

KẾT HỢP MÔ HÌNH TRỌNG TRƯỜNG TOÀN CẦU EGM2008 VÀ ĐO CAO GPS THỦY CHUẨN NHẪM NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA KẾT QUẢ ĐO CAO GPS

ThS. Lê Văn Hùng, ThS. Nguyễn Xuân Hòa

Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Tóm tắt: Giữa độ cao trắc địa (H) và độ cao chuẩn (h) thường chênh lệch một đại lượng (gọi là dị thường độ cao - ζ), giá trị này biến đổi không theo quy luật, phụ thuộc vào cấu trúc vật chất trong lòng Trái đất. Độ chính xác trong đo cao GPS phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác nội suy giá trị dị thường độ cao. Các nhà khoa học trên thế giới đã xây dựng được một số mô hình trọng trường, trong đó có mô hình EGM2008, tuy nhiên mô hình này vẫn chưa đáp ứng được độ chính xác trong ứng dụng đo cao GPS ở Việt Nam. Bài báo nghiên cứu kết hợp các phương pháp tính dị thường độ cao với nhau để nâng cao độ chính xác trong đo cao GPS.

Abstract: There is often a difference between geodetic height (H) and standard height (h), called height anomaly. The variation of this value does not follow a rule and depends on the inner physical structure of the Earth. The accuracy of GPS height depends primarily on the precision of interpolation of height value anomalies. Scientists around the world have built some gravity models, model EGM2008 among them, however this model has not yet satisfy the precision demand for GPS height measurement applications in Vietnam. This paper studies the method of combining calculation methods of height anomalies to improve the precision of GPS height measurements.

1. Đặt vấn đề

- Ngày nay công nghệ GPS đã và đang được ứng dụng rất phổ biến, trong trắc địa công trình sử dụng công nghệ GPS để xác định vị trí đã đạt được độ chính xác cao nhưng việc xác định độ cao thì độ chính xác chưa đạt yêu cầu.

- Mô hình EGM2008 với mật độ điểm đo trọng lực được chêm dày nên độ chính xác xác định dị thường độ cao đã được cải thiện rõ rệt, giúp việc xác định độ cao chuẩn (h) càng chính xác.

- Kết hợp các phương pháp tính dị thường độ cao với nhau có thể tận dụng được các ưu điểm và hạn chế nhược điểm của từng phương pháp.

- Phương pháp này càng tỏ ra có ưu điểm đối với những vùng có địa hình khó khăn, đồi núi, có độ cao biến đổi phức tạp, khó khăn trong việc đo cao thủy chuẩn truyền thống.

2. Cơ sở lý thuyết

Mối quan hệ giữa độ cao trắc địa (H), độ cao chính, độ cao chuẩn thể hiện qua công thức:

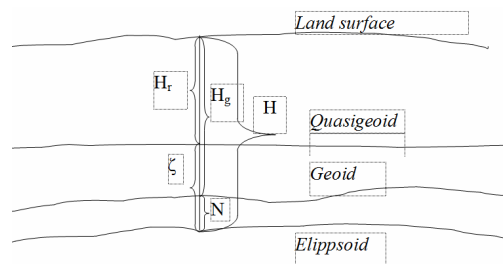
$$H = H_g + N \quad (1)$$

$$H = H_r + \zeta \quad (2)$$

Trong đó: H là độ cao trắc địa

H_g và H_r tương ứng là độ cao chính và độ cao chuẩn

N và ζ tương ứng là độ cao geoid và dị thường độ cao tại điểm đang xét.



Hình 1. Mối quan hệ giữa các hệ thống độ cao

Kết quả đo GPS cho ta tọa độ trắc địa của các điểm (B,L,H). Tuy nhiên, độ cao chuẩn (H_r hay h) mới chính là độ cao chúng ta cần quan tâm trong xây dựng. Từ công thức (2) ta có:

$$H = H_r = H - \zeta \quad (3)$$

H được xác định với độ chính xác cao, do đó độ chính xác của việc xác định độ cao độ cao chuẩn (h) chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác của dị thường độ cao (ζ).

