

MÔ HÌNH ĐỊA THƯỜNG ĐỘ CAO (GEOID) CỤC BỘ VÙNG NAM TRUNG BỘ VIỆT NAM REGIONAL GEOIDAL MODEL FOR SOUTHERN MIDDLE OF VIETNAM

Lê Trung Chơn⁽¹⁾, Phạm Chí Tích⁽²⁾

⁽¹⁾- Bộ môn Địa tin học, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, ĐH Bách khoa, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁽²⁾- Xí nghiệp 305 – Công ty Đo đạc Địa chính công trình, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

BẢN TÓM TẮT

Việc xây dựng mô hình Geoid chính xác rất cần thiết khi giải quyết các bài toán Trắc địa cơ bản như định vị Ellipsoid thực dụng, tính các số hiệu chỉnh do độ lệch dây dọi vào các kết quả đo đạc trên mặt đất và đặc biệt là ứng dụng công nghệ GPS vào việc xác định độ cao. Trong báo này chúng tôi trình bày các kết quả nghiên cứu và xử lý các số liệu đo GPS, trọng lực đo cao hình học tại vùng Nam trung bộ. Mô hình Geoid do chúng tôi xây dựng có độ chính xác đủ để xác định độ cao bằng công nghệ GPS với cấp hạng IV nhà nước.

ABSTRACT

It is very important to determinate an accuracy geoids model for solving fundamental geodetic problems as following: orientation of reference ellipsoid, calculating corrections of deflection of vertical to ground measurements and application GPS technology to height determination. In this paper, we present our research results by processing GPS, gravity and geometric leveling data. The accuracy of geoidal model was built on this data can be used for height determination by GPS technology with 4th National leveling degree.

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.

Chúng ta biết rằng bằng phương pháp đo GPS ta có thể xác định được tọa độ vuông góc không gian (X,Y,Z) hoặc tọa độ trắc địa (B,L,H) của điểm xét (theo phương pháp đo GPS tuyệt đối), hay hiệu tọa độ vuông góc không gian ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) hoặc hiệu tọa độ trắc địa ($\Delta B, \Delta L, \Delta H$) giữa hai điểm xét (theo phương pháp đo GPS tuyệt đối) trong hệ tọa độ WGS-84 quốc tế.

Bằng phương pháp đo cao hình học chúng ta xác định được chênh cao Δh giữa hai điểm xét. Đồng thời dựa vào giá trị trọng lực thực đo được, hay trọng lực chuẩn tính được và giá trị dị thường trọng lực, chúng ta sẽ tính ra được độ cao chính H_g hay độ cao chuẩn H^g .

Từ hình 1 ta có :

$$H = H^g + N = H^y + \zeta \quad (1)$$

Hoặc :

$$\Delta H = \Delta H^g + \Delta N = \Delta H^y + \Delta \zeta \quad (2)$$

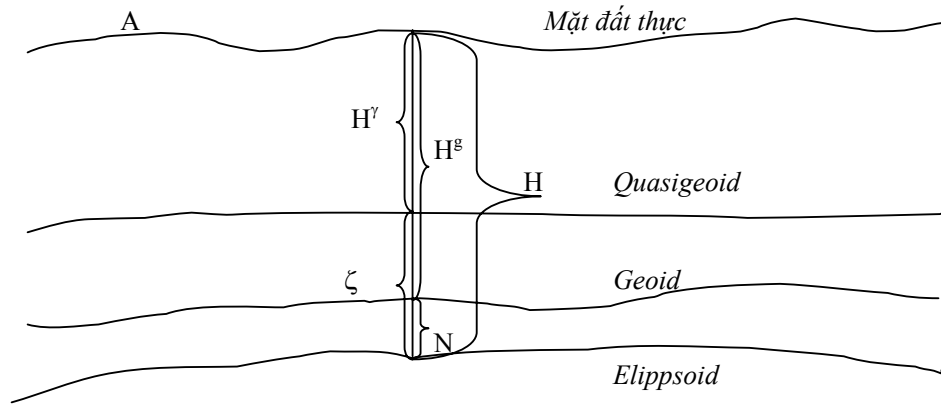
$$\Rightarrow N = H - H^g$$

$$\zeta = H - H^y$$

Hoặc :

