

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9401:2012

Xuất bản lần 1

KỸ THUẬT ĐO VÀ XỬ LÝ

SỐ LIỆU GPS TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

Technical of measuring and processing GPS data in engineering survey

HÀ NỘI – 2012

Mục lục

Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	5
4 Ký hiệu dùng trong tiêu chuẩn.....	7
5 Quy định chung.....	7
6 Hệ thống tọa độ và thời gian.....	8
7 Thiết kế kỹ thuật lưới GPS.....	9
8 Chọn điểm và chôn mốc GPS.....	11
9 Yêu cầu kỹ thuật đối với máy mốc thiết bị.....	12
10 Công tác đo ngắm.....	14
11 Ghi sổ đo ngoại nghiệp.....	17
12 Xử lý số liệu.....	17
13 Báo cáo kết quả đo.....	22
Phụ lục A (Tham khảo): Ghi chú điểm GPS.....	23
Phụ lục B (Tham khảo): Dấu mốc GPS các cấp và sơ đồ chôn mốc.....	24
Phụ lục C (Tham khảo): Phương pháp kiểm định độ ổn định của máy bằng cách đo trên chiều dài chuẩn.....	27
Phụ lục D (Tham khảo): Kiểm định độ ổn định của tâm pha ăng ten.....	28
Phụ lục E (Tham khảo): Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh dọi tâm quang học.....	29
Phụ lục F (Tham khảo): Bảng biểu đo độ GPS.....	30
Phụ lục G (Tham khảo): Yêu cầu và phương pháp đo độ cao ăng ten.....	31
Phụ lục H (Tham khảo): Ghi sổ ngoại nghiệp khi đo GPS.....	32
Phụ lục I (Tham khảo): Kết quả đo thực nghiệm và xử lý số liệu GPS trong Trắc địa công trình.....	33
Thư mục tài liệu tham khảo.....	45

Lời nói đầu

TCVN 9401:2012 được chuyển đổi từ TCXDVN 364:2006 theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

TCVN 9401:2012 do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình

Technical of measuring and processing GPS data in engineering survey

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu kỹ thuật về việc đo và xử lý số liệu GPS khi thành lập lưới khảo sát công trình, lưới khống chế mặt bằng phục vụ thi công và quan trắc chuyển dịch ngang công trình.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9398:2012, *Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung*.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này có sử dụng một số thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Ca đo (Observation session)

Quãng thời gian thu tín hiệu liên tục trên trạm đo từ lúc bật máy đến lúc tắt máy.

3.2

Đo đồng bộ (Simultaneous observation)

Trị số đo của hai máy thu trở lên thu tín hiệu của cùng một vệ tinh.

3.3

Vòng đo đồng bộ (Simultaneous observation loop)

Vòng khép của các véc tơ do 3 máy đo cùng ca trở lên hợp thành.

3.4

Vòng khép độc lập (Independent observation loop)

Vòng khép của các vectơ cạnh độc lập hợp thành.

3.5

Độ cao ăngten (Antenna height)

TCVN 9401:2012

Độ cao tính từ tâm trung bình của pha ăngten thu đến tâm mốc.

3.6

Lịch vệ tinh (Ephemeris)

Giá trị tọa độ trên quỹ đạo của vệ tinh ở các thời điểm khác nhau. Lịch vệ tinh được phát dưới hai loại: lịch vệ tinh quảng bá và lịch vệ tinh chính xác.

3.7

Lịch vệ tinh quảng bá (Broadcast ephemeris)

Tín hiệu vô tuyến do vệ tinh phát ra chứa thông tin dự báo tham số quỹ đạo của vệ tinh ở thời gian nào đó.

3.8

Lịch vệ tinh chính xác (Precise ephemeris)

Tham số quỹ đạo vệ tinh do một vài trạm theo dõi xác định qua xử lý tổng hợp dùng vào định vị vệ tinh chính xác.

3.9

Véc tơ cạnh đơn (Single baseline)

Véc tơ cạnh tính từ một cặp ăngten thu ở hai điểm bất kỳ cùng ca đo.

3.10

Tổ hợp véc tơ cạnh độc lập (Multiple baseline)

$m - 1$ véc tơ cạnh độc lập được giải từ $m - 1$ phương trình trị đo bất kỳ khi đo đồng bộ với m máy thu.

3.11

Hiệu pha bậc một (sai phân bậc 1) (Single differential)

Hiệu trị đo pha đến cùng một vệ tinh của hai trạm đo GPS cùng ca đo.

3.12

Hiệu pha bậc 2 (sai phân bậc 2) (Double differential)

Hiệu của hai pha bậc một của hai vệ tinh đo được từ hai trạm đo GPS cùng ca đo.

3.13

Hiệu pha bậc 3 (sai phân bậc 3) (Triple differential)

Hiệu của hai hiệu pha bậc hai của hai trạm đo đến một cặp vệ tinh ở hai thời điểm khác nhau.

3.14

Tỷ lệ loại bỏ số liệu (Percentage of data rejection)

Tỷ lệ giữa số lượng trị đo loại bỏ và số lượng trị đo cần có.

4 Ký hiệu

GPS là viết tắt của cụm từ Global Positioning System;

WGS - 84 là viết tắt của cụm từ World Geodetic System – 1984;

HN - 72) là viết tắt của cụm từ Hà Nội năm 1972;

(VN - 2000) là viết tắt của cụm từ Việt Nam năm 2000;

UTM là viết tắt của cụm từ Universal Transverse Mercator;

SV là viết tắt của cụm từ Space Vehicle;

PDOP là viết tắt của cụm từ Position Dilution of Precision;

UTC là viết tắt của cụm từ Universal Time Coordinate;

SNR là viết tắt của cụm từ Signal Noise Ratio.

5 Quy định chung

5.1 Việc đo GPS trong trắc địa công trình cần được tiến hành theo một phương án kỹ thuật đã được phê duyệt nhằm xác định chính xác các giá trị tọa độ điểm GPS phục vụ cho việc thành lập lưới trắc địa công trình trong thời gian ngắn và đạt hiệu quả kinh tế cao, theo quy định tại TCVN 9398:2012.

5.2 Đo GPS trong trắc địa công trình được tiến hành theo các trình tự sau:

- Thu thập tài liệu gốc và số liệu gốc;
- Chọn hệ thống tọa độ và thời gian;
- Lập phương án kỹ thuật và trình duyệt;
- Chọn điểm và chôn mốc;
- Lựa chọn máy móc và thiết bị;
- Đo ngắm;
- Ghi sổ đo ngoại nghiệp;
- Xử lý số liệu;
- Báo cáo tổng kết và nộp thành quả.

5.3 Các cấp đo và phương pháp đo GPS nêu trong phương án kỹ thuật được chọn tùy thuộc vào yêu cầu độ chính xác xác định đại lượng cần bố trí, đại lượng dịch chuyển và đặc điểm của từng đối tượng công trình.

5.4 Khi sử dụng kết hợp công nghệ GPS và toàn đạc điện tử trong việc lập lưới khống chế thi công và quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình cần tham khảo thêm tiêu chuẩn "Công tác trắc địa trong xây dựng nhà và công trình - Yêu cầu chung".

6 Hệ thống tọa độ và thời gian

6.1 Đo GPS sử dụng hệ thống tọa độ toàn cầu WGS - 84 (hệ tọa độ trắc địa Quốc tế) khi có yêu cầu sử dụng hệ tọa độ HN - 72 hoặc hệ tọa độ nào khác thì phải tính chuyển tọa độ. Các tham số hình học cơ bản của Elipsoid toàn cầu và Elipsoid tham khảo của các hệ tọa độ phải phù hợp với quy định ở Bảng 1. Hệ tọa độ VN - 2000 có các tham số hình học cơ bản của Elipsoid hoàn toàn giống với hệ tọa độ trắc địa Quốc tế WGS - 84.

6.2 Khi đo GPS có yêu cầu sử dụng hệ tọa độ địa phương hoặc hệ tọa độ độc lập thì phải tính chuyển đổi tọa độ và cần phải có các tham số kỹ thuật sau:

- Tham số hình học của Elipsoid tham khảo;
- Độ kinh của kinh tuyến giữa múi chiếu;
- Hằng số cộng vào tung độ, hoành độ;
- Độ cao thường của mặt chiếu;
- Tọa độ điểm khởi tính và phương vị khởi tính.

6.3 Khi tính chuyển từ hệ tọa độ trắc địa Quốc tế của lưới GPS sang hệ tọa độ khu vực, cần phải đảm bảo yêu cầu: Bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ vuông góc phẳng theo phép chiếu Gauss ($K_0 = 1$), có kinh tuyến trục Lo cách khu đo không quá 20 km. Nếu sử dụng phép chiếu UTM 6⁰ ($K_0 = 0,999\ 6$) thì kinh tuyến trục cách khu đo trong giới hạn từ 160 km đến 200 km. Nếu sử dụng phép chiếu UTM 3⁰ ($K_0 = 0,999\ 9$) thì kinh tuyến trục cách khu đo trong giới hạn từ 70 km đến 110 km. Khi chọn phép chiếu Gauss phải sử dụng Ellipsoid Krasovky, còn nếu dùng phép chiếu UTM thì sử dụng Ellipsoid WGS - 84.

Bảng 1 - Tham số hình học cơ bản

Tham số	Hệ tọa độ	
	Elipsoid toàn cầu	Elipsoid tham khảo
	WGS - 84	HN - 72
Bán trục lớn a (m)	6 378 137	6 378 245
Bán trục nhỏ b (m)	6 356 752,314 2	6 356 863,019
Độ zẹt α	1/298,257 223 563	1/298,3
Bình phương độ lệch tâm thứ nhất e^2	0,006 694 379 990 13	0,006 693 421 6
Bình phương độ lệch tâm thứ hai e'^2	0,006 739 496 742 227	0,006 738 525 4

6.4 Khi tính chuyển đổi độ cao đo GPS thành độ cao thường thì cần phải sử dụng hệ độ cao Nhà nước với điểm gốc độ cao quốc gia.

6.5 Thời gian trong đo GPS được sử dụng là thời gian quốc tế UTC. Khi muốn dùng giờ Việt Nam thì phải tiến hành chuyển đổi (giờ Hà Nội bằng giờ GPS cộng bảy).

7 Thiết kế kỹ thuật lưới GPS

7.1 Phân cấp hạng lưới GPS

7.1.1 Dựa vào chiều dài trung bình giữa hai điểm lân cận và độ chính xác của nó, lưới GPS được chia thành các hạng II, III, IV và các cấp 1. Khi thành lập lưới có thể thực hiện theo phương án tuần tự bao gồm tất cả các cấp, hạng hoặc lưới vượt cấp, lưới cùng một cấp, hạng.

7.1.2 Độ chính xác chiều dài giữa hai điểm lân cận của các cấp lưới GPS được tính theo công thức:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot 10^{-6} \cdot D)^2} \quad (1)$$

Độ chính xác phương vị của cạnh được tính theo công thức:

$$m_\alpha = \sqrt{p''^2 + \frac{q''^2}{D^2}} \quad (2)$$

trong đó:

a là sai số cố định (mm);

b là hệ số sai số tỷ lệ

D là chiều dài cạnh đo (km)

Với máy thu 4600 LS : $a = 5$ mm; $b = 1$; p'' bằng 1; $q'' = 5$.

hoặc:

$$m_\alpha = \frac{m_D}{D} \rho'' \quad (3)$$

7.1.3 Các yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của các cấp lưới GPS phải phù hợp với quy định nêu ở Bảng 2. Chiều dài cạnh ngắn nhất giữa 2 điểm lân cận bằng 1/2 đến 1/3 chiều dài cạnh trung bình; chiều dài cạnh lớn nhất bằng hai đến ba lần chiều dài cạnh trung bình. Khi chiều dài cạnh nhỏ hơn 200 m, sai số trung phương chiều dài cạnh phải nhỏ hơn 20 mm.

Bảng 2 - Yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của lưới GPS được thành lập để phục vụ đo vẽ bản đồ

Cấp hạng	Chiều dài cạnh trung bình, km	a mm	b (1×10^{-6})	Sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất
II	9	≤ 10	≤ 2	1/120 000
III	5	≤ 10	≤ 5	1/80 000
IV	2	≤ 10	≤ 10	1/45 000
1	1	≤ 10	≤ 10	1/20 000
2	< 1	≤ 15	≤ 10	1/10 000

7.1.4 Đối với lưới GPS thiết lập để khống chế thi công và quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình thì phải dựa vào yêu cầu độ chính xác của từng công trình mà thiết kế lưới sao cho thoả mãn các yêu cầu đó.

7.2 Nguyên tắc thành lập và thiết kế lưới

7.2.1 Trước khi thiết kế mạng lưới GPS cần phải thu thập các tài liệu sau:

- Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn nhất đã có trong khu vực xây dựng công trình;
- Tài liệu về lưới khống chế mặt bằng và độ cao đã có trong khu đo, kèm theo báo cáo tổng kết về kỹ thuật thành lập lưới;
- Các tài liệu về địa chất công trình, địa chất thuỷ văn, giao thông, thuỷ hệ và các tài liệu liên quan đến quy hoạch phát triển của khu đo.

7.2.2 Việc thiết kế lưới GPS phải căn cứ vào yêu cầu thực tế và trên cơ sở điều tra nghiên cứu kỹ các tài liệu gốc, số liệu gốc hiện có tại khu vực xây dựng công trình. Trong lưới GPS giữa các điểm không cần nhìn thấy nhau, nhưng để có thể tăng dày lưới bằng phương pháp đo truyền thống, mỗi điểm GPS cần phải nhìn thông đến ít nhất một điểm khác.

