

XÂY DỰNG MÔ HÌNH QUASIGEOID CỤC BỘ KHU VỰC MỎ THAN NÚI BÉO - VINACOMIN, QUẢNG NINH

Bùi Thị Hồng Thắm, Nguyễn Xuân Bắc

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, mô hình Quasigeoid cục bộ tại khu vực mỏ than Núi Béo - Vinacomin được xây dựng theo phương pháp GPS - thủy chuẩn nhằm hỗ trợ việc xác định độ cao thủy chuẩn (h) từ độ cao trắc địa (H) của điểm bất kỳ trong khu vực thực nghiệm. Dựa vào 6 điểm song trùng (có độ cao GPS và độ cao thủy chuẩn), mô hình Quasigeoid cục bộ đã được xây dựng theo một quy trình chặt chẽ. Độ chính xác của mô hình là khoảng 1.2 cm. Mô hình Quasigeoid cục bộ cho phép nội suy dị thường độ cao của bất kỳ điểm nào trong khu vực thực nghiệm với độ chính xác và độ tin cậy cao để từ đó độ cao thủy chuẩn của các điểm được xác định. Phương pháp này đã giúp cho người sử dụng không cần đo thủy chuẩn tại các điểm GPS dẫn đến nâng cao hiệu quả của công việc, tiết kiệm thời gian và kinh phí.

Từ khóa: Quasigeoid; Độ cao trắc địa; Độ cao thủy chuẩn

Abstract

Building local quasigeoid model in Vinacomin - Nui Beo coal mine, Quang Ninh

In this study, the local quasigeoid model in Vinacomin - Nui Beo coal mine is built using GPS - leveling height method to calculate point's leveling height from corresponding point's ellipsoid height. The model is based on 6 points with leveling heights and ellipsoid heights. The accuracy of the model is about 1.2 centimeters. The local quasigeoid model allows interpolation of the height of any point in the experimental area with high precision and reliability. This method doesn't require users to measure leveling at GPS points. That will improve work efficiency in term of time and cost saving.

Key words: Quasigeoid; Ellipsoid height; Leveling height

1. Đặt vấn đề

Công nghệ GNSS cho phép xác định độ cao trắc địa với độ chính xác cao. Tuy nhiên, độ cao Nhà nước được sử dụng phục vụ cho việc khảo sát thiết kế công trình, đo vẽ bản đồ,... là độ cao thủy chuẩn. Để đáp ứng được yêu cầu công việc, độ cao trắc địa nêu trên cần được tính toán về độ cao thủy chuẩn.

Để chuyển độ cao từ độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn, khi xử lý số liệu GNSS người ta thường sử dụng mô hình Quasigeoid như mô hình Quasigeoid toàn cầu (EGM96, EGM2008,...), mô hình Quasigeoid trên lãnh thổ Việt Nam,... Ưu

điểm của việc làm này là các mô hình đã có, tuy nhiên các mô hình nêu trên được xây dựng cho toàn cầu hoặc cho Việt Nam trên phạm vi lớn và vì vậy nó chưa thực sự phù hợp tại khu vực thực nghiệm. Độ chính xác của độ cao thủy chuẩn phụ thuộc vào mô hình Quasigeoid được lựa chọn. Nếu mô hình Quasigeoid phù hợp với khu vực thực nghiệm thì độ cao thủy chuẩn của các điểm xác định từ độ cao GNSS sẽ có độ chính xác và độ tin cậy cao. Do đó, trong nghiên cứu này mô hình Quasigeoid cục bộ tại khu vực mỏ than Núi Béo - Vinacomin được xây dựng dựa trên số liệu của các điểm GPS - thủy

Nghiên cứu

chuẩn song trùng. Phương pháp xây dựng mô hình này còn được gọi là phương pháp GPS - thủy chuẩn. Mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng theo một hàm toán học chặt chẽ. Hàm được thiết lập không chỉ dựa vào các giá trị đã biết của các điểm đo phân bố xung quanh điểm cần nội suy mà còn sử dụng thêm cả thông tin về mối tương quan không gian của tập hợp các số liệu đã biết đó - hàm Collocation. Mô hình Quasigeoid được xây dựng cho phép xác định giá trị dị thường độ cao của bất kỳ điểm nào trong khu vực để từ đó độ cao thủy chuẩn sẽ được xác định mà không cần đo thủy chuẩn. Điều này sẽ giúp tiết kiệm thời gian và kinh phí.

