

NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC KHI ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ RTK, TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ SỐ TỶ LỆ LỚN

HOÀNG THỊ THỦY

Đại học Mở Địa Chất

Tóm tắt:

Nội dung nghiên cứu bao gồm khảo sát độ chính xác đo chi tiết thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn bằng công nghệ RTK, PPK, CORS thông qua kết quả thực nghiệm. Kết hợp đo GPS tại một số điểm khống chế cùng với đo chi tiết để nâng cao độ chính xác trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn. Xây dựng modul chương trình hiệu chỉnh tọa độ các điểm đo chi tiết dựa vào các điểm đo GPS theo bài toán biến đổi tọa độ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tính hiệu quả và đảm bảo yêu cầu độ chính xác trong công tác thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn khi sử dụng công nghệ RTK, PPK, CORS cùng với điểm đo GPS

1. Mở đầu:

Công nghệ GPS (Global Positioning System) đã được phát triển rộng khắp trong các ngành, đặc biệt trong công tác trắc địa. Việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn đem lại kết quả cao. Phương pháp đo tương đối động thời gian thực (RTK) và phương pháp đo động xử lý sau (PPK) có nhiều ưu điểm trong công tác đo vẽ thành lập bản đồ số. Công tác xây dựng lưới khống chế được giảm đáng kể. Việc đo chi tiết không đòi hỏi sự thông hướng giữa điểm khống chế với điểm chi tiết như phương pháp đo vẽ truyền thống bằng máy toàn đạc điện tử. Thời gian đo chi tiết và số nhân công ít hơn. Theo một số nghiên cứu cho thấy khi sử dụng phương pháp RTK trong đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn có thể giảm 50%-60% chi phí nhân lực, giảm tới 50% giá thành công trình. Tuy vậy RTK vẫn có những hạn chế nhất định như hạn chế về khoảng cách truyền tín hiệu liên tục từ trạm tham chiếu (trạm Base) đến trạm đo đặc (Rover). Trong khi đó, phương pháp đo động xử lý sau (PPK) có thể khắc phục vấn đề trên của phương pháp RTK. Tuy nhiên phương pháp PPK cũng có hạn chế là không kiểm soát được độ chính xác xác định vị trí tại thời điểm đo đạc và độ chính xác suy giảm khi tăng dần khoảng cách từ Base đến Rover. Trong nội dung nghiên cứu này, chúng tôi đi sâu khảo sát độ chính xác đo xác

định tọa độ các điểm chi tiết khi thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn bằng công nghệ RTK từ trạm Base và tham chiếu hoạt động liên tục Cors. Vấn đề kết hợp công nghệ đo RTK với đo tọa độ một số điểm GPS thông qua bài toán biến đổi tọa độ nhằm nâng cao độ chính xác trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn.

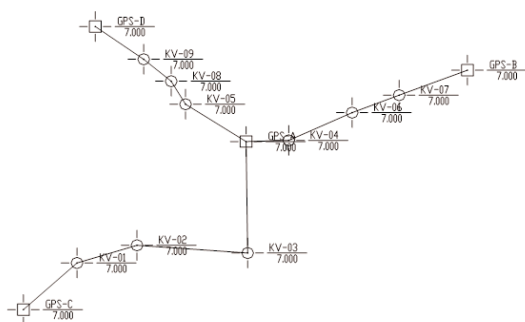
2. Khảo sát độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ RTK.

a. Phương án đo từ trạm Base:

Để xem xét độ chính xác đo chi tiết bằng công nghệ RTK, chúng tôi thành lập lưới khống chế mặt bằng 4 điểm góc và 9 điểm xác định bằng máy toàn đạc điện tử Trimble S6 và máy Trimble R7 GNSS. Độ chính xác lưới mặt bằng đo được sau bình sai đạt đường chuyên cấp 1 (*Xem Hình 1*)

Bằng phương pháp đo RTK, tiến hành đo xác định lại tọa độ các điểm khống chế, tại mỗi điểm được đo 10 lần bằng máy Trimble R7 GNSS. Như vậy tọa độ các điểm khống chế được xem là trị thực so với điểm đo RTK. Áp dụng phương pháp đánh giá độ chính xác kết quả đo theo sai số thực theo công thức Bessen khi đo nhiều lần một đại lượng tại từng điểm khống chế và tổng hợp toàn lưới [1]. Các kết quả nêu ở bảng 1. (*Xem Bảng 1*)

Ngày nhận bài: 02/11/2018, ngày chuyển phản biện: 07/11/2018, ngày chấp nhận phản biện: 15/11/2018, ngày chấp nhận đăng: 20/11/2018



