

BÀN VỀ VẤN ĐỀ THIẾT KẾ VÀ ƯỚC TÍNH ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI GPS TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

KS. BÙI HỮU TUẤN

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo trình bày các giải pháp liên quan đến thiết kế và ước tính độ chính xác mạng lưới GPS trong trắc địa công trình. Trên cơ sở đó, tác giả đã xây dựng một chương trình máy tính. Tác giả đã sử dụng chương trình này để ước tính cho một lưới cụ thể. Kết quả ước tính bằng chương trình phù hợp khá tốt với kết quả đánh giá độ chính xác sau bình sai chặt chẽ bằng nguyên lý “số bình phương nhỏ nhất”.

1. Đặt vấn đề

So với các dạng lưới khống chế truyền thống thì lưới GPS có những đặc điểm riêng, GPS được ứng dụng trong trắc địa công trình lại phải đáp ứng các yêu cầu riêng của trắc địa công trình. Vì vậy cần phải có phương pháp thích hợp để thiết kế và ước tính độ chính xác của lưới.

Việc thiết kế lưới được thực hiện theo các bước sau:

- Thiết kế sơ bộ ban đầu;
- Thử nghiệm và sửa đổi phương án;
- Cải thiện phương án để đi đến phương án hợp lý về mặt kinh tế, khả thi về mặt kỹ thuật và đáp ứng được các yêu cầu của công trình.

2. Cơ sở lý thuyết

Có 2 phương pháp ước tính độ chính xác lưới là ước tính gần đúng và ước tính chặt chẽ. Cả hai phương pháp ước tính đều có thể dựa trên cơ sở bình sai điều kiện hoặc bình sai gián tiếp. Ngày nay, các máy tính điện tử đã được sử dụng rất rộng rãi nên thường ước tính độ chính xác của lưới theo phương pháp chặt chẽ dựa trên cơ sở của bài toán bình sai gián tiếp. Lưới GPS ứng dụng trong trắc địa công trình thường cần phải ước tính độ chính xác vị trí mặt bằng điểm lưới. Trong trường hợp này, phương pháp ước tính dựa trên cơ sở bình sai gián tiếp lại càng có lợi, vì trong phương pháp bình sai này thường chọn tọa độ điểm làm ẩn số.

Vì vậy tác giả đã chọn phương pháp ước tính chặt chẽ dựa trên cơ sở bài toán bình sai gián tiếp.

Ước tính độ chính xác vị trí mặt bằng điểm lưới GPS được tiến hành theo các bước sau đây:

- Chọn ẩn số là tọa độ của các điểm lưới;
- Viết phương trình số hiệu chỉnh của các trị đo trong lưới;
- Xác định trọng số của các trị đo và lập hệ phương trình chuẩn;
- Tính ma trận nghịch đảo Q_X của ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn;
- Tính sai số trung phương của tọa độ x_i, y_i của các điểm lưới:

$$m_{x_i} = \mu \sqrt{Q_{x_i}} \quad ; \quad m_{y_i} = \mu \sqrt{Q_{y_i}} \quad (1)$$

và sai số trung phương vị trí điểm:

$$m_{P_i} = \sqrt{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2} = \mu \sqrt{Q_{x_i} + Q_{y_i}} \quad (2)$$

Trong đó: μ là sai số trung phương trọng số đơn vị đã chọn khi tính trọng số của các trị đo.

2.1. Phương trình số hiệu chỉnh của các trị đo trong lưới GPS

Trong định vị GPS, khoảng cách giả và pha sóng tải có thể được xem là đại lượng đo trực tiếp.

Trong định vị tương đối, hai máy thu đặt ở hai điểm i và k khác nhau, quan trắc đồng bộ cùng một nhóm các vệ tinh để xác định $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ (hoặc $\Delta B, \Delta L, \Delta H$) giữa hai điểm của vector đường đáy D_{ik} trong hệ tọa độ WGS-84. Như vậy, có thể xem $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ là các trị đo trong định vị tương đối.

Tất nhiên $\Delta X, \Delta Y$ và ΔZ là tương quan theo nghĩa của lý thuyết xác suất. Nhưng khi ước tính độ chính xác của lưới thiết kế, có thể xem một cách gần đúng là chúng độc lập với nhau.