7.2.3 Khi thiết kế lưới, để tận dụng các tư liệu trắc địa, bản đồ đã có, nên sử dụng hệ tọa độ đã có của khu đo. Các điểm khống chế đã có nếu phù hợp với yêu cầu của điểm lưới GPS thì tận dụng các mốc của chúng.

7.2.4 Lưới GPS phải được tạo thành một hoặc nhiều vòng đo độc lập, tuyến phù hợp. Số lượng cạnh trong vòng đo độc lập, tuyến phù hợp trong các cấp lưới GPS phải tuân theo quy định nêu trong Bảng 3.

**Bảng 3 - Quy định về số lượng cạnh trong vòng đo độc lập, tuyến phù hợp
đối với các cấp, hạng lưới GPS**

Cấp, hạng	II	III	IV	1	2
Số cạnh trong vòng đo độc lập hoặc tuyến phù hợp	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10

Lưới GPS dùng để khống chế mặt bằng phục vụ thi công và quan trắc chuyển dịch ngang công trình cần tạo thành các vòng khép có số cạnh không lớn hơn bốn.

7.2.5 Để tính tọa độ các điểm GPS trong hệ tọa độ mặt đất cần phải có số liệu khởi tính trong hệ tọa độ mặt đất và đo nối với một số điểm khống chế địa phương. Đối với các công trình lớn, số điểm đo nối cần phải lớn hơn ba, đối với các công trình nhỏ, số điểm đo nối từ hai đến ba.

7.2.6 Để tính độ cao thường của các điểm GPS cần dẫn độ cao tới các điểm GPS theo quy định sau:

- Để đo nối độ cao cần phải dùng phương pháp thủy chuẩn hình học có độ chính xác từ hạng IV trở lên hoặc dùng phương pháp đo cao khác có độ chính xác tương đương.

- Độ cao thường của các điểm GPS, sau khi tính toán và phân tích, nếu phù hợp với yêu cầu về độ chính xác có thể dùng để đo vẽ bản đồ và các dạng trắc địa công trình nói chung (yêu cầu độ chính xác không cao).

7.2.7 Đối với lưới khống chế thi công có yêu cầu độ chính xác cao và lưới quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình, cần phải ước tính độ chính xác của yếu tố cần xét của lưới GPS thiết kế theo phương pháp chặt chẽ trên cơ sở bình sai gián tiếp và phải đảm bảo độ chính xác yêu cầu.

8 Chọn điểm và chôn mốc GPS

8.1 Chọn điểm GPS

8.1.1 Người chọn điểm phải tìm hiểu yêu cầu, mục đích nhiệm vụ, điều kiện tự nhiên và xã hội của khu đo, dựa vào thiết kế kỹ thuật đã được phê duyệt để tiến hành khảo sát, chọn điểm lưới GPS ngoài hiện trường.

8.1.2 Vị trí các điểm GPS được chọn phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Vị trí điểm được chọn phải phù hợp với yêu cầu của thiết kế kỹ thuật, thuận lợi cho việc đo nối và cho các công tác đo đạc tiếp theo.
- Điểm chọn phải được đặt ở nơi có nền đất, đá ổn định, sử dụng được lâu dài và an toàn khi đo đạc.
- Vị trí điểm chọn phải thuận tiện cho việc lắp đặt máy thu và thao tác khi đo, có khoảng không rộng và góc cao của vệ tinh phải lớn hơn 15° ;
- Vị trí điểm chọn phải thuận tiện cho việc thu tín hiệu vệ tinh, tránh hiện tượng nhiễu tín hiệu do quá gần các trạm phát sóng và sai số đa đường dẫn (Multipath) do phản xạ tín hiệu từ các địa vật xung quanh điểm đo. Vị trí điểm chọn phải cách xa nguồn phát sóng vô tuyến công suất lớn (như tháp truyền hình, trạm vi ba) lớn hơn 200 m và cách xa cáp điện cao thế lớn hơn 50 m;
- Đi lại thuận tiện cho đo ngắm;
- Cần tận dụng các mốc khống chế đã có nếu chúng đảm bảo các yêu cầu nêu trên.

8.1.3 Công tác chọn điểm phải tuân theo các quy định sau:

- Vẽ sơ đồ ghi chú điểm ngay ở ngoài thực địa (kể cả các điểm đã có mốc cũ) đảm bảo mẫu ghi chú điểm GPS ở Phụ lục A;
- Tên điểm GPS có thể đặt theo tên làng, tên núi, địa danh, tên đơn vị, công trình. Khi tận dụng điểm cũ không đổi tên điểm. Số hiệu điểm cần được biên tập tiện lợi cho máy tính;
- Khi điểm chọn cần đo nối thủy chuẩn, người chọn điểm phải khảo sát tuyến đo thủy chuẩn ngoài thực địa và đề xuất kiến nghị;
- Khi tận dụng điểm cũ phải kiểm tra tính ổn định, sự hoàn hảo, tính an toàn và phù hợp với các yêu cầu của điểm đo GPS.

8.2 Chôn mốc

8.2.1 Quy cách của dấu mốc và mốc điểm GPS các cấp phải phù hợp với yêu cầu quy phạm hiện hành của Nhà nước.

8.2.2 Điểm GPS các cấp đều chôn mốc vĩnh cửu, khi chôn mốc đáy hố phải đổ gạch, sỏi hoặc đổ một lớp bê tông lót.

8.2.3 Mốc có thể đúc sẵn bằng bê tông cốt thép theo quy cách trong quy phạm hiện hành của Nhà nước rồi đem chôn, hoặc có thể đúc ở hiện trường, hoặc có thể lợi dụng nền đá, nền bê tông khoan gắn thêm dấu mốc ở hiện trường.

8.2.4 Đất dùng để chôn mốc GPS phải được sự đồng ý của cơ quan quản lý, người đang sử dụng đất cần làm thủ tục chuyển quyền sử dụng đất và làm các thủ tục uỷ quyền bảo quản mốc.

8.2.5 Các tài liệu phải bàn giao sau khi chọn điểm chôn mốc:

- Ghi chú điểm GPS;
- Sơ đồ lưới chọn điểm GPS;
- Hồ sơ cho phép sử dụng đất và giấy bảo quản mốc trắc địa;
- Tổng kết công tác kỹ thuật chọn điểm, chôn mốc.

9 Yêu cầu kỹ thuật đối với máy mốc thiết bị**9.1 Chọn máy thu**

Việc lựa chọn máy thu GPS được thực hiện theo các quy định trong Bảng 4; trong đó các máy thu có thể một hoặc hai tần số, đại lượng đo đều là pha sóng tải.

Bảng 4 - Lựa chọn máy thu GPS

Hạng mục	Cấp, hạng				
	Hạng II	Hạng III	Hạng IV	Cấp 1	Cấp 2
Độ chính xác biểu trưng, mm	Nhỏ hơn hoặc bằng $5 + 2 \times 10^{-6}D$	Nhỏ hơn hoặc bằng $5 + 2 \times 10^{-6}D$	Nhỏ hơn hoặc bằng $5 + 2 \times 10^{-6}D$	Nhỏ hơn hoặc bằng $5 + 2 \times 10^{-6}D$	Nhỏ hơn hoặc bằng $10 + 2 \times 10^{-6}D$
Số máy thu đo đồng bộ	≥ 3	≥ 3	≥ 2	≥ 2	≥ 2

9.2 Kiểm nghiệm máy thu

9.2.1 Máy thu GPS mới mua hoặc qua bảo dưỡng phải kiểm nghiệm toàn diện mới được dùng tiếp.

9.2.2 Nội dung kiểm nghiệm máy thu GPS

- Kiểm tra khái quát;

- Kiểm tra đường điện;
- Kiểm tra độ ẩm của máy;
- Kiểm định kênh thu;
- Đo kiểm tra.

9.2.3 Kiểm tra khái quát theo các quy định sau:

- Máy thu và ăng ten phải phù hợp. Máy và phụ kiện đầy đủ;
- Bề ngoài máy và ăng ten hoàn chỉnh; các bộ phận và các phụ kiện hoàn hảo, các ốc vít làm việc bình thường;
- Hướng dẫn sử dụng máy, hướng dẫn sử dụng phần mềm chuyên dùng.

9.2.4 Kiểm tra đường điện theo các nội dung sau:

- Kiểm tra cáp điện, nối chính xác ổ cắm, dắc cắm;
- Kiểm tra đèn tín hiệu, thử điện vào máy;
- Các nút ấn và hệ thống hiển thị làm việc bình thường;
- Đo thử xem tốc độ làm việc của bộ phận thu, quá trình thu có mất tín hiệu không.

9.2.5 Đo kiểm tra

Máy thu GPS sau khi kiểm tra khái quát và kiểm tra đường điện cần đo kiểm tra theo các nội dung sau:

- Đo kiểm tra độ ổn định trong máy thu theo phương pháp và quy định ở Phụ lục C;
- Kiểm tra độ ổn định của tâm pha đo theo phương pháp và quy trình ở Phụ lục D;
- Đo kiểm tra độ chính xác kết quả đo ở các khoảng cách đo khác nhau trên các chiều dài chuẩn. Khi kiểm tra máy thu cần cân và định tâm chính xác tới mức nhỏ hơn hoặc bằng ± 1 mm. Vạch chuẩn trên ăng ten thu hướng về phía Bắc. Độ cao ăng ten đo chính xác đến 1 mm. Kết quả đo so với chiều dài chuẩn có số chênh nhỏ hơn sai số tiêu chuẩn của máy.

9.2.6 Khi dùng máy đo ở các cấp hạng cao, hàng năm trước khi đi đo phải kiểm nghiệm theo Phụ lục C và Phụ lục D. Máy đã qua sửa chữa hoặc thay ở bộ phận nào thì các nội dung liên quan đến sự thay đổi cần được kiểm nghiệm.

9.2.7 Quá trình sử dụng cần phải thường xuyên kiểm nghiệm bộ phận định tâm quang học để đảm bảo độ chính xác định tâm. Phương pháp kiểm nghiệm theo quy định nêu ở Phụ lục E.

9.3 Bảo trì máy thu

9.3.1 Trong thời gian đo ở ngoại nghiệp máy thu GPS phải có người chuyên bảo quản. Khi vận chuyển người đó mang máy, có biện pháp phòng chấn động; phòng nắng, gió, bụi, ẩm ướt, ăn mòn. Máy điều khiển với các phím bấm, khi vận chuyển cần để trong hộp vận chuyển.

9.3.2 Các đầu cắm, chỗ tiếp nối của máy và dây dẫn cần giữ gìn sạch sẽ, khi nối máy với nguồn điện bên ngoài cần kiểm tra kỹ điện áp có phù hợp với điện áp của máy không. Khi lắp pin đo, cần chú ý lắp đúng cực. Dây dẫn của ăng ten thu không để vặn xoắn, không kéo dây dẫn trên bề mặt có độ cứng cao hoặc bề mặt thô, nửa năm kiểm tra lại độ bền của dây một lần.

9.3.3 Khi không sử dụng máy thu cần để trong hòm vận chuyển có đệm mút. Hòm máy cần để chỗ thông thoáng, khô ráo. Khi túi chống ẩm chuyển sang màu hồng, đỏ, cần thay thế ngay.

9.3.4 Máy thu để trong phòng lâu ngày thì một đến hai tháng phải cắm điện kiểm tra hoạt động một lần. Các pin được bảo quản nơi khô ráo tránh mất điện, từ một đến hai tháng phải nạp điện lại một lần và kiểm tra lại điện dung.

9.3.5 Nghiêm cấm tháo rời tùy tiện các bộ phận của máy thu, nếu có sự cố cần lập biên bản giao cho người có chuyên môn sửa chữa, bảo trì.

10 Công tác đo ngắm

10.1 Các yêu cầu kỹ thuật cơ bản

10.1.1 Yêu cầu kỹ thuật cơ bản khi đo GPS các cấp, hạng, phải phù hợp với quy định được nêu trong Bảng 5.

Bảng 5 - Yêu cầu kỹ thuật cơ bản khi đo GPS các cấp, hạng

Hạng mục	Phương pháp đo	Cấp, hạng				
		Hạng II	Hạng III	Hạng IV	Cấp 1	Cấp 2
Góc cao của vệ tinh (⁰)	Đo tĩnh	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
	Tính nhanh	-	-	-	-	-
Số lượng vệ tinh quan trắc dùng được	Đo tĩnh	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
	Tính nhanh	-	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5
Số lần đo lặp trung bình tại trạm	Đo tĩnh	≥ 2	≥ 2	≥ 1,6	≥ 1,6	≥ 1,6
	Tính nhanh	-	≥ 2	≥ 1,6	≥ 1,6	≥ 1,6
Thời gian quan trắc: Độ dài thời gian thu tín hiệu ngắn nhất (min)	Đo tĩnh	≥ 90	≥ 60	≥ 45	≥ 45	≥ 45
	Tính nhanh	-	≥ 20	≥ 15	≥ 15	≥ 15
Tần suất thu tín hiệu (s)	Đo tĩnh	10 đến 60	10 đến 60	10 đến 60	10 đến 60	10 đến 60
	Tính nhanh	-	-	-	-	-

10.1.2 Khi quan trắc GPS ở các cấp hệ số suy giảm độ chính xác vị trí không gian ba chiều PDOP của các cấp hạng lưới GPS phải nhỏ hơn 6, (quy định số vệ tinh lớn hơn hoặc bằng 6).

10.1.3 Trong trắc địa công trình, đo GPS không cần đo các yếu tố khí tượng nhưng nên ghi lại tình trạng thời tiết như: Nắng, râm, mát, có mây hoặc trời quang ...

