

KIỂM TRA ĐỘ TIN CẬY LƯỚI GPS CẠNH NGẮN BẰNG CÁC TRỊ ĐO BỔ SUNG

NGUYỄN THÁI CHINH, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Kiểm tra chất lượng lưới là điều bắt buộc trong quy trình xây dựng lưới bằng công nghệ GPS. Bài báo đưa ra một phương pháp để kiểm tra độ tin cậy của lưới GPS sử dụng các trị đo bổ sung là các khoảng cách ngang được đo bằng máy toàn đạc điện tử dựa trên cơ sở lý thuyết quy chuyển trị đo khoảng cách. Sau khi kiểm tra, đánh giá chất lượng lưới, các trị đo bổ sung được sử dụng để bình sai kết hợp với các trị đo GPS (chỉ những trị đo đảm bảo độ tin cậy) để nâng cao độ chính xác lưới.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, công nghệ GPS đã trở nên phổ biến và được ứng dụng có hiệu quả trong rất nhiều lĩnh vực của cuộc sống. Trong công tác trắc địa, công nghệ GPS đang được ứng dụng để xây dựng mạng lưới không chế các cấp hạng. Lưới GPS với những ưu điểm nổi bật đã và đang dần thay thế các phương pháp xây dựng lưới truyền thống. Đối với các mạng lưới trắc địa công trình, với đặc điểm diện tích khu vực thi công nhỏ nên trước đây người ta thường áp dụng các phương pháp truyền thống (lưới đo góc, cạnh) để xây dựng lưới. Tuy nhiên, hiện nay thì công nghệ GPS cũng đã được ứng dụng rất nhiều để thành lập các mạng lưới GPS cạnh ngắn. Vấn đề kiểm tra độ tin cậy của mạng lưới GPS cạnh ngắn là vấn đề đáng lưu tâm trong thực tế sản xuất hiện nay.

Để kiểm tra chất lượng lưới GPS thì trước tiên ta phải đánh giá chất lượng kết quả giải cạnh dựa vào một số tiêu chí như: dạng lời giải, tỷ số phương sai ratio, sai số đo cạnh RMS, ... Sau đó, đánh giá chất lượng lưới bằng cách kiểm tra các sai số khép theo các thành phần tọa độ trong các hình đa giác khép kín, các sai số khép này phải nhỏ hơn hạn sai cho phép. Sau khi kiểm tra mạng lưới theo hai bước trên đạt yêu cầu thì các trị đo mới được chấp nhận đưa vào để bình sai. Sau khi bình sai, người ta dựa vào sai số trung phương vị trí điểm, sai số trung phương các yếu tố đặc trưng trong lưới để đánh giá về độ chính xác của mạng lưới đã đo. Trên đây là cách kiểm tra thông thường để đánh giá mức độ tin cậy của mạng lưới GPS dựa vào các

chỉ tiêu nội bộ của lưới, hay còn gọi là “tự kiểm tra”. Nếu mạng lưới đó được đo thêm các trị đo bổ sung thì ta có thể kiểm tra, đánh giá độ tin cậy của mạng lưới GPS đã đo một cách chắc chắn hơn.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Các số hiệu chỉnh quy chuyển trị đo khoảng cách

Các trị đo trắc địa đều được tiến hành trên bề mặt đất tự nhiên, trước khi xử lý số liệu ta đều phải quy chuyển chúng về một bề mặt toán học chặt chẽ. Bề mặt toán học được sử dụng để quy chuyển trị đo có thể là mặt Ellipsoid qui chiếu hay mặt phẳng. Trong thực tế, để đơn giản hoá khi tính toán, sau khi đã quy chuyển các trị đo về mặt Ellipsoid, ta thường tính chuyển tiếp các trị đo về mặt phẳng sau đó mới tiến hành xử lý số liệu trên bề mặt này. Như vậy, trình tự xử lý sẽ là chuyển trị đo từ mặt đất tự nhiên về mặt Ellipsoid thực dụng, sau đó chiếu trị đo từ mặt Ellipsoid thực dụng xuống mặt phẳng theo một loại phép chiếu bán đồ nào đó (Hệ VN-2000 quy định sử dụng phép chiếu hình trụ ngang đồng góc UTM làm lưới chiếu tọa độ phẳng của Quốc gia). Các loại trị đo khác nhau sẽ có các số hiệu chỉnh để quy chuyển trị đo khác nhau. Đối với trị đo khoảng cách, các số hiệu chỉnh để quy chuyển chúng về bề mặt tính toán thực dụng bao gồm số hiệu chỉnh độ cao (từ mặt đất về mặt Ellipsoid thực dụng) và số hiệu chỉnh chiều dài (từ mặt Ellipsoid thực dụng xuống mặt phẳng). Công thức thực dụng tính các số hiệu chỉnh đó được đưa ra trong [1] như sau:

