

ĐÁNH GIÁ KIỂM TRA THỂ TRỌNG TRƯỜNG W_0 CỦA MẶT GEOID CỤC BỘ HÒN DẤU TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG 89 ĐIỂM ĐỘ CAO HẠNG I

PGS. TSKH. HÀ MINH HOÀ⁽¹⁾, ThS. NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG⁽¹⁾
ThS. LƯƠNG THANH THẠCH⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

⁽²⁾Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt:

Bài báo khoa học này đã tiến hành tính toán kiểm tra giá trị thể trọng trường $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ và giá trị độ cao $H_0 = 0.890 \text{ m}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu dựa trên 89 điểm độ cao hạng I và mô hình địa hình động lực trung bình DTU10MDT quốc tế. Các kết quả kiểm tra một lần nữa xác định sự tin cậy của các giá trị nêu trên và làm cơ sở để sử dụng các giá trị này trong việc giải quyết các bài toán hiện đại của trắc địa vật lý ở nước ta.

1. Đặt vấn đề

Thể trọng trường = $62636856.00 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid toàn cầu sát nhất với mặt biển trung bình trên các biển và các đại dương thế giới được xác định nhờ các dữ liệu altimetry và được công bố trong tài liệu (Bursa M., Kenyon S., Kouba J., Radj K., Vatrt V., Vojtiskov., Simek J. (2002); Bursa M., Kenyon S., Kouba J., Sima Z., Vatrt V., Vitek V. and Vojtiskova M. (2007)). Giá trị thể trọng trường này của mặt geoid toàn cầu đã được Tổ chức Dịch vụ quay Trái đất quốc tế IERS (International Earth Rotation Service) công nhận trong các Hiệp ước (Conventions) 2004 và 2010 (Dennis D. McCarthy, Gerard Petit. (2004); Petit G., Luzum B. (2010)) và được sử dụng để xây dựng mô hình trọng trường Trái đất EGM2008 (M., Kenyon S., Kouba J., Sima Z., Vatrt V., Vitek V. and Vojtiskova M. (2007)).

Đối với mọi điểm M bất kỳ trên bề mặt Trái đất, dựa trên quan hệ (Hà Minh Hòa (2007)):

$$\bar{H}_M^\gamma = H_M^\gamma + \frac{\bar{W}_0 - W_0}{\bar{\gamma}_M} \quad (1)$$

ở đây \bar{H}_M^γ - độ cao chuẩn toàn cầu của điểm M được xác định trong hệ triêu 0 và tương ứng với mặt geoid toàn cầu, thêm vào đó $H_M^\gamma = \bar{H}_M - \zeta_M$, còn \bar{H}_M - độ cao trắc địa của điểm M được xác định từ các kết quả xử lý các dữ liệu GPS trong ITRF tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế và được chuyển về hệ triêu 0, ζ_M - dị thường độ cao toàn cầu của điểm M được xác định từ mô hình EGM2008 và được chuyển về hệ triêu 0; H_M^γ - độ cao chuẩn cục bộ của điểm M trong hệ độ cao quốc gia (tương ứng với mặt geoid cục bộ Hòn Dấu với thể trọng trường W_0), khi coi các hiệu $\bar{H}^\gamma - H^\gamma$ trên các điểm độ cao hạng I quốc gia là các trị đo và kiểm tra sự có mặt của các sai số thô theo tiêu chuẩn Smirnov

Ngày nhận bài: 30/10/2015, ngày chuyển phản biện: 02/11/2015, ngày chấp nhận phản biện 09/11/2015, ngày chấp nhận đăng: 10/11/2015

N.V. (Smirnov N.V., Belugin D.A. (1969)), trong hàng loạt các tài liệu, ví dụ Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương và nnk (2012), Hà Minh Hòa (2013), Hà Minh Hòa (2014), đã sử dụng 35 điểm độ cao hạng I phân bố đồng đều trên lãnh thổ Việt Nam để xác định thể trọng trường W_0 của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu sát nhất với mặt biển trung bình nhiều năm tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Kết quả nhận được thể trọng trường $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2.\text{s}^{-2} \pm 0.183 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu.

Đại lượng
$$H_0 = \frac{\bar{W}_0 - W_0}{\bar{\gamma}_M} = \frac{8.7089 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}}{\bar{\gamma}_M}, \quad (2)$$

là độ cao của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu, ở đây giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn $\bar{\gamma}_M$ (đơn vị $\text{m}.\text{s}^{-2}$) được xác định theo công thức:

$$\bar{\gamma}_M = \gamma_0 - 10^{-5} \cdot (0.1543.H_M^\gamma + 0.036.10^{-6} \cdot (H_M^\gamma)^2), \quad (3)$$

còn giá trị γ_0 (đơn vị $\text{m}.\text{s}^{-2}$) đối với ellipsoid WGS84 được xác định theo công thức:

$$\gamma_0 = 9.7803253359 \left(1 + 0.00530248.\sin^2 B - 0.0000058497.\sin^2 2B \right) < \text{m}.\text{s}^{-2} >$$

Ưu điểm cơ bản của việc xác định độ cao H_0 (2) với $\bar{\gamma}_M$ (đơn vị $\text{m}^2.\text{s}^{-2}$) được xác định theo công thức (3) nằm ở chỗ các giá trị H_0 được tính toán không bị ảnh hưởng của sự xô dịch của điểm M trên mặt vật lý Trái đất do các tác nhân tự nhiên (chuyển dịch đứng của vỏ Trái đất, sụt lún đất .v.v...) và các tác nhân nhân sinh (xê dịch mốc do mở rộng các đường giao thông, xây dựng các khu công nghiệp và đô thị .v.v...). Số chữ số có nghĩa của giá trị $\bar{\gamma}_M$ (3) để tính đại lượng H_0 (2) chỉ là 3 chữ số sau dấu phẩy. Nếu độ cao chuẩn H_M^γ của điểm M thay đổi đi 10 m, thì điều này cũng chỉ ảnh hưởng đến số lẻ thứ 5 sau dấu phẩy của giá trị $\bar{\gamma}_M$ (3).