Về phương diện mặt bằng, thay vì ΔX và ΔY giữa hai điểm i và k , có thể sử dụng chiều dài cạnh D_{ik} và góc phương vị α_{ik} được tính từ $\Delta X, \Delta Y$, như là các trị đo. Tất nhiên giữa D_{ik} và α_{ik} cũng tương quan theo nghĩa của lý thuyết xác suất, và cũng được xem một

cách gần đúng là chúng độc lập với nhau khi ước tính độ chính xác của lưới GPS.

$$V_{D_{ik}} = -\cos\alpha_{ik}^0 \xi_j - \sin\alpha_{ik}^0 \eta_i + \cos\alpha_{ik}^0 \xi_k + \sin\alpha_{ik}^0 \eta_k + I_{D_{ik}} \quad (3)$$

Phương trình số hiệu chỉnh góc phương vị α_{ik} được viết:

$$V_{\alpha_{ik}} = a_{ik}\xi_j + b_{ik}\eta_i - a_{ik}\xi_k - b_{ik}\eta_k + I_{\alpha_{ik}} \quad (4)$$

Trong đó:

$$a_{ik} = \frac{\rho'' \sin\alpha_{ik}^0}{D_{ik}^0}, \quad b_{ik} = -\frac{\rho'' \cos\alpha_{ik}^0}{D_{ik}^0}$$

2.2. Trọng số của các trị đo trong lưới GPS

Sai số trung phương chiều dài cạnh và sai số trung phương phương vị cạnh trong lưới GPS thường được ước tính theo các công thức có dạng tổng quát như sau:

$$\left. \begin{aligned} m_D &= \sqrt{a^2 + (bD)^2} && (mm) \\ m_\alpha &= \sqrt{a_\alpha^2 + \left(\frac{b_\alpha}{D}\right)^2} && (") \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Hoặc:

$$\left. \begin{aligned} m_D &= \sqrt{a^2 + (bD)^2} && (mm) \\ m_\alpha &= \frac{m_D}{D} \cdot \rho'' && (") \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Trong đó:

a, b - hằng số của máy;

D - chiều dài cạnh.

Trong trường hợp định vị tương đối - tĩnh: $a = 5, b = 1, a_\alpha = 1, b_\alpha = 5$

Trọng số tương ứng của các trị đo được tính theo công thức tổng quát:

$$P_i = \frac{C}{m_i^2} \quad (7)$$

Với các ký hiệu quen thuộc, phương trình số hiệu chỉnh chiều dài cạnh D_{ik} được viết:

Sai số trung phương của các trị đo được tính theo các công thức (5) và (6) được hiểu là sai số trung phương chiều dài và phương vị cạnh được đo trong một ca đo (session).