2. Cơ sở phương pháp nghiên cứu

Mối quan hệ giữa độ cao trắc địa (H) và độ cao thủy chuẩn (h) được biểu thị theo công thức sau:

$$\zeta_i = H_i - h_i \quad (1)$$

trong đó ζ_i là dị thường độ cao của điểm thứ i.

$$M_A = \begin{bmatrix} C_{A1} & C_{A2} & \dots & C_{An} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \dots \\ M_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

trong đó C_{Ai} và C_{ij} là các giá trị của hàm hiệp phương sai (lý thuyết) theo khoảng cách đã xác định được.

Công thức (3) được viết ở dạng:

$$M_A = C_{AM} C_{MM}^{-1} M \quad (4)$$

trong đó:

$$C_{MM} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}; \quad M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \dots \\ M_n \end{bmatrix}; \quad C_{AM} = \begin{bmatrix} C_{A1} & C_{A2} & \dots & C_{An} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Để xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết, sau khi tính được các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm theo các khoảng cách s khác nhau, cần lựa chọn hàm

Mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng dựa trên cơ sở lý thuyết xấp xỉ hàm với dữ liệu đầu vào là độ cao trắc địa và độ cao thủy chuẩn của các điểm GNSS trên khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, một công cụ xử lý số liệu trong lĩnh vực địa thống kê hữu hiệu được trình bày đó là phương pháp Collocation.

Công thức nội suy Collocation có dạng [2]:

$$\ell_A = C_{A\ell} C_{\ell\ell}^{-1} \ell \quad (1)$$

trong đó ℓ là véc tơ gồm các giá trị đã biết, $C_{\ell\ell}$ là ma trận hiệp phương sai phụ thuộc vào khoảng cách của các giá trị đã biết, $C_{A\ell}$ là véc tơ gồm các giá trị hiệp phương sai của điểm cần nội suy A với các điểm đã biết, ℓ_A là giá trị nội suy.

Để nội suy giá trị tại điểm A là M_A theo các giá trị đã biết M_i ($i = 1, 2, \dots, n$) theo phương pháp Collocation, người ta thường sử dụng công thức thực dụng như sau:

hiệp phương sai lý thuyết phù hợp với quy luật biến thiên của các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và sử dụng phương pháp xấp xỉ hàm để xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết.

Một số hàm hiệp phương sai lý thuyết đã được sử dụng trong thực tế như hàm Hirvonen, hàm Kaula, hàm mũ, hàm Markov bậc 3,... Ở đây, hàm Markov bậc 3 được sử dụng khi thiết lập mô hình vận tốc chuyển dịch tuyệt đối trong phần thực nghiệm của đề tài. Hàm hiệp phương sai lý thuyết Markov bậc 3 có dạng như sau [1]:

$$C(s) = C_0 e^{-\frac{s}{L}} \left(1 + \frac{s}{L} - \frac{s^2}{2L^2} \right) \quad (6)$$

trong đó C_0 là phương sai và L là khoảng cách liên hệ hay bán kính đặc trưng.

Từ hàm (6) cho thấy giá trị hàm hiệp phương sai $C(s) = 0$ khi:

$$1 + \frac{s}{L} - \frac{s^2}{2L^2} = 0 \quad (7)$$

Khoảng cách tương ứng với giá trị hàm hiệp phương sai bằng không $C(S_0) = 0$ được tính theo công thức:

$$s = L(1 + \sqrt{3}) = S_0 \quad (8)$$

S_0 gọi là khoảng cách kết thúc. Với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm $C(s)$ theo các khoảng cách s , áp dụng phương pháp xấp xỉ hàm sẽ xác định được các tham số của hàm hiệp phương sai là phương sai C_0 , khoảng cách liên hệ L và khoảng cách kết thúc S_0 .

