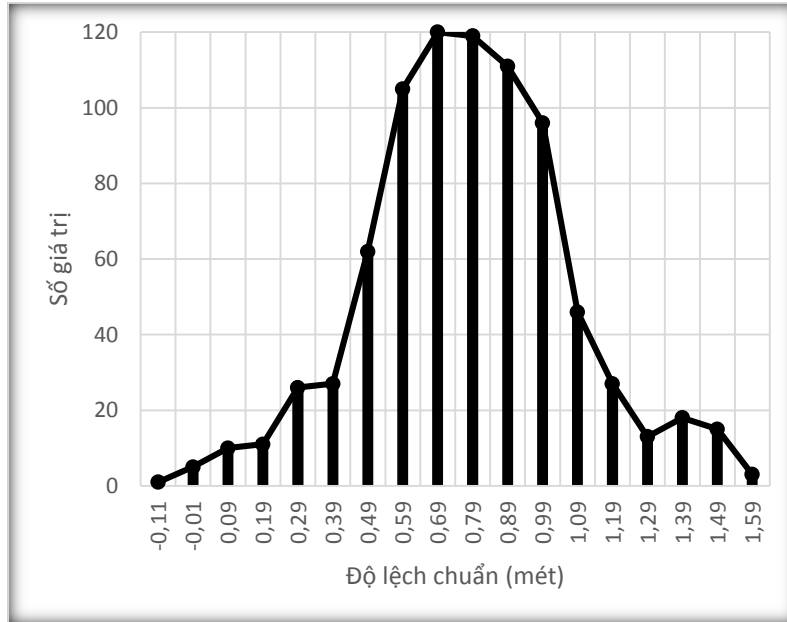
Trên bảng 3, ζ^{coef} là dị thường độ cao tính toán từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thể trọng trường toàn cầu EGM2008;

$\zeta^{\text{GPS-TC}}$: dị thường độ cao tính toán từ dữ liệu đo GPS-thủy chuẩn;

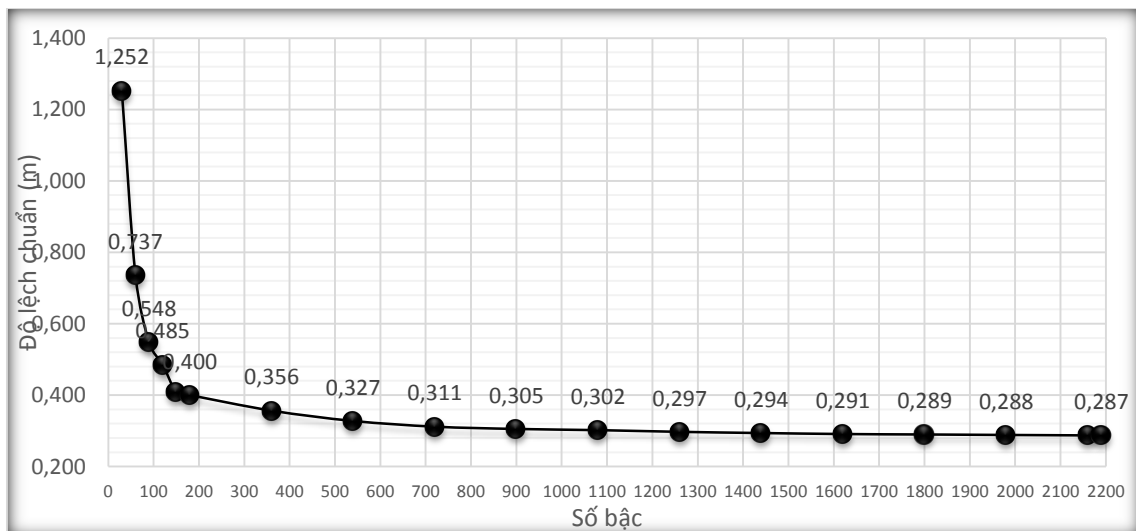
$$\Delta\zeta = \zeta^{\text{GPS-TC}} - \zeta^{\text{coef}}$$

Bảng 4. Thống kê độ lệch dị thường độ cao được tính toán trên cơ sở sử dụng các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả nhận được từ dữ liệu GPS-Thủy chuẩn

Đơn vị: mét.					
Đại lượng so sánh	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Trung phương	Độ lệch chuẩn
Dị thường độ cao	1,613	-0,170	0,753	$\pm 0,810$	$\pm 0,297$