3. Thành lập chương trình máy tính ước tính độ chính xác lưới GPS

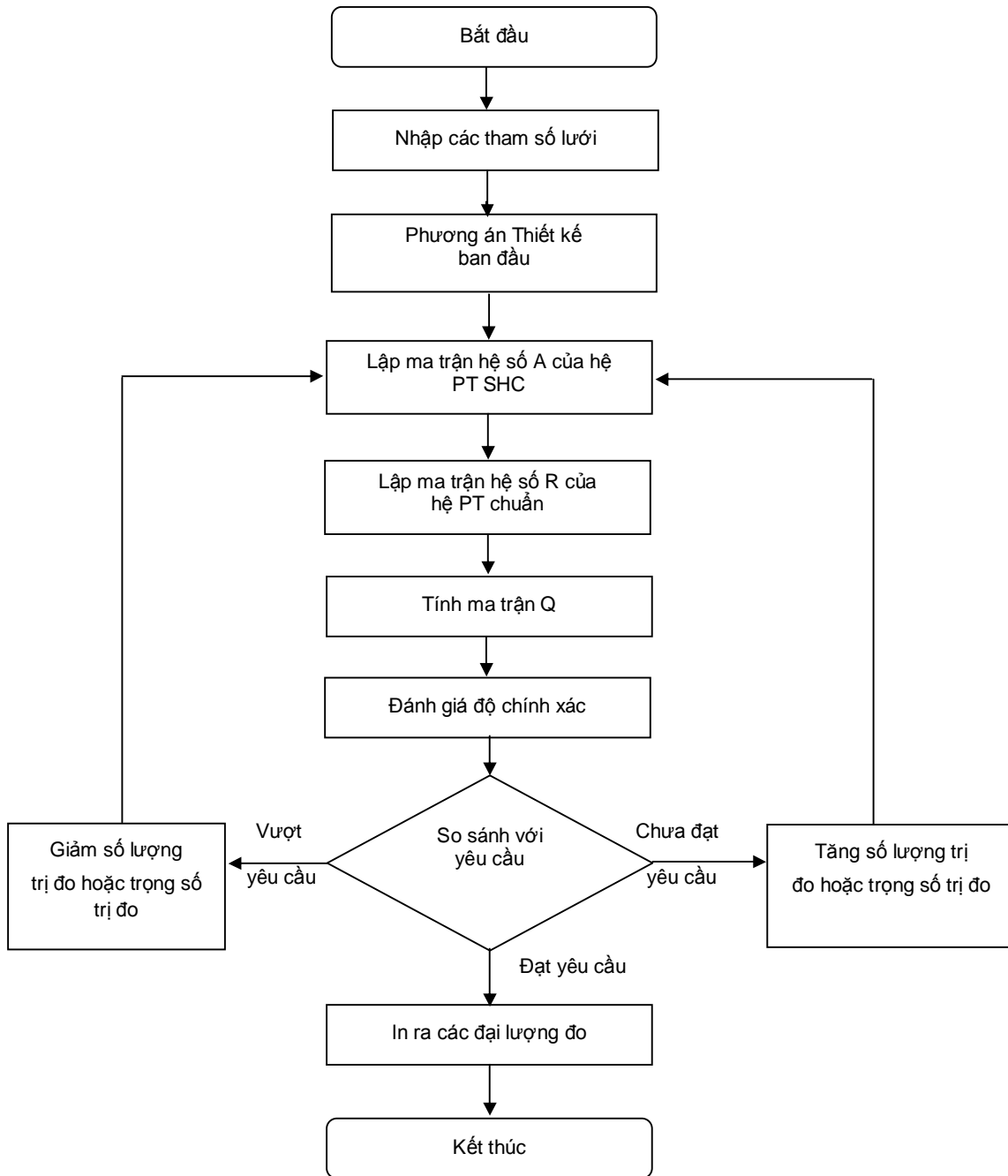
3.1. Ngôn ngữ lập trình

VISUAL BASIC.NET (VB.Net) là ngôn ngữ lập trình nằm trong bộ Visual Studio cùng một số ngôn ngữ lập trình rất mạnh khác như: Visual C++, Visual FoxPro và Visual J++. VB.Net là phiên bản cho phép người lập trình sử dụng nó như một công cụ tương tác với hầu hết các sản phẩm khác của hãng Microsoft như: SQL Server, Access, Excell, Word, PowerPoint, Outlook. VB.Net sẽ cung cấp cho người lập trình một bộ công cụ hoàn chỉnh để đơn giản hóa việc triển khai lập trình ứng dụng cho MSWindows.

Chương trình máy tính “*Thiết kế - Ước tính độ chính xác lưới GPS*” có giao diện thân thiện, đơn giản, dễ sử dụng và số liệu được nhập trực tiếp trên nền Windows hoặc qua file. Chương trình có thể chạy được trên hệ điều hành Windows mới nhất (Windows 8), có tốc độ xử lý nhanh,...

3.2. Sơ đồ khối

Bài toán ước tính độ chính xác lưới GPS được thực hiện theo nguyên tắc thiết kế tối ưu. Nội dung thuật toán của modul ước tính độ chính xác lưới GPS có thể được tóm tắt như hình 1:



Hình 1. Sơ đồ khối bài toán thiết kế và ước tính độ chính xác lưới GPS

3.3. Tổ chức dữ liệu

Với giao diện chương trình trực tiếp trên nền Windows, dữ liệu có thể nhập trực tiếp từ bàn phím hoặc có thể được tổ chức dưới dạng file số liệu *.sl. Dưới đây là tổ chức của file số liệu ước tính độ chính xác của lưới GPS:

Dòng thứ nhất: Tên công trình.