3. Khu vực và dữ liệu thực nghiệm

Tại khu vực Công ty cổ phần Than Núi Béo - Vinacomin, phường Hà Trung, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh, lưới GNSS đã được thiết lập phục vụ cho mục đích quan trắc chuyển dịch của 1 vỉa tại mỏ than. Lưới gồm có 8 điểm (hình 1), đó là: 107409, VN - 47, DCII - 34, DCII - 35, DCII - 36, DCII - 37, DCII - 38 và DCII - 39. Lưới được đo bằng máy Trimble R4 được đo nối với điểm gốc hạng III Nhà nước VN - 47. Bên cạnh đó, lưới cũng được đo thủy chuẩn tương đương với độ chính xác của thủy chuẩn hạng IV.

Tọa độ các điểm của lưới trong hệ tọa độ VN 2000, kinh tuyến trực $107^{\circ} 45'$, múi chiếu 3° được thống kê ở bảng 1. Độ cao của các điểm của lưới sau bình sai được thống kê trong bảng 2.

Bảng 1. Tọa độ và độ cao của các điểm đo GNSS

STT	Tên điểm	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Độ cao H (m)	Ghi chú
1	107409	2326880.328	434762.508	-17.324	Điểm gốc
2	DCII - 34	2320333.756	435727.049	184.937	
3	DCII - 35	2320326.972	435558.019	176.407	
4	DCII - 36	2319785.956	435603.069	155.257	
5	DCII - 37	2319667.075	435638.367	136.548	
6	DCII - 38	2319228.931	435896.001	90.604	
7	DCII - 39	2318976.801	436009.932	46.479	
8	VN - 47	2320708.354	434121.088	100.248	Điểm gốc

Bảng 2. Độ cao thủy chuẩn của các điểm

STT	Tên điểm	Độ cao h (m)	STT	Tên điểm	Độ cao h (m)	Ghi chú
1	DCII - 34	208.584	5	DCII - 38	114.201	
2	DCII - 35	200.048	6	DCII - 39	70.079	
3	DCII - 36	178.892	7	VN - 47	123.890	Điểm gốc
4	DCII - 37	160.165				



Hình 1: Sơ đồ lưới thực nghiệm

4. Tính toán và kết quả thực nghiệm

Quá trình tính toán của nghiên cứu được thực hiện theo trình tự sau:

- Xác định số lượng điểm GPS - thủy chuẩn sử dụng để xây dựng mô hình Quasigeoid, số lượng điểm GPS - thủy chuẩn dùng làm điểm kiểm tra mô hình Quasigeoid được xây dựng.

- Xác định độ cao thủy chuẩn của điểm kiểm tra trường hợp sử dụng mô hình trọng trường Trái đất (EGM 2008) để tính toán, ký hiệu là $h_{kt}^{EGM2008}$.

- Xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ khu vực thực nghiệm và đánh giá độ chính xác của mô hình Quasigeoid được xây dựng.

- Xác định độ cao thủy chuẩn của điểm kiểm tra, trường hợp sử dụng mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng,

ký hiệu là $h_{kt}^{Quasieoid}$.

- So sánh độ cao thủy chuẩn của điểm kiểm tra cho trước với độ cao $h_{kt}^{EGM2008}$ và $h_{kt}^{Quasieoid}$ để từ đó đánh giá hiệu quả của việc xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ.