10.2 Lập kế hoạch đo

10.2.1 Trước khi tiến hành đo cần sử dụng phần mềm PLAN hoặc QUICK PLAN để lập lịch đo và cần lập bảng dự báo các vệ tinh có thể quan sát được. Trong bảng có: Số hiệu vệ tinh, độ cao vệ tinh và góc phương vị, thời gian quan sát tốt nhất để quan sát nhóm vệ tinh tốt nhất, hệ số suy giảm độ chính xác vị trí không gian ba chiều. SV lớn hơn hoặc bằng 6. Khi xung quanh điểm đo có nhiều địa vật che chắn phải lập lịch đo theo điều kiện che chắn thực tế tại các điểm đo.

10.2.2 Tọa độ dùng để lập bảng dự báo cho các vệ tinh là độ kinh, độ vĩ trung bình của khu đo. Thời gian dự báo nên dùng thời gian trung bình khi đo ngắm. Khi khu đo lớn thời gian đo kéo dài thì cần lập bảng dự báo cho từng phân khu với thời gian đo khác nhau và dùng lịch vệ tinh quảng bá có tuổi không quá 20 ngày.

10.2.3 Căn cứ vào số lượng máy thu, đồ hình lưới GPS đã thiết kế và bảng dự báo vệ tinh. Lập bảng điều độ đo ngắm với nội dung: Thời gian đo, số liệu trạm đo, tên trạm đo, số liệu máy thu ... như yêu cầu của Phụ lục F.

10.2.4 Độ dài ca đo không ít hơn 30 min, với điều kiện số vệ tinh quan sát không ít hơn 6 và PDOP không lớn hơn 5. Thời gian đo có thể kéo dài thêm đối với cạnh dài hoặc điều kiện thu tín hiệu tại điểm đo không tốt. Thời gian tối thiểu của ca đo nên tham khảo số liệu ở Bảng 6.

Bảng 6 - Thời gian tối thiểu ca đo

Độ dài cạnh đo km	Độ dài thời gian ca đo min
0 đến 1	20 đến 30
1 đến 5	30 đến 60
5 đến 10	60 đến 90
10 đến 20	90 đến 120

10.3 Chuẩn bị đo

10.3.1 Trước khi đi đo cần kiểm tra dung lượng của pin và ác quy. Máy và các phụ kiện đi kèm phải đầy đủ.

10.3.2 Trước khi thu tín hiệu cần kiểm tra dung lượng bộ nhớ trong của máy hoặc đĩa từ xem còn đủ chỗ dung nạp không.

10.3.3 Khi lắp ăng ten cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Sau khi đến trạm đo, phải đặt máy thu ổn định sau đó mới đặt ăng ten (trường hợp máy thu và ăng ten tách rời nhau);
- Ăng ten lắp trên giá 3 chân phải dọi tâm với sai số nhỏ hơn 1 mm, ăng ten cần được cân cho bọt thủy tròn vào giữa;
- Khi đo trên mốc có định tâm bắt buộc, phải tháo nắp bảo vệ tâm mốc rồi mới lắp ăng ten;
- Vạch định hướng ăng ten phải luôn luôn hướng về phía Bắc với sai số $\pm 5^0$. Những chỗ khó định hướng cần đặt trước cọc định hướng, mỗi lần đo dựa vào cọc định hướng để định hướng ăng ten.

10.4 Yêu cầu đo ngắm

10.4.1 Công tác đo ngắm trong lưới GPS bao gồm các thao tác: Khởi động máy thu GPS tại trạm đo và quy trình thu tín hiệu ghi vào bộ nhớ của máy.

10.4.2 Nên sử dụng ít nhất ba máy thu GPS một tần số hoặc hai tần số có tham số độ chính xác a nhỏ hơn hoặc bằng 5 mm, b nhỏ hơn hoặc bằng 2 ppm và có định tâm quang học để đo lưới GPS.

10.4.3 Định tâm quang học của máy thu GPS cần được kiểm nghiệm trước khi sử dụng, bảo đảm sai số định tâm nhỏ hơn hoặc bằng ± 1 mm.

10.4.4 Tổ đo phải nghiêm chỉnh tuân theo thời gian quy định trong bảng điều độ công tác, đảm bảo quan trắc đồng bộ cùng một nhóm các vệ tinh. Khi có sự thay đổi so với bảng điều độ phải được sự đồng ý của người phụ trách. Tổ đo không được tùy tiện thay đổi kế hoạch đo ngắm.

10.4.5 Các dây dẫn nối từ ăng ten đến máy thu và các thiết bị phụ trợ được kiểm tra không có sai sót, mới được tiến hành thu tín hiệu.

10.4.6 Trước khi mở máy cho một ca đo phải đo chiều cao ăng ten bằng thước chuyên dùng đọc số đến 1 mm, ghi tên trạm máy, ngày tháng năm, số hiệu ca đo, chiều cao ăng ten. Sau khi tắt máy, tiến hành đo lại chiều cao ăng ten để kiểm tra, chênh lệch chiều cao ăng ten giữa hai lần đo không được vượt quá ± 2 mm và lấy giá trị trung bình ghi vào sổ đo. Nếu như chênh lệch vượt quá hạn sai cho phép, thì phải tìm hiểu nguyên nhân, đề xuất ý kiến xử lý và ghi vào cột ghi chú trong sổ đo.

10.4.7 Sau khi máy thu bắt đầu ghi nhận số liệu, người đo có thể sử dụng các chức năng của bàn phím, chọn menu, tìm thông tin trạm đo, số vệ tinh thu được tín hiệu, số hiệu vệ tinh, tỷ số nhiễu tín hiệu, kết quả định vị tức thời, tình trạng ghi, giữ số liệu (đối với máy thu có bàn phím điều khiển).

10.4.8 Khi máy thu đang ghi kết quả, thông thường người đo ghi lần lượt các nội dung theo quy định trong sổ đo. Khi thời gian đo quá 60 min thì cứ 30 min lại ghi một lần. Mẫu sổ đo được nêu trong Phụ lục H.

10.4.9 Trong quá trình đo của một ca đo không được tiến hành các thao tác sau: tắt máy thu và khởi động lại; tiến hành tự đo thử (trừ khi phát hiện có sự cố; thay đổi góc cao của vệ tinh; thay đổi tần suất thu tín hiệu; thay đổi vị trí ăng ten; ấn phím đóng và xoá thông tin.

10.4.10 Trong thời gian đo người đo không được rời máy, thường xuyên theo dõi tình trạng làm việc của máy thu, theo dõi nguồn điện, tình hình vệ tinh và ghi số liệu; đồng thời đề phòng máy bị chấn động làm chuyển dịch, đề phòng người và vật thể khác gần ăng ten che chắn tín hiệu vệ tinh.

10.4.11 Trong khi máy thu đang làm việc không được dùng bộ đàm hoặc điện thoại di động ở gần máy thu. Khi có sấm chớp, mưa to phải tắt máy, ngừng đo và thu cất ăng ten đề phòng sét đánh.

10.4.12 Trong khi đo phải bảo đảm máy thu hoạt động bình thường, ghi số liệu chính xác. Sau mỗi ngày đo nên kịp thời trút số liệu vào đĩa cứng, đĩa mềm của máy tính để tránh mất số liệu.

11 Ghi sổ đo ngoại nghiệp

11.1 Nội dung ghi sổ

Nội dung ghi sổ bao gồm các mục sau:

- Tên trạm đo, số hiệu trạm đo;
- Ngày, tháng đo/ngày của năm, điều kiện thời tiết, số hiệu ca đo;
- Thời gian bắt đầu đo, kết thúc đo, nên dùng thời gian UTC, ghi đến giờ, phút;
- Thiết bị thu ghi loại máy, ký hiệu, số máy, số hiệu ăng ten;
- Độ kinh, độ vĩ và độ cao gần đúng của trạm đo. Độ kinh độ vĩ ghi đến phút và độ cao ghi đến 0,1 m;
- Chiều cao ăng ten ghi kết quả đo trung bình của lần đo trước và lần đo sau khi thu tín hiệu, lấy đến 0,001 m;
- Điện áp của pin acquy, số lượng và số hiệu vệ tinh, tỷ số độ nhiễu tín hiệu (SNR), mức độ che chắn và những tình huống đáng ghi khác;

11.2 Các yêu cầu khi ghi sổ đo ngoại nghiệp

- Các số liệu gốc và các mục ghi chép theo quy định phải ghi ngay tại hiện trường thật rõ ràng, sạch sẽ, không được tẩy xoá hoặc chép lại;
- Kết quả thu tín hiệu vệ tinh của các ca đo sau mỗi ngày làm việc phải trút số liệu vào bộ nhớ ngoài hoặc máy tính;
- Các số liệu trút từ máy thu ra không được có bất kỳ một sự can thiệp hoặc xử lý nào.

12 Xử lý số liệu

12.1 Tính véc tơ cạnh

TCVN 9401:2012

12.1.1 Kết quả đo GPS có thể xử lý bằng phần mềm GP Survey 2.35 hoặc Trimble Geomatic Office hoặc các phần mềm khác cùng tính năng;

12.1.2 Đối với cạnh ngắn nhỏ hơn 10 km, chỉ cần sử dụng lịch vệ tinh quảng bá để giải cạnh. Chỉ chấp nhận các cạnh đạt lời giải FIX, với RATIO không nhỏ hơn 2. Trong trường hợp không đạt lời giải FIX cần lưu ý tới sai số đa đường dẫn tín hiệu (Multipath). Nếu tính cạnh ở chế độ tự động không đạt thì phải xử lý cạnh theo phương pháp can thiệp. Trong trường hợp xử lý can thiệp mà không nhận được lời giải FIX thì phải đo lại.

12.1.3 Khi xử lý can thiệp có thể cắt bỏ bớt vệ tinh có tình trạng xấu hoặc cắt bỏ bớt thời gian đo nhưng không được cắt bỏ quá 20 % thời gian thu tín hiệu.

12.1.4 Tọa độ gốc dùng để tính véc tơ cạnh nên chọn là trị bình sai của tọa độ trong hệ WGS - 84 của các điểm định vị theo phương pháp định vị điểm đơn (tuyệt đối) trong khoảng thời gian thu tín hiệu lớn hơn 30 min.

12.1.5 Trong một ca đo đồng bộ với nhiều máy thu, có thể tính riêng từng véc tơ cạnh, cũng có thể chọn các véc tơ cạnh và cùng tính theo cách xử lý nhiều véc tơ cạnh.

12.1.6 Tất cả các véc tơ cạnh được đo đồng bộ trong khoảng thời gian ngắn hơn 35 min, cần phải lấy lời giải ấn định (fixed) sai phân bậc hai phù hợp yêu cầu làm kết quả cuối cùng.

12.2 Kiểm tra kết quả tính véc tơ cạnh

12.2.1 Khi xử lý số liệu đo của một ca đo đối với lưới hạng II và hạng III tỷ lệ số liệu sử dụng không được thấp hơn 80 %.

12.2.2 Trong khi chọn mô hình xử lý từng véc tơ cạnh, đối với cùng một mô hình giải cạnh trong một ca đo thì sai số khép tương đối chiều dài cạnh của bất kỳ tam giác nào cũng không được vượt quá quy định nêu ở Bảng 7.

Bảng 7- Sai số khép tương đối giới hạn

n	D, km							
	0,10	0,15	0,20	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
3	1:8 160	1:12 200	1:16 300	1:40 600	1:80 000	1:151 600	1:210 000	1:255 000
4	1:9 430	1:14 100	1:18 800	1:46 900	1:92 400	1:175 000	1:242 500	1:294 500
5	1:10 500	1:15 800	1:21 000	1:52 400	1:103 400	1:195 700	1:271 200	1:329 200
6	1:11 500	1:17 300	1:23 000	1:57 400	1:113 200	1:214 400	1:297 000	1:360 700

CHÚ THÍCH: D là chiều dài trung bình các cạnh trong hình, n là số cạnh trong hình khép

12.2.3 Bất luận dùng phương thức xử lý riêng từng cạnh hay xử lý nhiều cạnh, trong toàn lưới GPS, cũng đều phải chọn các cạnh độc lập tạo thành các vòng đo độc lập; sai số khép tương đối tọa độ

thành phần và sai số khép tương đối chiều dài của các vòng đo độc lập phải phù hợp với các quy định sau đây:

$$\left. \begin{aligned} \omega_x &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega_y &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega_z &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega &\leq 2\sqrt{3n}\sigma \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

trong đó :

σ là độ chính xác chiều dài;

ω là sai số khép vòng đo; $\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}$;

n là số cạnh trong vòng đo độc lập;

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot 10^{-6} \cdot D)^2}$$

12.2.4 Chênh lệch chiều dài của vectơ cạnh đo không được vượt quá quy định.

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$$

12.3 Đo bổ sung và đo lại

12.3.1 Bất kỳ nguyên nhân nào tạo thành một điểm khống chế không thể liên kết bởi hai vectơ cạnh độc lập đạt yêu cầu thì tại điểm đó phải đo bổ sung hoặc đo lại ít nhất là một vectơ cạnh độc lập.

12.3.2 Có thể loại bỏ vectơ cạnh mà chênh lệch chiều dài của vectơ cạnh đo lại, sai số khép vòng đo đồng bộ, sai số khép vòng đo độc lập vượt quá hạn sai khi kiểm tra, nhưng phải bảo đảm vòng đo độc lập sau khi loại bỏ vectơ cạnh vẫn có số cạnh không vượt quá quy định tại 7.2.4; nếu vượt quá quy định đó thì phải đo lại vectơ cạnh ấy hoặc hình đồng bộ có liên quan.

12.3.3 Nếu do vị trí điểm không thoả mãn các yêu cầu đo GPS mà tại trạm máy đo lại nhiều lần vẫn không thể bảo đảm hạn sai quy định thì có thể dựa vào yêu cầu kỹ thuật chọn thêm điểm mới để tiến hành đo lại.

