

GIẢI PHÁP HIỆU CHỈNH TỌA ĐỘ VÀ ĐỘ CAO ĐIỂM CHI TIẾT TRÊN BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN THÀNH LẬP TỪ CÔNG NGHỆ KẾT HỢP GNSS/CORS VÀ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ

HOÀNG THỊ THỦY

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt:

Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn có thể được thành lập từ phương pháp toàn đạc điện tử hoặc công nghệ GNSS/CORS. Mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng riêng. Sự kết hợp hai loại hình công nghệ nêu trên trong đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn là giải pháp tối ưu tận dụng điểm mạnh về hiệu quả kinh tế của GNSS/CORS và độ chính xác, độ tin cậy cao của toàn đạc điện tử. Bài báo trình bày giải pháp công nghệ và đề xuất mô-đun chương trình hiệu chỉnh vị trí mặt bằng và độ cao của điểm chi tiết nhằm nâng cao độ chính xác trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn khi ứng dụng kết hợp công nghệ GNSS/CORS và toàn đạc điện tử.

1. Đặt vấn đề

CORS (Continuously operating Reference Station) là trạm tham chiếu GNSS vận hành liên tục, cố định, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ, người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vị phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly vv... Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới

Từ kết quả thực nghiệm cho thấy độ chính xác đo điểm địa hình bằng công nghệ GNSS/CORS cả về mặt bằng và độ cao đạt được

từ $\pm 0,02$ m đến $\pm 0,40$ m tùy theo các điều kiện cụ thể.

Khi thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, phương pháp dùng máy toàn đạc điện tử cho kết quả có độ tin cậy cao, linh động và hiệu quả trong khu vực dân cư và khu vực phủ thực vật. Công nghệ GNSS/CORS có ưu điểm đạt kết quả nhanh và hiệu quả kinh tế trong khu vực thông thoáng, không phụ thuộc vào việc xây dựng mạng lưới khống chế. Thực tế cho thấy rằng khi thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, kết hợp công nghệ GNSS/CORS với công nghệ truyền thống (Toàn đạc điện tử) khi ghép nối sẽ bị dịch chuyển cả về mặt bằng và độ cao.

Để giải quyết nhược điểm này, chúng tôi đề xuất ứng dụng bài toán hiệu chỉnh tọa độ và độ cao để chuyển bản đồ đo được bằng công nghệ GNSS/CORS về hệ thống bản đồ đo bằng công nghệ truyền thống bằng các điểm khống chế đo vẽ có trên khu vực hoặc các điểm địa vật rõ nét. Trong trường hợp thành lập bản đồ bằng công nghệ GNSS/CORS, cần bổ xung các địa vật bị che khuất bằng máy toàn đạc điện tử, khi đó đo bổ xung các điểm chi tiết này trong hệ tọa độ và độ cao giả định, đồng thời đo đến các điểm rõ nét (Điểm được đánh dấu) của công nghệ GNSS/CORS làm cơ sở hiệu chỉnh các điểm đo

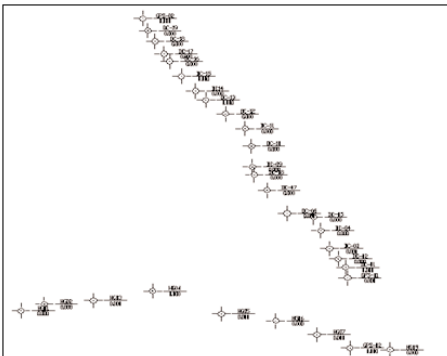
Ngày nhận bài: 22/2/2021, ngày chuyển phân biên: 25/2/2021, ngày chấp nhận phân biên: 05/3/2021, ngày chấp nhận đăng: 15/3/2021

về cùng hệ tọa độ và độ cao đo được của công nghệ GNSS/CORS.

Trong bài báo này, chúng tôi đề cập đến giải pháp nâng cao độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ GNSS/CORS và kỹ thuật ghép nối dữ liệu bản đồ đo bằng công nghệ truyền thống với công nghệ GNSS/CORS. Để thực hiện được các nội dung này chúng tôi xây dựng mô đun hiệu chỉnh bản đồ để tự động hóa công tác xử lý một cách nhanh chóng và chính xác. Mô đun thực nghiệm cho thấy kết quả ghép nối bản đồ hoàn toàn chính xác.