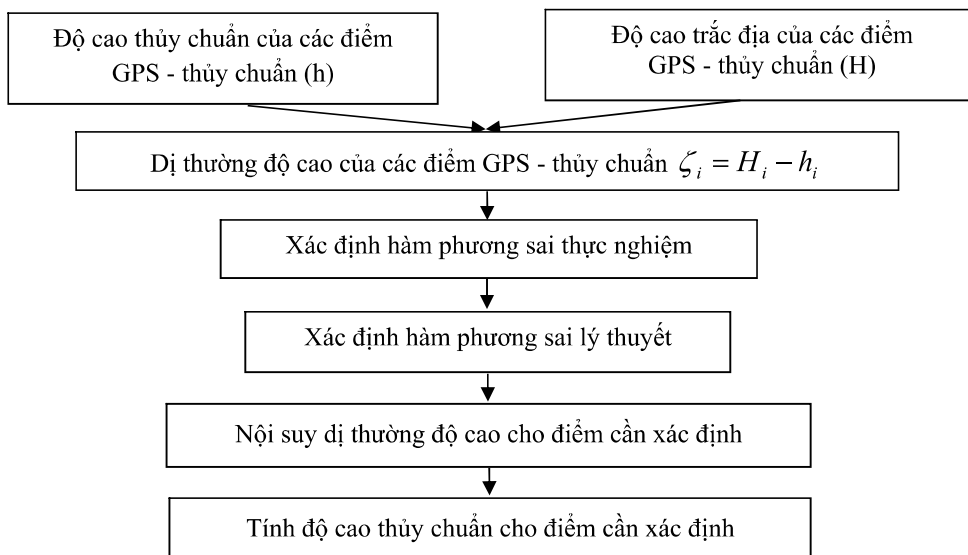
Với quy trình tính toán nêu trên, các kết quả được trình bày cụ thể như sau:

- Trong khu vực nghiên cứu có 7 điểm có độ cao GPS và độ cao thủy chuẩn. Vì vậy, 6 điểm được sử dụng để xây dựng mô hình đó là điểm VN47, DCII - 34, DCII - 35, DCII - 36, DCII - 38 và DCII - 39. Điểm được sử dụng là điểm kiểm tra là điểm DCII - 37.

- Để xác định độ cao thủy chuẩn của điểm kiểm tra DCII - 37 trường hợp sử dụng mô hình trọng trường Trái đất EGM 2008, lưới GPS khu vực thực nghiệm được bình sai trong hệ độ cao Nhà nước, điểm VN - 47 là điểm khởi tính độ cao. Độ cao của điểm DCII - 37 sau bình sai có giá trị như sau:

$$h_{kt}^{EGM2008} = 160.107 (m) \quad (9)$$

- Quá trình xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ được thực hiện theo sơ đồ quy trình hình 2.



Hình 2: Sơ đồ quy trình xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ

- Tính dị thường độ cao của các điểm GPS - thủy chuẩn:

Bảng 3. Dị thường độ cao của các điểm GPS - thủy chuẩn

STT	Tên điểm	ζ (m)	STT	Tên điểm	ζ (m)
1	DCII - 34	-23.647	4	DCII - 37	-23.617
2	DCII - 35	-23.641	5	DCII - 38	-23.597
3	DCII - 36	-23.635	6	DCII - 39	-23.600

- Xác định hàm hiệp phương sai thực nghiệm:

Bảng 4. Giá trị tham số của hàm hiệp phương sai thực nghiệm theo khoảng cách

STT	S_i (km)	Số cặp điểm	Giá trị C_R^0 (cm ²)
1	0	6	4.1900
2	0.5	6	1.5100
3	1	9	-2.1244
4	1.5	7	-1.8686
5	2	4	0.4500
6	2.5	2	-4.2750
7	3	1	-4.0500

- Các tham số trong quá trình tính lặp:

Bảng 5. Các giá trị tham số trong quá trình tính lặp

Lần lặp thứ	C	L	dC	dL
1	4.548334	0.187690	0.3583	-0.3123
2	4.250401	0.446389	-0.2979	0.2587
3	4.526338	0.246668	0.2759	-0.1997
4	4.290635	0.381355	-0.2357	0.1347
5	4.472357	0.302647	0.1817	-0.0787
6	4.364219	0.353807	-0.1081	0.0512
7	4.438615	0.323238	0.0744	-0.0306
8	4.395099	0.342542	-0.0435	0.0193
9	4.423161	0.330769	0.0281	-0.0118
10	4.406230	0.338105	-0.0169	0.0073
11	4.416862	0.333594	0.0106	-0.0045
12	4.410354	0.336391	-0.0065	0.0028
13	4.414400	0.334666	0.0040	-0.0017
14	4.411909	0.335733	-0.0025	0.0011
15	4.413452	0.335074	0.0015	-0.0007
16	4.412499	0.335482	-0.0010	0.0004
17	4.413088	0.335230	0.0006	-0.0003
18	4.412725	0.335385	-0.0004	0.0002
19	4.412950	0.335289	0.0002	-0.0001
20	4.412811	0.335349	-0.0001	0.0001
21	4.412896	0.335312	0.0001	0
22	4.412843	0.335335	-0.0001	0
23	4.412876	0.335321	0	0