Trong các tài liệu (Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương và nnk (2012); Hà Minh Hòa (2013); Hà Minh Hòa (2014)) dựa trên 11 điểm trọng lực cơ sở và 29 điểm trọng lực hạng I phủ trùm cả nước đã xác định được rằng độ cao $H_0 = 0.890 \text{ m}$ và là đại lượng không đổi trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam. Kết quả tương tự cũng nhận được trong tài liệu (Nguyễn Tuấn Anh (2015)) khi sử dụng 133 điểm trọng lực chi tiết được phân bố trên 09 vùng Tây Bắc, Đông Bắc, Tây Tây Bắc, Đông Đông Bắc, Bắc Trung Bộ, Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ.

Do sự quan trọng của giá trị thể trọng trường $W_0 = 62636847.2911 \text{ m}^2.\text{s}^{-2} \pm 0.183 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và độ cao $H_0 = 0.890 \text{ m} = \text{const}$ trong việc giải quyết các bài toán trắc địa vật lý, trong bài báo khoa học này sẽ giải quyết 02 vấn đề:

- Luận chứng cho độ cao $H_0 = 0.890 \text{ m}$ giữa mặt quasigeoid cục bộ Hòn Dấu và là đại lượng không đổi trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam;

- Đánh giá kiểm tra giá trị thể trọng trường $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2.\text{s}^{-2} \pm 0.183 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu khi mở rộng số lượng các điểm độ cao hạng I quốc gia và sử dụng mô hình địa hình động lực trung bình DTU10 MDT.

$$H_0 = \frac{8.7089 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\bar{\gamma}_{\min}} = \frac{8.7089 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{9.782} = 0.8902 \text{ m} = 0.890 \text{ m},$$

$$H_0 = \frac{8.7089 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\bar{\gamma}_{\max}} = \frac{8.7089 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{9.788} = 0.8897 \text{ m} = 0.890 \text{ m},$$

nên không khó khăn để xác nhận rằng trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam, độ cao $H_0 = 0.890$ m giữa mặt quasigeoid cục bộ Hòn Dấu và là đại lượng không đổi. Tại đỉnh Phanxipan với độ cao 3143 m và các tọa độ trắc địa $B = 20^\circ 17' 52''$, $L = 103^\circ 47' 11''$,

giá trị $\bar{\gamma}_{\text{phanxipan}} = 9.78172 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,

$$H_0 = \frac{8.7089 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{9.78172 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = 0.89033 \text{ m} = 0.890 \text{ m}.$$

Bây giờ chúng ta sẽ giải quyết vấn đề thứ hai theo hai cách tiếp cận khác nhau. Đối với cách tiếp cận thứ nhất, chúng ta mở rộng các điểm độ cao hạng I tham gia tính toán thế trọng trường Hòn Dấu từ 35 điểm lên đến 89 điểm. Đối với cách tiếp cận thứ hai, chúng ta sẽ sử dụng mô hình địa hình động lực trung bình quốc tế DTU10MDT.

Đối với cách tiếp cận thứ nhất, chúng ta phải chuyển các giá trị độ cao chuẩn quốc gia của các điểm độ cao hạng I từ hệ triều trung bình về hệ triều 0, chuyển các giá trị độ cao trắc địa (được xác định từ kết quả xử lý các dữ liệu đo GPS trên các điểm độ cao hạng I trong ITRF tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế) và các giá trị dị thường độ cao toàn cầu (được xác định từ mô hình trọng trường Trái đất EGM2008) từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0. Trên mỗi điểm độ cao hạng I thứ i ($i = 1, 2, \dots, n$), chúng ta xác định hiệu $\bar{H}_i^Y - H_i^Y$, ở đây $\bar{H}_i^Y = \bar{H}_i - \bar{\zeta}_i$ - độ cao chuẩn toàn cầu của điểm độ cao hạng I thứ i . Trên 89 điểm độ cao hạng I quốc gia đã xác định được các giá trị độ cao trắc địa \bar{H} và các giá trị dị thường độ cao toàn cầu $\bar{\zeta}$ và đã tạo được dãy các đại lượng $\bar{H}_i^Y - H_i^Y$ (xem cột g trong bảng 1).

