

XÁC ĐỊNH ĐỘ CAO ĐỈNH FANSIPAN THEO SỐ LIỆU GPS, THỦY CHUẨN, TRỌNG LỰC VÀ ĐỊA HÌNH

PHẠM HOÀNG LÂN, ĐÀO CHỈ CƯỜNG

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đỉnh Fansipan là đỉnh núi cao nhất trên dãy núi Hoàng Liên Sơn ở vùng Tây Bắc nước ta và được mệnh danh là "mái nhà Đông Dương". Độ cao so với mặt biển được xem là một trong những số liệu cơ bản về đặc điểm địa lý tự nhiên của Việt Nam, do vậy cần được xác định chính xác tới mức có thể đạt được tương ứng với khả năng và trình độ khoa học kỹ thuật của đất nước vào giai đoạn cụ thể.

Độ cao đỉnh Fansipan đã được xác định và công bố từ thời Pháp thuộc, vào năm 1909 [1]; có trị số bằng 3.142 m. Phương pháp đo đạc đã được sử dụng là đo cao bằng áp kế. Về độ chính xác tương ứng của giá trị độ cao đã nêu, chúng tôi chưa có tài liệu chính thức; còn theo suy luận của chúng tôi, sai số nằm trong khoảng 2-3 m.

Từ đó đến nay, phương pháp và phương tiện trắc địa ở nước ta đã đạt được những tiến bộ vượt bậc. Ngày nay công nghệ GPS cho phép xác định đồng thời cả 3 thành phần tọa độ với ưu thế vượt trội so với các kỹ thuật truyền thống cả về độ chính xác, quy mô đo đạc cũng như điều kiện địa lý tự nhiên giữa các điểm-xét.

Trong bài báo này chúng tôi trình bày kết quả xác định giá trị độ cao mới cho đỉnh Fansipan trên cơ sở kết hợp sử dụng số liệu GPS, thủy chuẩn, trọng lực và độ cao địa hình.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Công thức cơ bản để giải quyết bài toán vừa nêu là công thức đo cao GPS [8]:

$$h = H - \zeta \quad (1)$$

trong đó h - độ cao bình thường hay độ cao thường, H - độ cao trắc địa, ζ - độ cao quasigeoid hay dị thường độ cao (hình 1).

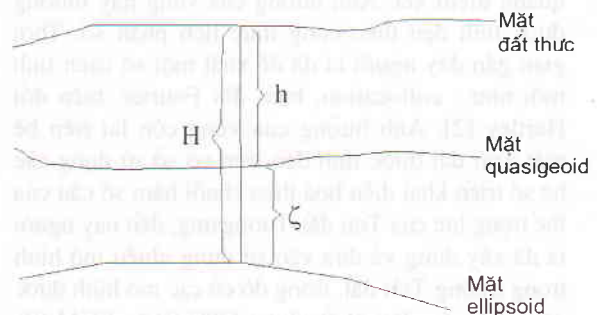
Ngày nay, các kỹ thuật quan trắc vệ tinh nhân tạo cho phép xác định H với độ chính xác rất cao. Một trong các công nghệ có liên quan đang được sử dụng ngày càng rộng rãi với hiệu quả cao là công nghệ GPS.

Đại lượng ζ có thể xác định trực tiếp thông qua số liệu trọng lực trên phạm vi toàn cầu. Nó cũng còn có thể xác định gián tiếp bằng nội suy theo cách này hay cách khác từ các điểm có giá trị ζ được rút ra trên cơ sở biết H và h theo công thức:

$$\zeta = H - h \quad (2)$$

Trên thực tế, trong nhiều trường hợp, nhất là khi độ chính xác đòi hỏi không cao, cỡ centimet và lớn hơn, người ta thường thay h bằng một giá trị gần đúng \bar{h} đo được từ số "0" độ cao quốc gia (ở Việt Nam đó là mực nước biển trung bình nhiều năm tại Hòn Dấu Hải Phòng) và gọi là độ cao thủy chuẩn.