Nghiên cứu

Trong đó: dC , dL là số hiệu chỉnh tương ứng của tham số của hàm hiệp phương sai C và khoảng cách liên hệ L .

- Hàm hiệp phương sai lý thuyết được xác định với các thông số được thể hiện:

Bảng 6. Giá trị các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết theo khoảng cách và độ chênh của nó với giá trị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm

STT	S_i (km)	Cặp điểm	Hàm xấp xỉ	v_i (cm ²)
1	0	6	4.4129	0.2229
2	0.5	6	1.3704	-0.1396
3	1	9	-0.1039	2.0205
4	1.5	7	-0.2282	1.6404
5	2	4	-0.1227	-0.5727
6	2.5	2	-0.0493	4.2257
7	3	1	-0.0173	4.0327

- Độ chính xác của các yếu tố:

+ Sai số trung phương xác định các tham số:

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum v_i v_i}{t-2}} = 2.8737 \text{ (cm}^2\text{)} \quad (10)$$

Tính sai số trung phương của số hiệu chỉnh cho tham số của hàm hiệp phương sai C , ký hiệu là m_{dC} :

$$m_{dC} = \mu \sqrt{Q_{11}} = 2.8486 \text{ (cm}^2\text{)} \quad (11)$$

Tính sai số trung phương của số hiệu chỉnh cho khoảng cách liên hệ L , ký hiệu là m_{dL} :

$$m_{dL} = \mu \sqrt{Q_{22}} = 0.3342 \text{ (km)} \quad (12)$$

- Công thức biểu thị hàm hiệp phương sai lý thuyết có dạng như sau:

$$C(S_i) = 4.4129 e^{\frac{-S_i}{0.335321}} \left(1 + \frac{S_i}{0.335321} + \frac{S_i^2}{0.335321}\right) \quad (13)$$

Như vậy, mô hình Quasigeoid khu vực thực nghiệm đã được xây dựng thể hiện thông qua hàm hiệp phương sai lý thuyết đã được xác định.

- Từ công thức (12), dị thường độ cao của điểm kiểm tra được tính toán và có giá trị như sau:

$$\zeta_{kt}^{Quasigeoid} = -23.629 \text{ (m)} \quad (14)$$

- Độ cao thủy chuẩn của điểm kiểm tra tính theo mô hình Quasigeoid được xây dựng có giá trị như sau:

$$h_{kt}^{Quasigeoid} = H_{kt} - \zeta_{kt}^{Quasigeoid} = 160.177 \text{ (m)} \quad (15)$$

- Từ (9), (15) và độ cao của điểm DCII - 37 thống kê ở bảng 2 ta có:

Bảng 7. Giá trị độ lệch độ cao của điểm kiểm tra

Điểm kiểm tra	Độ cao gốc (m)	$h_{kt}^{EGM2008}$ (m)	$h_{kt}^{Quasigeoid}$ (m)	$dh_{kt}^{EGM2008}$ (m)	$dh_{kt}^{Quasigeoid}$ (m)
DCII-37	160.165	160.107	160.177	0.058	-0.012

Trong đó: $dh_{kt}^{EGM2008} = h_{kt} - h_{kt}^{EGM2008}$, $dh_{kt}^{Quasigeoid} = h_{kt} - h_{kt}^{Quasigeoid}$

Từ bảng 7 cho thấy, độ cao điểm kiểm tra được xác định từ mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng (độ lệch độ cao so với độ cao gốc là 0.012 m) có độ chính xác cao hơn độ cao của điểm này xác định

từ mô hình trọng trường toàn cầu EGM 2008 (độ lệch độ cao so với độ cao gốc là 0.058 m). Bên cạnh đó, có thể nói, độ chính xác mô hình Quasigeoid cục bộ khu vực thực nghiệm là 1.2 cm.