$$\Delta N = \Delta H - \Delta H^g$$

$$\Delta \zeta = \Delta H - \Delta H^y$$



Hình 1

Như vậy bằng phương pháp đo GPS chúng ta xác định được độ cao trắc địa của điểm xét hay hiệu độ cao trắc địa giữa các điểm xét; đồng thời lại biết được độ cao chuẩn H^s hay hiệu độ cao chuẩn ΔH^s , chúng ta hoàn toàn xác định được giá trị dị thường độ cao ζ hoặc hiệu dị thường độ cao $\Delta\zeta$.

Với phương pháp này ζ ($\Delta\zeta$) được xác định sẽ có độ tin cậy cao hơn phương pháp đo cao thiên văn - trọng lực.

Việc xác định dị thường độ cao tại các điểm không có số liệu độ cao hình học và độ cao trắc địa đo trùng, chúng ta sẽ sử dụng các phương pháp nội suy với các hàm phù hợp cho từng khu vực.

Phương pháp xây dựng mô hình dị thường độ cao theo tập hợp điểm đã biết giá trị ζ được chia ra 2 trường hợp: trường hợp thứ nhất là nội suy ζ trực tiếp trên tập hợp n điểm đã biết giá trị $\{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n\}$. Trường hợp thứ hai là nội suy ζ dựa vào một mô hình Geoid tiên nghiệm (priority) nào đó và tập hợp n điểm đã biết giá trị $\{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n\}$, trường hợp này là nội suy hiệu số $\Delta\zeta$ giữa giá trị thực và mô hình tiên nghiệm. Về thực chất phương pháp xây dựng mô hình dị thường độ cao là phương pháp nội suy giá trị độ cao Geoid dựa vào một tập hợp điểm đã biết và một số thông tin phụ trợ khác (ví dụ như mô hình tiên nghiệm). Phương pháp nội suy càng phù hợp sẽ được mô hình càng sát thực.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO.

Chúng ta biết rằng nếu có được mô hình dị thường độ cao ζ chính xác, chúng ta có thể đưa độ cao trắc địa đo bằng GPS về độ cao thủy chuẩn. Để đáp ứng mục tiêu này ta cần có mô hình ζ với độ chính xác tới cm mới sử dụng được đo cao GPS thay cho thủy chuẩn hạng III, hạng IV được. Trong phần này chúng ta chỉ xem xét việc tính toán ζ phục vụ mục đích nghiên cứu khả năng xác định độ cao bằng công nghệ GPS.

Trước đây người ta sử dụng phương pháp trọng lực, phương pháp đo cao thiên văn, phương pháp đo cao thiên văn - trọng lực để tính toán dị thường độ cao, độ chính xác của chúng chỉ đủ để chuyển các trị đo mặt đất về Ellipsoid quy chiếu và phục vụ định vị Ellipsoid thực dụng.

Từ khi công nghệ vệ tinh phát huy các ưu điểm mà phương pháp mặt đất không có được, người ta đã có được các giá trị dị thường độ cao (ζ) thực tại các điểm vệ tinh (Doppler hoặc GPS) có độ cao thủy chuẩn. Các điểm có ζ thực có thể xác định ở một mật độ khá cao vì việc đo vệ tinh và thủy chuẩn không khó khăn và tốn kém như đo thiên văn. Như vậy có thể nghĩ tới việc nội suy trực tiếp ζ theo phương pháp vệ tinh - thủy chuẩn hay vệ tinh - thủy chuẩn - trọng lực (mô phỏng tương tự phương pháp thiên văn - trắc địa và phương pháp thiên văn - trắc địa - trọng lực) mà không cần sử dụng các phương pháp đo cao

thiên văn – trắc địa hoặc đo cao thiên văn – trắc địa – trọng lực như đã nói trên.