Trên điểm độ cao hạng I thứ i ($i = 1, 2, \dots, n$), khi coi $y_i = \bar{\gamma}_i \cdot (\bar{H}_i^Y - H_i^Y)$ là trị đo, từ công thức (1) chúng ta lập được phương trình số cải chính của trị đo y_i ở dạng sau $v_i = -W_0 + (\bar{W}_0 - y_i)$ với ẩn số cần tìm là thế trọng trường W_0 của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu, ở đây $\bar{W}_0 = 62636856.00 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ - thế trọng trường của mặt geoid toàn cầu. Đối với n trị đo độc lập y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) trên n điểm độ cao hạng I, giải hệ phương trình số cải chính nếu trên dưới điều kiện $\sum_{i=1}^n v_i^2 = \min$, chúng ta nhận được phương trình chuẩn $-W_0 + \bar{W}_0 - \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i = 0$ hay

$$W_0 = \bar{W}_0 - \bar{y} = 62636856.00 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} - \bar{y}, \quad (6)$$

ở đây $\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$ - giá trị trung bình của các trị đo y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) trên n điểm độ cao hạng I.

Tuy nhiên, với mục đích đánh giá thể trọng trường W_0 của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức (6), chúng ta phải đảm bảo rằng trong các trị đo y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) không chứa các sai số thô. Chúng ta sẽ tiến hành kiểm tra sự có mặt của các sai số thô trong các trị đo y_i theo tiêu chuẩn Smirnov. Giả thiết rằng trong một nhóm gồm m các trị đo y_i ($i = 1, 2, \dots, m$), chúng ta phải sắp xếp các trị đo theo thứ tự tăng dần theo giá trị tuyệt đối của chúng, tính giá trị trung bình $\bar{y}_m = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m y_i$ và các độ lệch $\delta_i = y_i - \bar{y}_m$ ($i = 1, 2, \dots, m$). Tiếp theo chúng ta xác định sai số trung phương $S = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \delta_i^2}{m}}$. Đối với trị đo y_1 có giá trị tuyệt đối nhỏ nhất nằm ở vị trí đầu tiên chúng ta xác định giá trị $r_{\min} = \left| \frac{\delta_1}{S} \right|$, còn đối với trị đo y_m có giá trị tuyệt đối lớn nhất nằm ở vị trí cuối cùng trong nhóm chúng ta xác định giá trị $r_{\max} = \left| \frac{\delta_m}{S} \right|$. Với mức giá trị 5%, dựa vào Bảng các giá trị của tiêu chuẩn Smirnov (xem Phụ lục 3 trong tài liệu Hà Minh Hòa (2014)) chúng ta xác định giá trị \bar{r} . Nếu $\bar{r} > r_{\min}$ và $\bar{r} > r_{\max}$, thì các trị đo y_i ($i = 1, 2, \dots, m$) trong nhóm các trị đo đang nghiên cứu không chứa các sai số thô.

Do trong Bảng các giá trị của tiêu chuẩn Smirnov chỉ cho giá trị \bar{r} , với số lượng m tối đa bằng 40, nên từ 89 các trị đo y_i trong bảng 2 chúng ta phải chia thành 03 nhóm các trị đo, các nhóm trị đo thứ nhất và thứ hai đều có 40 các trị đo, riêng nhóm các trị đo thứ ba chỉ có 09 trị đo. Các kết quả kiểm tra sự có mặt của các sai số thô trong 03 dãy nhỏ được trình bày trong các bảng 3, 4, 5.

Bảng 1

STT i	Tên điểm	Độ cao chuẩn quốc gia H_i^Y trong hệ triêu 0 (m)	Độ cao trắc địa \bar{H}_i trong hệ triêu 0 (m)	Dị thường độ cao trọng lực \bar{g}_i từ EGM2008 trong hệ triêu 0 (m)	Độ cao chuẩn toàn cầu \bar{H}_i^Y so với mặt geoid toàn cầu trong hệ triêu 0 (m)	Hiệu $\bar{H}_i^Y - H_i^Y$ (m)	Giá trị trung bình của gia tốc trọng trường chuẩn \bar{g}_i ($m.s^{-2}$)
a	b	c	d	e	f	g	h
1	I(BH-LS)97	280,727	255.349	-26.361	281.710	0.983	9.787117
2	I(BH-TH)122A	239,838	212.958	-27.776	240.734	0.870	9.786434
3	I(BH-TH)119	377,631	350.744	-27.803	378.547	0.916	9.786821
4	I(BH-HN)33	13,102	-15.210	-29.211	14.001	0.899	9.787156
5	I(BH-HN)39	11,385	-16.613	-28.902	12.289	0.904	9.787148
6	I(BH-HN)42	7,558	-20.214	-28.648	8.434	0.876	9.787120
7	I(HN-HP)7	3,046	-23.594	-27.589	3.995	0.949	9.786935
8	I(HN-VL)10A	4,764	-21.544	-27.105	5.561	0.797	9.786707