2. Khảo sát độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ GNSS/CORS

Đối với công nghệ GNSS/CORS, chúng tôi tiến hành khảo sát trên hai tuyến đường chuyên độ chính xác cao (tương đương với hạng II nhà nước). Tọa độ mặt bằng được đo bằng công nghệ GPS (đo tĩnh, máy 2 tần số). Độ cao được xác định bằng thủy chuẩn hình học hạng II Nhà nước (máy Ni 004). Tại mỗi điểm tiến hành đo bằng công nghệ GNSS/CORS theo 2 hệ thống CORS khác nhau: Phương pháp trạm CORS đơn (dùng 1 trạm CORS) và phương pháp trạm tham chiếu ảo VRS (Hình 1).



Hình 1: Sơ đồ lưới khống chế đường chuyên Hạng II

Từ kết quả đo, tiến hành đánh giá độ chính xác theo công thức sai số thực khi so sánh trị đo với giá trị tọa độ của lưới khống chế được coi là trị thực. Kết quả cụ thể nêu trong Bảng 1.

Phân tích về lý thuyết và kết quả thực nghiệm cho thấy độ chính xác vị trí mặt bằng và độ cao

các điểm đo bằng công nghệ GNSS phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Đối với công nghệ GNSS/CORS, ngoài việc độ chính xác các điểm đo phụ thuộc các yếu tố cơ bản như đã nêu còn ảnh hưởng bởi độ chính xác tọa độ các trạm CORS và khoảng cách giữa trạm CORS với điểm đo. Để nâng cao độ chính xác chúng ta đã ứng dụng phương pháp trạm tham chiếu ảo (VRS). Tuy vậy độ chính xác cũng biến động nhiều. Về mặt bằng độ chính xác đến ± 11 cm, độ cao đến ± 37 cm đối với phương pháp VRS. Trường hợp trạm CORS đơn, phụ thuộc nhiều vào khoảng cách giữa trạm CORS với điểm đo, độ chính xác mặt bằng đến ± 45 cm và độ cao đến ± 26 cm. Để phân tích rõ hơn, chúng tôi tiến hành đánh giá độ chính xác tương hỗ giữa 2 điểm dựa vào chênh lệch khoảng cách, phương vị và chênh cao so với các điểm gốc. Kết quả cho thấy độ chính xác về mặt bằng dưới $1/5.000$ chiếm 10%, từ $1/5.000$ đến $1/10.000$ chiếm 20% và trên $1/10.000$ chiếm 70% , về độ cao hiệu chênh cao giữa 2 điểm dưới 2 cm chiếm 20% m độ chính xác tương đương nhau đối với 2 phương pháp trạm CORS đơn và VRS (Bảng 1). Với kết quả này, chúng tôi độ sai số các điểm đo không mang tính hệ thống.

3. Giải pháp nâng cao độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ GNSS/CORS

Để nâng cao độ chính xác trong thành lập bản đồ địa hình bằng công nghệ RTK (CORS), chúng tôi đề xuất: Về mặt bằng sử dụng bài toán biến đổi tọa độ phẳng trên cơ sở các điểm kiểm tra có tọa độ với độ chính xác cao và có xét đến trọng số tỷ lệ nghịch với khoảng cách trong bài toán. Về độ cao xây dựng mô hình bề mặt số hiệu chỉnh độ cao hàm bậc 2 hoặc bậc 3, có xét đến trọng số tỷ lệ nghịch với khoảng cách từ điểm kiểm tra đến các điểm đo [1].

3.1. Hiệu chỉnh tọa độ mặt bằng

Bài toán biến đổi tọa độ phẳng được thực hiện trong phạm vi hẹp theo công thức bao gồm:

a. Phép biến đổi đa thức bậc 2

$$x' = a_1 + b_1 \cdot x + c_1 \cdot y + d_1 \cdot x^2 + e_1 \cdot y^2 + g_1 \cdot xy$$

Bảng 1: Kết quả tổng hợp độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ GNSS/CORS