Trong những năm đầu của thập kỷ 90 người ta sử dụng mô hình Geoid toàn cầu OSU 91 với độ chính xác ζ cỡ 1m tại các nút nội suy và cỡ 5 m tại các điểm nội suy. Vào năm 1996 các nhà trắc địa Quốc tế đã đưa ra mô hình Geoid mới mang tên EGM – 96 có độ chính xác khá cao trên phạm vi toàn thế giới : ζ đạt độ chính xác cỡ 0,5m tại các nút nội suy và 2m tại các điểm nội suy. Hiện nay người ta có được khẳng định khá chắc chắn về độ chính xác của ζ khi xác định theo mô hình. Vấn đề sử dụng mô hình Geoid để nội suy giá trị ζ theo các mốc nội suy có giá trị ζ thực xác định bằng vệ tinh – thủy chuẩn đang được thế giới áp dụng rất phổ biến, mang lại hiệu quả cao.

Để xây dựng mô hình dị thường độ cao phù hợp hơn mô hình EGM – 96 trên khu vực khảo sát , có thể sử dụng tập hợp các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn kết hợp với các số liệu trọng lực cục bộ cấu thành 1 lưới GPS. Lưới này được gọi là lưới GPS – Thủy chuẩn – Trọng lực (GPS-TC-TL) nhằm mục đích xây dựng mô hình dị thường độ cao địa phương.

Có 2 phương pháp xây dựng mô hình dị thường độ cao: phương pháp phần dư (residual) và phương pháp sóng (undulation).

Phương pháp phần dư dựa trên cơ sở nội suy giá trị $\Delta\zeta_i = \zeta_i - \zeta_i^{96}$ tại một điểm bất kỳ dựa trên giá trị $\Delta\zeta_i^{(BS)} = \zeta_i - \zeta_i^{96}$ tại các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn sau khi đã bình sai toàn lưới GPS-TC-TL. Nói cách khác, phương pháp này dựa trên cơ sở nội suy độ lệch dị thường độ cao so với mô hình EGM 96. Phương pháp phần dư luôn cho một mô hình dị thường độ cao địa phương tốt hơn mô hình

EGM 96 trên phạm vi địa phương đó. Phương pháp này có thể được coi như phương pháp hiệu chỉnh lại mô hình EGM 96 cho phù hợp với các giá trị ζ thực đã biết tại các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn.

Phương pháp sóng là phương pháp xây dựng mô hình dị thường độ cao địa phương không dựa trên cơ sở cải thiện mô hình EGM 96. Mô hình dị thường độ cao tại địa phương được tạo lên dựa vào phép nội suy để tính ζ_i tại một điểm bất kỳ dựa trên cơ sở giá trị ζ tại các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn sau khi đã bình sai toàn lưới GPS-TC-TL. Phương pháp sóng thường được sử dụng khi ta có một mật độ khá dày các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn.

Ở nước ta do không có sẵn một mô hình tiên nghiệm như EGM-96, với Ellipsoid đã được định vị lại, cho nên chúng ta chỉ có thể sử dụng phương pháp sóng.

Trên cơ sở mạng lưới GPS – Thủy chuẩn với 25 điểm GPS có độ cao thủy chuẩn hạng I, hạng II và dị thường trọng lực Bouguer của vùng miền Nam Trung bộ rộng khoảng 10 000 km² (mật độ khoảng 400 km² / 1 điểm), chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình dị thường độ cao địa phương tại khu vực khảo sát bằng phương pháp sóng. Hàm nội suy được sử dụng là hàm vi phân Spline do Byvshev đề xuất.