Nghiên cứu

9	I(HN-VL)4-1	3,956	-22.999	-27.868	4.869	0.913	9.786885
10	I(HN-VL)6-1	3,066	-23.625	-27.575	3.950	0.884	9.786815
11	I(DN-BT)16	54.671	45.971	-9.493	55.464	0.793	9.784017
12	I(DN-BT)28	559,764	552.371	-8.192	560.563	0.799	9.783076
13	I(VL-HT)150	2,663	6.344	2.886	3.458	0.795	9.782820
14	I(VL-HT)152-1	10,235	14.461	3.382	11.079	0.844	9.782778
15	I(HN-VL)34-1	3,818	-20.399	-25.035	4.636	0.818	9.786054
16	I(HP-MC)48A	6,821	-15.323	-22.966	7.643	0.822	9.787301
17	I(BH-TH)3-1	73,286	42.526	-31.606	0.846	0.845	9.787678
18	I(VL-HT)181	20,380	25.947	4.761	21.186	0.806	9.782444
19	I(LS-TY)4	298.250	274.012	-25.068	299.080	0.830	9.786933
20	I(VL-HT)309A	0.701	-6.786	-8.296	1.510	0.809	9.781873
21	I(VL-HT)317	0.880	-7.996	-9.690	1.694	0.814	9.781944
22	I(VL-HT)187	11.226	16.532	4.488	12.054	0.828	9.782377
23	I(VL-HT)170-1	6.658	11.501	4.024	7.487	0.829	9.782598
24	I(HP-MC)41	5.729	-16.709	-23.286	15.577	0.848	9.787258
25	I(VL-HT)130	7.991	10.001	1.178	8.823	0.832	9.783027
26	I(HN-VL)56	11.200	-11.852	-23.970	12.118	0.918	9.785546
27	I(BH-TH)11	372.392	341.376	-31.847	373.223	0.931	9.787309
28	I(HN-VL)40-1	2.768	-21.309	-25.001	3.692	0.924	9.785891
29	I(BH-LS)77	207.379	180.239	-28.073	208.312	0.933	9.787665
30	I(BH-TH)5	76.874	45.917	-31.809	77.726	0.852	9.787723
31	I(HN-VL)38-1	3.647	-20.504	-24.999	4.495	0.848	9.785949
32	I(VL-HT)197	16.897	21.844	4.112	17.732	0.835	9.782266
33	I(BT-APD)63	9.819	6.590	-4.064	10.654	0.835	9.782192
34	I(VL-HT)127-3	2.796	4.147	0.510	3.637	0.841	9.783113
35	I(BT-APD)59-1	18.073	14.316	-4.595	18.911	0.838	9.782230
36	I(VL-HT)278-1	1.688	-2.619	-5.151	2.532	0.844	9.782015
37	I(VL-HT)108	23.780	22.232	-2.400	24.632	0.852	9.783400
38	I(DN-BT)77	647.161	644.437	-3.579	648.016	0.855	9.782261
39	I(BT-NH)17-1	421.022	423.816	1.942	421.874	0.852	9.782845
40	I(VL-HT)83	5.707	0.511	-6.054	6.665	0.958	9.783842
41	I(BH-HN)17	32.017	2.783	-30.107	32.890	0.873	9.787365
42	I(HN-VL)45-1	3.230	-20.284	-24.434	4.150	0.920	9.785774

Nghiên cứu

43	I(BH-TH)65	343.222	311.806	-32.298	344.104	0.882	9.786915
44	I(VL-HT)178	2.810	8.146	4.468	3.678	0.868	9.782512
45	I(VL-HT)103	7.363	5.245	-2.993	8.238	0.875	9.783515
46	I(HN-VL)64	2.377	-19.430	-22.691	3.261	0.884	9.785400
47	I(VL-HT)141-3	150.480	154.017	2.661	151.356	0.876	9.782666
48	I(VL-HT)329A	0.818	-10.143	-11.837	1.694	0.876	9.782011
49	I(HN-VL)72	8.265	-12.452	-21.608	9.156	0.891	9.785291
50	I(VL-HT)158	3.291	7.578	3.397	4.181	0.890	9.782711
51	I(VL-HT)121	8.074	8.536	-0.487	9.023	0.949	9.783248
52	I(DN-BT)74	813.595	810.662	-3.845	814.507	0.912	9.782069
53	I(BH-LS)88-1	185.119	158.731	-27.302	186.033	0.914	9.787457
54	I(VL-HT)98	1.001	-1.714	-3.614	1.900	0.899	9.783604
55	I(BH-LS)85-1	174.898	148.363	-27.453	175.816	0.918	9.787516
56	I(BH-LS)93	173.592	147.532	-26.976	174.508	0.916	9.787391
57	I(BH-LS)71	359.091	331.541	-28.471	360.012	0.921	9.787467
58	I(BT-APD)56	45.625	41.774	-4.752	46.526	0.901	9.782237
59	I(VL-HT)87	3.626	-0.735	-5.279	4.544	0.918	9.783768
60	I(VL-HT)247A	9.231	7.063	-3.080	10.143	0.912	9.782179
61	I(LS-TY)1	269.367	244.166	-26.133	270.299	0.932	9.787095
62	I(VL-HT)325-1	0.567	-9.446	-10.978	1.532	0.965	9.781980
63	I(DN-BT)83	385.901	383.600	-3.220	386.820	0.919	9.782587
64	I(VL-HT)78	2.816	-2.972	-6.710	3.738	0.922	9.783928
65	I(LS-HN)7	121.183	95.916	26.212	122.128	0.945	9.787233
66	I(VL-HT)71	2.822	-4.445	-8.208	3.763	0.941	9.784046
67	I(BH-TH)59	374.104	342.469	-32.599	375.068	0.964	9.786966
68	I(VL-HT)173-2	1.987	7.246	4.313	2.821	0.834	9.782561
69	I(BH-TH)70A	563.648	532.639	-31.974	564.613	0.965	9.786477
70	I(HN-VL)50	5.343	-18.055	-24.358	6.303	0.960	9.785640
71	I(VL-HT)123	232.772	233.249	-0.477	233.726	0.954	9.782868
72	I(LS-HN)12	42.371	16.737	-26.603	43.340	0.969	9.787282
73	I(HP-MC)4-1	1.562	-23.100	-25.637	2.537	0.975	9.786993
74	I(BH-LS)80	485.374	458.547	-27.804	486.351	0.977	9.787167
75	I(DN-BT)86	374.348	372.264	-3.043	375.307	0.959	9.782563
76	I(VL-HT)320A	1.552	-7.949	-10.458	2.509	0.957	9.781970