Mô hình Quasigeoid cục bộ được biểu thị tại công thức (13) là hàm hiệp phương sai lý thuyết xây dựng trên cơ sở các điểm GPS - thủy chuẩn tại khu vực thực nghiệm. Hàm này cho phép trực tiếp xác định giá trị dị thường độ cao của bất kỳ điểm nào trong khu vực thực nghiệm. Vì vậy, giá trị dị thường độ cao của các điểm cần xác định có độ chính xác và độ tin cậy cao.

5. Kết luận

Một số kết luận được rút ra qua quá trình nghiên cứu như sau:

- Mô hình Quasigeoid cục bộ khu vực mỏ than Núi Béo - Vinacomin được xây dựng dựa trên số liệu của 6 điểm GPS - thủy chuẩn trên khu vực thực nghiệm theo một quy trình chặt chẽ và chính xác. Quy trình này hoàn toàn có thể áp dụng đối với các khu vực thực nghiệm khác khi có điểm GPS - thủy chuẩn song trùng.

- Tại bất kỳ điểm nào trong khu vực thực nghiệm, độ chính xác dị thường độ cao khi sử dụng mô hình Quasigeoid để nội suy là cỡ khoảng 1.2 cm.

- Khi mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng, để có được độ cao thủy chuẩn người sử dụng chỉ cần kết hợp độ cao trắc địa và dị thường độ cao được nội suy từ mô hình mà không cần phải đi đo đạc thủy chuẩn. Trong phạm vi khu vực thực nghiệm có bán kính cỡ khoảng 1.5 km, mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng hoàn toàn đáp ứng được độ chính xác đảm bảo cho đo thủy chuẩn hạng IV. Điều này sẽ giúp người sử dụng nâng cao được hiệu quả công việc, tiết kiệm được thời gian và kinh phí đo đạc.

- Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, do số lượng điểm GPS - thủy chuẩn song trùng tại khu vực thực nghiệm không nhiều (7 điểm), chính vì vậy, 6 điểm được sử dụng để xây dựng mô hình còn 1 điểm

được dùng làm điểm kiểm tra. Khi số lượng điểm GPS - thủy chuẩn song trùng trong khu vực thực nghiệm lớn hơn thì khi đó số lượng điểm dùng làm điểm kiểm tra sẽ nhiều hơn, mô hình Quasigeoid cục bộ được xây dựng sẽ có độ tin cậy cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đặng Nam Chinh, Bùi Thị Hồng Thắm (2012). *Giáo trình Xử lý số liệu trắc địa*. Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[2]. Nguyễn Duy Đô (2012). *Nghiên cứu chính xác hóa dị thường độ cao EGM 2008 dựa trên số liệu GPS - Thủy chuẩn trên phạm vi cục bộ ở Việt Nam*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật.

[3]. Bùi Thị Hồng Thắm (Chủ nhiệm đề tài) và nkk (2013 - 2015). *Sử dụng số liệu địa hình để nâng cao độ chính xác dữ liệu của thể trọng trường trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam*. Đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ Bộ Tài nguyên và Môi trường, Mã số TNMT.07.40.

[4]. Bùi Thị Hồng Thắm (2016). *Khảo sát các hàm hiệp phương sai khi tính dị thường độ cao trong phương pháp Collocation*. Đề tài cấp cơ sở, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Mã số 13.01.17.O.02.

[5]. Bùi Thị Hồng Thắm (2017). *Nâng cao độ chính xác xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ bằng số liệu địa hình - Thực nghiệm đối với khu vực Tây Bắc*. Hội thảo GIS toàn quốc 2017.

BBT nhận bài: 08/11/2018; Phản biện
xong: 16/11/2018