3. NỘI SUY THEO HÀM VI PHÂN SPLINE

Trong phương pháp này dị thường độ cao của một điểm P_i có thể biểu diễn theo hàm vi phân Spline dưới dạng sau:

$$\overline{h}_{P_j} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{P_i P_j}^2 \cdot \ln r_{P_i P_j}^2 + \tau_1 + \tau_2 \cdot x_{P_j} + \tau_3 \cdot y_{P_j}, \quad (3)$$

với:

$$r_{P_i P_j}^2 = (x_{\overline{P_i}} - x_{P_j})^2 + (y_{\overline{P_i}} - y_{P_j})^2;$$

$x_{\overline{P_i}}, y_{\overline{P_i}}$: toạ độ phẳng của những điểm đã biết dị thường độ cao;

x_{P_j}, y_{P_j} : toạ độ phẳng của những điểm chưa biết dị thường độ cao

Các hệ số a_i, τ_i được xác định bằng việc giải hệ phương trình sau:

$$\begin{pmatrix} C + C_{\Delta\Delta} & M \\ M^T & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a \\ \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \zeta \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

các hệ số C_{ij} được tính bởi biểu thức:

$$r_{\overline{P_i P_j}}^2 \cdot \ln r_{\overline{P_i P_j}} \quad \text{khi } i \neq j$$

$C_{ij} = 0$ khi $i=j$.

Ma trận M^T được xác định:

$$M^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{\overline{P_1}} & x_{\overline{P_2}} & \dots & x_{\overline{P_n}} \\ y_{\overline{P_1}} & y_{\overline{P_2}} & \dots & y_{\overline{P_n}} \end{pmatrix};$$

$C_{\Delta\Delta}$: sai số vị trí điểm i ; $C_{\Delta\Delta} \ll C$, nên:

$$\begin{pmatrix} C & M \\ M^T & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a \\ \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \zeta \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Giải hệ trên ta được các hệ số a_i, τ_i .

Lưu ý khi x, y là tọa độ vuông góc ta phải chuẩn hoá các số liệu tọa độ theo công thức sau:

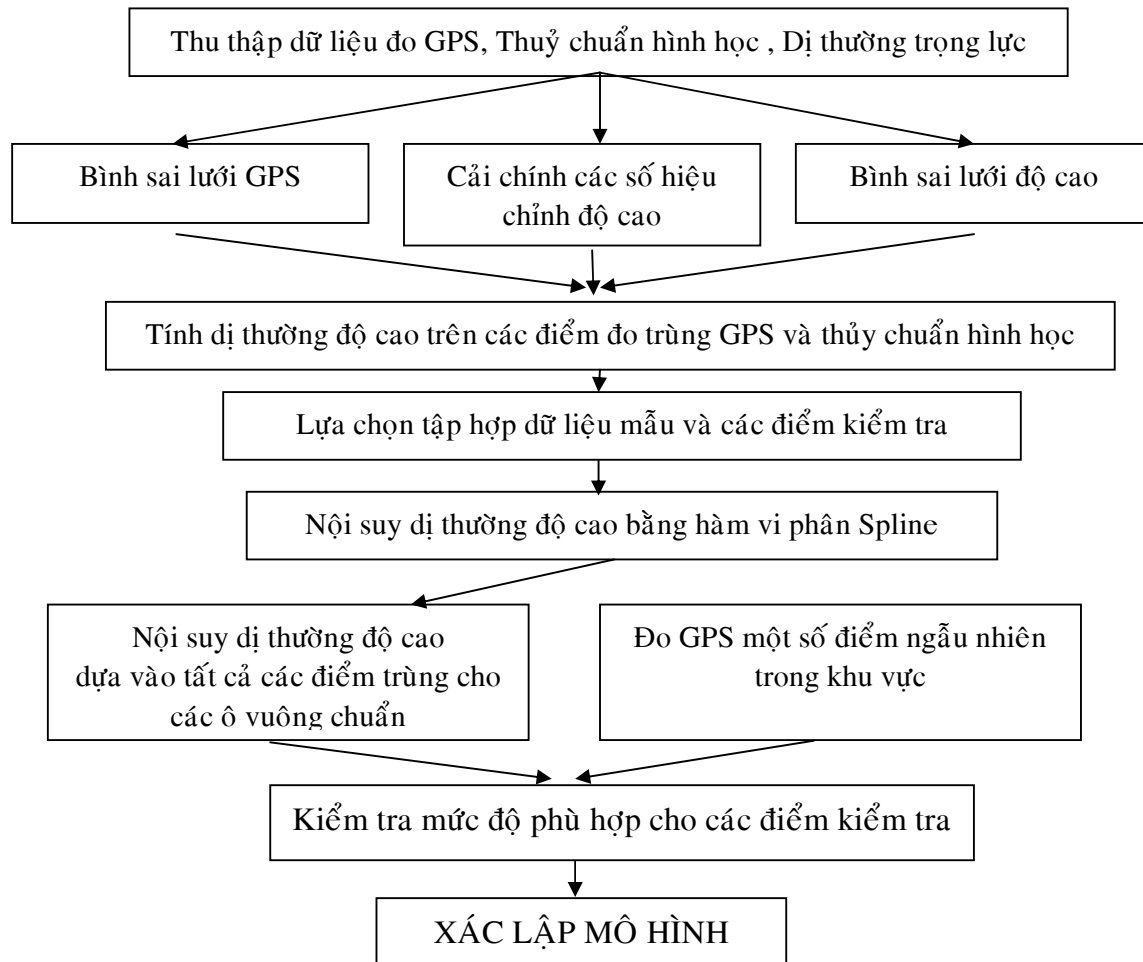
$$x_i' = (x_i - x_{\min}) / r;$$

$$y_i' = (y_i - y_{\min}) / r,$$

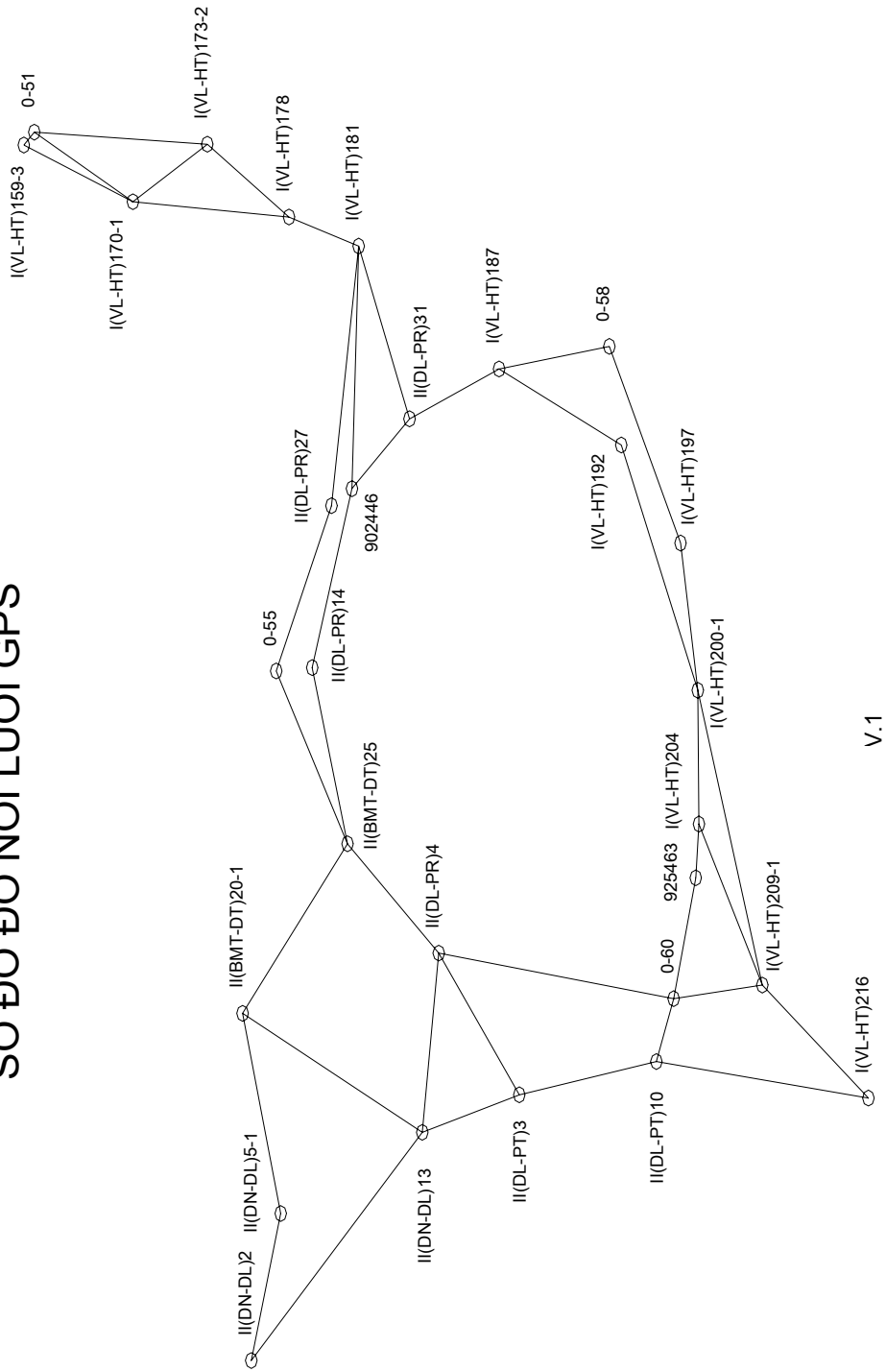
với: r : số lớn nhất trong hai giá trị: $x_{\max} - x_{\min}$, $y_{\max} - y_{\min}$;
 $x_{\max}, x_{\min}, y_{\max}, y_{\min}$: giá trị lớn nhất và nhỏ nhất về tọa độ của tập hợp điểm N .