77	I(BT-APD)49-1	67.728	63.773	-4.937	68.710	0.982	9.782261
78	I(HP-NB)14A	0.868	-24.765	-26.401	1.636	0.768	9.786668
79	I(LS-HN)36	7.039	-20.128	-28.099	7.971	0.932	9.787032
80	I(LS-HN)22	12.674	-14.025	-27.472	13.447	0.773	9.787193
81	I(LS-HN)29	3.556	-23.422	-27.823	4.401	0.845	9.787135
82	I(BH-HN)16A	32.460	3.731	-29.692	33.423	0.963	9.787364
83	I(HN-VL)28-1	2.291	-21.895	-25.085	3.190	0.899	9.786258
84	I(BMT-APD)30	264.014	262.150	-2.913	265.063	1.049	9.782091
85	I(BH-HN)48	7.974	-19.340	-28.327	8.987	1.013	9.786944
86	I(HN-HP)2A	6.828	-20.322	-28.153	7.831	1.003	9.787012
87	I(HN-HP)5	3.938	-22.897	-27.872	4.975	1.037	9.786971
88	I(VL-HT)73	1.460	-4.824	-7.346	2.522	1.062	9.784012
89	I(VL-HT)95	4.303	23.422	-3.778	5.347	1.044	9.783663

Bảng 2

STT i	Tên điểm	Trị đo y_i ($m^2.s^{-2}$)	Δ_i ($m^2.s^{-2}$)	STT i	Tên điểm	Trị đo y_i ($m^2.s^{-2}$)	Δ_i ($m^2.s^{-2}$)
1	I(BH-LS)97	9.6207	0.9170	46	I(HN-VL)64	8.6503	-0.0534
2	I(BH-TH)122A	8.5142	-0.1895	47	I(VL-HT)141-3	8.5696	-0.1341
3	I(BH-TH)119	8.9647	0.2610	48	I(VL-HT)329A	8.5690	-0.1347
4	I(BH-HN)33	8.7987	0.0950	49	I(HN-VL)72	8.7187	0.0150
5	I(BH-HN)39	8.8476	0.1439	50	I(VL-HT)158	8.7066	0.0029
6	I(BH-HN)42	8.5735	0.0498	51	I(VL-HT)121	9.2843	0.5806
7	I(HN-HP)7	9.2878	0.5841	52	I(DN-BT)74	8.9212	0.2175
8	I(HN-VL)10A	7.8000	-0.9037	53	I(BH-LS)88-1	8.9457	0.2420
9	I(HN-VL)4-1	8.9354	0.2317	54	I(VL-HT)98	8.7955	0.0918
10	I(HN-VL)6-1	8.6515	-0.0522	55	I(BH-LS)85-1	8.9849	0.2812
11	I(DN-BT)16	7.7587	-0.9450	56	I(BH-LS)93	8.9653	0.2616
12	I(DN-BT)28	7.8167	-0.8870	57	I(BH-LS)71	9.0143	0.3106
13	I(VL-HT)150	7.7773	-0.9264	58	I(BT-APD)56	8.8138	0.1101
14	I(VL-HT)152-1	8.2567	-0.4470	59	I(VL-HT)87	8.9815	0.2778
15	I(HN-VL)34-1	8.0050	-0.6987	60	I(VL-HT)247A	8.9213	0.2176
16	I(HP-MC)48A	8.0452	-0.6585	61	I(LS-TY)1	9.1216	0.4179
17	I(BH-TH)3-1	8.2706	-0.4331	62	I(VL-HT)325-1	9.4396	0.7359