Hình 1: Sơ đồ lưới khống chế đường chuyên cấp 1

Để kiểm chứng độ chính xác kết quả đo RTK, chúng tôi bố trí đo chi tiết thành lập bản đồ số địa hình tại khu vực công viên Hòa Bình. Các điểm chi tiết được đo hai lần bằng máy toàn đạc điện tử và công nghệ RTK. Bằng công thức đánh giá độ chính xác dãy kết quả trị đo kép [1], chúng tôi có được kết quả nêu ở bảng 2. Độ chính xác vị trí điểm chi tiết về mặt bằng và độ cao đạt 4 cm. (Xem Bảng 2)

b. Phương án đo từ trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS:

Hiện nay công nghệ RTK ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS đang được ứng dụng nhiều trong thực tế sản xuất. Để phân tích độ chính xác của phương pháp này chúng tôi tiến hành khảo sát đo lại các điểm khống chế đã có tọa độ làm trị thực tại 3 vị trí đặt trạm CORS gồm: Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Đông – Hà Nội và TP.Hải Dương. Độ chính xác nhận được như sau: (Xem Bảng 3, 4, 5)

Từ kết quả trên chúng ta thấy rằng độ chính xác xác định điểm chi tiết từ các trạm Cors phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm đo đến vị trí trạm Cors. Khoảng cách đo chi tiết tốt nhất giữa trạm Cors và Rove nhỏ hơn 10 km.

3. Kết hợp công nghệ RTK với đo GPS

Do đặc điểm của công nghệ RTK, độ chính xác các điểm đo phụ thuộc vào độ chính xác điểm trạm Base và khoảng cách giữ trạm Base và Rove. Công nghệ RTK khi đo vẽ bản đồ khu vực có địa vật che khuất sẽ không thực hiện được. Đối với khu vực có cây tán lớn, các công trình xây dựng... che khuất, số lượng điểm chi

Bảng 1: Đánh giá độ chính xác đo RTK

Tên điểm kiểm tra	Đánh giá theo công thức sai số thực			Đánh giá theo công thức Bessen		
	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$
GPS-A	0.01282	0.01947	0.02331	0.00084	0.00182	0.00200
GPS-B	0.03561	0.03435	0.04948	0.00089	0.00356	0.00367
.....						
KV-2	0.03883	0.02465	0.04599	0.00164	0.00167	0.00235
KV-8	0.02232	0.02046	0.03028	0.00259	0.00485	0.00550
KV-9	0.00261	0.02656	0.02669	0.00292	0.00329	0.00439
Tổng hợp Toàn lưới	0.02467	0.02064	0.03217	0.00203	0.00354	0.00420

Bảng 2: Độ chính xác đo RTK theo công thức trị đo kép

TT	Tọa độ điểm chi tiết (RTK)			Hiệu tọa độ giữa hai phương pháp			
	X	Y	H	dx	dy	dd	dh
1	2330107.532	581618.369	6.210	-0.135	0.077	0.155	-0.140
2	2330107.532	581618.369	6.210	-0.133	0.077	0.154	-0.150
3	2330107.532	581618.372	6.210	-0.135	0.080	0.157	-0.140
.....							
169	2330107.287	581637.208	6.210	-0.130	0.046	0.138	-0.140
170	2330107.642	581657.425	6.230	-0.142	0.070	0.158	-0.160
171	2330107.642	581657.425	6.230	-0.116	0.060	0.131	-0.110
$m = \text{spr}([dd]/2n)$				0.032	0.022	0.039	0.045

Bảng 3: Đánh giá độ chính xác đo RTK- trạm Cors Trường Mỏ-Địa chất (3 km)

Điểm kiểm tra	Đánh giá theo công thức sai số thực				Đánh giá theo công thức Bessen			
	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$
GPS-A	0.0119	0.0250	0.0281	0.0168	0.0016	0.0023	0.0028	0.0149
GPS-B	0.0334	0.0404	0.0526	0.0117	0.0036	0.0041	0.0054	0.0080
GPS-C	0.0284	0.0358	0.0465	0.0055	0.0034	0.0026	0.0043	0.0091
GPS-D	0.0301	0.0360	0.0470	0.0102	0.0021	0.0031	0.0037	0.0055
T.Bình	0.0260	0.0343	0.0436	0.0111	0.0027	0.0030	0.0041	0.0094

Bảng 4: Đánh giá độ chính xác đo RTK- trạm Cors Hà Đông – TP Hà Nội (15 km)