12.4 Bình sai lưới GPS

12.4.1 Khi các khoản kiểm tra chất lượng đã phù hợp với yêu cầu thì lấy tất cả các vectơ cạnh độc lập tạo thành hình khép kín, lấy vectơ 3 chiều của các cạnh và ma trận phương sai - hiệp phương sai của chúng làm thông tin trị đo, lấy tọa độ 3 chiều trong hệ WGS - 84 của một điểm làm số liệu khởi tính và tiến hành bình sai lưới GPS tự do. Kết quả bình sai lưới tự do sẽ cho tọa độ các điểm trong hệ tọa độ WGS - 84, số hiệu chỉnh trị đo của 3 số gia tọa độ của vectơ cạnh, chiều dài cạnh và thông tin về độ

chính xác vị trí điểm. Quá trình này phải tính chuyển từ tọa độ vuông góc không gian XYZ về tọa độ và độ cao trắc địa BLH sau đó chuyển về tọa độ vuông góc phẳng X,Y.

12.4.2 Có thể sử dụng tất cả các cạnh đo kể cả các cạnh phụ thuộc để bình sai lưới nếu khẳng định tất cả các cạnh không có sai số thô, (sai số do đo độ cao ăng ten, sai số nhiễu tín hiệu hoặc đa đường dẫn).

12.4.3 Trên cơ sở giá trị của các đại lượng đo đã được xác định qua bình sai lưới tự do, tiến hành bình sai phụ thuộc trong không gian 3 chiều hoặc 2 chiều, trong hệ tọa độ nhà nước hoặc hệ tọa độ khu vực.

12.4.4 Trong bình sai phụ thuộc, trị tuyệt đối của số hiệu chỉnh ($V_{\Delta x}; V_{\Delta y}; V_{\Delta z}$) của vectơ cạnh phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

$$\left. \begin{array}{l} V_{\Delta x} \leq 3\sigma \\ V_{\Delta y} \leq 3\sigma \\ V_{\Delta z} \leq 3\sigma \end{array} \right\} \quad (5)$$

Khi vượt hạn sai có thể thấy rằng vectơ cạnh ấy hoặc lân cận có chứa sai số thô, cần phải dùng phương pháp đã có trong phần mềm hoặc phương pháp tự đưa ra để loại trừ vectơ cạnh có chứa sai số thô, cho đến khi thỏa mãn yêu cầu trên.

12.4.5 Chênh lệch của số hiệu chỉnh ($dV_{\Delta x}, dV_{\Delta y}, dV_{\Delta z}$) của vectơ cạnh cùng tên trong bình sai ràng buộc và trong bình sai lưới tự do sau khi đã loại trừ sai số thô phải thỏa mãn yêu cầu sau đây:

$$\left. \begin{array}{l} dV_{\Delta x} \leq 2\sigma \\ dV_{\Delta y} \leq 2\sigma \\ dV_{\Delta z} \leq 2\sigma \end{array} \right\} \quad (6)$$

12.4.6 Bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ vuông góc phẳng cần thỏa mãn yêu cầu đã nêu ở 7.1.3.

12.4.7 Sử dụng điểm khởi tính tọa độ phải phù hợp với hệ quy chiếu sử dụng (về hệ tọa độ và múi chiếu). Đối với lưới GPS chỉ cần sử dụng một điểm khởi tính là đủ. Nếu sử dụng từ 2 điểm khởi tính trở lên cần xem xét kỹ lưỡng chất lượng của các điểm khởi tính. Sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất sau bình sai lưới không được lớn hơn ± 10 mm.

12.4.8 Khi bình sai bằng phần mềm Trimnet Plus thuộc GPSurvey 2.35 có thể bình sai lưới GPS kết hợp với các trị đo cạnh hoặc trị đo góc bằng toàn đạc điện tử nhằm nâng cao độ chính xác và độ tin cậy của mạng lưới GPS.

12.4.9 Để xác định độ cao cho các điểm trong lưới GPS, khi bình sai lưới có thể sử dụng mô hình Geoid EGM - 96 hoặc OSU91A hoặc mô hình Geoid có đủ độ chính xác kết hợp với các điểm khởi tính độ cao là các điểm đã biết độ cao thủy chuẩn trong hệ độ cao Nhà nước.

12.4.10 Trong mạng lưới phải có ít nhất 3 điểm độ cao khởi tính bố trí về các phía khác nhau của mạng lưới. Trong phạm vi kích thước lưới không quá 2 km, độ chính xác xác định độ cao cho các điểm còn lại trong lưới sẽ đạt độ chính xác tương đương thủy chuẩn hạng IV nếu các điểm khởi tính độ cao được đo nối với độ chính xác thủy chuẩn hạng III.

12.4.11 Đối với lưới GPS ở vùng núi, độ chính xác xác định độ cao kém hơn vùng đồng bằng. Các điểm lưới có thể đạt độ chính xác thủy chuẩn kỹ thuật nếu các điểm khởi tính được đo nối độ cao với độ chính xác thủy chuẩn hạng IV.

12.4.12 Trong kết quả bình sai phải đầy đủ các thông tin sau:

- Thông tin về các véc tơ cạnh (baselines) $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$;
- Sai số khép hình và sai số phép hình yếu nhất;
- Các phương vị cạnh, chiều dài cạnh, hiệu số độ cao và các số hiệu chỉnh tương ứng;
- Tọa độ vuông góc không gian XYZ;
- Tọa độ và độ cao trắc địa B,L,H;
- Tọa độ vuông góc phẳng và độ cao thủy chuẩn sau bình sai;
- Đánh giá sai số cạnh, sai số tương đối cạnh và sai số phương vị cạnh sau bình sai.

12.4.13 Trong trường hợp hệ tọa độ công trình không theo hệ tọa độ nhà nước, tọa độ sau bình sai bằng phần mềm xử lý lưới GPS cần chuyển về hệ tọa độ công trình theo phương pháp định vị tối ưu nhờ ít nhất 3 điểm song trùng (là các điểm có tọa độ trong cả hai hệ). Các điểm song trùng cần bố trí đều về các phía trên vùng biên của mạng lưới.

- Tọa độ các điểm lưới GPS sau bình sai chuyển về hệ tọa độ của công trình theo phương pháp định vị tối ưu.; có thể sử dụng công thức chuyển đổi tọa độ phẳng bốn tham số có dạng:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_o + m \times x_i \cos\varphi - m \times y_i \sin\varphi \\ Y_1 &= Y_o + m \times y_i \cos\varphi + m \times x_i \sin\varphi \end{aligned} \quad (7)$$

- Để xác định các tham số chuyển đổi X_o, Y_o, φ và m trong công thức (7) phải sử dụng phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

- Có thể sử dụng công thức afin bậc nhất để chuyển đổi tọa độ giữa hai hệ tọa độ vuông góc phẳng. Công thức có dạng:

$$\begin{aligned} x_2 &= a_o + a_1 x_1 + a_2 y_1 \\ y_2 &= b_o + b_1 x_1 + b_2 y_1 \end{aligned} \quad (8)$$

Các tham số $a_o, a_1, a_2, b_o, b_1, b_2$ trong công thức (8) cần phải xác định theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất dựa vào các điểm song trùng.

13 Báo cáo kết quả đo

13.1 Sau khi đã kết thúc toàn bộ công tác đo GPS, cần viết báo cáo tổng kết kỹ thuật với nội dung bao gồm:

- Tình hình khu đo, điều kiện địa lý, tự nhiên;
- Nhiệm vụ được giao, tài liệu trắc địa đã có của khu đo, mục đích đo và yêu cầu độ chính xác;
- Đơn vị thi công đo đạc, thời gian bắt đầu đo, luận cứ kỹ thuật, tình hình đội ngũ cán bộ kỹ thuật, loại hình và số lượng máy thu, tình trạng kiểm nghiệm, phương pháp đo, tình trạng đo bổ sung, đo lại, hoàn cảnh đo, các điểm trùng, khối lượng công việc và ngày công;
- Tình trạng kiểm tra số liệu ngoại nghiệp, số liệu gốc, nội dung phương pháp và phần mềm hậu xử lý số liệu;
- Phân tích số liệu đo ngoại nghiệp và tính toán kiểm tra tại thực địa;
- Tình hình thực hiện phương án và chấp hành quy trình kỹ thuật;
- Vấn đề tồn tại trong kết quả giao nộp và vấn đề cần phải thuyết minh;
- Các phụ lục kèm theo (bảng biểu, hình vẽ).

13.2 Tài liệu cần phải giao nộp

- Bản thiết kế kỹ thuật;
- Bản dự báo vệ tinh có thể nhìn thấy và kế hoạch đo;
- Ghi chép ngoại nghiệp (bao gồm đĩa mềm, CD) số đo và các ghi chép khác;
- Các tài liệu, bảng kết quả hình thành trong tính toán xử lý số liệu;
- Sơ đồ lưới đo GPS;
- Báo cáo tổng kết kỹ thuật và nghiệm thu kết quả;
- Tài liệu chọn điểm chôn mốc phù hợp với yêu cầu quy định tại 8.1.3.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Ghi chú điểm GPS

Ngày, tháng Người ghi..... Người vẽ:.....

Người kiểm tra:.....

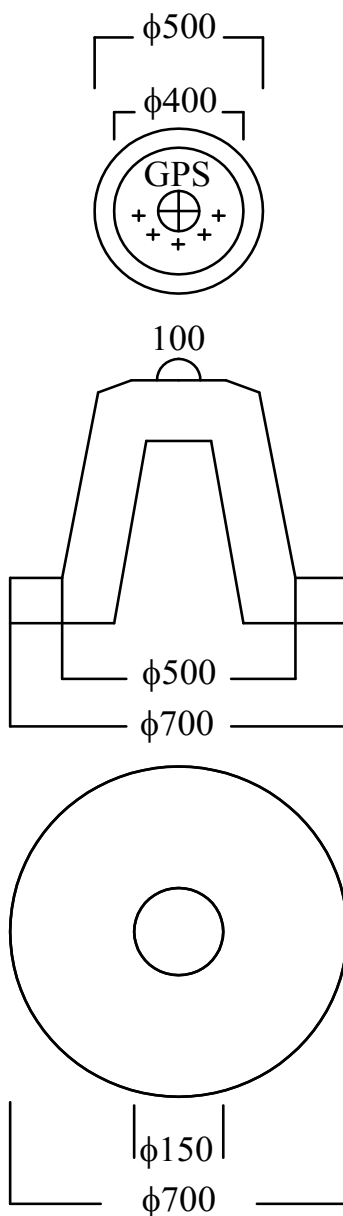
Tên điểm và cấp hạng	Điểm GPS	Tên		Chất đất	
		Số hiệu			
	Điểm lân cận (tên, số hiệu, khoảng cách, tình trạng ngắm thông)			Tình hình mốc (1 hay 2 tầng, mới chọn hay cũ)	
				Tên điểm cũ	
Tên địa phương có điểm					
Cách đi đến điểm					
Nằm trên tờ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:..... với ký hiệu mảnh				Tọa độ gần đúng	x: y:
					B: L:

Phụ lục B

(Tham khảo)

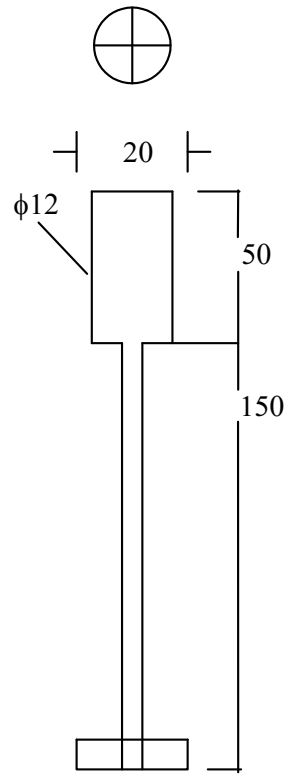
Dấu mốc GPS các cấp và sơ đồ chôn mốc

Kích thước tính bằng milimét



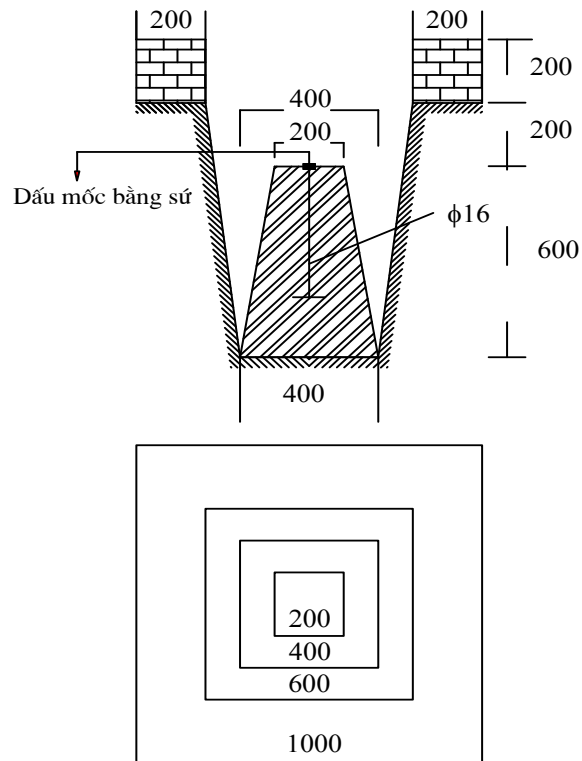
Hình B.1 - Dấu mốc GPS bằng sứ

Kích thước tính bằng milimét



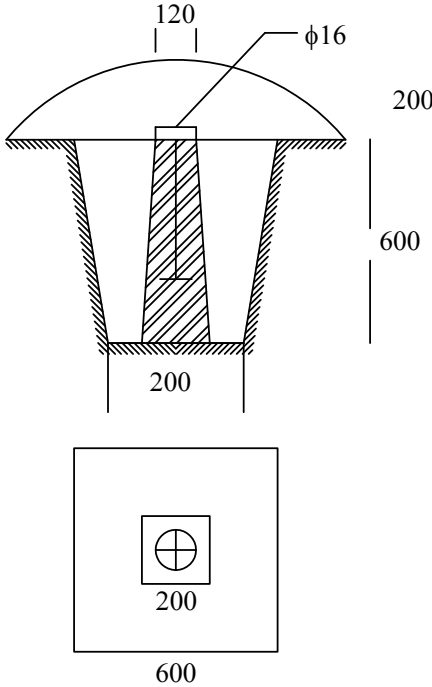
Hình B.2 - Dấu mốc bằng sắt

Kích thước tính bằng milimét



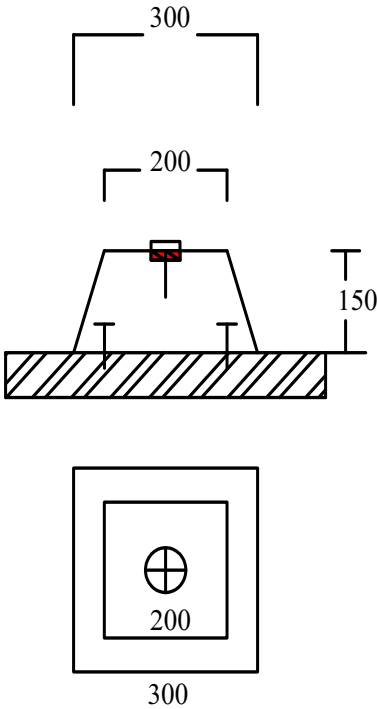
Hình B.3 - Cấu tạo mốc GPS ở vùng trung du và vùng núi