Hình 3. Biểu đồ phân bố độ lệch chuẩn giữa các giá trị dị thường độ cao tính toán dựa trên các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả tính toán bằng dữ liệu GPS-Thủy chuẩn



Hình 4. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi giá trị độ lệch chuẩn giữa dị thường độ cao xác định từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 với kết quả xác định từ dữ liệu đo song trùng GPS-Thủy chuẩn theo số bậc của hệ số hàm điều hòa cầu

Mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 được phát triển tới số bậc và hạng là 2159, tuy nhiên còn tùy thuộc vào dữ liệu dùng để xây dựng nên mô hình đó mà độ chính xác của mô hình không đồng đều khi so sánh ở các khu vực khác nhau. Cũng với dữ liệu GPS-Thủy chuẩn kể trên, chúng tôi tiến hành đánh giá độ lệch giữa kết quả tính toán ở các số bậc khác

n nhau với kết quả xác định từ dữ liệu đo song trùng GPS-Thủy chuẩn (hình 4). Kết quả tính toán cho thấy, độ lệch chuẩn giảm rất nhanh khi số bậc tăng lên đến xấp xỉ 200, sau số bậc này, giá trị độ lệch chuẩn thay đổi chậm.

Bằng việc ứng dụng cơ sở dữ liệu được xác định từ mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008, tác giả Hans-Gerd Duenck-Kerst đã

phát triển ứng dụng có tên là Alltrans EGM2008 Calculator. Với phần mềm này, người dùng có thể sử dụng cơ sở dữ liệu có sẵn tích hợp trong phần mềm với kích thước ô lưới 10'×10' hoặc cơ sở dữ liệu khác do người sử dụng đưa vào để tính toán giá trị độ cao geoid trên cơ sở sử dụng các phương pháp nội suy là song bình phương (bi-quadratic), song tuyến (bi-linear), tam giác (triangulation) hoặc láng giềng gần nhất (nearest neighbor) [4].

Để đánh giá khả năng ứng dụng của phương pháp tính toán kể trên, cũng với 816 điểm GPS-thủy chuẩn, chúng tôi tiến hành tính toán và so sánh các giá trị độ cao geoid được tính toán dựa vào các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 với kết quả tính toán trên cơ sở nội suy bằng phần mềm Alltrans EGM2008 Calculator. Kết quả khảo sát được so sánh thông

qua cả 4 phương pháp nội suy cũng như 3 cơ sở dữ liệu độ cao geoid với kích thước 10'×10'; 2,5'×2,5' và 1'×1'. Dựa vào kết quả so sánh được thể hiện trên bảng 5 có thể thấy rằng các giá trị độ lệch giảm đi rõ rệt khi kích thước mắt lưới của cơ sở dữ liệu giảm. Trong khi đó, với cùng một cơ sở dữ liệu, phương pháp nội suy song bình phương cho độ chính xác tốt nhất sau đó là phương pháp nội suy song tuyến, phương pháp nội suy láng giềng gần nhất cho kết quả nội suy kém nhất. Khi sử dụng cơ sở dữ liệu tính trước với kích thước 1'×1', phương pháp nội suy song bình phương cho độ lệch rất nhỏ, với độ lệch lớn nhất và độ lệch trung phương đạt được tương ứng là 0,0019m và ±0,0008m. Với độ lệch kể trên có thể xem như sai số do ảnh hưởng của việc nội suy là không đáng kể và có thể bỏ qua.

Bảng 5. So sánh độ cao geoid xác định từ hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 tới số bậc 2190 với kết quả nội suy bằng phần mềm Alltrans EGM2008 Calculator

Đơn vị: mét

Kích thước lưới	10'×10'		2,5'×2,5'		1'×1'	
	Lớn nhất	Trung phương	Lớn nhất	Trung phương	Lớn nhất	Trung phương
Láng giềng gần nhất	0,7253	±0,2032	0,1750	±0,0520	0,0701	±0,0206
Tam giác	0,4879	±0,1020	0,1317	±0,0223	0,0720	±0,0087
Song tuyến	0,2695	±0,0522	0,0318	±0,0050	0,0069	±0,0013
Song bình phương	0,3004	±0,0419	0,0085	±0,0018	0,0019	±0,0008

5. Kết luận

- Thông qua các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình thế trọng trường toàn cầu EGM2008 tới số bậc 2190 có thể tính toán được dị thường độ cao và độ cao geoid cho khu vực Việt Nam. Các kết quả tính toán được so sánh với kết quả cung cấp bởi Cơ quan Thông tin - Địa không gian Quốc gia Mỹ (NGA) đã khẳng định sự đúng đắn cả về cơ sở lý thuyết và tính toán thực nghiệm.