Sau đây ta sẽ xét chi tiết hơn về cách xác định các đại lượng H và ζ .



Hình 1. Mối quan hệ giữa H , h và ζ

1. Xác định độ cao trắc địa H

Trên cơ sở quan trắc chuyển động của vệ tinh nhân tạo, có thể xác định được 3 thành phần tọa độ

vuông góc không gian X, Y, Z của điểm xét so với tâm quán tính của Trái đất cũng như 3 thành phần hiệu toạ độ vuông góc không gian $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ giữa hai điểm xét. Tương ứng ta sẽ có 3 thành phần toạ độ trắc địa B, L, H hoặc hiệu toạ độ trắc địa mặt cầu $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ gắn với ellipsoid tuỳ ý chọn trước [10].

Đến nay độ chính xác thực tế đạt được ở nhiều nước trên thế giới là cỡ centimet, thậm chí milimet (tính theo đơn vị chiều dài) [4]. Kết quả khảo sát để tính chuyển X, Y, Z thành B, L, H hay tính chuyển $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ thành $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ trình bày trong [7].

2 Xác định dị thường độ cao ζ

a) Bằng cách trực tiếp

Với mục đích này cần sử dụng số liệu dị thường trọng lực theo công thức tích phân ở dạng chính xác cao của Molodenski [11] hoặc ở dạng xấp xỉ bậc nhất nhưng vẫn có thể thoả mãn nhiều nhu cầu thực tế của Stokes [5], chẳng hạn :

$$\zeta = \frac{R}{4\pi\gamma} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} (\Delta g_B + 0,3086\bar{h}) \times S(\Psi) \sin \Psi d\Psi dA \quad (3)$$

trong đó Δg_B - dị thường trọng lực Bouguer, \bar{h} - độ cao thủy chuẩn tại điểm chạy trên bề mặt tự nhiên Trái đất với phương vị A và khoảng cách cầu Ψ tới điểm xét có ζ cần tính, R và γ - bán kính trung bình và trọng lực bình thường trung bình của Trái đất.

Trên thực tế chỉ có thể có được các giá trị Δg_B và \bar{h} với độ chính xác và mật độ cần thiết trong một vùng đủ rộng với bán kính Ψ_0 nào đó xung quanh điểm xét. Ảnh hưởng của vùng này thường được tính đến theo công thức tích phân số. Thời gian gần đây người ta đã đề xuất một số cách tính mới như : collocation, biến đổi Fourier, biến đổi Hartley [2]. Ảnh hưởng của vùng còn lại trên bề mặt Trái đất được tính đến trên cơ sở sử dụng các hệ số triển khai điều hoà theo chuỗi hàm số cầu của thế trọng lực của Trái đất. Tương ứng, đến nay người ta đã xây dựng và đưa vào sử dụng nhiều mô hình trọng trường Trái đất, trong đó có các mô hình được công bố gần đây nhất như : OSU-91A, EGM-96, GAO-98 [3].

b) Bằng cách gián tiếp

Giả sử bao quanh điểm xét tại đó cần xác định giá trị dị thường độ cao ζ có N điểm xét với các

giá trị ζ^j ($j = 1, 2, \dots, N$) đã biết, chẳng hạn dựa theo công thức (2). Khi đó giá trị ζ cần tìm có thể được nội suy từ các giá trị ζ^j theo một phương pháp thích hợp nào đó. Đã có nhiều phương pháp được đề xuất cho mục đích này, chẳng hạn phương pháp tuyến tính, đa thức bậc hai, bậc ba và các bậc cao hơn, phương pháp Collocation, Kriging, Spline [9]. Trong nhiều trường hợp thực tế có thể chỉ cần tiến hành nội suy tuyến tính hoặc spline bậc nhất là đủ. Hai phương pháp này đơn giản về mặt thuật toán và, điều này quan trọng hơn, nó đòi hỏi số lượng điểm biết trước (chúng ta sẽ gọi chúng là "điểm cứng") ở mức ít nhất. Ta sẽ xét kỹ hơn về phương pháp nội suy tuyến tính. Trong trường hợp này dị thường độ cao ζ được biểu diễn ở dạng hàm bậc nhất theo hai thành phần toạ độ của điểm xét, chẳng hạn :