Số hiệu chỉnh độ cao:

$$\Delta H = -\frac{H_{tb}}{R_m} \cdot S, \quad (1)$$

Số hiệu chỉnh chiều dài:

$$\Delta S = S \cdot \left[m_0 - 1 + m_0 \cdot \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \right], \quad (2)$$

trong đó: H_{tb} - độ cao trung bình của cạnh đo, R_m là bán kính trung bình của Trái đất, S - chiều dài cạnh đo, m_0 - tỷ lệ biến dạng chiều dài trên kinh tuyến trục, y_m - hoành độ trung bình của cạnh đã loại bỏ giá trị 500km.

Trên đây là các công thức tính gần đúng, áp dụng cho các cạnh đo có chiều dài ngắn. Khi cần tính với độ chính xác cao hơn thì phải áp dụng các công thức phức tạp hơn. Số hiệu chỉnh ΔH tính theo công thức (1) chỉ đáng kể khi cạnh được đo tại vùng núi có H_{tb} lớn. Còn số hiệu chỉnh chiều dài ΔS lại phụ thuộc chủ yếu vào loại múi chiếu sử dụng (m_0), chiều dài cạnh (S) và khoảng cách từ cạnh đo đến kinh tuyến trục (y_m). Đây là số hiệu chỉnh không thể bỏ qua đối với hầu hết mọi cấp hạng lưới, đặc biệt là khi ta chọn kinh tuyến trục không phù hợp.

2.2. Nguyên tắc kiểm tra chất lượng lưới GPS bằng các trị đo bổ sung

Đối với các mạng lưới trắc địa ngoài yêu cầu cao về độ chính xác, cần phải bảo đảm mức độ tin cậy của lưới, vì thế trong những trường hợp cho phép, có thể tiến hành đo kiểm tra chiều dài cạnh của lưới GPS bằng máy toàn đạc điện tử.

Trong trường hợp chưa bình sai lưới, chiều dài Baseline có thể được tính theo một trong hai công thức:

$$D' = \sqrt{dn^2 + de^2}, \quad (3)$$

$$\text{hoặc } D' = \sqrt{d_{\text{Slope}}^2 - dh^2}, \quad (4)$$

trong đó các giá trị dn , de , chiều dài cạnh nghiêng d_{Slope} và dh - các thành phần của baseline được lấy từ kết quả lời giải cạnh của lưới GPS. Với chiều dài cạnh ngắn (dưới 500m) thì chênh lệch tính D' theo hai công thức (3) và (4) là không đáng kể [2].

Nếu ta đo thêm chiều dài cạnh ngang của lưới bằng máy toàn đạc điện tử, ký hiệu là S' thì ta có thể tính chênh lệch chiều dài $\Delta = S' - D'$. Giá trị của Δ thể hiện mức độ tin cậy của lưới GPS đã đo.

Ngoài ra, các mạng lưới GPS sau khi bình sai trong hệ tọa độ địa phương sẽ có cơ sở toán học theo hệ thống tọa độ của điểm gốc được khai báo. Nếu bình sai trong hệ VN-2000 thì cơ sở toán học của các điểm trong mạng lưới sẽ là: Ellipsoid quy chiếu WGS-84, lưới chiếu UTM, kinh tuyến trục và múi chiếu do người sử dụng tự khai báo. Đây là các điểm thuộc hệ thống lưới tọa độ vuông góc phẳng và được ký hiệu là x, y . Có thể tính chiều dài cạnh từ các thành phần tọa độ này theo công thức:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}, \quad (5)$$

Giá trị D_{ij} tính theo công thức (5) - chiều dài cạnh ở trên mặt phẳng.

