



## Khảo sát khả năng nâng cao độ chính xác kết quả nội suy dị thường độ cao bằng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả”

Phạm Thị Hoa

*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*

Ngày nhận bài: 6 - 8 - 2014

Chấp nhận đăng: 12 - 3 - 2015

### ABSTRACT

#### **Investigation in ability to improving accuracy of interpolation method for height anomalies using terrain data and remove-restore technique**

This article presents theory and experience in improving accuracy of interpolation for height anomaly using terrain data and remove-restore technique.

Height anomaly is distance from the quasigeoid to the ellipsoid surface. It is a characteristic of gravitational potential and very important information in geodesy and the other branches of earth science. There are different methods of determining height anomaly as: gravitation, gravitation - geodesy, GPS and leveling...ect. In addition to, it can be determining by interpolating with data of exist points. In order to improving accuracy of interpolation, it should be used terrain data and remove - restore technique. Remove -restore technique has been popular in physical geodesy so many scientists in almost of countries have used for a long time. Theoretical basic of improving accuracy of interpolation using terrain data and remove -restore technique is division of height anomaly into two parts. The first one is long wave being smooth and varying regularly. The other one is short wave (terrain effect in height anomaly) being rough and varying complicatedly. Results of interpolating will be more accurate if short wave is removed in order to interpolating the remain long wave and then restored short wave for results of interpolating.

According to this theory, numerical investigations are done within four areas of Viet nam. The data used are GPS-TC anomalies and terrain elevation. The anomalies are interpolated in both cases: normal interpolation and interpolation using terrain data and remove - restore technique. In both cases, some points in set points having height anomalies are chosen being origin in order to interpolating for the other points. Then, results of interpolation are compared with exist values in order to predicting theirs accuracy. Numerical results indicate that if average distance between points approximately 20 km, using terrain data and remove - restore technique can increase accuracy of height anomaly interpolation from 50% to 80% and average is 64%. This increase is very remarkable. Results of this study have important implications, contributing to saving time and costs for determining height anomalies.

©2015 Vietnam Academy of Science and Technology

### 1. Mở đầu

Dị thường độ cao có vai trò quan trọng trong trắc địa và các lĩnh vực khác của khoa học Trái

Đất. Trong điều kiện công nghệ hiện nay, trên thế giới cũng như ở Việt Nam thường áp dụng phương pháp định vị vệ tinh (GPS) kết hợp đo thủy chuẩn (gọi tắt là phương pháp GPS - TC) để xác định dị thường độ cao trong phạm vi cục bộ. Tuy nhiên,

Email: [phamhoa9.9.1978@gmail.com](mailto:phamhoa9.9.1978@gmail.com)

công tác đo đạc khá tốn kém nên phương pháp GPS-TC chỉ được dùng để xác định  $\zeta$  cho một số điểm hữu hạn. Các điểm còn lại trong vùng xét sẽ được xác định bằng cách nội suy và để nâng cao hiệu quả của phép nội suy thì một trong những giải pháp có cơ sở khoa học chặt chẽ là sử dụng thêm số liệu địa hình kết hợp kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả”.

Cơ sở của giải pháp này xuất phát từ việc xem dị thường độ cao là đại lượng có thể tách thành hai phần: phần chủ yếu tương ứng với bước sóng dài và thành phần còn lại tương ứng với bước sóng ngắn  $\Delta\zeta$ . Thành phần sóng dài (do lực hút của khối vật chất bên dưới bề mặt tham khảo gây ra) biến đổi khá trơn và đều đặn. Thành phần sóng ngắn  $\Delta\zeta$  do lực hút của khối vật chất bên trên mặt tham khảo (chính là ảnh hưởng của địa hình) có độ lớn được xác định theo công thức (Shaofeng Bian, 1996):

$$\Delta\zeta = \frac{f\delta}{\gamma} \iint_{\sigma} \frac{H - H_m}{r} d\sigma, \quad (1)$$

trong đó  $H$  là độ cao địa hình tại điểm chạy trong vùng lấy tích phân  $\sigma$ ,  $H_m$  là độ cao của mặt tham khảo,  $r$  là khoảng cách từ điểm tính  $\Delta\zeta$  đến điểm chạy,  $f$  là hằng số hấp dẫn,  $\delta$  là mật độ vật chất và  $\gamma$  là trọng lực chuẩn.