$$\zeta^j = a + b.x^j + c.y^j \quad (4)$$

trong đó a, b, c - các hệ số cần tìm. Các hệ số này sẽ được xác định từ việc giải một hệ phương trình với 3 ẩn số khi số lượng "điểm cứng" là 3, hoặc theo nguyên lý bình phương nhỏ nhất, nếu số lượng "điểm cứng" nhiều hơn 3. Giá trị $\zeta^{\text{nội suy}}$ tại điểm xét với toạ độ x, y sẽ được tính ra theo biểu thức :

$$\zeta^{\text{nội suy}} = a + b.x + c.y \quad (5)$$

Dựa trên cơ sở lý thuyết sai số có thể ước tính là nếu có N "điểm cứng" phân bố cách đều nhau và cách đều điểm xét, các giá trị dị thường độ cao tại tất cả các "điểm cứng" là như nhau và bằng m_ζ thì sai số trung phương của giá trị dị thường độ cao được nội suy tuyến tính từ các "điểm cứng" sẽ bằng m_ζ / \sqrt{N} . Trong đa số trường hợp thực tế có thể lấy $N = 4$. Tương ứng ta có sai số trung phương của giá trị dị thường độ cao nội suy là $0,5 m_\zeta$.

Nếu ngoài giá trị dị thường độ cao ζ được tính theo độ cao trắc địa và độ cao thủy chuẩn ta còn có giá trị dị thường độ cao ζ_{TL} được tính theo số hiệu trọng lực và thành phần ζ_{DH} tính theo độ cao địa hình thì khi đó, thay vì ζ ta sẽ nội suy đại lượng $(\zeta - \zeta_{TL} - \zeta_{DH})$ từ các "điểm cứng" và sẽ tính được $\zeta^{\text{nội suy}}$ theo biểu thức :

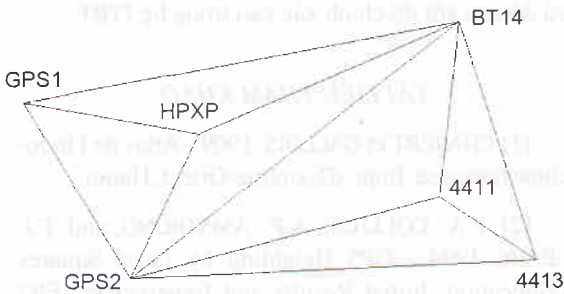
$$\zeta^{\text{nội suy}} = \zeta_{TL} + \zeta_{DH} + (\zeta - \zeta_{TL} - \zeta_{DH})^{\text{nội suy}} \quad (6)$$

III. ĐO ĐẠC, TÍNH TOÁN THỰC TẾ

Ở khu vực Fansipan đã bố trí 6 điểm, trong đó 3 điểm trực tiếp bao quanh đỉnh có độ cao cần xác

định (điểm HPXP) và tạo thành hình tam giác có cạnh dài cỡ 11 km, 18 km và 22 km (hình 2).

Tại tất cả 6 điểm đã tiến hành đo GPS tương đối bằng máy thu hai tần số loại TRIMBLE 4000 SSI với 2 ca đo (session) trong đó 1 ca đo kéo dài 2h25' vào đêm ngày 16-5-2005 bao gồm các điểm GPS1, GPS2, HPXP, BT14 và ca đo thứ hai kéo dài 2h05' vào buổi sáng ngày 18-5-2005 bao gồm các điểm GPS2, BT14, 4411, 4413. Mạng lưới GPS này được xử lý độc lập dựa vào hai điểm tọa độ mặt bằng là 4411, 4413 và một điểm độ cao là BT14, sau đó đã được kết nối thông qua việc xử lý các số liệu đo tương ứng với các trạm GPS quốc gia ở Hà Giang, Cao Bằng và Điện Biên có liên hệ với mạng lưới GPS quốc tế.