Điểm kiểm tra	Đánh giá theo công thức sai số thực				Đánh giá theo công thức Bessen			
	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$
GPS-A	0.0484	0.0624	0.0790	0.0630	0.0205	0.0237	0.0314	0.0705
GPS-B	0.0884	0.0701	0.1128	0.0400	0.0070	0.0205	0.0217	0.1106
GPS-C	0.0764	0.0522	0.0926	0.0872	0.0509	0.0205	0.0549	0.1011
GPS-D	0.1024	0.0968	0.1409	0.0881	0.0837	0.0712	0.1098	0.0853
T.Bình	0.0789	0.0704	0.1063	0.0696	0.0405	0.0340	0.0545	0.0919

Bảng 5: Đánh giá độ chính xác đo RTK- trạm Cors TP Hải Dương (60 km)

Điểm kiểm tra	Đánh giá theo công thức sai số thực				Đánh giá theo công thức Bessen			
	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$	$m_{x(m)}$	$m_{y(m)}$	$m_{d(m)}$	$m_{H(m)}$
GPS-A	0.2742	0.2188	0.3508	0.8948	0.0152	0.0082	0.0173	0.0102
GPS-B	0.2336	0.1404	0.2772	0.5636	0.0044	0.0050	0.0067	0.5165
GPS-C	0.3070	0.1980	0.3704	0.6419	0.0041	0.0113	0.0120	0.0571
GPS-D	0.1174	0.0451	0.1258	0.1879	0.0205	0.0292	0.0357	0.0678
T.Bình	0.2331	0.1506	0.2811	0.5721	0.0111	0.0134	0.0179	0.1629

tiết đo được bằng RTK chỉ đạt 50-80%. do vậy chúng ta phải dùng máy toàn đạc điện tử đo bổ xung các điểm còn lại. Thay cho việc xây dựng lưới khống chế đo vẽ để đo bổ xung các điểm chi tiết rải rác trên toàn bộ khu vực đo, chúng tôi đề xuất thực hiện nâng cao độ chính xác điểm đo RTK làm điểm trạm đo, đặt máy toàn đạc điện tử đo bổ xung các điểm chi tiết còn lại.

Để nâng cao độ chính xác điểm đo RTK, chúng ta bố trí đo một số điểm đã xác định bằng công nghệ RTK bằng phương pháp GPS tĩnh. Các điểm này có tọa độ từ công nghệ RTK và GPS được gọi là điểm song trùng. Thông qua bài toán biến đổi tọa độ trên mặt phẳng gồm: phép biến đổi Affine, Helmert, Biến đổi Đa thức [2], [3]. Các công thức biến đổi gồm:

a - Phép biến đổi Affine.

$$x_2 = ax_1 + by_1 + c$$

$$y_2 = dx_1 + ey_1 + g \tag{1}$$

b - Phép biến đổi Helmert.

$$x_2 = x_0 + ax_1 - by_1$$

$$y_2 = y_0 + bx_1 + ay_1 \tag{2}$$

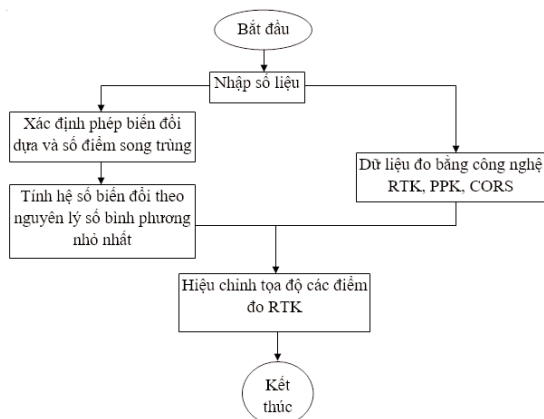
c - Phép biến đổi đa thức bậc 2.

$$x_2 = a_1 + b_1x_1 + c_1y_1 + d_1x_1^2 + e_1y_1^2 + g_1 x_1y_1$$

$$y_2 = a_2 + b_2x_1 + c_2y_1 + d_2x_1^2 + e_2y_1^2 + g_2 x_1y_1 \tag{3}$$

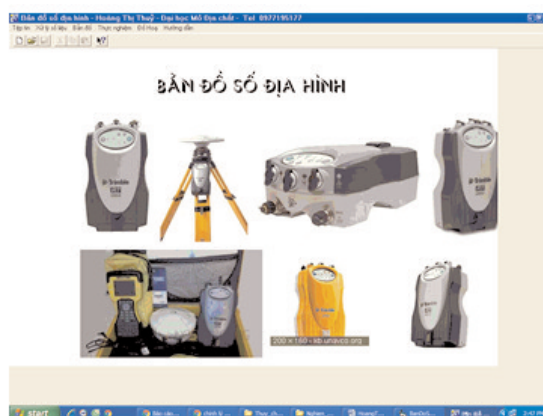
Tùy theo số điểm có tọa độ song trùng, modul chương trình tự động xác định các hệ số biến đổi

và tính lại tọa độ đo bằng RTK được hiệu chỉnh dựa vào tọa độ GPS. Sơ đồ khối và modul chương trình được nêu trong hình 2 và hình 3.