Trên cơ sở công thức tích phân tổng quát (1), để triển khai tính toán trong thực tế, trong Phạm Thị Hoa (2012) đã đề xuất công thức thực dụng theo phương pháp tích phân số và phương pháp sử dụng hàm Spline tuyến tính. Cũng theo khảo sát của công trình này, trong điều kiện địa hình Việt Nam, khi xác định  $\Delta\zeta$ , bán kính vùng lấy tích phân nên chọn ở mức khoảng 50÷55km và bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50000 là đảm bảo yêu cầu độ chính xác.

Đại lượng  $\Delta\zeta$  biến đổi mạnh và phức tạp, đặc biệt ở vùng núi (Phạm Thị Hoa, 2012). Để nâng cao độ chính xác nội suy cần bóc  $\Delta\zeta$  ra khỏi giá trị  $\zeta$  tại các điểm gốc bằng số liệu địa hình, tiến hành nội suy phần còn lại, sau đó hoàn trả  $\Delta\zeta$  vào kết quả nội suy. Bằng cách này, chỉ cần áp dụng phương pháp nội suy đơn giản nhưng vẫn đạt được hiệu quả cao.

## 2. Quy trình nội suy dị thường độ cao có sử dụng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả”

Quy trình nội suy dị thường độ cao có sử dụng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả” gồm các bước sau:

- Bước 1: Tính  $\Delta\zeta$  cho tất cả các điểm gốc (điểm đã biết  $\zeta$ ) và các điểm nội suy (điểm cần xác định  $\zeta$ ) theo công thức (1).

- Bước 2: Bóc  $\Delta\zeta$  ra khỏi giá trị  $\zeta$  tại các điểm gốc, kết quả nhận được phần còn lại là giá trị  $\zeta^{sd}$  tại các điểm gốc.

- Bước 3: Sử dụng các giá trị  $\zeta^{sd}$  tại các điểm gốc để nội suy cho điểm cần xác định  $\zeta$ . Kết quả sẽ được giá trị  $\zeta$  tại điểm nội suy thứ  $i$  là  $\zeta^{sd}_i$ .

- Bước 4: Hoàn trả  $\Delta\zeta^i$  cho các điểm nội suy. Dị thường độ cao tại điểm nội suy thứ  $i$  sẽ được xác định theo công thức:

$$\zeta_i^{ms} = \zeta_i^{sd} + \Delta\zeta_i^i, \quad (2)$$

trong đó:  $\Delta\zeta_i^i$  là ảnh hưởng của địa hình trong dị thường độ cao tại điểm nội suy  $i$ .

## 3. Khảo sát khả năng nâng cao độ chính xác kết quả nội suy $\zeta$ bằng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả”

Bài báo đã tiến hành khảo sát với dữ liệu thực tế tại bốn vùng xét của Việt Nam bằng cách thu thập trên mỗi vùng một số điểm GPS-TC có độ chính xác từ hạng I đến III, từ đó chọn ra một số điểm làm gốc và tiến hành nội suy cho các điểm còn lại. Khoảng cách trung bình từ điểm gốc đến điểm nội suy là 20km. Số lượng và độ cao trung bình của các điểm trong mỗi vùng được thống kê trong bảng 1.

**Bảng 1.** Số lượng và độ cao trung bình của các điểm GPS-TC trên các vùng

TT	Tên vùng	Tổng số điểm	Số điểm gốc	Số điểm nội suy	Độ cao trung bình của các điểm (m)
1	Tây Bắc	10	7	3	562
2	Miền Trung	13	8	5	65
3	Tây Nguyên 1 (Gia Lai - Kon Tum)	15	10	5	416
4	Tây Nguyên 2 (Đắk Lắk - Lâm Đồng)	7	4	3	726

Quá trình khảo sát đã sử dụng phương pháp hàm Spline (Tom Lyche and Knut Morken, 2008) để nội suy. Theo phương pháp này, giả sử có n điểm đã biết độ thường độ cao thì độ thường độ cao tại điểm P có tọa độ x,y sẽ được tính theo công thức sau:

$$\zeta[P(x, y)] = \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{PP_i}^{-2} \cdot \ln(r_{PP_i}) + \tau_1 + \tau_2 x + \tau_3 y, \quad (4)$$

trong đó:  $r_{PP_i} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$  là khoảng

cách giữa điểm P(x,y) với điểm  $P_i(x_i, y_i)$ ;  $a_i$  ( $i = 1 \div n$ ) và  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  là nghiệm của hệ phương trình sau:

$$\begin{pmatrix} 0 & g_{1,2} & \dots & g_{1,n} & 1 & x_1 & y_1 \\ g_{2,1} & 0 & \dots & g_{2,n} & 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n,1} & g_{n,2} & \dots & g_{n,n} & 1 & x_n & y_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \\ \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \dots \\ \zeta_n \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$g_{i,j} = g_{j,i} = \begin{cases} r_{P_i P_j}^{-2} \cdot \ln(r_{P_i P_j}) & \text{với } i \neq j \\ 0 & \text{với } i = j \end{cases}$$