Hình 2. Vị trí các điểm đo ở khu vực Fansipan

Điểm BT14 chính là một mốc độ cao trong tuyến thủy chuẩn hạng I nhà nước. Các điểm GPS1 và GPS2 được dẫn độ cao từ mốc thủy chuẩn hạng I khác bằng thủy chuẩn kỹ thuật hai chiều với chiều dài tuyến đo tương ứng bằng 1,4 km và 12,6 km. Tọa độ, độ cao trắc địa trong hệ ITRF và độ cao thủy chuẩn của các điểm có liên quan đến việc xác định độ cao của đỉnh Fansipan trong bảng 1.

Trên thực tế chúng ta đã có các giá trị dị thường trọng lực được xử lý từ số liệu tương ứng trên lãnh thổ Việt Nam và cho theo các ô chuẩn $5' \times 5'$ trong phạm vi bán kính cỡ 300 km xung quanh mỗi điểm xét. Các giá trị dị thường trọng lực trong phạm vi tới bán kính 1.000 km được cho theo các ô chuẩn $1^\circ \times 1^\circ$. Các hệ số triển khai điều hoà của thể trọng trường Trái đất được lấy tới bậc $n = 36$. Thêm vào đó chúng ta còn có các giá trị độ cao địa hình được cho theo các ô chuẩn $5' \times 5'$ thuộc lãnh thổ Việt Nam [6]. Bộ số liệu này gọi là mô hình HN-94. Chúng tôi đã sử dụng chương trình GEOID và bộ số liệu nói trên để tính dị thường độ cao trọng lực và dị thường độ cao do ảnh hưởng địa hình. Kết quả tính toán nêu trong bảng 1.

Với các số liệu đã cho chúng tôi sử dụng công thức đo cao GPS trên cơ sở nội suy dị thường độ cao bằng hàm tuyến tính và nội suy bằng spline theo 3 phương án :

Bảng 1. Dị thường độ cao trọng lực và dị thường độ cao do ảnh hưởng địa hình

Tên điểm	B	L	H (m)	\bar{h} (m)	ζ_{GPS-TC} (m)	ζ_{TL} (m)	ζ_{DH} (m)
BT 14	22° 21' 2	103° 51' 4	1.325,790	1.355,908	-30,118	-33,003	2,441
GPS 1	22° 19' 1	103° 38' 7	612,634	643,398	-30,764	-33,491	2,496
GPS 2	22° 14' 8	103° 42' 9	620,414	651,061	-30,647	-33,277	2,473
HPXP	22° 18' 2	103° 46' 4	3.116,919			-33,175	2,463

- Phương án 1 : chỉ sử dụng dị thường độ cao tính từ độ cao trắc địa và độ cao thủy chuẩn (ζ_{GPS-TC}).

- Phương án 2 : sử dụng thêm dị thường độ cao trọng lực (ζ_{TL}).

- Phương án 3 : sử dụng thêm cả dị thường độ cao trọng lực (ζ_{TL}) và dị thường độ cao (ζ_{DH}) do địa hình gây ra.

Kết quả xác định độ cao thủy chuẩn của đỉnh Fansipan cho trong bảng 2. Để so sánh, chúng tôi có xét thêm trường hợp tính trực tiếp dị thường độ cao trọng lực theo mô hình HN-94 cũng như theo mô hình EGM-96 ; kết quả xem hàng cuối cùng bảng 2.