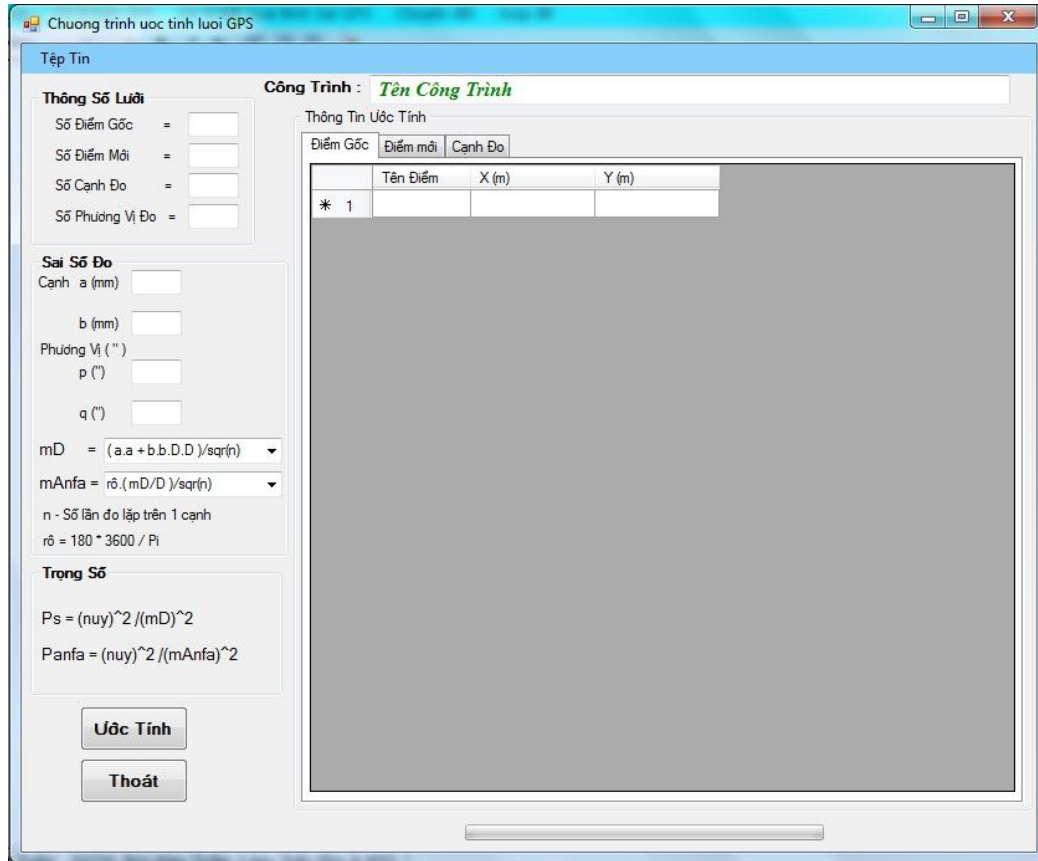
Dòng thứ hai: Tổng số điểm gốc, số điểm mới, số cạnh đo, số phương vị đo

Dòng thứ ba: a cạnh, b cạnh, a phương vị, b phương vị.

Dòng thứ tư: Tên điểm, X(m), Y(m).

Dòng thứ năm: Tên điểm đầu, Tên điểm cuối, số lần đo lặp trên một cạnh (số lần đặt máy thu GPS trên một cạnh).

3.4. Sử dụng chương trình



Hình 2. *Giao diện chính của chương trình “Thiết kế - Ước tính độ chính xác lưới GPS”*

Trên hình 2 là giao diện chính của chương trình. Với giao diện này, người dùng có thể nhập số liệu trực tiếp từ bàn phím hoặc mở file số liệu đã có sẵn. Sau khi có số liệu, tiến hành ước tính, kết quả ước tính được lưu dưới dạng file *.kq. Mở file kết quả để xem kết quả ước tính, so sánh với yêu cầu độ chính xác để đưa ra kết luận về lưới thiết kế.