Nếu tiến hành đo bổ sung các trị đo khoảng cách ngang (S') bằng máy toàn đạc điện tử (trị đo trên mặt đất) thì có thể sử dụng các trị đo này để kiểm tra độ chính xác của lưới GPS bằng cách so sánh chúng với chiều dài cạnh tính theo công thức (5) có hiệu chỉnh các công thức (1) và (2) nhưng lấy ngược dấu, tức là tính:

$$S_{ij} = D_{ij} - \Delta H_{ij} - \Delta S_{ij}, \quad (6)$$

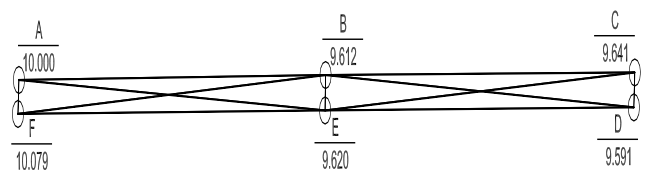
Chênh lệch $\Delta S_{ij}' = S_{ij}' - S_{ij}$ thể hiện mức độ tin cậy của lưới GPS đã đo.

Sau khi có các trị đo bổ sung, ta có thể nâng cao độ chính xác của lưới bằng cách bình sai kết hợp trị đo GPS với các trị đo bổ sung đó. Các trị đo mặt đất bổ sung sẽ được bình sai kết hợp với các trị đo GPS theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất với trọng số được xác định theo độ chính xác của các trị đo một cách hợp lý.

3. Tính thực nghiệm

3.1. Giới thiệu lưới thực nghiệm

Mạng lưới thực nghiệm được xây dựng tại khu vực Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội. Tọa độ trắc địa trung bình của khu đo là $B=21^{\circ}04'$ và $L=105^{\circ}46'$. Mạng lưới bao gồm 6 điểm được ký hiệu lần lượt là A, B, C, D, E và F. Sơ đồ mạng lưới như sau:



Mạng lưới được đo theo nguyên lý đo GPS tương đối tĩnh trong khoảng thời gian từ 14h đến 16h30 ngày 21-2-2011 bằng 1 ca đo với 6

máy thu GPS, bao gồm 4 máy thu 4600LS và 2 máy thu GB-1000. Sau khi đo đạc, tiến hành trút số liệu và xử lý tính toán bình sai theo một số phương án khác nhau. Lưới được bình sai với số liệu gốc tối thiểu là tọa độ điểm khởi tính A. Tiến hành bình sai lưới trong hệ tọa độ VN-2000 theo 4 phương án như sau:

- Phương án 1: kinh tuyến trục 105^0 , múi chiếu 3^0

- Phương án 2: kinh tuyến trục 105^0 , múi chiếu 6^0

- Phương án 3: kinh tuyến trục $105^045'$, múi chiếu 3^0

- Phương án 4: kinh tuyến trục $105^045'$, múi chiếu 6^0

Lý do chọn các phương án trên là vì kinh tuyến 105^0 đang là kinh tuyến trục được sử dụng cho bản đồ địa hình các tỷ lệ của Quốc gia

và kinh tuyến $105^045'$ là kinh tuyến trục đi qua khu đo. Múi chiếu 3^0 và 6^0 là hai loại múi đang được sử dụng phổ biến hiện nay. Điểm khởi tính A được phần mềm tự động tính đổi tọa độ theo các phương án như trên khi tiến hành bình sai.

3.2. So sánh biến dạng chiều dài tính theo các phương án

Sau bình sai, tiến hành tính chiều dài 15 cạnh của lưới từ tọa độ bình sai theo công thức (5). Áp dụng công thức (2) tính số hiệu chỉnh chiều dài cho 15 cạnh theo từng phương án, từ đó tính ngược ra chiều dài cạnh trên mặt đất (S) theo công thức (6). Do khu đo nằm ở vị trí đồng bằng, có độ cao trắc địa không lớn nên có thể bỏ qua số hiệu chỉnh độ cao. Kết quả tính S theo cả 4 phương án cho kết quả như nhau đến phần milimet và được nêu trong cột 7 bảng 1.