4. KẾT QUẢ XỬ LÝ SỐ LIỆU

Từ các số liệu đo thực tế mạng lưới GPS-TC-TL Nam trung bộ (hình 1) chúng tôi tiến hành xử lý theo quy trình sau:



SƠ ĐỒ ĐO NỐI LƯỚI GPS

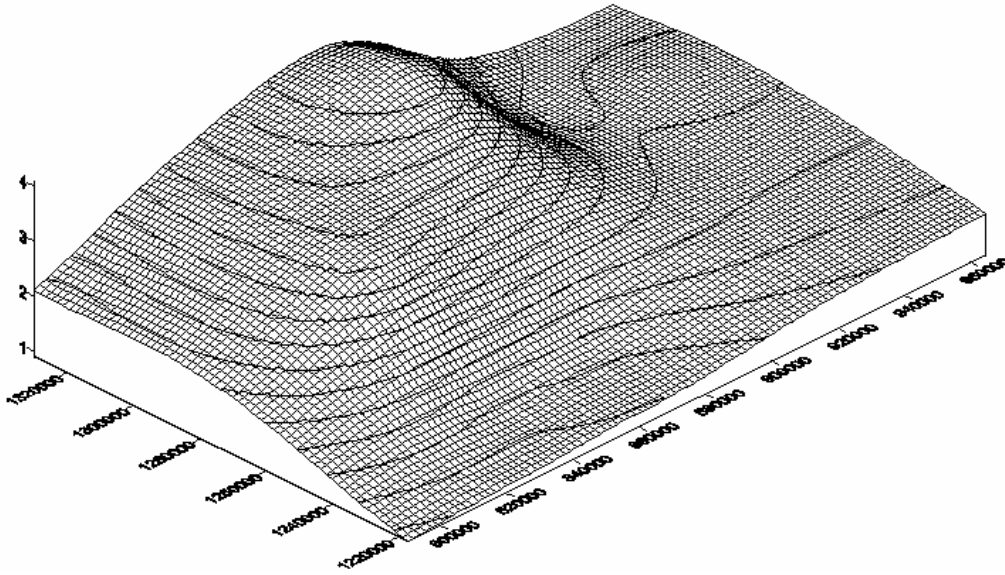


Hình 1: Sơ đồ đo nối lưới GPS

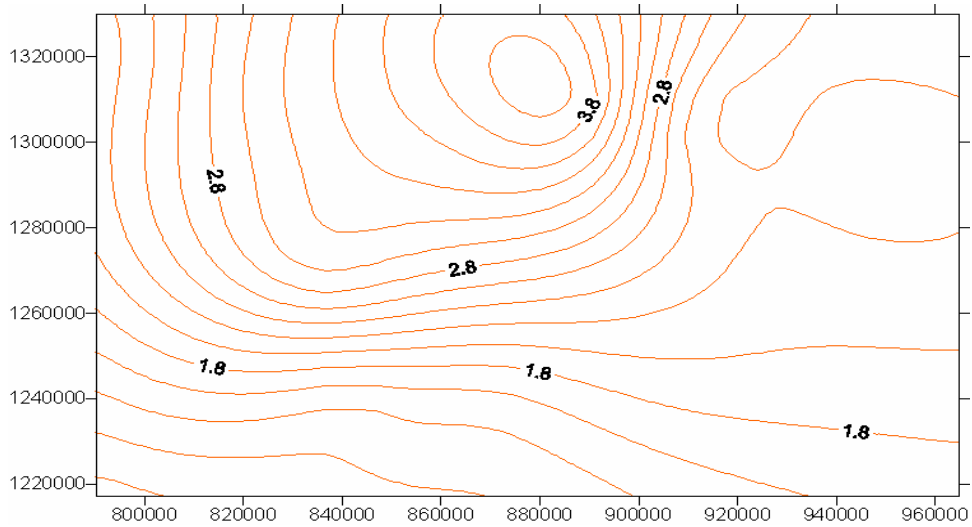
KẾT QUẢ NỘI SUY DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO CỦA CÁC ĐIỂM KIỂM TRA KHI ỨNG DỤNG HÀM SPLINE
(SỐ LIỆU ĐỘ CAO THỦY CHUẨN ĐÃ ĐƯỢC CẢI CHỈNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC BOUGER)

Bảng 1

STT	Số hiệu điểm	Tọa độ x(m)	Tọa độ y(m)	H_TB(m)	H_TC(m)	DTĐCGốc(m)	DTĐCNội suy(m)	Chênh lệch(m)
1	I(VL-HT)170-1	1342492.129	948821.191	8.4917	6.3750	2.1167	*	*
2	I(VL-HT)173-2	1329305.928	956444.779	3.7950	1.7009	2.0941	*	*
3	I(VL-HT)178	1314555.127	947258.592	4.7169	2.5197	2.1972	*	*
4	I(VL-HT)181	1302056.691	943689.011	22.4069	20.0866	2.3203	*	*
5	I(VL-HT)187	1276739.455	928129.553	13.0833	10.9224	2.1609	*	*
6	I(VL-HT)192	1254772.038	918591.909	6.3250	4.2643	2.0607	*	*
7	I(VL-HT)197	1244002.803	906019.489	18.4714	16.5636	1.9078	*	*
8	I(VL-HT)200-1	1240693.482	886990.035	5.5606	3.8509	1.7097	*	*
9	I(VL-HT)204	1240282.155	869667.087	24.6325	23.0925	1.5400	*	*
10	I(VL-HT)209-1	1228721.943	848938.771	33.1080	31.8015	1.3065	*	*
11	I(VL-HT)216	1209639.059	834492.611	5.7339	4.7260	1.0079	*	*
12	II(BMT-DT)20-1	1321514.36	844251.83	1115.3358	1111.8236	3.5122	*	*
13	II(BMT-DT)25	1303020.312	866373.151	966.9040	963.1638	3.7402	*	*
14	II(DL-PR)14	1309607.761	889064.068	1019.8705	1015.9131	3.9574	*	*
15	II(DL-PR)27	1306435.646	910045.223	127.1235	124.7817	2.3418	*	*
16	II(DL-PR)31	1292647.604	921467.404	25.0544	22.8354	2.2190	*	*
17	II(DL-PR)4	1286570.467	852437.462	774.1033	770.7895	3.3138	*	*
18	II(DL-PT)10	1247546.846	838836.344	212.1928	210.3965	1.7963	*	*
20	II(DL-PT)3	1271989.288	834266.39	992.8957	989.8249	3.0708	*	*
21	II(DN-DL)13	1289255.136	829234.278	1034.1547	1031.0258	3.1289	*	*
22	II(DN-DL)2	1319480.539	799449.851	595.7056	593.3916	2.3140	*	*
23	II(DN-DL)5-1	1314414.014	818479.872	856.8905	853.9266	2.9639	*	*
19	II(DL-PT)13	1234386.968	843378.987	51.5995	50.2624	1.3371	1.4121	0.0750
24	II(DL-PT)6	1262079.57	837608.317	1029.4586	1026.8399	2.6187	2.5990	-0.0197
26	II(DL-PR)18	1311678.563	898596.069	874.8536	871.6280	3.2256	3.3037	0.0781
27	II(DL-PR)24A	1309931.223	903588.308	184.8553	181.9848	2.8705	2.8563	-0.0142