Hình 2: Sơ đồ khối chương trình

Qua kết quả tính toán thực nghiệm cho thấy độ chính xác các điểm đo RTK được hiệu chỉnh dựa vào các điểm song trùng đã nâng cao độ chính xác. Với số điểm song trùng từ 3 đến 5 điểm, độ chính xác vị trí điểm (m_d) đạt được từ 1 cm đến 4 cm. Các kết quả tính toán được mô tả dưới đây:



Hình 3: Modul chương trình

a- Tọa độ các điểm song trùng

- 1) GPS_D 2330690.979 581501.413 8.404
2330690.911 581501.458 8.404
- 2) GPS_A 2330384.912 581883.385 6.735
2330384.804 581883.443 6.735
- 3) GPS_B 2330461.978 582152.043 7.163
2330461.889 582152.094 7.163

b- Hệ số tính chuyển

Bảng 6

Tọa độ RTK		Tọa độ sau hiệu chỉnh		Chênh lệch tọa độ RTK		Chênh lệch tọa độ sau hiệu chỉnh	
x	y	x	y	dx	dy	dx	dy
2330690.979	581501.417	2330690.909	581501.463	0.068	-0.041	-0.002	0.005
2330690.987	581501.417	2330690.917	581501.463	0.076	-0.041	0.006	0.005
2330690.985	581501.415	2330690.915	581501.461	0.074	-0.043	0.004	0.003
2330545.543	581693.705	2330545.462	581693.753	0.096	-0.033	0.015	0.015
2330545.536	581693.704	2330545.455	581693.752	0.089	-0.034	0.008	0.014
.....
2329937.896	581319.35	2329937.811	581319.373	0.08	-0.019	-0.005	0.004
23329937.896	581319.349	2329937.811	581319.372	0.08	-0.02	-0.005	0.003
2329937.897	581319.347	2329937.812	581319.37	0.081	-0.022	-0.004	0.001
2329937.898	581319.352	2329937.813	581319.375	0.082	-0.017	-0.003	0.006

Bảng 7

Đánh giá theo công thức sai số thực Tọa độ đo RTK			Đánh giá theo công thức sai số thực Tọa độ đo RTK sau hiệu chỉnh		
$m_{x(m)} = 0.085$	$m_{y(m)} = 0.045$	$m_{d(m)} = 0.076$	$m_{x(m)} = 0.051$	$m_{y(m)} = 0.028$	$m_{d(m)} = 0.047$

$$A = 1.000161231223$$

$$B = 0.000024471837$$

$$C = 2330512.534666670000$$

$$D = -0.000055222235$$

$$E = 0.999989785366$$

$$G = 581845.665000000000$$

c- Sử dụng phép biến đổi Affine

$$X2 = A * X1 + B * Y1 + C$$

$$Y2 = D * X1 + E * Y1 + G$$

d- Tọa độ các điểm đo RTK và tọa độ sau hiệu chỉnh. (Xem bảng 6)

e- Kết quả đánh giá độ chính xác. (Xem bảng 7)

4. Kết luận:

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu và thực nghiệm, chúng tôi thấy rằng việc ứng dụng công

nghệ RTK kết hợp bài toán biến đổi tọa độ dựa vào điểm đo GPS trong công tác đo đạc thành lập bản đồ số địa hình, địa chính tỷ lệ lớn hoàn toàn đảm bảo độ chính xác yêu cầu theo quy định, đạt hiệu quả kinh tế cao. Modul chương trình tự động xác định các hệ số biến đổi và tính chuyển tọa độ đo RTK có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. ○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu. 1999. Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội

[2]. Hoàng Ngọc Hà. 2001. Tính toán trắc địa và cơ sở dữ liệu. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội

[3]. Đinh Công Hòa. 2011. Lập trình bài toán trắc địa cơ sở. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội. ○

Summary

Improvement of accuracy of RTK-measured coordinates for large scale mapping

Hoang Thi Thuy

Hanoi University of Mining and Geology

This study assessed accuracy of RTK for large scale mapping. In order to improve the accuracy of the map for mining tasks, RTK was integrated with statistic GPS. A programmed module was created to adjust RTK-measured coordinates based on statistic-GPS coordinates and by transforming the coordinates. The results showed that the integration of RTK and statistic GPS meets the accuracy and efficiency requirements the large scale mapping. ○