4. Số liệu tính toán thực nghiệm

4.1. Mô tả thực nghiệm

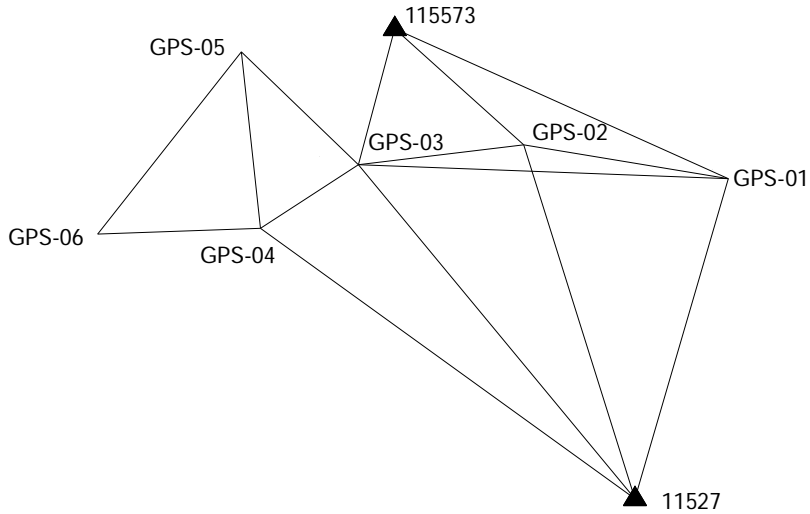
Để kiểm nghiệm tính đúng đắn của chương trình, tác giả đã tiến hành tính toán thực nghiệm với số liệu

dùng để tính toán là: Lưới GPS khu du lịch sinh thái hồ Hoà Bình.

Hệ thống lưới được thành lập bằng công nghệ GPS, tạo nên từ 8 điểm khống chế là: 115573, 11527, GPS-01, GPS-02, GPS-03, GPS-04, GPS-05, GPS-06. Việc đo đạc mạng lưới được thực hiện bằng máy GPS Trimble 4600 LS của hãng Trimble do Mỹ sản xuất, đặc tính kỹ thuật của máy khi đo tĩnh như sau:

- Đo chiều dài: $5\text{mm} + 1\text{ppm} \cdot D$ (khoảng cách $D \leq 10\text{km}$);
- Đo phương vị: $1'' + 5''/D^{\text{km}}$.

Sơ đồ lưới thực nghiệm được thể hiện trên hình 3:



Hình 3. Sơ đồ lưới GPS khu du lịch sinh thái hồ Hoà Bình

Toạ độ thiết kế các điểm của lưới được thống kê trong bảng 1.

Bảng 1. Toạ độ thiết kế lưới GPS khu du lịch sinh thái hồ Hoà Bình

STT	Tên điểm	X(m)	Y(m)	Ghi chú
1	11527	2291792.221	413992.200	Điểm gốc Nhà nước
2	115573	2296317.134	411769.208	Điểm gốc Nhà nước
3	GPS-01	2295102.400	413466.800	Điểm mới
4	GPS-02	2295199.000	412963.000	Điểm mới
5	GPS-03	2295086.500	411070.000	Điểm mới
6	GPS-04	2294395.300	410526.800	Điểm mới
7	GPS-05	2296094.000	410350.000	Điểm mới
8	GPS-06	2294340.000	409020.300	Điểm mới

Số điểm của lưới là 8 điểm, với số lượng máy thu GPS là 3 máy, số lần đặt máy trung bình tại mỗi điểm là 2 lần thì số ca đo là:

$$n > \frac{2.8}{3} \approx 6$$

Để có thể ước tính độ chính xác lưới GPS thiết kế, tác giả đã chọn toạ độ và phương vị khởi tính là toạ độ và phương vị của hai điểm gốc nhà nước 11527 và 115573.

Sơ đồ bố trí các ca đo được thống kê trong bảng 2.

Bảng 2. Sơ đồ bố trí ca đo lưới GPS khu du lịch sinh thái hồ Hoà Bình

Ca \ Máy	A	B	C
1	GPS-05	GPS-06	GPS-04
2	GPS-05	GPS-04	GPS-03
3	GPS-03	GPS-04	11527
4	GPS-03	11527	GPS-02
5	GPS-02	11527	GPS-01
6	GPS-01	115573	GPS-02
7	GPS-01	115573	GPS-03
8	GPS-02	GPS-03	115573
9	GPS-01	11527	GPS-03

4.2. Ước tính độ chính xác lưới

Sử dụng chương trình máy tính “Thiết kế - Ước tính độ chính xác lưới GPS” tiến hành tính toán thực nghiệm.