Kích thước tính bằng milimét



Hình B.4 - Cấu tạo mốc GPS cấp I, cấp II

Kích thước tính bằng milimét



Hình B.5 - Cấu tạo mốc GPS gắn vào núi đá

Phụ lục C

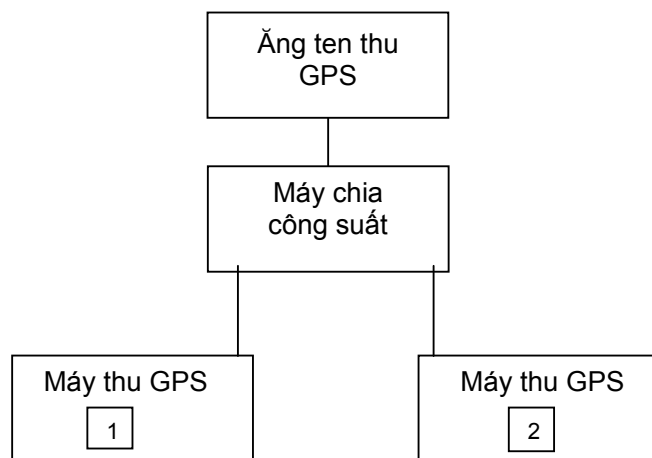
(Tham khảo)

Phương pháp kiểm định độ ổn định của máy bằng cách đo trên chiều dài chuẩn

C.1 Nội dung phương pháp

Khi kiểm nghiệm có máy chia đều công suất (gọi tắt là máy chia công suất) để tách tín hiệu thu được của 1 ăng ten thành hai hoặc nhiều đường có công suất pha như nhau, sau đó dùng cách xử lý sai phân bậc hai để xử lý số liệu tính ra giá số tọa độ, tính ra chiều dài cạnh so với chiều dài chuẩn đã có để phát hiện ra sai số trong nội bộ máy thu. Với cách đo như vậy đã loại trừ sai số đồ hình vệ tinh, độ lệch của tâm ăng ten, sai số trễ thời gian của tín hiệu, sai số của tín hiệu thứ phát, sai số dọi tâm máy ... vì vậy cũng là phương pháp kiểm nghiệm sai số đồng hồ của máy thu, độ trễ thời gian của tín hiệu trong nội bộ máy và các sai số liên quan đến đường điện trong máy.

C.2 Cách bố trí đo



Hình C.1 - Sơ đồ chia công suất

C.2.1 Chọn nơi có góc cao của vệ tinh lớn hơn 15° , không có vật che khuất để đặt ăng ten. Nối giữa ăng ten và máy chia công suất như Hình C.1.

C.2.2 Nối điện hai máy thu ở hai đầu chiều dài chuẩn, cùng thu tín hiệu của bốn vệ tinh trở lên trong vòng 1 h đến 1,5 h.

C.2.3 Đổi vị trí, nối điện từ máy chia công suất đến máy thu, đo một lần nữa.

C.2.4 Dùng phần mềm chuyên dùng tính ra tọa độ, chiều dài của cạnh chuẩn, số chênh phải nhỏ hơn 1 mm nếu lớn hơn đưa về xưởng sửa chữa hoặc hạ cấp dùng.

Phụ lục D

(Tham khảo)

Kiểm định độ ổn định của tâm pha ăng ten

D.1 Nội dung này thực hiện trên bãi có chiều dài chuẩn.

D.2 Khi kiểm định dùng hai máy và ăng ten đặt ở hai đầu cạnh chuẩn. Dọi tâm chính xác, vạch mốc của ăng ten hướng về phía Bắc. Đo một đoạn thời gian sau đó đổi máy và ăng ten đo một lần nữa. Nếu bãi chuẩn có chiều dài vuông góc với chiều dài đã đo, đo một lần nữa như trên. Nếu không có chiều dài thứ hai như trên thì một ăng ten cố định chỉ hướng bắc, ăng ten thứ hai lần lượt thuận chiều kim đồng hồ quay 90° , 180° , 270° đo như trên.

D.3 Dùng phần mềm chuyên dùng tính ra các thành phần tọa độ ba chiều, gia số tọa độ và chiều dài cạnh, số chênh không được vượt quá hai lần sai số tiêu chuẩn của máy. Nếu vượt quy định đưa về xưởng sửa chữa hoặc hạ cấp sử dụng.

Phụ lục E

(Tham khảo)

Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh dọi tâm quang học**E.1 Phương pháp kiểm nghiệm**

Đem đế máy đặt lên đế 3 chân, cân bằng. Dùng bút chì vẽ đường viền của máy lên trên mặt giá 3 chân. Trên nền đất để 1 tờ giấy kẻ li, đọc ra vị trí của trục quang học máy dọi điểm. Nới ốc hãm chuyển đế máy xuống vị trí khác sao cho đường viền trên giá 3 chân vẫn bao đế máy, cân lại máy, đọc ra vị trí trục quang học, chuyển đế máy đến vị trí thứ 3 làm như trên. Nếu ba vị trí trục quang học trùng nhau là được, nếu có tam giác sai số phải hiệu chỉnh.

E.2 Phương pháp hiệu chỉnh

Xác định tâm của tam giác sai số, vặn hai ốc giữa chữ thập của bộ phận dọi tâm, xê dịch nhẹ cho tâm chữ thập trùng với tâm tam giác sai số, làm đi làm lại cho tới khi chuẩn xác.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Bảng điều độ đo GPS

Bảng F.1- Điều độ đo GPS

Lần đo	Thời điểm đo từđến...	Tên và số hiệu điểm đo	Tên và số hiệu điểm đo	Tên và số hiệu điểm đo	Tên và số hiệu điểm đo	Tên và số hiệu điểm đo	Tên và số hiệu điểm đo
		Số máy	Số máy	Số máy	Số máy	Số máy	Số máy
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Phụ lục G

(Tham khảo)

Yêu cầu và phương pháp đo độ cao ăng ten

G.1 Khi đặt ăng ten lên bộ máy dùng thước thép đã kiểm định đo hai lần khoảng cách từ tâm mốc đến mặt của bộ máy, hai lần đo chênh nhau 2 mm thì lấy trung bình được h_1 , đo độ dày của ăng ten h_2 , và đo từ cạnh phía trên ăng ten đến đỉnh cao nhất của ăng ten h_3 , độ cao ăng ten là:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (\text{G.1})$$

G.2 Khi lắp ăng ten lên giá 3 chân đo bằng que đo

G.2.1 Khi có que đo chuyên dùng trực tiếp đo chiều cao ăng ten từ tâm mốc đến vạch chỉ định trên ăng ten.

G.2.2 Có thể dùng que đo, đo ba vị trí cách nhau 120° khoảng cách từ tâm mốc đến vạch chỉ định trên ăng ten, ba lần đo chênh nhau nhỏ hơn 2 mm lấy trung bình được L , biết bán kính của ăng ten là R , độ cao ăng ten là:

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} \quad (\text{G.2})$$

G.2.3 Khi không có thước chuyên dùng dùng thước thép nhỏ đo khoảng cách từ tâm mốc đến ba vị trí thành 120° trên giá ba chân chênh nhau nhỏ hơn 2 mm lấy trung bình được L , đo độ cao từ đáy ăng ten đến đỉnh ăng ten là h_3 biết bán kính ăng ten R thì độ cao ăng ten là

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} + h_3 \quad (\text{G.3})$$

G.3 Khi đặt ăng ten trên bộ đo, dùng thước thép nhỏ đo khoảng cách từ tâm mốc đến phía dưới ăng ten là h' , sau đó cộng thêm độ dày của ăng ten là h'' và có:

$$h = h' + h'' \quad (\text{G.4})$$

Phụ lục H

(Tham khảo)

Ghi sổ ngoại nghiệp khi đo GPS

Bảng H.1- Ghi sổ ngoại nghiệp khi đo GPS của công trình

Tên người đo	Ngày đo:.....	(session)
Tên điểm đo.....	Số hiệu điểm đo	Số thứ tự lần đo
Điều kiện thời tiết ...		
Tọa độ gần đúng của điểm	Thuyết minh điểm	
Độ kinh E	Điểm mới	
Độ vĩ N	Điểm khống chế nhà nước cấp:.....	
Độ cao, m	Điểm thủy chuẩn cấp:.....	
Thời gian đo		
Bắt đầu	Kết thúc	
Máy đo số.....	Ăng ten số	
Độ cao ăng ten, m	Số kiểm tra sau khi đo xong.....	
1..... 2.....3.....	Trung bình.....	
Sơ đồ đo độ cao ăng ten	Lược đồ điểm đo và tình hình che khuất	

Ghi chú về tình hình đo

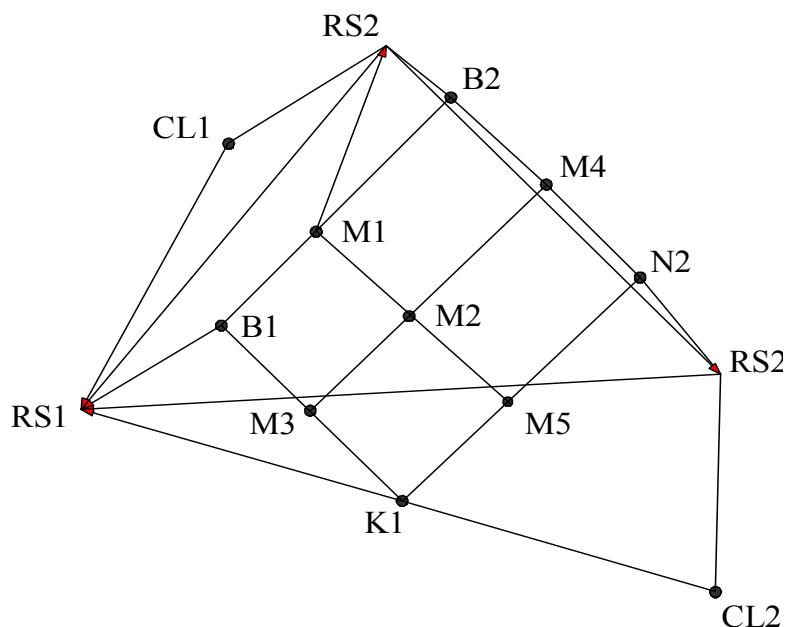
- 1- Điện áp của pin
- 2- Thu tín hiệu của vệ tinh
- 3- Tỷ số độ nhiễu tín hiệu SNR
- 4- Các sự cố
- 5- Ghi chú khác

Phụ lục I

(Tham khảo)

Kết quả đo thực nghiệm và xử lý số liệu GPS trong Trắc địa công trình

I.1 Sơ đồ mạng lưới do GPS



Hình I.1 - Sơ đồ mạng lưới đo GPS

I.2 Công tác đo đạc thực địa

Mạng lưới cơ sở RS1, RS2, RS3 được phát triển dựa vào hai điểm địa chính cơ sở có số hiệu là 116444 và GPS - 01, tọa độ của chúng được cho trong hệ tọa độ HN - 72, phép chiếu Gauss - Kruger, kinh tuyến trung ương $105^{\circ} 45'$. Tọa độ của các điểm gốc và các điểm RS1, RS2, RS3, sau khi đo và tính toán được lập trong Bảng I.1.

Bảng I.1 - Tọa độ các điểm gốc

TT	Tên điểm	Tọa độ		M _p m	H m
		X m	Y m		
1	116 444	2 319 654,405	507 188,070	0,000 0	5,356
2	GPS-01	2 326 761,489	503 083,271	0,000 0	6,756
3	RS1	2 323 786,779	503 559,500	0,004 1	5,840
4	RS2	2 324 072,255	503 787,489	0,004 1	6,638
5	RS3	2 323 781,290	504 010,160	0,003 9	7,050

I.2.1 Lập lịch đo

Trước khi đo cần phải lập lịch đo theo điều kiện lựa chọn như Bảng I.2.