Bảng 1. So sánh biến dạng chiều dài tính theo các phương án

No	Cạnh	Biến dạng chiều dài ΔS (mm)				Cạnh hiệu chỉnh sau bình sai GPS S (m)
		PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	AB	-6.2	-103.3	-32.3	-129.3	323.512
2	AC	-12.3	-207.2	-64.9	-259.7	649.751
3	AD	-12.3	-206.9	-64.8	-259.4	648.893
4	AE	-6.2	-103.2	-32.3	-129.2	323.301
5	AF	-0.3	-4.8	-1.5	-6.0	15.111
6	BC	-6.1	-103.9	-32.6	-130.4	326.240
7	BD	-6.0	-103.7	-32.5	-130.1	325.591
8	BE	-0.3	-5.0	-1.6	-6.3	15.730
9	BF	-6.2	-103.7	-32.5	-129.9	325.005
10	CD	-0.3	-4.9	-1.6	-6.2	15.536
11	CE	-6.1	-104.2	-32.7	-130.8	327.160
12	CF	-12.3	-207.6	-65.0	-260.2	651.044
13	DE	-6.1	-103.8	-32.5	-130.2	325.764
14	DF	-12.3	-207.2	-64.9	-259.7	649.827
15	EF	-6.2	-103.4	-32.4	-129.5	324.063

Theo phương án 1 và 2 thì khu đo cách kinh tuyến trục khoảng 81 km. Với múi chiếu 3⁰ thì nó nằm gần sát với đường kinh tuyến chuẩn.

Kết quả tính ở cột 3 bảng 1 cho thấy với chiều dài cạnh dưới 500 m thì không cần tính số hiệu chỉnh này. Cũng từ bảng 1 cho thấy biến dạng chiều dài khi tính theo các phương án là chênh nhau đáng kể. Mạng lưới bị biến dạng chiều dài lớn nhất khi bình sai theo phương án 4, tức là sử dụng múi chiếu 6⁰ và để kinh tuyến trục đi qua khu đo.

3.3. So sánh chiều dài cạnh đo toàn đạc điện tử với chiều dài baseline

Tiến hành đo các trị đo bổ sung để kiểm tra và nâng cao độ chính xác của mạng lưới. Các trị đo bổ sung là các trị đo khoảng cách ngang của 15 cạnh trong lưới được đo bằng máy SET2C có độ chính xác đo cạnh là a=3 (mm), b=2ppm. Kết quả đo cạnh nêu trong cột 3 bảng 2.

Kết quả tính chiều dài baseline theo các công thức (3) và (4) cho trong cột 8 bảng 2. Chênh lệch chiều dài được tính trong cột 9 bảng 2.

Bảng 2. So sánh chiều dài cạnh đo toàn đạc điện tử với chiều dài baseline

No	Cạnh	Cạnh đo TĐĐT S' (m)	Cạnh đo GPS (Baseline)					$\Delta=S'-D'$ (mm)
			dn	de	Slope	dh	D' (m)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	AB	323.508	-0.603	-323.512	323.512	0.376	323.513	-5
2	AC	649.748	0.164	649.749	649.750	-0.363	649.749	-1
3	AD	648.891	-15.337	648.710	648.892	-0.414	648.891	0
4	AE	323.280	15.118	-322.947	323.301	0.393	323.301	-21
5	AF	15.107	-15.069	-1.115	15.111	0.081	15.110	-3
6	BC	326.241	-0.450	326.239	326.239	0.037	326.239	2
7	BD	325.592	-15.952	325.200	325.591	-0.009	325.591	1
8	BE	15.728	-15.721	-0.563	15.731	0.011	15.731	-3
9	BF	325.000	-15.670	-324.625	325.003	0.456	325.003	-3
10	CD	15.533	15.501	1.040	15.536	0.048	15.536	-3
11	CE	327.176	15.270	326.803	327.159	0.026	327.160	16
12	CF	651.047	15.234	650.864	651.043	-0.443	651.042	5
13	DE	325.784	-0.231	325.763	325.763	-0.018	325.763	21
14	DF	649.827	-0.267	649.825	649.826	-0.494	649.825	2
15	EF	324.043	0.049	-324.062	324.063	0.476	324.062	-19

3.4. So sánh chiều dài cạnh đo toàn đạc điện tử với chiều dài cạnh sau bình sai

Bảng 3. So sánh chiều dài cạnh đo toàn đạc điện tử với chiều dài cạnh sau bình sai