Nghiên cứu

18	I(VL-HT)181	7.8846	-0.8191	63	I(DN-BT)83	8.9902	0.2865
19	I(LS-TY)4	8.1232	-0.5805	64	I(VL-HT)78	9.0208	0.3171
20	I(VL-HT)309A	7.9135	-0.7902	65	I(LS-HN)7	9.2489	0.5452
21	I(VL-HT)317	7.9625	-0.7412	66	I(VL-HT)71	9.2068	0.5031
22	I(VL-HT)187	8.0998	-0.6039	67	I(BH-TH)59	8.8230	0.1193
23	I(VL-HT)170-1	8.1098	-0.5939	68	I(VL-HT)173-2	8.1587	-0.5450
24	I(HP-MC)41	8.2996	-0.4041	69	I(BH-TH)70A	9.4440	0.7403
25	I(VL-HT)130	8.1395	-0.5642	70	I(HN-VL)50	9.3942	0.6905
26	I(HN-VL)56	8.9831	0.2794	71	I(VL-HT)123	9.3329	0.6292
27	I(BH-TH)11	9.1120	0.4083	72	I(LS-HN)12	9.4839	0.7802
28	I(HN-VL)40-1	9.0422	0.3385	73	I(HP-MC)4-1	9.5423	0.8386
29	I(BH-LS)77	9.1319	0.4282	74	I(BH-LS)80	9.5621	0.8584
30	I(BH-TH)5	8.3391	-0.3646	75	I(DN-BT)86	9.3815	0.6778
31	I(HN-VL)38-1	8.2985	-0.4052	76	I(VL-HT)320A	9.3613	0.6476
32	I(VL-HT)197	8.1682	-0.5355	77	I(BT-APD)49-1	9.6062	0.9025
33	I(BT-APD)63	8.2268	-0.4769	78	I(HP-NB)14A	7.5162	-1.1875
34	I(VL-HT)127-3	8.2276	-0.4761	79	I(LS-HN)36	9.1215	0.4178
35	I(BT-APD)59-1	8.1975	-0.5062	80	I(LS-HN)22	7.5655	-1.1382
36	I(VL-HT)278-1	8.2560	-0.4477	81	I(LS-HN)29	8.2701	-0.4336
37	I(VL-HT)108	8.3355	-0.3682	82	I(BH-HN)16A	9.4252	0.7215
38	I(DN-BT)77	8.3638	-0.3399	83	I(HN-VL)28-1	8.7978	0.0941
39	I(BT-NH)17-1	8.3350	-0.3687	84	I(BMT-APD)30	10.2614	1.5577
40	I(VL-HT)83	9.3729	0.6692	85	I(BH-HN)48	9.9142	1.2105
41	I(BH-HN)17	8.5444	-0.1593	86	I(HN-HP)2A	9.8164	1.1127
42	I(HN-VL)45-1	9.0029	0.2992	87	I(HN-HP)5	10.1491	1.4454
43	I(BH-TH)65	8.6321	-0.0716	88	I(VL-HT)73	10.3906	1.6869
44	I(VL-HT)178	8.4912	-0.2125	89	I(VL-HT)95	10.2141	1.5704
45	I(VL-HT)103	8.5606	-0.1431				
Tổng $\sum_{i=1}^{89} y_i = 774.6257$ Giá trị trung bình $\bar{y} = 8.7037 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ $\sum \Delta_i^2 = 36.221050 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$							

Bảng 3

STT _i	Tên điểm	Trị đo y_i	$\delta_i = y_i - \bar{y}$
1	I(DN-BT)16	7.7587	-1.3011
2	I(VL-HT)150	7.7737	-1.2861
3	I(HN-VL)10A	7.8000	-1.2598
4	I(DN-BT)28	7.8167	-1.2431
5	I(VL-HT)181	7.8846	-1.1752
6	I(VL-HT)309A	7.9135	-1.1463
7	I(VL-HT)317	7.9625	-1.0973
8	I(HN-VL)34-1	8.0050	-1.0548
9	I(HP-MC)48A	8.0452	-1.0146
10	I(VL-HT)187	8.0998	-0.9600
11	I(VL-HT)170-1	8.1098	-0.9500
12	I(LS-TY)4	8.1232	-0.9366
13	I(VL-HT)130	8.1395	-0.9203
14	I(VL-HT)152-1	8.2567	-0.8031
15	I(BH-TH)3-1	8.2706	-0.7892
16	I(HP-MC)41	8.2996	-0.7602
17	I(BH-TH)5	8.3391	-0.7207
18	I(BH-TH)122A	8.5142	-0.5456
19	I(BH-HN)42	8.5735	-0.4863
20	I(HN-VL)6-1	8.6515	-0.4083
21	I(BH-HN)33	8.7987	-0.2611
22	I(BH-HN)39	8.8476	-0.2122
23	I(HN-VL)4-1	8.9354	-0.1244
24	I(BH-TH)119	8.9647	-0.0951
25	I(HN-VL)56	8.9831	-0.0767
26	I(HN-VL)40-1	9.0422	-0.0176
27	I(BH-TH)11	9.1120	0.0522
28	I(BH-LS)77	9.1319	0.0721
29	I(HN-HP)7	9.2878	0.2280
30	I(LS-HN)12	9.4839	0.4241

31	I(HP-MC)4-1	9.5423	0.4825
32	I(BH-LS)80	9.5621	0.5023
33	I(BT-APD)49-1	9.6062	0.5464
34	I(BH-LS)97	9.6207	0.5609
35	I(HN-HP)2A	9.8164	0.7566
36	I(BH-HN)48	9.9142	0.8544
37	I(HN-HP)5	10.1491	1.0893
38	I(VL-HT)95	10.2141	1.1543
39	I(BMT-APD)30	10.2614	1.2016
40	I(VL-HT)73	10.3906	1.3308
	Tổng	362.3924	$\sum \delta^2 = 27.6530092$
	Giá trị trung bình \bar{y}	9.0598	

Sai số trung phương:

$$S = \sqrt{\frac{27.6530092}{40}} = 0.8315 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}.$$

$$(y)_{\min} = 7.7587 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}; r_{\min} = 1.565; (y)_{\max} = 10.3906 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}; r_{\max} = 1.600$$

Với $q = 5\%$, $n = 40$: $\bar{r} = 3.075$. Do cả hai giá trị r_{\min} và r_{\max} đều nhỏ hơn \bar{r} , nên trong dãy các trị đo y_i trong bảng 3 không có giá trị chứa sai số thô.