Bảng I.2 - Điều kiện lựa chọn để lập lịch đo

Khu đo	Hà Nội
Độ vĩ φ	21 ⁰ 10'00"
Độ kinh λ	105 ⁰ 45'00"
Độ cao H	10 m
Số vệ tinh	Lớn hơn 6
PDOP	Nhỏ hơn 5
Thời gian thu tín hiệu	45 min đến 60 min

I.2.2 Công tác đo đạc ngoài thực địa

Việc đo các điểm đường chuyền hạng IV được thực hiện vào ngày 23 tháng 03 năm 2005 bằng bốn máy thu loại một tần số TRIMBLE 4600LS có số hiệu 0 220 105 177; 0 220 105 186; 0 220 292 157 và 0 220 313 121. Trước khi quan trắc vệ tinh đã tiến hành dẫn độ cao thủy chuẩn hình học hạng III cho tất cả các điểm của lưới đường chuyền và sử dụng các độ cao này như các điểm gốc để bình sai lưới GPS. Việc quan trắc các vệ tinh được thực hiện trong điều kiện thời tiết tốt, tất cả các cạnh được đo trong bảy ca đo (session). Theo sơ đồ mạng lưới đã được lập.

I.3 Kết quả tính toán và bình sai lưới

I.3.1 Tính cạnh

Các cạnh đo được xử lý bằng mô đun WAVE trong GPSurvey 2.35. Trước hết sử dụng chế độ xử lý mặc định “ Default”, đối với những cạnh không đạt mới thực hiện tính toán can thiệp nâng cao “Advance Controls”.

Sau khi tính cạnh nhận được 43 cạnh, tất cả đều cho lời giải FIXED.

Tỷ số phương sai RATIO nhỏ nhất là 3,4. Phương sai lớn nhất là 14,89.

I.3.2 Tính kiểm tra

Việc kiểm tra kết quả đo được thực hiện qua việc tính sai số khép của các hình khép kín. Kết quả tính sai số khép tọa độ f_x , f_y , f_z cho các hình tam giác được trình bày trong Bảng 2. Sai số khép hình tương đối lớn nhất không vượt quá 1/37 223, như vậy tất cả các trị đo cạnh có chất lượng rất tốt, được chấp nhận để bình sai lưới. Ngoài các trị đo GPS trong các ca đo, đối với các cạnh thông hướng còn được đo khoảng cách bằng máy TCR - 303, với mục đích kiểm tra kết quả đo GPS và trong trường hợp có sự phù hợp tốt, các chiều dài đo sẽ được tham gia bình sai lưới.

I.3.3 Bình sai lưới

Sau khi kiểm tra kết quả đo, công tác bình sai lưới được thực hiện bằng mô đun TRIMNET Plus thuộc GPSurvey 2.35. Lưới được bình sai trong hệ tọa độ HN -72 với phép chiếu Gauss - Kruger ($m_0 = 1$),

trên Ellipsoid Krasovky, kinh tuyến trung ương là $105^{\circ}45'$. Độ cao xác định bằng thủy chuẩn hình học của tất cả các điểm trong lưới được coi là số liệu gốc, không thay đổi (FIX). Mạng lưới GPS được bình sai kết hợp với 25 trị đo cạnh bằng máy toàn đạc điện tử TCR - 303. Sai số trung phương đo cạnh là $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D$. Khi nhập số liệu, các cạnh đo được coi là Grid Distances.

Trọng số được tính đối với tất cả các trị đo GPS (All GPS Solution) theo phương pháp lựa chọn (alternative). Trọng số của các chiều dài cạnh đo bằng toàn đạc điện tử được tính dựa vào sai số trung phương đo cạnh của máy. Sau khi tính nhận được sai số trung phương đơn vị trọng số (Network Reference Factor) là 1,0 và kết quả thử χ^2 (Chi - Square) với $\alpha = 95 \%$ là PASS.

Tọa độ sau bình sai được trình bày ở Bảng I.6. Tọa độ trắc địa được trình bày ở Bảng I.7.

Bảng kết quả tọa độ phẳng và độ cao sau bình sai được nêu ở Bảng I.8.

Quá trình xử lý số liệu GPS tham khảo các bảng: Từ Bảng I.3 đến Bảng I.9.

Các kết quả tính từ trang 35 đến trang 44 được xử lý theo các phần mềm chuyên dụng.

Kết quả đánh giá độ chính xác

- Sai số trung phương trong số đơn vị: 0,94;
- Cạnh ngắn nhất: 1,482 m; Cạnh (H2- M4);
- Cạnh dài nhất: 444,333 m; Cạnh (B2- CL2);
- Chiều dài cạnh trung bình: 181,716 m;
- Sai số tương đối nhỏ nhất: 1/326 337; Cạnh (H2- RS1);
- Sai số tương đối lớn nhất: 1/1213; Cạnh (H2- M4);
- Sai số phương vị nhỏ nhất: 0,66"; Cạnh (H2- RS1);
- Sai số phương vị lớn nhất: 184,14" ; Cạnh (H2- M4).

Bảng I.3- Bảng trị đo gia số tọa độ và các chỉ tiêu sai số

Hệ tọa độ vuông góc không gian Elipsoid quy chiếu: WGS- 84

SES	D. Đầu	D. Cuối	DX, m	DY, m	DZ, m	Ratio	Re. Var	RMS
0826	B1	H2	-237,031	-92,874	63,481	9,7	7,612	0,012
0821	B1	M2	-151,821	-41,180	-2,503	12,6	2,746	0,007
0821	B1	M3	-64,439	11,199	-72,298	12,2	3,085	0,007
0826	B1	M4	-236,111	-92,943	64,660	5,2	14,891	0,013
0826	B1	RS1	84,748	47,546	-63,210	10,6	6,969	0,011
0822	B2	RS2	64,738	-8,536	66,424	17,2	2,184	0,005
0820	CL1	M1	-52,739	9,530	-61,530	19,6	1,253	0,004
0820	CL1	RS1	107,341	111,617	-207,990	3,9	4,337	0,007
0826	K1	CL2	-240,146	-28,405	-100,931	23,2	3,129	0,006
0826	K1	M3	66,111	-10,292	75,048	18,1	3,996	0,006
0821	M1	B1	75,328	54,534	-83,240	17,6	2,378	0,006
0821	M1	M2	-76,494	13,354	-85,743	18,1	1,771	0,005
0821	M1	M3	10,889	65,733	-155,537	15,9	2,192	0,005
0820	M1	RS1	160,079	102,086	-146,461	3,4	6,052	0,008
0822	M2	B2	-19,981	-62,523	139,587	15,6	2,756	0,006
0823	M2	H2	-85,218	-51,683	65,983	13,8	4,561	0,007
0822	M2	M4	-84,294	-51,762	67,141	8,7	4,767	0,008
0823	M2	N2	-150,549	-40,812	-7,588	19,9	3,219	0,006
0822	M2	RS2	44,757	-71,059	206,011	12,4	3,262	0,006
0825	M3	CL2	-306,257	-18,112	-175,978	29,3	2,496	0,005
0821	M3	M2	-87,383	-52,378	69,795	20,4	1,666	0,005
0822	M4	B2	64,313	-10,759	72,446	8,4	4,843	0,008
0826	M4	H2	-0,932	0,090	-1,152	33,7	5,171	0,009
0827	M4	H2	-0,924	0,074	-1,171	11,4	6,697	0,008
0822	M4	RS2	129,051	-19,297	138,870	8,0	5,604	0,009
0824	M5	CL2	-152,732	23,830	-170,806	15,8	3,028	0,006
0825	M5	CL2	-152,734	23,831	-170,806	20,8	2,822	0,005
0823	M5	H2	-19,076	-62,127	140,946	18,6	4,252	0,007
0825	M5	K1	87,411	52,236	-69,875	18,4	3,494	0,006
0823	M5	M2	66,142	-10,443	74,964	26,3	2,616	0,005
0825	M5	M3	153,522	41,944	5,173	16,1	4,189	0,007
0823	M5	N2	-84,407	-51,256	67,376	25,5	2,841	0,006
0824	M5	N2	-84,408	-51,258	67,378	20,5	2,816	0,006
0824	M5	RS3	-131,782	-41,321	9,439	20,5	2,199	0,005
0824	N2	CL2	-68,325	75,090	-238,183	26,0	2,040	0,005
0823	N2	H2	65,331	-10,872	73,570	18,2	3,804	0,007
0824	N2	RS3	-47,377	9,934	57,941	29,7	1,326	0,004
0826	RS1	H2	-321,780	-140,419	126,693	17,2	4,094	0,007
0826	RS1	M4	-320,857	-140,491	127,866	10,4	5,715	0,008
0820	RS2	CL1	84,461	18,185	-58,738	29,2	0,754	0,003
0820	RS2	M1	31,722	57,716	-120,268	16,3	1,461	0,005
0820	RS2	RS1	191,801	159,804	-266,727	4,4	4,580	0,007
0825	RS3	CL2	-20,949	65,152	-180,244	24,9	1,638	0,004

CHÚ THÍCH:

- RATIO lớn nhất: (M4 -H2) RATIO = 33,700
- RATIO nhỏ nhất: (M1 -RS1) RATIO = 3,400
- R.VARIANCE lớn nhất: (B1 -M4) R.VA = 14,891
- R.VARIANCE nhỏ nhất: (RS2 -CL1) R.VA = 0,754
- RMS lớn nhất: (B1 -M4) RMS = 0,013
- RMS nhỏ nhất: (RS2 -CL1) RMS = 0,003

Bảng I.4- Sai số khép hình

TT	Vòng khép			fx	fy	fz	fxyz	[D], m	Fxyz:[D]
1	RS1	CL1	RS2	-0,001	0,002	0,001	0,002	738,243	1: 301 386
2	RS1	RS2	M1	0,000	-0,002	-0,002	0,003	742,239	1: 262 421
3	CL1	RS2	M1	0,000	0,001	0,000	0,001	332,320	1: 332 320
4	RS1	M1	B1	-0,003	-0,006	0,011	0,013	480,519	1: 37 295
5	B1	M1	M2	-0,001	0,000	0,000	0,001	397,814	1: 397 813
6	B1	M2	M3	0,001	-0,001	0,000	0,001	378,312	1: 267 507
7	M1	M2	M3	0,000	-0,001	-0,001	0,001	408,379	1: 288 767
8	M2	M5	M3	-0,003	0,009	0,004	0,010	383,242	1: 37 223
9	M2	RS2	B2	0,000	0,000	0,000	0,001	469,865	1: 469 865
10	B2	M4	M2	0,000	-0,002	0,000	0,002	371,271	1: 185 635
11	M2	H2	M5	0,000	0,001	0,001	0,001	375,252	1: 265 343
12	H2	N2	M5	0,000	0,001	0,000	0,001	373,743	1: 373 743
13	N2	RS3	M5	-0,002	-0,001	-0,004	0,005	333,478	1: 72 770
14	M5	RS3	CL2	0,001	0,001	0,001	0,002	561,598	1: 324 238
15	N2	RS3	CL2	-0,001	-0,004	-0,002	0,005	527,217	1: 115 048
16	M5	CL2	K1	0,003	-0,001	0,000	0,003	615,905	1: 194 766
17	M3	M5	CL2	0,003	-0,002	-0,001	0,004	743,281	1: 198 650
18	M3	CL3	K1	0,000	0,001	0,001	0,001	716,261	1: 506 472

CHÚ THÍCH:

- Vòng khép tốt nhất: M3 CL2 K1 DAT 1: 506 472

- Vòng khép kém nhất: M2 M5 M3 DAT 1: 37 223

**Bảng I.5a- Bảng trị đo, số hiệu chỉnh và trị bình sai góc phương vị
hệ tọa độ trắc địa Elipsoid Krasovki**

TT	Đầu	Cuối	PVđo	Ma	SHC	PVps
1	RS2	CL1	236 ⁰ 10' 21,440"	3,482	5,867	236 ⁰ 10' 27,308"
2	RS2	M1	199 ⁰ 41' 21,882"	3,493	9,328	199 ⁰ 41' 31,211"
3	CL1	RS1	211 ⁰ 00' 53,165"	3,460	3,468	211 ⁰ 00' 56,633"
4	CL1	M1	143 ⁰ 49' 03,286"	4,505	1,934	143 ⁰ 49' 05,221"
5	M1	RS1	229 ⁰ 17' 49,157"	4,836	0,821	229 ⁰ 17' 49,979"
6	M1	M2	142 ⁰ 45' 49,169"	2,863	1,614	142 ⁰ 45' 50,784"
7	M1	M3	189 ⁰ 38' 09,672"	3,048	4,911	189 ⁰ 38' 14,583"
8	M1	B1	224 ⁰ 23' 10,504"	4,879	3,931	224 ⁰ 23' 14,436"
9	B1	M2	91 ⁰ 03' 25,448"	3,696	-2,649	91 ⁰ 03' 22,798"
10	B1	M3	142 ⁰ 46' 23,442"	4,452	-0,649	142 ⁰ 46' 22,792"
11	M3	M2	52 ⁰ 45' 52,601"	4,274	0,556	52 ⁰ 45' 53,157"
12	M2	B2	13 ⁰ 34' 27,631"	2,502	-2,009	13 ⁰ 34' 25,621"
13	M2	RS2	353 ⁰ 51' 42,824"	1,831	-2,224	353 ⁰ 51' 40,600"
14	M2	M4	52 ⁰ 45' 56,765"	4,235	-4,993	52 ⁰ 45' 51,772"
15	M4	B2	322 ⁰ 45' 53,582"	4,978	1,605	322 ⁰ 45' 55,188"
16	M4	RS2	321 ⁰ 22' 03,797"	2,723	-0,010	321 ⁰ 22' 03,787"
17	B2	RS2	319 ⁰ 54' 20,251"	3,483	-1,397	319 ⁰ 54' 18,854"
18	M5	M2	322 ⁰ 45' 41,677"	3,518	-3,436	322 ⁰ 45' 38,240"
19	M5	H2	13 ⁰ 07' 02,840"	2,924	-0,422	13 ⁰ 07' 02,417"
20	M5	N2	52 ⁰ 44' 39,879"	3,360	-1,833	52 ⁰ 44' 38,045"
21	M2	H2	53 ⁰ 28' 29,749"	4,375	-0,480	53 ⁰ 28' 29,269"
22	M2	N2	92 ⁰ 48' 30,799"	2,758	-4,372	92 ⁰ 48' 26,426"
23	N2	H2	322 ⁰ 44' 35,254"	4,222	-4,736	322 ⁰ 44' 30,518"
24	M5	RS3	85 ⁰ 45' 20,979"	3,273	-3,458	85 ⁰ 45' 17,520"
25	M5	CL2	142 ⁰ 24' 30,900"	1,894	-1,208	142 ⁰ 24' 29,691"
26	M5	N2	52 ⁰ 44' 38,948"	4,020	-0,902	52 ⁰ 44' 38,045"
27	N2	RS3	145 ⁰ 22' 23,927"	4,586	-5,930	145 ⁰ 22' 17,997"
28	N2	CL2	169 ⁰ 54' 22,505"	1,500	-1,718	169 ⁰ 54' 20,786"
29	RS3	CL2	179 ⁰ 15' 49,585"	2,064	-0,827	179 ⁰ 15' 48,757"
30	M5	CL2	142 ⁰ 24' 29,457"	2,040	0,233	142 ⁰ 24' 29,691"
31	M5	K1	232 ⁰ 45' 10,985"	3,965	0,491	232 ⁰ 45' 11,477"
32	M5	M3	271 ⁰ 54' 22,392"	3,811	-1,838	271 ⁰ 54' 20,554"
33	K1	CL2	114 ⁰ 17' 24,350"	2,055	-0,180	114 ⁰ 17' 24,169"
34	K1	M3	322 ⁰ 45' 51,033"	5,525	-1,889	322 ⁰ 45' 49,143"
35	M3	CL2	122 ⁰ 04' 45,036"	1,328	-0,746	122 ⁰ 04' 44,290"
36	M4	H2	143 ⁰ 55' 41,185"	326,613	149,883	143 ⁰ 58' 11,068"
37	B1	RS1	234 ⁰ 35' 17,599"	12,248	-14,530	234 ⁰ 35' 03,069"
38	B1	H2	74 ⁰ 55' 28,284"	6,705	3,523	74 ⁰ 55' 31,807"
39	B1	M4	74 ⁰ 37' 07,595"	9,432	13,813	74 ⁰ 37' 21,409"
40	RS1	H2	68 ⁰ 43' 42,329"	3,381	-3,346	68 ⁰ 43' 38,982"
41	RS1	M4	68 ⁰ 30' 24,276"	4,119	1,814	68 ⁰ 30' 26,091"
42	M4	H2	144 ⁰ 16' 06,181"	971,838	75,112	143 ⁰ 58' 11,068"
43	RS2	RS1	218 ⁰ 36' 39,027"	2,623	4,220	218 ⁰ 36' 43,248"

CHÚ THÍCH:
 Sai số phương vị lớn nhất : M4 - H2 Ma (max)=971,838
 Sai số phương vị nhỏ nhất : M3 - CL2 Ma (min)= 1,328
 Số hiệu chỉnh phương vị lớn nhất: M4 - H2 Va (max)=149,883
 Số hiệu chỉnh phương vị nhỏ nhất: M4 - RS2 Va (min)= 0,010

**Bảng I.5b- Bảng trị đo, số hiệu chỉnh và trị bình sai cạnh
hệ tọa độ trắc địa Elipsoid Krasovki**

TT	Đầu	Cuối	Do	Md	SHC	Db
1	RS2	CL1	113,600 4	0,001 4	0,001 4	113,601 8
2	RS2	M1	137,118 4	0,002 4	-0,001 7	137,116 6
3	CL1	RS1	259,303 5	0,004 6	0,003 9	259,307 5
4	CL1	M1	81,597 6	0,002 5	-0,002 7	81,594 9
5	M1	RS1	239,783 0	0,004 6	0,004 9	239,787 9
6	M1	M2	115,676 7	0,002 7	-0,004 6	115,672 1
7	M1	M3	169,207 5	0,002 4	-0,002 8	169,204 6
8	M1	B1	124,808 7	0,001 8	0,000 5	124,809 3
9	B1	M2	157,326 2	0,002 6	-0,001 7	157,324 5
10	B1	M3	97,491 1	0,003 5	-0,002 8	97,488 2
11	M3	M2	123,493 2	0,001 5	-0,000 3	123,492 9
12	M2	B2	154,245 9	0,001 7	-0,001 5	154,244 4
13	M2	RS2	222,467 2	0,001 9	-0,001 4	222,465 8
14	M2	M4	119,548 1	0,002 3	-0,002 8	119,545 2
15	M4	B2	97,469 6	0,002 6	-0,002 2	97,467 3
16	M4	RS2	190,555 9	0,002 7	-0,002 9	190,553 0
17	B2	RS2	93,145 2	0,001 7	-0,000 2	93,145 0
18	M5	M2	100,513 9	0,001 9	-0,001 3	100,512 5
19	M5	H2	155,207 9	0,002 2	-0,001 3	155,206 5
20	M5	N2	119,545 2	0,001 8	0,001 1	119,546 4
21	M2	H2	119,522 9	0,002 3	0,000 3	119,523 2
22	M2	N2	156,163 4	0,002 0	0,000 2	156,163 7
23	N2	H2	98,989 7	0,002 3	-0,001 9	98,987 8
24	M5	RS3	138,431 1	0,002 2	0,001 6	138,432 8
25	M5	CL2	230,366 9	0,002 4	0,000 2	230,367 1
26	M5	N2	119,547 8	0,002 0	-0,001 3	119,546 4
27	N2	RS3	75,500 8	0,002 0	-0,003 3	75,497 5
28	N2	CL2	258,916 8	0,001 9	-0,000 4	258,916 4
29	RS3	CL2	192,798 4	0,001 9	0,002 6	192,801 0
30	M5	CL2	230,368 5	0,002 1	-0,001 3	230,367 1
31	M5	K1	123,498 0	0,002 5	0,000 1	123,498 2
32	M5	M3	159,232 5	0,002 3	0,000 1	159,232 7
33	K1	CL2	262,037 8	0,002 0	-0,000 8	262,037 0
34	K1	M3	100,539 0	0,002 6	-0,001 5	100,537 4
35	M3	CL2	353,678 1	0,001 8	-0,001 9	353,676 1
36	M4	H2	1,485 5	0,002 3	-0,003 1	1,482 3
37	B1	RS1	115,914 8	0,006 6	0,014 9	115,929 8
38	B1	H2	262,372 7	0,005 0	0,001 9	262,374 7
39	B1	M4	261,854 8	0,007 2	-0,006 5	261,848 2
40	RS1	H2	373,243 6	0,004 2	0,013 1	373,256 7
41	RS1	M4	372,875 9	0,005 3	0,006 0	372,881 9
42	M4	H2	1,495 9	0,006 8	-0,013 6	1,482 3
43	RS2	RS1	365,333 0	0,004 4	0,005 6	365,338 6

CHÚ THÍCH:

Sai số chiều dài lớn nhất: B1 - M4 Md (max)= 0,007 2
 Sai số chiều dài nhỏ nhất: RS2 - CL1 Md (min)= 0,001 4
 Số hiệu chỉnh chiều dài lớn nhất: B1 - RS1 Vd (max)= 0,014 9
 Số hiệu chỉnh chiều dài nhỏ nhất: M5 - K1 Vd (min)= 0,000 1

Bảng I.5c- Bảng trị đo, số hiệu chỉnh và trị bình sai chênh cao

hệ tọa độ trắc địa Elipsoid Krasovki

TT	Đầu	Cuối	dHđo	Mh	SHC	dHbs
1	RS2	CL1	0,777 4	0,003 7	-0,003 5	0,773 9
2	RS2	M1	0,675 3	0,005 1	-0,005 9	0,669 4
3	CL1	RS1	-1,550 1	0,009 5	-0,009 4	-1,559 5
4	CL1	M1	-0,102 8	0,004 7	-0,001 9	-0,104 7
5	M1	RS1	-1,448 4	0,011 1	-0,006 7	-1,455 1
6	M1	M2	0,686 8	0,004 9	-0,001 6	0,685 1
7	M1	M3	0,528 1	0,005 4	-0,000 1	0,527 9
8	M1	B1	0,019 6	0,005 3	0,004 0	0,023 6
9	B1	M2	0,666 9	0,006 2	-0,005 7	0,661 2
10	B1	M3	0,509 0	0,006 5	-0,004 9	0,504 1
11	M3	M2	0,159 0	0,004 8	-0,002 0	0,156 9
12	M2	B2	-1,051 1	0,005 7	-0,004 3	-1,055 4
13	M2	RS2	-1,348 6	0,006 1	-0,006 5	-1,355 2
14	M2	M4	-1,020 9	0,007 5	-0,008 5	-1,029 4
15	M4	B2	-0,029 1	0,007 8	0,002 8	-0,026 3
16	M4	RS2	-0,327 6	0,008 3	0,001 5	-0,326 0
17	B2	RS2	-0,297 0	0,005 1	-0,003 0	-0,300 0
18	M5	M2	0,692 1	0,005 1	0,003 6	0,695 8
19	M5	H2	-0,440 1	0,006 3	-0,001 2	-0,441 3
20	M5	N2	-0,452 8	0,005 3	0,001 3	-0,451 5
21	M2	H2	-1,130 8	0,006 9	-0,006 6	-1,137 4
22	M2	N2	-1,144 4	0,005 9	-0,003 1	-1,147 5
23	N2	H2	0,012 5	0,006 2	-0,002 6	0,009 9
24	M5	RS3	-0,262 9	0,006 2	0,003 8	-0,259 1
25	M5	CL2	-1,023 9	0,006 2	0,000 3	-1,023 5
26	M5	N2	-0,454 7	0,006 0	0,003 1	-0,451 5
27	N2	RS3	0,188 4	0,005 3	0,003 7	0,192 1
28	N2	CL2	-0,567 2	0,005 2	-0,005 0	-0,572 2
29	RS3	CL2	-0,759 5	0,005 4	-0,005 0	-0,764 6
30	M5	CL2	-1,022 0	0,004 3	-0,001 4	-1,023 5
31	M5	K1	-0,323 1	0,004 8	-0,001 6	-0,324 8
32	M5	M3	0,542 2	0,005 2	-0,003 5	0,538 6
33	K1	CL2	-0,698 9	0,004 5	0,000 0	-0,698 9
34	K1	M3	0,864 8	0,005 1	-0,001 6	0,863 2
35	M3	CL2	-1,563 6	0,004 0	0,001 2	-1,562 3
36	M4	H2	-0,095 4	0,007 9	-0,012 8	-0,108 2
37	B1	RS1	-1,468 7	0,012 2	-0,010 2	-1,478 9
38	B1	H2	-0,474 8	0,012 7	-0,001 1	-0,475 9
39	B1	M4	-0,347 8	0,018 1	-0,020 1	-0,368 0
40	RS1	H2	0,995 7	0,009 5	0,007 0	1,002 8
41	RS1	M4	1,117 0	0,011 9	-0,006 2	1,110 7
42	M4	H2	-0,118 2	0,012 9	0,010 0	-0,108 2
43	RS2	RS1	-0,770 7	0,009 7	-0,014 7	-0,785 4

CHÚ THÍCH:
 Sai số chênh cao lớn nhất: B1 - M4 mH (max)= 0,018 1
 Sai số chênh cao nhỏ nhất: RS2 - CL1 mH (min)= 0,003 7
 Số hiệu chỉnh chênh cao lớn nhất: B1 - M4 VH (max)= 0,020 1
 Số hiệu chỉnh chênh cao nhỏ nhất: K1 - CL2 VH (min)= 0,000 0

Bảng I.5d- Độ cao Geoid và kết quả bình sai độ cao Geoid

Hệ tọa độ trắc địa Elipsoid Krasovki

TT	Điểm	zđo	Mz	SHC	Zbs	MZbs
1	B1	-28,111 7	0,0046	-0,000 7	-28,112 4	0,004 3
2	B2	-28,111 4	0,0046	0,000 8	-28,110 6	0,004 3
3	CL1	-28,115 0	0,0046	0,000 4	-28,114 5	0,004 4
4	CL2	-28,096 6	0,0046	0,000 4	-28,096 1	0,004 5
5	H2	-28,107 9	0,0046	0,000 8	-28,107 1	0,004 1
6	K1	-28,104 8	0,0046	0,000 2	-28,104 6	0,004 1
7	M1	-28,112 2	0,0046	0,000 3	-28,111 8	0,004 2
8	M2	-28,108 1	0,0046	-0,000 6	-28,108 8	0,003 9
9	M3	-28,108 3	0,0046	0,000 6	-28,107 7	0,004 1
10	M4	-28,108 0	0,0046	0,000 8	-28,107 1	0,004 1
11	M5	-28,104 6	0,0046	-0,000 6	-28,105 3	0,003 9
12	N2	-28,104 5	0,0046	-0,002 2	-28,106 7	0,004 1
13	RS1	-28,112 0	0,0046	-0,000 9	-28,112 9	0,004 5
14	RS2	-28,114 6	0,0046	0,000 9	-28,113 7	0,004 5
15	RS3	-28,101 8	0,0046	-0,002 3	-28,104 2	0,004 2