No	Cạnh	Cạnh đo TĐĐT S' (m)	Cạnh hiệu chỉnh sau bình sai GPS S (m)	Cạnh hiệu chỉnh sau bình sai kết hợp S'' (m)	$\Delta'=S'-S$ (mm)	$\Delta''=S'-S''$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	AB	323.508	323.512	323.511	-4	-3
2	AC	649.748	649.751	649.749	-3	-1
3	AD	648.891	648.893	648.891	-2	0
4	AE	323.280	323.301	323.281	-21	-1
5	AF	15.107	15.111	15.111	-4	-4
6	BC	326.241	326.240	326.239	1	2
7	BD	325.592	325.591	325.590	1	2
8	BE	15.728	15.730	15.728	-2	0
9	BF	325.000	325.005	325.004	-5	-4
10	CD	15.533	15.536	15.536	-3	-3
11	CE	327.176	327.160	327.178	16	-2
12	CF	651.047	651.044	651.042	3	5
13	DE	325.784	325.764	325.782	20	2
14	DF	649.827	649.827	649.825	0	2
15	EF	324.043	324.063	324.042	-20	1

Cột 6 bảng 3 là kết quả so sánh chênh lệch giữa chiều dài cạnh ngang đo bằng máy toàn đạc điện tử và chiều dài cạnh được tính ngược ra từ tọa độ sau bình sai lưới GPS đã được hiệu chỉnh theo công thức (6). Các kết quả này cũng rất khớp với kết quả tính ở cột 9 bảng 2. Ta có thể kiểm tra các chênh lệch này bằng cách so sánh chúng với sai số giới hạn tính theo công thức sau [2]:

$$m_{gh} = 2.5\sqrt{m_{TD}^2 + m_{GPS}^2} \quad , \quad (7)$$

trong đó m_{TD} và m_{GPS} - sai số trung phương chiều dài cạnh đo bằng TĐĐT và GPS, chúng được tính theo các công thức:

$m_{TD} = \sqrt{a^2 + (b.S')^2}$ và $m_{GPS} = \sqrt{a'^2 + (b'.S')^2}$
 với $a=3\text{mm}$, $b=2\text{ppm}$ (độ chính xác máy SET 2C); $a'=3\text{mm}$, $b'=1\text{ppm}$ (độ chính xác máy GB-1000); S' là chiều dài cạnh đo. Kết quả tính m_{gh} cho tất cả 15 cạnh đều là 11mm.

Từ kết quả so sánh cho thấy, hầu hết tất cả các cạnh của lưới đều có độ chính xác đảm bảo độ tin cậy (chênh lệch không quá $\pm 11\text{mm}$). Riêng 4 cạnh EA, EC, ED, EF có chênh lệch vượt quá giới hạn (xấp xỉ $\pm 2\text{ cm}$). Điều đó chứng tỏ điểm E khi đo GPS đã bị sai, nguyên nhân là do trong quá trình đo, máy thu GPS đặt tại điểm E đã bị lệch bọt thủy.

Từ giá trị và dấu của các chênh lệch nhận được, có thể phán đoán tọa độ thực của điểm E phải lệch về phía điểm D khoảng 2 cm.

Như vậy, sử dụng các trị đo bổ sung ta có thể kết luận 11 trên 15 cạnh của lưới GPS đảm bảo độ chính xác, điểm E đo GPS bị sai cho nên các trị đo GPS liên quan đến điểm E cần phải loại bỏ.

3.5. Bình sai kết hợp trị đo GPS và trị đo bổ sung để nâng cao độ chính xác lưới

Để nâng cao độ chính xác của mạng lưới thực nghiệm, ta cần tiến hành bình sai kết hợp các loại trị đo đã có. Điểm E khi đo GPS không đáng tin cậy cho nên các trị đo GPS có liên quan đến điểm E sẽ bị loại bỏ (bao gồm 5 baseline).

Các trị đo tham gia bình sai kết hợp bao gồm 42 trị đo GPS (có 14 baseline vì máy thu tại điểm B được bật 2 lần trong quá trình thu tín hiệu) và 15 trị đo mặt đất. Phần mềm sử dụng để bình sai kết hợp là GPSurvey 2.35. Tọa độ của các điểm theo phương án bình sai kết hợp

cho trong cột 3 bảng 4. Kết quả so sánh tọa độ của các điểm theo 2 phương án: bình sai lưới GPS và bình sai kết hợp (loại bỏ trị đo GPS của điểm E) được nêu trong bảng 4.