Để có thể đánh giá khả năng nâng cao độ chính xác kết quả nội suy bằng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra -hoàn trả”, việc nội suy được tiến hành theo hai phương án:

- Phương án 1 (Không sử dụng số liệu địa hình, không tính đến  $\Delta\zeta$ ): Nội suy toàn bộ giá trị  $\zeta$  tại các điểm gốc cho các điểm còn lại.

- Phương án 2 (Có sử dụng số liệu địa hình, tính đến  $\Delta\zeta$ ): Áp dụng quy trình nội suy được trình bày trong mục 2 (tách  $\Delta\zeta$ , nội suy phần còn lại và hoàn trả  $\Delta\zeta$  vào kết quả nội suy).

Độ chính xác của từng phương án được đánh giá trên cơ sở so sánh kết quả nội suy ( $\zeta^{ns}$ ) và giá trị  $\zeta$  đã biết theo công thức:

$$m_{\Delta\zeta} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\zeta_i^{ns} - \zeta_i)^2}{n}}, \quad (6)$$

trong đó:  $m_{\Delta\zeta}$  là sai số trung phương kết quả nội suy  $\zeta$ ;  $\zeta_i^{ns}$  là kết quả nội suy  $\zeta$ ;  $\zeta_i$  là giá trị  $\zeta$  đã biết tại điểm nội suy thứ i; n là tổng số điểm được xác định  $\zeta$  bằng cách nội suy.

Với cơ sở lý thuyết nêu trên, bài báo đã sử dụng số liệu độ thường độ cao GPS - TC và độ cao địa hình trên bốn vùng xét (bảng 1) để tiến hành khảo sát. Kết quả tính toán được tổng hợp trong các bảng 2-5.

**Bảng 2.** Kết quả nội suy  $\zeta$  trên vùng Tây Bắc

Điểm	Tọa độ, độ cao h và $\zeta$ đã biết (m)				Kết quả nội suy (m)				
	X	Y	h	$\zeta$ đã biết	Không tính đến $\Delta\zeta$		Có tính đến $\Delta\zeta$		
					$\zeta$ nội suy	Sai số nội suy	$\zeta$ nội suy	Hoàn trả $\Delta\zeta$	Sai số nội suy
224	2418113	382172	404	-30.169	-29.984	+0.185	-31.417	+1.249	+0.001
226	2394901	384799	216	-30.313	-30.115	+0.198	-31.199	+0.795	-0.091
362	2390697	415272	942	-28.632	-29.348	-0.716	-30.562	+2.230	+0.300
DLTP nội suy (m)					± 0.442		± 0.181		

**Bảng 3.** Kết quả nội suy  $\zeta$  trên vùng Miền Trung

Điểm	Tọa độ, độ cao h và $\zeta$ đã biết (m)				Kết quả nội suy (m)				
	X	Y	h	$\zeta$ đã biết	Không tính đến $\Delta\zeta$		Có tính đến $\Delta\zeta$		
					$\zeta$ nội suy	Sai số nội suy	$\zeta$ nội suy	Hoàn trả $\Delta\zeta$	Sai số nội suy
49	2217893	540994	33	-25.572	-25.537	+0.035	-25.361	-0.244	-0.033
50	2202761	542509	17	-25.49	-25.354	+0.136	-25.041	-0.412	0.037
205	2193279	541098	56	-25.454	-25.288	+0.166	-25.051	-0.334	0.069
214	2165468	539794	99	-25.172	-25.05	+0.122	-24.844	-0.280	0.048
233	2208028	534240	49	-25.668	-25.52	+0.148	-25.596	-0.077	-0.005
DLTP nội suy (m)					± 0.130		± 0.044		

**Bảng 4.** Kết quả nội suy  $\zeta$  trên vùng Tây Nguyên 1

Điểm	Tọa độ, độ cao h và $\zeta$ đã biết (m)				Kết quả nội suy (m)				
	X	Y	h	$\zeta$ đã biết	Không tính đến $\Delta\zeta$		Có tính đến $\Delta\zeta$		
					$\zeta$ nội suy	Sai số nội suy	$\zeta$ nội suy	Hoàn trả $\Delta\zeta$	Sai số nội suy
536	1492897	873086	164	-0.987	-0.815	+0.172	-0.043	-0.900	+0.044
345	1495737	863651	170	-1.349	-1.176	+0.173	-0.461	-0.841	+0.047
535	1499873	873571	169	-1.154	-0.943	+0.211	-0.206	-0.916	+0.032
344	1503923	848947	346	-1.951	-1.858	+0.093	-1.105	-0.812	+0.034
381	1553491	865348	716	-1.572	-1.815	-0.243	-1.583	+0.029	+0.018
ĐLTP nội suy (m)					± 0.185		± 0.037		