Thông tin	Phương pháp đo	
	VRS	CORS đơn
Sai số tọa độ mặt bằng và độ cao	(m)	(m)
m_x	± 0.081	± 0.186
m_y	± 0.074	± 0.411
m_z	± 0.110	± 0.451
m_h	± 0.370	± 0.261
Sai số tương hỗ vị trí điểm	(%)	(%)
Nhỏ hơn 1/ 1.000	4 (1.58%)	3 (1.30%)
1/ 1.000 đến 1/ 5.000	33 (13.04%)	28 (12.12%)
1/ 5.000 đến 1/10.000	48 (18.97%)	26 (11.26%)
1/10.000 đến 1/20.000	30 (11.86%)	44 (19.05%)
Lớn hơn 1/20.000	138 (54.55%)	130 (56.28%)
Sai số chênh cao giữa 2 điểm	(%)	(%)
0 m - 0.001m	2 (0.79%)	4 (1.73%)
0.001m - 0.005m	12 (4.74%)	10 (4.33%)
0.005m - 0.010m	12 (4.74%)	7 (3.03%)
0.010m - 0.020m	21 (8.30%)	30 (12.99%)
> 0.020m	206 (81.42%)	180 (77.92%)

$$y' = a_2 + b_2.x + c_2.y + d_2.x^2 + e_2.y^2 + g_2.xy \quad (1)$$

b. Phép biến đổi đa thức bậc 3

$$x' = a_1 + b_1.x + c_1.y + d_1.x^2 + e_1.y^2 + g_1.xy + h_1.x^3 + k_1.y^3$$

$$y' = a_2 + b_2.x + c_2.y + d_2.x^2 + e_2.y^2 + g_2.xy + h_2.x^3 + k_2.y^3 \quad (2)$$

Đối với các điểm kiểm tra, chúng ta lập được một hệ phương trình sai số. Lập và giải phương trình chuẩn theo bài toán bình sai gián tiếp:

$$V = AX + L; NX + B = 0; N = A^T P A;$$

$$B = A^T P L; X = -N^{-1} B; P = 1/S \text{ hoặc } P = 1/S^2$$

Kết quả chúng ta có được các hệ số biến đổi. Việc chọn các hệ số biến đổi sẽ phụ thuộc vào các điểm kiểm tra và diện tích khu đo.

Trong bài toán hiệu chỉnh tọa độ các điểm đo RTK (CORS), như đã phân tích sai số các điểm không mang tính hệ thống, vì vậy với mỗi điểm khi hiệu chỉnh chúng ta xác định lại các hệ số với các phương trình số hiệu chỉnh có trọng số P tỷ lệ nghịch với khoảng cách hoặc bình phương khoảng cách từ điểm đó đến điểm kiểm tra. Tính toán thực nghiệm thấy rằng, với việc áp dụng

trọng số nêu trên cho kết quả hiệu chỉnh có độ tin cậy cao hơn.

3.2. Hiệu chỉnh độ cao điểm địa hình

Công nghệ đo GPS cho ta độ cao trắc địa (HTĐ) so với mặt Ellipsoid có độ chính xác cao, nhưng thực tế chúng ta cần sử dụng giá trị độ cao thủy chuẩn (H) so với mặt Geoid. Do đó, vấn đề đặt ra là cần phải tính chuyển độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn. Từ các mô hình Geoid toàn cầu như OSU91A, EGM-96, EGM2008 chúng ta tính chuyển được độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn cho các điểm. Hiện nay ở Việt Nam chưa xây dựng được mô hình Geoid chính xác cho toàn quốc, vì vậy chỉ mới đảm bảo xác định độ cao thủy chuẩn với độ chính xác phổ biến là tương đương thủy chuẩn kỹ thuật.

Để nâng cao độ chính xác đo độ cao bằng công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, chúng tôi đề xuất phương án dùng điểm độ cao có độ chính xác cao tại khu vực đo vẽ, xây dựng mô hình bề mặt hiệu chỉnh độ cao để hiệu chỉnh vào độ cao đo được bằng công nghệ GNSS/CORS.

Căn cứ vào vị trí mặt bằng (tọa độ x, y) và chênh lệch độ cao giữa độ cao đo được với giá trị độ cao chính xác trong hệ thống độ cao Nhà nước tại các điểm kiểm tra, xây dựng mô hình bề mặt tại từng điểm đo. Tùy thuộc vào số lượng điểm kiểm tra mà mô hình bề mặt hiệu chỉnh dạng bậc 1, bậc 2 hoặc bậc 3. Phương trình mô hình bề mặt hiệu chỉnh có dạng:

$$H_i = F(x_i, y_i) \quad (3)$$

Trong đó: H_i là số hiệu chỉnh độ cao tại điểm có tọa độ x_i, y_i

Phương trình mô hình bề mặt hiệu chỉnh cụ thể như sau:

Hàm bậc 2:

$$H = H_0 + Ax + By + Cx^2 + Dy^2 + Exy \quad (4)$$

Hàm bậc 3:

$$H = H_0 + Ax + By + Cx^2 + Dy^2 + Exy + Fx^3 + Gy^3 + Hx^2y + Kxy^2 \quad (5)$$

Với khu vực đo vẽ với 6 điểm kiểm tra dùng hàm bậc 2 và với 10 điểm kiểm tra dùng hàm bậc

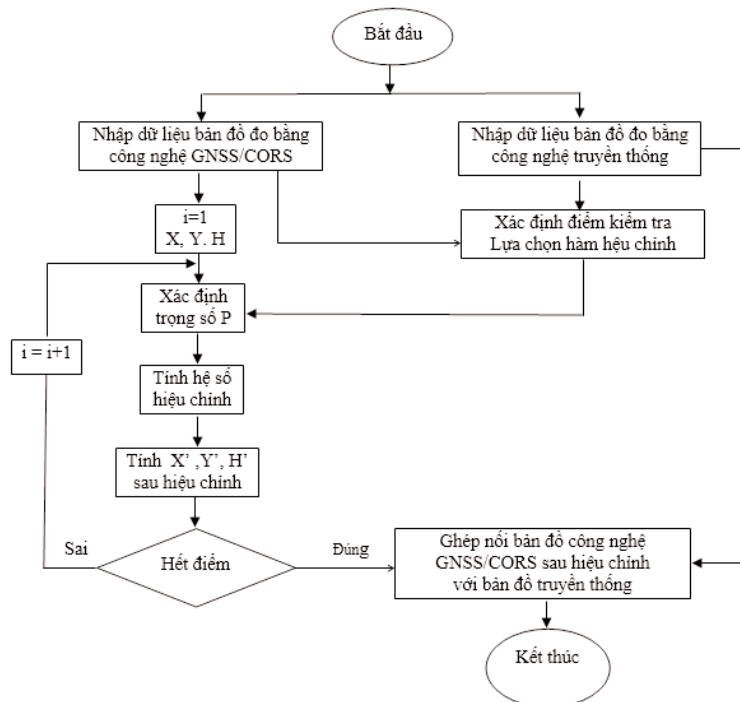
3. Khi số điểm kiểm tra lớn hơn số hệ số, áp dụng bài toán bình sai gián tiếp để tính ra các hệ số. Với mỗi điểm đo chúng ta xác định lại hệ số của mô hình với trọng số cho mỗi điểm kiểm tra tỷ lệ nghịch với khoảng cách: $P=1/S$ hoặc $P=1/S^2$

3.3. Sơ đồ quy trình thực hiện và mô đun chương trình [2].

(Xem hình 2, 3)

4. Thực nghiệm

Trên cơ sở quy trình tính toán nêu trên, thông qua mô đun chương trình được thành lập, chúng tôi tính hiệu chỉnh tọa độ và độ cao cho các điểm với các phương án lấy 4, 5, 6 và 7 điểm kiểm tra trong tổng số các điểm tọa độ và độ cao là các điểm không chế được đo để so sánh [3]. Trong đó tọa độ và độ cao các điểm không chế được coi là trị thực để đánh giá kết quả đo và hiệu chỉnh. Về mặt bằng, độ chính xác đo CORS đơn nâng lên đáng kể, từ $\pm 0,45$ (m) xuống còn $\pm 0,09$ (m) đến $\pm 0,10$ (m), phương pháp CORS (VRS) tăng ít hơn, từ 10% đến 20%. Về độ cao, từ độ chính xác $\pm 0,37$ (m) đến $\pm 0,26$ (m) đã được cải thiện



Hình 2: Sơ đồ quy trình thực hiện hiệu chỉnh và ghép nối bản đồ

đáng kể xuống $\pm 0,10$ (m) đến $\pm 0,03$ (m). Về tương hỗ vị trí điểm và hiệu chênh cao giữa các điểm. độ chính xác cũng được tăng lên từ 10% đến 20%. Kết quả tính toán được thống kê trong bảng 2. (Xem bảng 2)