Hình 2: Mô hình dị thường độ cao cục bộ vùng Nam Trung bộ.



Hình 3: Đường đẳng trị dị thường độ cao vùng Nam Trung bộ

5. KẾT LUẬN

Độ chính xác của mô hình được tính dựa trên công thức tính sai số khép giới hạn cho từng cấp hạng (vùng trung du):

- Đối với hạng III : $2m_{\Delta h_{AB}} \sqrt{L} = \pm 15\text{mm} \sqrt{L(\text{km})}$.

- Đối với hạng IV : $2m_{\Delta h_{AB}} \sqrt{L} = \pm 25\text{mm} \sqrt{L(\text{km})}$.

Với chiều dài trung bình các cạnh trong khu đo khoảng 25 km, chúng ta tính được :

- Đối với hạng III : $mH = \pm 2.6 \text{ cm}$

- Đối với hạng IV : $mH = \pm 4.5 \text{ cm}$

Với các kết quả xử lý ở bảng phụ lục 1, mô hình được xây dựng có độ chính xác đủ để xác định độ cao hạng IV bằng công nghệ GPS. Sự sai lệch này theo kết quả bình sai lưới độ cao và lưới GPS ta thấy rằng sai số chủ yếu nằm ở kết quả đo

GPS. Đây là điều rất quan trọng rút ra trong công tác đo GPS nhất là việc đo độ cao anten máy thu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Trung Chơn : Luận án phó tiến sĩ Khoa học kỹ thuật (bản tiếng Nga) – Moskva 1996
2. Lê Trung Chơn – Bài giảng Thế trọng trường trái đất (dùng cho cao học ngành trắc địa) – TP.HCM 2000.
3. Nguyễn Ngọc Lôu : Bài giảng công nghệ GPS (dùng cho cao học ngành trắc địa) – TP. Hồ Chí Minh 2000
4. Đào Xuân Lộc – Lý thuyết xử lý số liệu đo đạc – NXB ĐHQG TP. HCM 2001.
5. Phạm Hoàng Lâm (chủ nhiệm) : Đề tài “ Định vị Elipsoid thực dụng. Xác định độ lệch dây dọi và dị thường độ cao “ – Hà nội 1991
6. Phạm Hoàng Lâm – Mặt Kvadigeoid trên phạm vi lãnh thổ và một phần lãnh hải Việt Nam – đặc san Khoa học và công nghệ địa chính – tháng 12-1997.
7. Phạm Chí Tích – Luận văn Thạc sĩ. ĐHBK TP.HCM 2002
8. Jourkin. V.P. , Neiman Ju. M.- Các phương pháp xấp xỉ trong Trắc địa. “Nedra” – Moskva, 1985 (tiếng Nga).
9. Pellinen L.P- Trắc địa cao cấp (Trắc địa lý thuyết)-“ Nedra” – Moskva, 1978 (tiếng Nga).
10. Bolshacov và những người khác – Sổ tay Trắc địa tập I (tiếng Nga) – “ Nedra” – Moskva, 1984.