- Kết quả so sánh dị thường độ cao được tính toán trên cơ sở sử dụng hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ của mô hình EGM2008

với kết quả tính toán từ dữ liệu GPS-Thủy chuẩn cho độ lệch lớn nhất và nhỏ nhất tương ứng là 1,613m và -0,170m, và độ lệch chuẩn đạt được là ±0,297m. Sự sai khác này chủ yếu là do sự tồn tại của sai số của mô hình EGM2008 trên khu vực Việt Nam do thiếu dữ liệu đo đạc chi tiết. Bên cạnh đó còn tồn tại độ lệch hệ thống do sự khác biệt giữa mực nước biển trung bình tại Hòn Dấu với bề mặt geoid toàn cầu.

- Ngoài việc tính toán dựa vào các hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ, độ cao geoid hay dị thường độ cao còn có thể được tính toán thông qua nội suy từ các kết quả tính trước

ở dạng lưới đều. Kết quả tính toán trên 816 điểm ở khu vực Việt Nam cho thấy khi sử dụng cơ sở dữ liệu với kích thước 1'×1', kết quả nội suy bằng phương pháp song bình phương cho sai số rất nhỏ và xem như ảnh hưởng của nó có thể bỏ qua. Khi khai thác dữ thường độ cao cho khu vực Việt Nam từ mô hình EGM2008 sử dụng phần mềm Alltrans EGM2008 Calculator nên sử dụng phương pháp nội suy song bình phương với cơ sở dữ liệu với kích thước 1'×1' hoặc 2,5'×2,5'.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A. Ellman, J. Kaminskis, E. Parseliunas, H. Jurgenson, T. Oja, Evaluation results of the Earth Gravitational Model EGM08 over the Baltic countries.
 [2]. C. Kotsakis, K. Katsambalos, D. Ampatzidis, and M. Gianniou (2010), Evaluation of EGM08 using GPS and levelling heights in Greece, International Association of Geodesy Symposia Volume 135, pp 481-488.
 [3]. Christian Hirt (2012), Efficient and accurate high-degree spherical harmonic synthesis of gravity field functionals at the

Earth's surface using the gradient approach, Journal of Geodesy, Volume 86, pp 729-744.

[4]. <http://www.brothersoft.com/alltrans-egm2008-calculator-216023.html>.
 [5]. Lê Minh, (2005), Xây dựng cơ sở dữ liệu trường trọng lực toàn cầu, thành 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.
 [6]. Nguyễn Tuấn Anh (2013), Nghiên cứu xác định số bậc tối đa của mô hình hệ số điều hòa cầu trong thực tế tính toán dị thường độ cao trên lãnh thổ Việt Nam, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ số 17-9/2013.
 [7]. Nikolaos K. Pavlis, Simon A. Holmes, Steve C. Kenyon, and John K. Factor (2012), The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), Journal of Geophysical Research, vol 117.
 [8]. Pavlis NK, Holmes SA, Kenyon SC, Factor JK (2008), An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008, Presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, April 13-18, 2008.

SUMMARY

Computation of Height Anomaly in Vietnam territory using fully-normalised spherical harmonic coefficients of The Earth Gravitational Model EGM2008

Bui Khắc Luyen, Vu Dinh Toan

Hanoi University of Mining and Geology

The paper deals with the basis of theory used for calculating height anomalies by using spherical harmonic coefficients and applies for computing the height anomalies in Vietnam territory. The height anomalies have been calculated by using fully-normalised spherical harmonic coefficients of the Earth Gravitational Model EGM2008 up to degree 2190 in Vietnam territory are evaluated by the results computed and provided by the US. National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) which express a reasonable agreement with maximum deviation, minimum deviation and standard deviation being 0.0019m; -0.0010m and ± 0.0006 m corresponding. For evaluating the agreement of the model EGM2008 in Vietnam the results were also compared with GPS-levelling derived height anomalies at 816 points with maximum discrepancy and minimum discrepancy being 1.613m and -0.170m corresponding, and standard deviation of ± 0.297 m.