KẾT QUẢ ƯỚC TÍNH ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI GPS

Công Trình: lưới GPS khu du lịch sinh thái hồ Hoà Bình

I. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA LƯỚI

=====

Số Điểm Góc | 2
 Số Điểm Mối | 6
 Số Cạnh Đo | 15
 Số Phương Vị Đo | 15
 Sai Số Đo Phương Vị | a = 1'', b = 5''
 Sai Số Đo Cạnh | a = 5 mm, b = 1 mm
 Sai số trung phương chiều dài cạnh : $mD = \sqrt{a^2 + (b.D)^2}$ mm
 Sai số trung phương phương vị cạnh : $m\Delta\alpha = r\delta.(mD/D)$ ''

=====

II. TỌA ĐỘ ĐIỂM GỐC

S T T	TÊN ĐIỂM	TỌA ĐỘ ĐIỂM	
		X(m)	Y(m)
1	11527	2291792.221	413992.200
2	115573	2296317.134	411769.208

III. TỌA ĐỘ ĐIỂM THIẾT KẾ

S T T	TÊN ĐIỂM	TỌA ĐỘ ĐIỂM	
		X(m)	Y(m)
1	GPS-01	2295102.400	413466.800
2	GPS-02	2295199.000	412963.000
3	GPS-03	2295086.500	411070.000
4	GPS-04	2294395.300	410526.800
5	GPS-05	2296094.000	410350.000
6	GPS-06	2294340.000	409020.300

IV. DANH SÁCH TRỊ ĐO CẠNH VÀ PHƯƠNG VỊ DỰ KIẾN SẼ ĐO

S T T	CẠNH		SỐ LẦN ĐẶT MẪY (lần)
	Đầu	Cuối	
1	GPS-05	GPS-06	1
2	GPS-05	GPS-04	2
3	GPS-06	GPS-04	1
4	GPS-05	GPS-03	1
5	GPS-04	GPS-03	2
6	GPS-03	11527	3
7	GPS-04	11527	1
8	GPS-03	GPS-02	2
9	11527	GPS-02	2
10	GPS-02	GPS-01	2
11	11527	GPS-01	2
12	GPS-01	115573	2
13	115573	GPS-02	2
14	GPS-01	GPS-03	2
15	115573	GPS-03	2

ĐỊA KỸ THUẬT - QUAN TRẮC

V. BẢNG SAI SỐ TRUNG PHƯƠNG VỊ TRÍ ĐIỂM

S T T	TÊN ĐIỂM	SAI SỐ VỊ TRÍ ĐIỂM		
		Mx (mm)	My (mm)	Mp (mm)
1	GPS-01	2.1	2.1	3.0
2	GPS-02	2.1	2.1	3.0
3	GPS-03	2.0	2.1	2.9
4	GPS-04	3.3	3.3	4.7
5	GPS-05	3.9	3.9	5.5
6	GPS-06	5.0	5.0	7.1

VI. BẢNG SAI SỐ TRUNG PHƯƠNG TƯƠNG HỒ VỊ TRÍ ĐIỂM

S T T	CẠNH		S (m)	Ms (m)	Ms/S	Manfa (''')	Mth (mm)
	Đầu	Cuối					
1	GPS-05	GPS-06	2201.049	4.074	1/ 540292	0.382	5.761
2	GPS-05	GPS-04	1707.876	2.931	1/ 582678	0.354	4.145
3	GPS-06	GPS-04	1507.515	4.026	1/ 374440	0.551	5.694
4	GPS-05	GPS-03	1238.328	3.441	1/ 359872	0.573	4.866
5	GPS-04	GPS-03	879.104	2.830	1/ 310635	0.664	4.002
6	GPS-03	11527	4403.581	2.009	1/ 2192360	0.094	2.841
7	GPS-04	11527	4334.169	3.254	1/ 1331756	0.155	4.603
8	GPS-03	GPS-02	1896.340	2.379	1/ 797064	0.259	3.365
9	11527	GPS-02	3558.848	2.120	1/ 1679048	0.123	2.998
10	GPS-02	GPS-01	512.978	2.390	1/ 214624	0.961	3.380
11	11527	GPS-01	3351.616	2.139	1/ 1566815	0.132	3.025
12	GPS-01	115573	2087.438	2.139	1/ 975837	0.211	3.025
13	115573	GPS-02	1635.654	2.120	1/ 771694	0.267	2.998
14	GPS-01	GPS-03	2396.853	2.408	1/ 995225	0.207	3.406
15	115573	GPS-03	1415.398	2.009	1/ 704668	0.293	2.841

V. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC

- SSTP Trọng Số Đơn Vị :
 $m_0 = 1$
- SSTP Vị Trí Điểm Yếu Nhất : (GPS-06)
 $m_P = 7.033$ (mm)
- SSTP Tương Đối Chiều Dài Cạnh yếu Nhất : (GPS-02 - GPS-01)
 $M_s/S = 1/214624$ (mm)
- SSTP Phương Vị Yếu Nhất : (GPS-02 - GPS-01)
 $m_{Anfa} = 0.961$ (''')
- SSTP Tương hồ 2 Điểm yếu : (GPS-05 - GPS-06)
 $M_{th} = 5.761$ (mm)

GHI CHÚ :

- Ngày tháng năm thực hiện : Thứ Bảy 19/12/2013 10:18:38
- Người thực hiện tính toán: Bùi Hữu Tuấn

Tính Theo Chương Trình: "Thiết kế - Ước tính độ chính xác lưới GPS" v1.0

Copyright(C) 2013 by Bùi Hữu Tuấn - TTTV Trắc địa và XD - Viện KHCN XD

4.3. Phân tích kết quả

Sau khi đã ước tính độ chính xác lưới khống chế mặt bằng khu du lịch sinh thái hồ Hòa Bình,

tác giả tiến hành so sánh kết quả ước tính với kết quả bình sai chặt chẽ mạng lưới (bảng 3). Nhận thấy, kết quả ước tính hoàn toàn phù hợp với kết

qua đánh giá độ chính xác sau bình sai chặt chẽ bằng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Điều đó khẳng định tính đúng đắn và độ tin cậy của chương trình.

Bảng 3. So sánh sai số vị trí điểm

STT	Tên điểm	Kết quả ước tính M_P^{ut} (mm)	Kết quả bình sai M_P^{bs} (mm)	Độ lệch (mm)
	(1)	(2)	(3)	(2) - (3)
1	GPS 01	3.0	2.0	1.0
2	GPS 02	3.0	2.0	1.0
3	GPS 03	2.9	2.0	0.9
4	GPS 04	4.7	2.0	2.7
5	GPS 05	5.5	4.0	1.5
6	GPS 06	7.1	5.0	2.1

5. Kết luận

Căn cứ vào phân tích cơ sở lý thuyết, các kết quả tính toán thực nghiệm (mục 4.2) và kết quả so sánh sai lệch sai số vị trí điểm thống kê trong bảng 3 có thể nhận xét:

- Với những ưu điểm nổi bật vượt trội, công nghệ GPS đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong trắc địa công trình. Do đó, việc lựa chọn những thuật toán và quy trình đúng để xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình là hết sức cần thiết;

- Để thực hiện được mục tiêu thiết kế lưới GPS theo các yêu cầu cụ thể của từng dạng công trình, cần phải nghiên cứu các giải pháp liên quan đến nội dung thiết kế và ước tính độ chính xác mạng lưới GPS;

- Việc ứng dụng công nghệ tin học để thành lập chương trình "Thiết kế - Ước tính độ chính xác lưới

GPS" đã giải quyết được các yêu cầu cơ bản của công tác thiết kế, xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 9401:2012. Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.
2. ĐỖ NGỌC ĐUỜNG, ĐẶNG NAM CHINH. Công nghệ GPS. *Bài giảng Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 2007.*
3. HOÀNG NGỌC HÀ. Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS. *NXB Khoa học kỹ thuật, 2006.*
4. TRẦN VIỆT TUẤN. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình ở Việt Nam. *Luận án tiến sĩ kỹ thuật. Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 2007.*

Ngày nhận bài: 2/6/2014.