**Bảng 5.** Kết quả nội suy  $\zeta$  trên vùng Tây Nguyên 2

Điểm	Tọa độ, độ cao h và $\zeta$ đã biết (m)				Kết quả nội suy (m)				
	X	Y	h	$\zeta$ đã biết	Không tính đến $\Delta\zeta$		Có tính đến $\Delta\zeta$		
					$\zeta$ nội suy	Sai số nội suy	$\zeta$ nội suy	Hoàn trả $\Delta\zeta$	Sai số nội suy
552	1348011	849857	513	+2.748	+2.892	+0.144	+1.335	+1.419	+0.006
553	1348536	862275	789	+3.702	+3.809	+0.107	+1.607	+2.163	+0.068
261	1361403	841267	531	+1.787	+1.751	-0.036	+1.257	+0.591	+0.061
ĐLTP nội suy (m)					± 0.106		± 0.053		

**Bảng 6.** Tổng hợp kết quả nội suy  $\zeta$  trên bốn vùng xét theo hai phương án

TT	Vùng xét	Độ cao trung bình của các điểm (m)	ĐLTP nội suy (m)		Lượng giảm ĐLTP nội suy khi tính đến $\Delta\zeta$	
			Không tính đến $\Delta\zeta$	Có tính đến $\Delta\zeta$	Độ lớn (m)	Phần trăm
1	Tây Bắc	562	± 0.130	± 0.044	± 0.086	66%
2	Miền Trung	65	± 0.185	± 0.037	± 0.148	80%
3	Tây Nguyên 1	416	± 0.442	± 0.181	± 0.261	59%
4	Tây Nguyên 2	726	± 0.106	± 0.053	± 0.053	50%
Giá trị trung bình			± 0.216	± 0.079	± 0.137	64%

Khả năng nâng cao độ chính xác kết quả nội suy dị thường độ cao bằng số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả” được minh họa rõ hơn trong bảng tổng hợp 6. Từ dữ liệu bảng 6 có thể rút ra các nhận xét sau đây:

- Trên cả bốn vùng khảo sát, độ chính xác kết quả nội suy theo phương án sử dụng thêm số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả” tăng lên rất nhiều so với trường hợp nội suy thông thường;

- Độ chính xác kết quả nội suy theo phương án sử dụng thêm số liệu địa hình và kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả” tăng lên với mức lớn nhất là 80% (vùng Miền Trung, nơi có độ cao trung bình nhỏ nhất), nhỏ nhất là 50% (vùng Tây Nguyên 2, nơi có độ cao trung bình lớn nhất) và trung bình trên bốn vùng là 64%.

#### 4. Kết luận

Khi nội suy dị thường độ cao từ các điểm song trùng GPS-TC cho các điểm khác trong vùng, nếu sử dụng thêm số liệu địa hình và áp dụng kỹ thuật “lấy ra - hoàn trả” sẽ có tác dụng làm tăng độ

chính xác kết quả nội suy so với trường hợp nội suy thông thường (không tính đến ảnh hưởng địa hình). Kết quả khảo sát cho thấy với khoảng cách trung bình từ điểm gốc đến điểm nội suy là 20km, mức tăng đạt trong khoảng từ 50% đến 80% và trung bình là 64%. Đây là một mức tăng đáng kể. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa quan trọng, góp phần tiết kiệm thời gian và chi phí xác định dị thường độ cao.

#### Tài liệu dẫn

- Phạm Thị Hoa, 2012: Luận án tiến sỹ kỹ thuật “Nghiên cứu xác định ảnh hưởng của độ cao địa hình trong dị thường độ cao và độ lệch dây dọi ở Việt nam”. Trường Đại học Mỏ Địa chất.
- Shaofeng Bian, 1996: Topography supported GPS levelling. Zeitschrift fur Vermessungswesen, 121, Jahrgang 1996. Verlag Konrad Wittwerk GmbH Stuttgart, Germany, S.109-113.
- Tom Lyche and Knut Morken, 2008: “Spline Methods”, Department of Informatics, Centre of Mathematics for Applications, University of Oslo.