Bảng I.5e- Bảng trị đo, số hiệu chỉnh và trị bình cạnh điện quang

hệ tọa độ trắc địa Elipsoid Krasovki

TT	Đầu	Cuối	Dđo	MD	SHC	Dbs
1	B2	M2	154,241 0	0,004 8	0,005 2	154,246 2
2	B2	M4	97,470 0	0,004 7	-0,001 4	97,468 5
3	B2	RS2	93,148 0	0,004 7	-0,001 9	93,146 1
4	CL1	M1	81,599 0	0,004 7	-0,003 1	81,595 9
5	CL2	K1	262,042 0	0,004 9	-0,001 8	262,040 1
6	CL2	M5	230,368 0	0,004 8	0,001 9	230,369 9
7	H2	M2	119,522 0	0,004 7	0,002 6	119,524 6
8	H2	M4	1,480 0	0,004 7	0,002 2	1,482 3
9	K1	M5	123,496 0	0,004 7	0,003 6	123,499 7
10	M2	M4	119,544 0	0,004 7	0,002 6	119,546 6
11	M2	M5	100,515 0	0,004 7	-0,001 3	100,513 7
12	M2	N2	156,161 0	0,004 8	0,004 5	156,165 5
13	M5	N2	119,548 0	0,004 7	-0,000 1	119,547 9
14	M5	RS3	138,434 0	0,004 7	0,000 4	138,434 5
15	N2	RS3	75,503 0	0,004 7	-0,004 5	75,498 4
16	H2	CL2	349,917 0	0,005 0	0,003 9	349,921 0
17	M4	CL2	351,319 0	0,005 0	0,007 8	351,326 8
18	B2	CL2	444,328 0	0,005 1	0,004 7	444,332 8
19	H2	CL1	231,139 0	0,004 8	-0,002 1	231,136 9
20	M4	CL1	229,884 0	0,004 8	-0,004 1	229,879 9
21	CL1	M3	233,524 0	0,004 8	-0,000 9	233,523 1
22	CL1	B1	159,914 0	0,004 8	0,001 7	159,915 8
23	B2	M1	120,925 0	0,004 7	0,001 9	120,927 0
24	B2	CL1	154,573 0	0,004 8	0,000 1	154,573 1
25	H2	B2	98,953 0	0,004 7	-0,002 5	98,950 5

CHÚ THÍCH:

Sai số chiều dài lớn nhất: B2 - CL2 md (max)= 0,005 1
 Sai số chiều dài nhỏ nhất: B2 - M4 md (min)= 0,004 7
 Số hiệu chỉnh chiều dài lớn nhất: M4 - CL2 Vd (max)= 0,007 8
 Số hiệu chỉnh chiều dài nhỏ nhất: M5 - N2 Vd (min)= 0,000 1

Bảng I.6- Bảng tọa độ vuông góc không gian sau bình sai**Hệ tọa độ vuông góc không gian Elipsoid quy chiếu: Krasovki**

TT	Ký hiệu	X, m	Y, m	Z, m
1	B1	-1 620 455,411 0	5 732 240,087 4	2 272 114,491 1
2	B2	-1 620 627,208 4	5 732 136,374 8	2 272 251,573 3
3	CL1	-1 620 478,002 8	5 732 176,016 9	2 272 259,257 8
4	CL2	-1 620 826,110 1	57 32 233,177 2	2 271 866,219 3
5	H2	-1 620 692,448 4	5 732 147,213 0	2 272 177,970 4
6	K1	-1 620 585,961 1	5 732 261,577 5	2 271 967,148 7
7	M1	-1 620 530,740 5	5 732 185,547 2	2 272 197,729 5
8	M2	-1 620 607,231 7	5 732 198,902 5	2 272 111,988 2
9	M3	-1 620 519,848 2	5 732 251,282 7	2 272 042,194 0
10	M4	-1 620 691,520 1	5 732 147,133 5	2 272 179,128 6
11	M5	-1 620 673,373 4	5 732 209,343 6	2 272 037,024 5
12	N2	-1 620 757,782 0	5 732 158,087 7	2 272 104,403 6
13	RS1	-1 620 370,653 6	5 732 287,631 2	2 272 051,262 2
14	RS2	-1 620 562,468 6	5 732 127,834 6	2 272 317,996 6
15	RS3	-1 620 805,160 4	5 732 168,026 0	2 272 046,468 4

Bảng I.7- Bảng tọa độ trắc địa sau bình sai**Hệ tọa độ vuông góc không gian Elipsoid quy chiếu: Krasovki**

TT	Ký hiệu	B	L	H, m	H, m
1	B1	21 0 23,906 77	105 47 6,523 39	-20,780	7,332
2	B2	21 0 28,686 25	105 47 13,224 73	-21,175	6,936
3	CL1	21 0 28,948 00	105 47 7,879 68	-20,702	7,413
4	CL2	21 0 15,272 76	105 47 18,940 16	-21,832	6,264
5	H2	21 0 26,123 67	105 47 15,296 45	-21,255	6,852
6	K1	21 0 18,779 37	105 47 10,670 92	-21,137	6,968
7	M1	21 0 26,806 26	105 47 9,547 16	-20,805	7,307
8	M2	21 0 23,811 33	105 47 11,970 06	-20,118	7,991
9	M3	21 0 21,382 39	105 47 8,565 00	-20,275	7,833
10	M4	21 0 26,162 66	105 47 15,266 27	-21,147	6,960
11	M5	21 0 21,209 05	105 47 14,075 55	-20,812	7,293
12	N2	21 0 23,561 47	105 47 17,370 92	-21,264	6,843
13	RS1	21 0 21,723 00	105 47 3,251 41	-22,259	5,854
14	RS2	21 0 31,003 54	105 47 11,148 02	-21,476	6,638
15	RS3	21 0 21,541 19	105 47 18,855 93	-21,070	7,034

Bảng I.8- Bảng kết quả tọa độ phẳng và độ cao sau bình sai- Hệ HN-72,**kinh tuyến trung ương: 105 45 0****Tỷ lệ chiếu $m_0 = 1,000 0$** **(Phương án 3 điểm góc: RS1, RS2, RS3)**

STT	Ký hiệu	X, m	Y, m	Mp, m	Độ cao h
1	B1	2 323 853,962	503 653,980	0,002 2	77,332
2	B2	2 324 001,000	503 847,480	0,001 5	6,936
3	CL1	2 324 009,015	503 693,115	0,001 7	7,413
4	CL2	2 323 588,503	504 012,639	0,002 0	6,264
5	H2	2 323 922,201	503 907,329	0,001 6	6,852
6	K1	2 323 696,294	503 773,796	0,002 5	6,968
7	M1	2 323 943,156	503 741,286	0,001 6	7,307
8	M2	2 323 851,062	503 811,280	0,001 3	7,991
9	M3	2 323 776,337	503 712,959	0,001 9	7,833
10	M4	2 323 923,400	503 906,457	0,001 7	6,960
11	M5	2 323 771,042	503 872,105	0,001 4	7,293
12	N2	2 323 843,414	503 967,258	0,001 4	6,843
13	RS1	2 323 786,779	503 559,500	0,000 0	5,854
14	RS2	2 323 072,255	503 787,489	0,000 0	6,638
15	RS3	2 323 781,290	504 010,160	0,000 0	7,034
CHÚ THÍCH: - Sai số vị trí điểm nhỏ nhất: 0,000 m ; Điểm (RS1) - Sai số điểm lớn nhất: 0,003 m ; Điểm (K1)					

Bảng I.9- Bảng chiều dài cạnh, phương vị cạnh và sai số tương hỗ

Hệ tọa độ phẳng Gauss Elipsoid Krasovki

STT	Đ. Đầu	Đ. Cuối	D1, m	MD, m	MD:D	P.VI	MfV
1	B1	CL1	159,916	0,001 7	1: 93 109	14 ⁰ 09' 56"	2,21
2	B1	H2	262,378	0,001 6	1:159 541	74 ⁰ 55' 31"	1,48
3	B1	M1	124,811	0,001 2	1:100 920	44 ⁰ 23' 14"	2,85
4	B1	M2	157,326	0,001 4	1:111 623	91 ⁰ 03' 22"	1,99
5	B1	M3	97,489	0,001 7	1: 55 863	142 ⁰ 46' 22"	2,65
6	B1	M4	26,,851	0,001 7	1:150 090	74 ⁰ 37' 21"	1,53
7	B1	RS1	115,931	0,001 4	1: 84 394	234 ⁰ 35' 02"	2,97
8	B2	CL1	154,573	0,001 5	1:106 559	272 ⁰ 58' 20"	2,26
9	B2	CL2	444,333	0,001 5	1:287 436	158 ⁰ 10' 46"	,78
10	B2	H2	98,950	0,001 4	1: 72 750	142 ⁰ 46' 59"	2,96
11	B2	M1	120,927	0,001 3	1: 91 670	241 ⁰ 25' 22"	2,77
12	B2	M2	154,246	0,001 1	1: 35 908	193 ⁰ 34' 25"	1,62
13	B2	M4	97,469	0,001 3	1: 74 559	142 ⁰ 45' 55"	2,89
14	B2	RS2	93,146	0,001 1	1: 85 196	319 ⁰ 54' 18"	2,42
15	CL1	H2	231,137	0,001 5	1:149 300	112 ⁰ 03' 41"	1,51
16	CL1	M1	81,596	0,001 5	1: 54 243	143 ⁰ 49' 05"	2,87
17	CL1	M2	233,523	0,001 7	1:139 050	175 ⁰ 07' 31"	1,30
18	CL1	M4	229,880	0,001 6	1:143 983	111 ⁰ 51' 58"	1,58
19	CL1	RS1	259,311	0,001 2	1:213 424	211 ⁰ 00' 56"	0,97
20	CL1	RS2	113,603	0,001 1	1:108 143	56 ⁰ 10' 27"	1,48
21	CL2	H2	349,921	0,001 5	1:232 711	342 ⁰ 29' 06"	0,97
22	CL2	M1	262,040	0,001 4	1:181 900	294 ⁰ 17' 24"	1,44
23	CL2	M2	353,680	0,001 4	1:244 615	302 ⁰ 04' 44"	0,88
24	CL2	M4	351,327	0,001 5	1:231 433	342 ⁰ 24' 30"	0,975
25	CL2	M5	230,370	0,001 1	1:207 075	322 ⁰ 24' 29"	1,07
26	CL2	N2	258,920	0,001 3	1:201 626	349 ⁰ 54' 20"	1,07
27	CL2	RS3	192,803	0,001 3	1:145 924	359 ⁰ 15' 48"	1,55
28	H2	M2	119,525	0,001 2	1:103 079	233 ⁰ 28' 29"	2,16
29	H2	M4	1,482	0,001 2	1: 1 213	323 ⁰ 58' 10"	+++
30	H2	M5	155,208	0,001 2	1:126 428	193 ⁰ 07' 02"	1,68
31	H2	N2	98,989	0,001 2	1: 82 334	142 ⁰ 44' 30"	2,39
32	H2	RS1	373,261	0,001 1	1:326 337	248 ⁰ 43' 38"	0,66
33	K1	M3	100,539	0,001 6	1: 63 321	322 ⁰ 45' 48"	3,23
34	K1	M5	123,500	0,001 5	1: 81 647	52 ⁰ 45' 11"	2,55
35	M1	M2	115,673	0,001 4	1: 82 677	142 ⁰ 45' 50"	1,73
36	M1	M3	169,207	0,001 4	1:123 732	189 ⁰ 38' 14"	1,70
37	M1	RS1	239,791	0,001 0	1:245 349	229 ⁰ 17' 49"	1,14
38	M1	RS2	137,118	0,001 2	1:118 091	19 ⁰ 41' 31"	1,75
39	M2	M3	123,494	0,001 1	1:117 292	232 ⁰ 45' 52"	2,22
40	M2	M4	119,547	0,001 2	1: 96 658	52 ⁰ 45' 51"	2,21
41	M2	M5	100,514	0,001 0	1:100 606	142 ⁰ 45' 38"	1,85
42	M2	N2	156,166	0,001 0	1:150 412	92 ⁰ 48' 26"	1,44
43	M2	RS2	222,468	0,001 0	1:225 342	353 ⁰ 51' 40"	0,84
44	M3	M5	159,235	0,001 1	1:139 471	91 ⁰ 54' 20"	1,66
45	M4	RS1	372,886	0,001 2	1:305 252	248 ⁰ 30' 25"	0,68
46	M4	RS2	190,555	0,001 2	1:155 783	321 ⁰ 22' 03"	1,33
47	M5	N2	119,548	0,000 9	1:126 948	52 ⁰ 44' 37"	1,78
48	M5	RS3	138,434	0,001 0	1:140 979	85 ⁰ 45' 17"	1,56
49	N2	RS3	75,498	0,001 0	1: 74 199	145 ⁰ 22' 17"	2,63

Thư mục tài liệu tham khảo

- 1 *Technical Specification for Urban Surveying Using Global Positioning System - CJJ 73 - 97. NXB Công nghiệp xây dựng Trung Quốc, Bắc Kinh, 10/1997.*
 - 2 *Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình công nghiệp và nhà cao tầng (mã số: RD - 02), Hà Nội - 2003; Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ (Bộ Xây dựng).*
 - 3 *Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo) Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình, mã số B2001 - 36 - 23. Hà Nội - 2003.*
 - 4 *Kết quả thực nghiệm đo GPS tại nhà máy thủy điện Ialy, nhà chung cư 11 tầng Hoàng Quốc Việt, Nhà Trung tâm Hội nghị Quốc gia. Nhà chung cư 34 tầng Trung Hoà - Nhân Chính - Hà Nội, Nhà chung cư siêu cao tầng Keang nam.*
-