Bảng 4

STT i	Tên điểm	Trị đo y_i	$\delta_i = y_i - \bar{y}$
1	I(HP-NB)14A	7.5162	-1.2745
2	I(LS-HN)22	7.5655	-1.2252
3	I(VL-HT)173-2	8.1587	-0.6320
4	I(VL-HT)197	8.1682	-0.6225
5	I(BT-APD)59-1	8.1975	-0.5932
6	I(BT-APD)63	8.2268	-0.5639
7	I(VL-HT)127-3	8.2276	-0.5631
8	I(VL-HT)278-1	8.2560	-0.5347
9	I(LS-HN)29	8.2701	-0.5206

Nghiên cứu

10	I(HN-VL)38-1	8.2985	-0.4922
11	I(BT-NH)17-1	8.3350	-0.4557
12	I(VL-HT)108	8.3355	-0.4552
13	I(DN-BT)77	8.3638	-0.4269
14	I(VL-HT)178	8.4912	-0.2995
15	I(BH-HN)17	8.5444	-0.2463
16	I(VL-HT)103	8.5606	-0.2301
17	I(VL-HT)329A	8.5690	-0.2217
18	I(VL-HT)141-3	8.5696	-0.2211
19	I(BH-TH)59	8.8230	0.0323
20	I(BH-LS)88-1	8.9457	0.1550
21	I(BH-LS)93	8.9653	0.1746
22	I(VL-HT)87	8.9815	0.1908
23	I(BH-LS)85-1	8.9849	0.1942
24	I(DN-BT)83	8.9902	0.1995
25	I(HN-VL)45-1	9.0029	0.2122
26	I(BH-LS)71	9.0143	0.2236
27	I(VL-HT)78	9.0208	0.2301
28	I(LS-HN)36	9.1215	0.3308
29	I(LS-TY)1	9.1216	0.3309
30	I(VL-HT)71	9.2068	0.4161
31	I(LS-HN)7	9.2489	0.4582
32	I(VL-HT)121	9.2843	0.4936
33	I(VL-HT)123	9.3329	0.5422
34	I(VL-HT)320A	9.3613	0.5706
35	I(VL-HT)83	9.3729	0.5822
36	I(DN-BT)86	9.3815	0.5908
37	I(HN-VL)50	9.3942	0.6035
38	I(BH-HN)16A	9.4252	0.6345
39	I(VL-HT)325-1	9.4396	0.6489
40	I(BH-TH)70A	9.4440	0.6533
	Tổng	351.6265	$\sum \delta^2 = 10.682331$
	Giá trị trung bình \bar{x}	8.7907	

Sai số trung phương:

$$S = \sqrt{\frac{10.682331}{40}} = 0.517 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}.$$

$$(y)_{\min} = 7.5162 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}; r_{\min} = 2.465; (y)_{\max} = 9.4440 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}; r_{\max} = 1.264$$

Với $q = 5\%$, $n = 40$: $\bar{r} = 3.075$. Do cả hai giá trị r_{\min} và r_{\max} đều nhỏ hơn \bar{r} , nên trong dãy các trị đo y_i trong bảng 4 không có giá trị chứa sai số thô.

Bảng 5

STT i	Tên điểm	Trị đo y_i	$\delta_i = y_i - \bar{y}$
1	I(BH-TH)65	8.6321	-0.2521
2	I(HN-VL)64	8.6503	-0.2339
3	I(VL-HT)158	8.7066	-0.1776
4	I(HN-VL)72	8.7187	-0.1655
5	I(VL-HT)98	8.7955	-0.0887
6	I(HN-VL)28-1	8.7978	-0.0864
7	I(BT-APD)56	8.8138	-0.0704
8	I(DN-BT)74	8.9212	0.0370
9	I(VL-HT)247A	8.9213	0.0371
	Tổng	79.9573	$\sum \delta^2 = 0.200230$
	Giá trị trung bình \bar{y}	8.8842	

$$S = \sqrt{\frac{0.20230137578}{9}} = 0.149 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}.$$

$$(y)_{\min} = 8.6321 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}; r_{\min} = 1.692; (y)_{\max} = 8.9213 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}; r_{\max} = 0.249$$

Với $q = 5\%$, $n = 9$: $\bar{r} = 2.349$. Do cả hai giá trị r_{\min} và r_{\max} đều nhỏ hơn \bar{r} , nên trong dãy các trị đo y_i trong bảng 5 không có giá trị chứa sai số thô.

Như vậy trong dãy bao gồm 89 các trị đo y_i ở bảng 2 không chứa các trị đo thô. Từ các kết quả tính toán giá trị trung bình \bar{y} từ 89 các trị đo trong bảng 2, chúng ta nhận được $\bar{y} = 8.7037 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$. Từ công thức (6) chúng ta nhận được giá trị thế trọng trường $W_0 = 62636847.296 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu. So với giá trị thế trọng trường chính thức $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$, khi nhận giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn trên lãnh thổ Việt Nam $\bar{y} = 9.785 \text{ m}.\text{s}^{-2}$, độ chênh $0.005 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ của các giá trị thế trọng trường W_0 chỉ tương ứng với sự xô dịch của các mặt đẳng thế cục bộ tại trạm nghiệm triều