Để xác định dị thường độ cao (ζ) thường dùng các phương pháp sau:

2.1. Phương pháp đo cao song trùng GPS thủy chuẩn

Giả sử tại các điểm i ($i = 1, \dots, n$) có đo GPS và do vậy ta có được giá trị độ cao trắc địa H_i cũng tại điểm đó, từ kết quả đo thủy chuẩn kết hợp với việc sử dụng số liệu trọng lực dọc tuyến đo ta còn biết giá trị độ cao thường h . Như vậy tại mỗi điểm i ta biết được đại lượng ζ .

Bây giờ cần xác định giá trị độ cao thường h tại điểm xét j tùy ý nằm lọt trong vùng được bao quanh bởi các điểm i với điều kiện không cần đo thủy chuẩn đến điểm j mà chỉ đo GPS đến đó. Ta thấy là do tại j có đo GPS nên ta hoàn toàn có thể biết độ cao trắc địa H_j của điểm này. Vấn đề đặt ra ở đây là phải tìm được giá trị ζ_j để từ đó sẽ xác định được h theo biểu thức :

$$h_j = H_j - \zeta_j \quad (4)$$

Với mục đích này cách giải quyết đơn giản nhất là tìm cách nội suy giá trị ζ_j từ các điểm i cho điểm j . Có nhiều phương pháp nội suy. Sau đây là một số phương pháp.

2.1.1. Mô hình hàm song tuyến tính [1]

$$\zeta_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i \quad (5)$$

Trong đó: a_i là các tham số của mô hình cần xác định

Dùng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất để giải

$$v_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i - \zeta_i^0 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

$$V = AX - \zeta^0 \quad (7)$$

Từ công thức (6) giải ra ta có: $X = (A^T A)^{-1} A^T \zeta^0 \quad (8)$

Ngoài ra có thể thêm 1 hệ số để trở thành mô hình hàm song tuyến tính tương quan [2]:

$$\zeta_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i + a_4 x_i y_i \quad (9)$$

2.1.2. Mô hình hàm đa thức bậc 2

$$\zeta_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i + a_4 x_i^2 + a_5 y_i^2 + a_6 x_i y_i \quad (10)$$

2.1.3 Mô hình hàm spline [8]

$$\begin{cases} \delta\zeta(x, y) = a_1 + a_2 x + a_3 y + \sum_{i=1}^m F_i r_i^2 \ln r_i^2 \\ \sum_{i=1}^m F_i = \sum_{i=1}^m x_i F_i = \sum_{i=1}^m y_i F_i = 0 \end{cases} \quad (11)$$

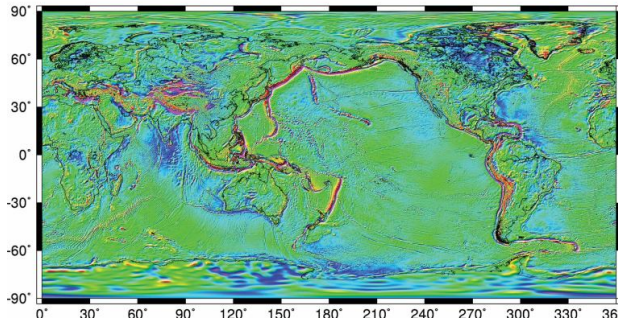
Trong đó: $r_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + \delta$, δ thường chọn bằng 1

Như vậy với m điểm song trùng, ta có $(m+3)$ phương trình để giải $(m+3)$ ẩn a_i và F_i

2.2. Phương pháp mô hình trọng lực trái đất

Mô hình trọng lực trái đất là phương pháp dùng số liệu quan trắc vệ tinh, số liệu trọng lực mặt đất, số liệu đo cao vệ tinh, các thông tin trường trọng lực, để triển khai tích phân xác định ra các hệ số điều hòa. Từ các hệ số điều hòa này tính được dị thường độ cao (ζ) tại các điểm trên mặt đất, kết hợp với độ cao trắc địa (H) đo bằng GPS sẽ xác định được độ cao chuẩn (h).