Từ số liệu nêu trong các bảng trên có thể nhận thấy dị thường độ cao do ảnh hưởng của dị thường trọng lực cũng như do ảnh hưởng của địa hình đều biến đổi khá đều trong khu vực Fansipan. Chính vì vậy ảnh hưởng của chúng đến kết quả nội suy dị thường độ cao từ các "điểm cứng" BT 14, GPS1 và GPS2 cho điểm Fansipan và tương ứng đến kết quả xác định độ cao thủy chuẩn của đỉnh Fansipan là rất nhỏ. Kết quả nội suy dị thường độ cao theo phương pháp tuyến tính và theo spline là như nhau. Giá trị độ cao thủy chuẩn được xác định trên cơ sở tính trực tiếp dị thường độ cao theo mô hình HN-94 và theo mô hình EGM-96 chênh nhau khoảng 0,3 m. Độ cao xác định trên cơ sở nội suy dị thường

Bảng 2. Độ cao thủy chuẩn của đỉnh Fansipan

Loại dị thường độ cao được sử dụng	Cách xác định dị thường độ cao			
	Nội suy tuyến tính	Nội suy theo spline	Tính trực tiếp theo mô hình HN-94	Tính trực tiếp theo mô hình EGM-96
ζ_{GPS} thủy chuẩn	3.147,332 m	3.147,332 m		
ζ_{GPS} thủy chuẩn có tính thêm ζ_{TL}	3.147,334 m	3.147,334 m		
ζ_{GPS} thủy chuẩn có tính thêm ζ_{TL} và ζ_{DH}	3.147,332 m	3.147,332 m		
ζ_{TL}			3147,632 m	3147.290 m

độ cao nằm trong khoảng giữa 2 giá trị độ cao tính trực tiếp theo mô hình.

Bây giờ ta hãy đánh giá độ chính xác của giá trị độ cao thủy chuẩn của đỉnh Fansipan xác định từ kết quả đo cao GPS. Như đã nói tới ở phần trên, độ cao thủy chuẩn của các điểm GPS1 và GPS2 nhận được bằng cách đo thủy chuẩn kỹ thuật từ mốc độ cao thủy chuẩn hạng I. Sai số của chúng tương ứng bằng :

$$m_{h(GPS1)} = 50 \text{ mm} \sqrt{1,4} = 59,2 \text{ mm}$$

$$m_{h(GPS2)} = 50 \text{ mm} \sqrt{12,6} = 177,5 \text{ mm}$$

Vì điểm BT14 là mốc thủy chuẩn hạng 1 nên ta có thể coi $m_{h(BT14)} = 0$.

Theo kết quả đánh giá độ chính xác của độ cao trắc địa trong lưới GPS ở khu vực Fansipan thì $m_{H(GPS1)} = 3,3 \text{ mm}$, $m_{H(GPS2)} = 2,4 \text{ mm}$, $m_{H(BT14)} = 2,6 \text{ mm}$, $m_{H(HPXI^2)} = 3,0 \text{ mm}$. Do vậy sai số xác định dị thường độ cao ζ_{GPS-TC} tương ứng bằng : 59,3 mm (đối với điểm GPS1), 177,5 mm (đối với điểm GPS2), 2,6 mm (đối với điểm BT14). Sai số của giá trị dị thường độ cao nội suy sẽ bằng 108,1 mm. Cuối cùng sai số độ cao thủy chuẩn của đỉnh Fansipan sẽ là 108,14 mm .

KẾT LUẬN

Trên cơ sở đo cao GPS với các số liệu thực tế về độ cao trắc địa, độ cao thủy chuẩn, số liệu trọng lực và số liệu địa hình ở nước ta chúng tôi đã nhận được giá trị độ cao mới cho đỉnh Fansipan là 3.147,3 m. Sai số trung phương của giá trị độ cao này là 0,1m. Chúng tôi hy vọng là các kết quả nhận được sẽ góp phần làm chính xác hoá một trong những số liệu địa lý tự nhiên cơ bản của nước ta.