Hòn Dấu ở mức nhỏ bỏ qua $\frac{0.005 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{9.785 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = 0.5 \text{ mm}$. Điều này một lần nữa xác định sự đúng đắn của giá trị thể trọng trường chính thức $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Bây giờ chúng ta kiểm tra độ cao $H_0 = \frac{\bar{W}_0 - W_0}{\bar{\gamma}_M}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu dựa trên mô hình địa hình động lực trung bình DTU10MDT tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu. Mô hình DTU10MDT do Trung tâm Vũ trụ quốc gia Đan Mạch (DNSC) thuộc Trường Đại học Tổng hợp kỹ thuật Đan Mạch (DTU) thành lập trên toàn bộ các biển và các đại dương thế giới dựa trên các dữ liệu altimetry từ các dự án vệ tinh TOPEX/POSEIDON, JASON-1, GEOSAT, GFO, ERS-1, ERS-2, ICESAT, ENVISAT trong giai đoạn từ 1993 - 2004. Giá trị MDT được xác định tại một vị trí trên các biển và các đại dương thế giới (trong hệ không phụ thuộc triều) từ mô hình DTU10MDT chính là độ cao của mặt biển trung bình tại vị trí đó so với mặt geoid toàn cầu $\bar{W}_0 = 62636856.00 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu với các tọa độ trắc địa trong hệ WGS84 B = 20°40'06".626, L = 106°48'52".208, chúng ta xác định giá trị MDT từ mô hình DTU10MDT và chuyển giá trị này từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0. Các kết quả tính toán được trình bày ở bảng 6 ở dưới đây.

Bảng 6

Tên trạm	Độ cao của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt geoid toàn cầu \overline{MDT}_n (m)	Số hiệu chỉnh chuyển từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 (m)	Giá trị \overline{MDT}_z tương ứng với geoid toàn cầu trong hệ triều 0 (m)
Hòn Dấu	0.874	0.021	0.895

Giá trị độ cao $H_0 = 0.895 \text{ m}$ được tính từ mô hình DTU10MDT chỉ chênh với giá trị chính thức $H_0 = 0.890 \text{ m}$ có 5 mm nhỏ bỏ qua. Việc tính toán từ mô hình DTU10MDT cho giá trị H_0 một cách khách quan, không phụ thuộc vào trạng thái của các điểm độ cao hạng I quốc gia cũng như các kết quả đo GPS trên các điểm này.

3. Kết luận

Các kết quả tính toán kiểm tra giá trị thể trọng trường $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ và giá trị độ cao $H_0 = 0.890 \text{ m}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu dựa trên 89 điểm độ cao hạng I và mô hình DTU10MDT một lần nữa khẳng định sự đúng đắn của các giá trị nêu trên. Trong bài báo khoa học này cũng đã luận giải sự không đổi của giá trị $H_0 = 0.890 \text{ m}$ trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam. Các giá trị nêu trên là các giá trị cơ sở để giải quyết nhiều bài toán khoa học - kỹ thuật hiện đại của trắc địa vật lý ở nước ta.

Các tác giả cảm ơn Chương trình KH&CN trọng điểm cấp Nhà nước KC-09/11-15 “Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ phục vụ quản lý biển, hải đảo và phát triển kinh tế biển” đã hỗ trợ nội dung bài báo này.○

Tài liệu tham khảo

[1]. Bursa M., Kenyon S., Kouba J., Radj K., Vatrt V., Vojtiskov., Simek J. (2002). Word

Height System specified by geopotential at tide gauge stations. IAG Symposia 124, 291-296. Springer

[2]. Bursa M., Kenyon S., Kouba J., Sima Z., Vatrt V., Vitek V. and Vojtiskova M. (2007). The geopotential value W_0 for specifying the relativistic atomic time scale and a global vertical reference system. J. of Geodesy, 81, 2, pp. 103-110.

[3]. Dennis D. McCarthy, Gerard Petit. (2004). IERS Conventions (2003). IERS Technical Note No 32. Frankfurt am Main, 2004.

[4]. 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.

[5]. Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương và nnk (2012). 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 giai đoạn 2010 - 2012. Hà Nội - 2012.

[6]. Hà Minh Hòa (2013). 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.

[7]. Hà Minh Hòa (2014). Lý thuyết và thực tiễn của Trọng lực trắc địa. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 592 trg., Hà Nội - 2014.

[8]. Nguyễn Tuấn Anh (2015). Nghiên cứu chi tiết độ cao của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu trên lãnh thổ Việt Nam. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, No25, 09/2015.

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

[10]. Tenzer R., Vatrt V. and Amos M. (2009). Realization of the World Height System in New Zealand: Preliminary Study, pp. 343 - 349. Geodesy for Planet Earth, Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, 31 August - 4 September 2009. International Association of Geodesy Symposia, Vol. 136, 2012, Steve Kenyon.○

Summary

Assoc. Prof. Dr. Sc. Hà Minh Hòa, MSc. Nguyễn Thị Thanh Hương

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

MSc. Lương Thanh Thạch, Hanoi University of Natural Resources and Environment

Checking estimation of the geopotential W_0 of the local geoid Hòn Dấu based on 89 first order benchmarks

This scientific article accomplished checking calculation of the geopotential $W_0 = 62636847.291 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ and height $H_0 = 0.890 \text{ m}$ of the Hòn Dấu local geoid corresponding with the global geoid in relation based on 89 first order benchmarks and international model of DTU10MDT. Checking results more show the confidence of abovementioned values and makes base on their using for solving modern tasks of physical geodesy in our country.○