Hiện nay trên thế giới mô hình trọng trường toàn cầu thông dụng nhất là EGM96 và EGM2008. Mô hình trọng trường EGM96 đã tính chuỗi triển khai hàm điều hòa bậc 360. Mô hình trọng trường EGM2008 với mật độ điểm đo trọng lực được tăng dày đã hoàn thành chuỗi triển khai hàm điều hòa tới bậc 2159, vì vậy độ chính xác xác định độ cao đã được cải thiện rõ rệt [7].



Hình 2. Mô hình trọng lực toàn cầu EGM2008

2.3. Phương pháp kết hợp mô hình trọng trường toàn cầu và đo cao GPS thủy chuẩn

Việc xác định độ cao (\$ζ\$) có thể dùng nhiều phương pháp: đo cao GPS thủy chuẩn, phương pháp trọng lực, cải chính địa hình. Dùng phương pháp kết hợp mô hình trọng trường toàn cầu EGM2008 và đo cao GPS thủy chuẩn có thể tận dụng được ưu điểm của 2 phương pháp này [9].

Nguyên lý của phương pháp này như sau: Tại các điểm song trùng đã biết độ cao thủy chuẩn và độ cao trắc địa (H) từ đo GPS có thể tính được độ cao (\$ζ\$). Bên cạnh đó từ tọa độ trắc địa (B,L,H) dùng mô hình trọng trường toàn cầu EGM2008 tính ra được số cải chính độ cao (\$ζ_m\$) của các điểm song trùng đó. Từ đó tính được:

$$\delta\zeta = \zeta - \zeta_m \quad (12)$$

Dùng các mô hình toán học đã trình bày ở trên có thể tính được \$\delta\zeta\$ của các điểm cần xác định độ cao. Từ đó xác định được độ cao chuẩn (h) của tất cả các điểm trong mạng lưới đo GPS:

$$h = H - \zeta_m - \delta\zeta \quad (13)$$

Trong công thức (13), \$\zeta_m\$ có thể coi là số hiệu chỉnh độ cao bước sóng lớn và trung do ảnh hưởng của bề mặt trái đất biến đổi phức tạp tạo nên.

3. Tính toán thực nghiệm

Số liệu lưới thực nghiệm vùng Tây Nguyên – Nam Trung Bộ được lấy từ xí nghiệp 305 thuộc công ty Tài Nguyên Môi Trường Miền Nam, gồm 20 điểm đo GPS và đều có độ cao thủy chuẩn hạng I và hạng II nhà nước. Trong đó chọn 11 điểm làm số liệu gốc: I(BMT-APD)12, I(BMT-DT)12, I(DN-BMT)96, I(BMT-NH)17-1, I(BMT-APD)1-2, I(DN-BMT)100, II(DN-DL)2, I(DL-PT)10, II(DN-PR)14, II(DN-DL)13, I(BMT-APD)3. 9 điểm còn lại được dùng để kiểm tra. Số liệu thực nghiệm được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1. Số liệu các điểm trong lưới Tây Nguyên - Nam Trung Bộ (đơn vị: m)

STT	Tên điểm	Tọa độ VN-2000		Độ cao trắc địa (H)	Độ cao thủy chuẩn (h)	Dị thường độ cao từ EGM2008 ^(*)
		X (m)	Y (m)			
1	I(BMT-APD)12	1360012.417	782051.961	910.130	907.962	-1.159
2	I(BMT-DT)12	1361403.091	841267.418	533.791	531.386	0.975
3	I(DN-BMT)96	1446475.055	849003.672	762.892	760.658	-0.832
4	I(BMT-NH)17-1	1410672.570	907606.886	423.331	420.940	1.917