Kết quả tính ở cột 6 bảng 4 cho thấy tọa độ điểm E sau bình sai kết hợp đã thay đổi (chuyển dịch 2.1 cm về phía điểm D). Các điểm còn lại đều có chênh lệch tọa độ so với phương án ban đầu không nhiều.

Cũng từ tọa độ tính được ở cột 3 bảng 4, tiến hành tính ngược ra chiều dài cạnh trên mặt đất theo các công thức (2), (5) và (6), kết quả là S'' cho trong cột 5 bảng 3. Cột 7 bảng 3 là so sánh chênh lệch chiều dài cạnh vừa tính được (S'') với chiều dài cạnh ngang đo bằng máy toàn đạc điện tử (S'). So sánh cột 6 và cột 7 bảng 3 cho thấy, chiều dài cạnh trên mặt đất tính ngược từ tọa độ bình sai theo phương án bình sai kết hợp (loại bỏ trị đo GPS của điểm E) cho kết quả rất sát với các trị đo toàn đạc điện tử so với phương án chỉ bình sai lưới GPS (chênh lệch tất cả các cạnh không quá ± 5 mm).

Bảng 4. So sánh tọa độ bình sai theo hai phương án

Điểm	Bình sai GPS (m)	Bình sai kết hợp (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔP (mm)
A	2330967.527	2330967.527	Fix		
	580819.169	580819.169			
B	2330969.714	2330969.714	0	1	1
	581142.667	581142.666			
C	2330970.863	2330970.863	0	2	2
	581468.899	581468.897			
D	2330955.357	2330955.357	0	2	2
	581467.936	581467.933			
E	2330953.992	2330953.995	-2	20	21
	581142.180	581142.160			
F	2330952.452	2330952.453	0	0	0
	580818.127	580818.127			

4. Kết luận

Khi xây dựng mạng lưới GPS cho các công trình nhỏ nên chọn kinh tuyến trục sao cho đường kinh tuyến chuẩn đi qua vị trí trung bình của khu đo. Nếu sử dụng lưới chiếu UTM múi 6^0 thì nên chọn kinh tuyến trục cách khu đo khoảng 180km, với múi 3^0 thì nên chọn kinh tuyến trục cách khu đo khoảng 90km.

Kiểm tra độ tin cậy của mạng lưới GPS bằng các trị đo bổ sung là một phương pháp hiệu quả, có cơ sở lý thuyết chặt chẽ và có thể dễ dàng áp dụng trong thực tế. Các trị đo bổ sung không những giúp phát hiện các sai sót có thể có trong quá trình đo GPS, mà ta còn có thể sử dụng chúng để bình sai kết hợp giúp nâng cao độ chính xác lưới. Với mạng lưới thực nghiệm, sau bình sai kết hợp, tọa độ điểm E đã bị thay đổi 2.1 cm. Kết quả so sánh chiều dài cạnh sau bình sai kết hợp với chiều dài cạnh đo

kiểm tra bằng máy toàn đạc điện tử theo cơ sở lý thuyết đã nêu là rất phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thái Chính. Bài giảng Trắc địa mặt cầu, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- [2]. Đặng Nam Chính, Nguyễn Thanh Hà, 2009. Phân tích sai số lưới GPS cạnh ngắn có các trị đo chiều dài bằng toàn đạc điện tử, Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 27/ 7-2009.
- [3]. Vũ Văn Hạnh, Nguyễn Thị Huyền, Đinh Thị Ngọc, Nguyễn Danh Tài, 2011. Phương pháp kiểm tra, nâng cao độ chính xác lưới GPS cạnh ngắn bằng máy toàn đạc điện tử, Báo cáo Hội nghị KHSV lần thứ 24, 5/2011.
- [4]. B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, J.Collins, 1994. Global Positioning System – Theory and Practice, Third revised edition, Springer-Verlag Wien New York.

SUMMARY

Checking the reliability of short baseline GPS control network using the supplemental observations

Nguyen Thai Chinh, *University of Mining and Geology*

Checking the quality of network is mandatory in the process of establishing GPS control network. The paper introduced a method of checking the reliability of GPS control network using the supplemental observations (horizontal distances measured by total station) based on the theory of horizontal distance reduced. After checking and estimating the quality of the network, the supplemental observations will be used to combinative adjustment with GPS observations (just confident observations) to improve the accuracy of the network.