Lời cảm ơn : Các tác giả xin cảm ơn Cục Bản đồ Bộ Tổng tham mưu đã cung cấp các số liệu đo

GPS và đo thủy chuẩn ở vùng Fansipan sử dụng trong bài báo này, đồng thời cảm ơn Ks Phan Ngọc Mai, Cục Đo đạc Bản đồ Bộ Tài nguyên Môi trường đã hỗ trợ xử lý kết nối số liệu đo GPS ở vùng Fansipan với các điểm GPS quốc gia bằng phần mềm Bernese để thu nhận các giá trị toạ độ và độ cao với độ chính xác cao trong hệ ITRF.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] CHABERT et GALLOIS, 1909 : Atlas de l'Indochine française. Impr. d'Extrême-Orient, Hanoi.

[2] P.A. COLLIER, A.P. AMSTRONG and F.J. LEAHY, 1994 : GPS Heighting by Least Squares Collocation. Initial Results and Experiences. FIG XX Congress, Comm. 5. TS 501.2, 15-29.

[3] G.V. DEMYANOV, B.V. BROVAR và nnk, 1999 : Mô hình trọng trường Trái đất của TSNIIGAiK, GAO-98. Tuyển tập khoa học kỹ thuật về Trắc địa, Đo vẽ ảnh hàng không Vũ trụ và Bản đồ, Trắc địa Vật lý, TSNIIGAiK, Moskva, 88-116 (Nga văn).

[4] A.A GENIKE, VU VAN DONG, 2004 : Đặc điểm xây dựng các mạng lưới trắc địa cục bộ bằng các phương pháp vệ tinh. Hội nghị khoa học kỹ thuật quốc tế nhân kỷ niệm 225 năm thành lập trường ĐH Trắc địa, Đo vẽ ảnh hàng không và Bản đồ Moskva, 212-217 (Nga văn).

[5] PHẠM HOÀNG LÂN, 1973 : Giáo trình Trọng lực trắc địa. ĐH Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 460 tr.

[6] PHẠM HOÀNG LÂN, 1991 : Xác lập mặt khởi tính độ cao quốc gia trên lãnh hải ven bờ của nước CHXHCN Việt Nam. Đề tài nhà nước 46A-01-03 (1990-1991). ĐH Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

[7] PHẠM HOÀNG LÂN, 1993 : Vấn đề tính chuyển kết quả đo GPS. Tạp chí Trắc địa Bản đồ. Cục Đo đạc Bản đồ nhà nước, Hà Nội, 1, 1-8.

[8] PHẠM HOÀNG LÂN, 1996 : Công nghệ GPS. Bài giảng cho Cao học ngành Trắc địa. ĐH Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 48 trang.

[9] PHẠM HOÀNG LÂN, BÙI KHẮC LUYÊN, 2005 : Đánh giá một số phương pháp nội suy địa thường độ cao trên mô hình. Tạp chí Các khoa học về Trái đất. T. 27, 1, 32-36. Hà Nội.

[10] V.P. MOROZOV, 1979 : Giáo trình Trắc địa mặt cầu. Nxb Nedra, 294 tr. (Nga văn).

[11] L.V OGORODOVA, B.P. SHIMBIREV, A.P. YUZEFOVICH, 1978 : Đo trọng lực. Nxb Nedra, 324 tr. (Nga văn).

SUMMARY

Determination of Fansipan Peak's Altitude by using of GPS, Nivellement, Gravity and Topography Data

Based on GPS levelling technology and using GPS, Nivellement, Gravity and Topography Data the authors have determined new value of Fansipan Peak's Altitude. The new Altitude is 3147.3 m and has been defined with the accuracy of 0.1 m while the old value received mainly by use of barometer in the French colonization time and published first in 1909 is 3142 m without any reliable information about its determination error.

Ngày nhận bài : 7-9-2006

Đại học Mỏ - Địa chất,
Cục Bản đồ Bộ Tổng tham mưu