5	I(BMT-APD)1-2	1401371.968	828787.477	433.139	431.206	-0.998
6	I(DN-BMT)100	1429790.781	854468.799	683.955	681.622	-0.286
7	I(BMT-NH)11-1	1418219.709	884258.817	468.914	466.566	0.897
8	I(BMT-APD)3	1392591.306	808770.270	360.331	358.653	-1.641
9	I(BMT-APD)6	1382848.777	797647.781	582.950	581.077	-1.607
10	I(BMT-DT)4	1389832.816	844360.069	479.260	476.956	0.117
11	I(BMT-NH)9	1418608.344	873092.144	496.481	494.140	0.501
12	II(DN-DL)2	1319480.606	799449.857	595.505	593.597	0.249
13	I(DL-PT)10	1247546.937	838836.332	212.090	210.656	2.398
14	II(DL-PR)14	1309607.814	889064.062	1019.755	1016.085	4.646
15	II(DN-DL)13	1289255.200	829234.275	1034.089	1031.218	2.406
16	II(DL-PR)4	1286570.529	852437.459	774.008	770.976	3.405
17	II(DN-DL)5-1	1314414.081	818479.879	856.696	854.127	1.354
18	II(BMT-DT)20-1	1321514.425	844251.827	1115.270	1112.005	2.762
19	II(BMT-DT)14	1352299.011	839876.042	498.455	495.959	1.197
20	II(BMT-DT)25	1303020.365	866373.147	966.814	963.3346	3.993

(*) Dị thường độ cao từ EGM2008 được xác định trong hệ tọa độ quốc tế WGS84, tính từ các hệ số điều hòa, dùng chương trình HARMONIC_SYM-WGS84 với dữ liệu EGM2008_to_2190_TideFee và Zeta_To_N_2160_EGM_2008

Đánh giá độ chính xác của phương pháp:

- Sai số trung phương của mô hình với các điểm song trùng [8]:

$$\mu = \pm \sqrt{[VV]/(n-t)} \quad (14)$$

Trong đó: n là số điểm song trùng, t là số ẩn cần thiết để giải theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất, V là độ lệch của các điểm song trùng: $V_i = \zeta_i - \zeta_i^0$

- Sai số trung phương đối với các điểm kiểm tra của mô hình [8]:

$$m = \pm \sqrt{[V'V']/n} \quad (15)$$

Trong đó: n là số điểm kiểm tra, V' là độ lệch của các điểm kiểm tra: $V'_i = \zeta_i - \zeta_i^0$

Bảng 2. Sai số trung phương của các mô hình với các điểm kiểm tra (đơn vị: mm)

Phương pháp	Tuyến tính	Đa thức bậc 2	Spline
GPS Thủy chuẩn	479	331	93
EGM2008 kết hợp GPS thủy chuẩn	81	84	77

Trong trường hợp không có điểm song trùng để xác định dị thường độ cao cần dựa vào mô hình Geoid toàn cầu EGM2008. Sử dụng số cải chính dị thường độ cao từ mô hình EGM2008 và độ cao trắc địa (H) để tính ra được độ cao chuẩn sơ bộ (h) hoặc chênh cao (Δh).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường (2012), *Định vị vệ tinh*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Đặng Nam Chinh (11-2004), Thiết lập mô hình Geoid cục bộ phục vụ công tác đo cao GPS trên vùng than Cẩm Phả - Quảng Ninh. *Tuyển tập báo cáo HNKH lần thứ 16 Đại học Mỏ- Địa chất*, Hà Nội.
3. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về xây dựng lưới độ cao (2008) QCVN số 11 : 2008 của Bộ Tài nguyên môi trường
4. Jan Krynski, AdamLyszkowicz (2006), *Fitting gravimetric quasigeoid model to GPS/levelling data in Poland*, University of Warmia and Mazury, Institute of Geodesy and Cartography.
5. Khalrul A. Abdullah (1997), *Improving geoidal height estimates from global geopotential model using regression model and GPS data*. Buletin Geoinformasi. Jld. No3. ms112-118. 12/1997
6. C. Kotsakis, K. Katsambalos, D. Ampatzidis, M. Gianniou. *Evaluation of EGM08 using GPS and leveling heights in Greece*.
7. *External quality evaluation reports of EGM08*, Issue N^o 4, April 2009, International Association of Geodesy and International Gravity field service
8. 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. 武汉: 武汉大学出版社, 2008., GPS 测量原理及应用.
9. 刘晓刚, 邓禹, 叶修松, 等. 海洋测绘, 2010, EGM96与EGM2008地球重力场模型精度比较.