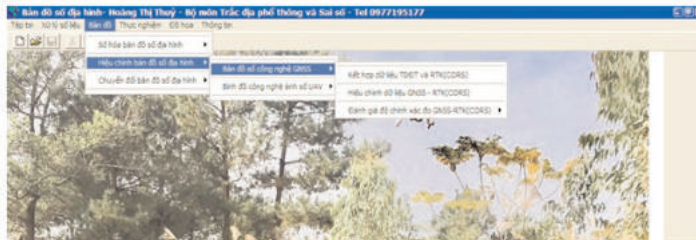
5. Kết luận

Trên cơ sở lý thuyết của công nghệ GNSS/CORS và số liệu thực nghiệm, chúng tôi đã đánh giá được độ chính xác phương pháp đo RTK(CORS). Đã đề xuất được giải pháp nâng cao độ chính xác vị trí mặt bằng và độ cao điểm chi tiết trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn ứng dụng công nghệ GNSS/CORS. Giải quyết bài toán kết hợp thành lập bản đồ tỷ lệ lớn bằng công nghệ truyền thống và công nghệ

GNSS/CORS. Kết quả nghiên cứu là mô đun chương trình tự động hiệu chỉnh vị trí mặt bằng và độ cao của điểm chi tiết nhằm nâng cao độ chính xác trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn khi ứng dụng kết hợp công nghệ GNSS/CORS và toàn đạc điện tử. Từ cơ sở lý thuyết và kết quả thực nghiệm cho thấy kết quả nghiên cứu hoàn toàn có thể ứng dụng hiệu quả trong công tác thành lập bản đồ địa hình, địa chính khi kết hợp dữ liệu do GNSS/CORS và Toàn đạc điện tử. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Hoàng Ngọc Hà (2020). Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS-GNSS. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 67-85.



Hình 3: Mô đun chương trình thực hiện hiệu chỉnh và ghép nối bản đồ

Bảng 2: Kết quả tổng hợp độ chính xác đo RTK (CORS) sau hiệu chỉnh

Thông tin	Hiệu chỉnh 4 điểm kiểm tra		Hiệu chỉnh 5 điểm kiểm tra		Hiệu chỉnh 6 điểm kiểm tra		Hiệu chỉnh 7 điểm kiểm tra	
	VRS	CORS đơn	VRS	CORS đơn	VRS	CORS đơn	VRS	CORS đơn
Sai số thực	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
m ₁	0.055	0.062	0.056	0.052	0.049	0.057	0.057	0.067
m ₂	0.087	0.070	0.069	0.068	0.067	0.070	0.103	0.072
m ₃	0.103	0.094	0.088	0.085	0.083	0.090	0.118	0.098
m ₄	0.121	0.028	0.120	0.029	0.115	0.038	0.115	0.037
Sai số tương hỗ	%	%	%	%	%	%	%	%
<1/1.000	4(1.58%)	2(0.87%)	3(1.19%)	2(0.87%)	3(1.19%)	2(0.87%)	2(0.79%)	2(0.87%)
1/1.000-1/5.000	33(13.04%)	29(12.55%)	37(14.62%)	27(11.69%)	34(13.44%)	29(12.55%)	39(15.42%)	32(13.85%)
1/5.000-1/10.000	49(19.37%)	42(18.18%)	46(18.18%)	42(18.18%)	41(16.21%)	39(16.88%)	51(20.16%)	41(17.75%)
1/10000-20000	28(11.07%)	36(15.58%)	29(11.46%)	42(18.18%)	33(13.04%)	45(19.48%)	47(18.58%)	35(15.15%)
>1/20.000	139(54.94%)	122(52.81%)	138(54.55%)	118(51.08%)	142(56.13%)	116(5.022%)	114(45.06%)	121(52.38%)
Sai số chênh cao	%	%	%	%	%	%	%	%
0 - 0.001m	11(4.35%)	10(4.33%)	5(1.98%)	11(4.76%)	3(1.19%)	9(3.90%)	5(1.98%)	7(3.03%)
0.001m-0.005m	5(1.98%)	34(14.72%)	16(6.32%)	27(11.69%)	19(7.51%)	24(10.39%)	16(6.32%)	29(12.55%)
0.005m-0.010m	19(7.51%)	26(11.26%)	19(7.51%)	32(13.85%)	20(7.91%)	21(9.09%)	27(10.67%)	19(8.23%)
0.010m-0.020m	36(14.23%)	44(19.05%)	39(15.42%)	39(16.88%)	41(16.21%)	27(11.69%)	43(17.00%)	29(12.55%)
>0.020	182(71.94%)	117(50.65%)	174(68.77%)	122(52.81%)	170(67.19%)	150(64.94%)	162(64.03%)	147(63.64%)

(Xem tiếp trang 25)