

## XÂY DỰNG MÔ HÌNH GEOID CỤC BỘ CHO KHU VỰC CẨM PHẢ - MÔNG DƯƠNG

VŨ ĐÌNH TOÀN, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

**Tóm tắt:** Các điểm trong mạng lưới GPS có đo nối độ cao bằng thủy chuẩn hình học (các điểm song trùng) được sử dụng để xác định độ cao Geoid (Undulation), từ đó nội suy độ cao Geoid cho các điểm khác phục vụ chuyển độ cao bằng GPS. Khi sử dụng mô hình Geoid toàn cầu để xác định độ cao Geoid, số liệu đo tại các điểm song trùng được sử dụng để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình Geoid với mặt Geoid thực tế tại khu đo, không những thế, các số liệu này còn có thể sử dụng để chính xác hoá mô hình Geoid tại khu vực có các điểm song trùng. Bài báo này trình bày một phương pháp xây dựng mô hình Geoid cục bộ dựa trên việc cải chính cho mô hình Geoid toàn cầu theo mô hình tương đối của trị đo tại các điểm song trùng.

### 1. Đặt vấn đề

Đo GPS xác định cho ta độ cao trắc địa (H) (so với mặt Ellipsoid) có độ chính xác cao, nhưng đây chỉ là một hệ thống độ cao mang ý nghĩa lý thuyết trong thực tế lại cần sử dụng giá trị độ cao thủy chuẩn (h) (so với mặt Geoid). Do đó, vấn đề đặt ra là cần phải tính chuyển độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn. Chúng ta có thể dễ dàng khai thác các mô hình Geoid toàn cầu như OSU91A, EGM-96, EGM2008 từ các phần mềm xử lý số liệu GPS để xác định độ cao Geoid (N) phục vụ tính chuyển độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn cho các điểm. Nếu trong lưới GPS có một số điểm được xác định độ cao bằng thủy chuẩn hình học với độ chính xác cần thiết, chúng ta sẽ có cơ sở để đánh giá mức độ sai khác giữa độ cao geoid lấy từ mô hình Geoid đã sử dụng với độ cao geoid xác định từ các điểm đo song trùng. Qua thực tế cho thấy các mô hình Geoid toàn cầu có độ chính xác thấp ở khu vực Việt Nam, chỉ mới đảm bảo xác định độ cao thủy chuẩn với độ chính xác phổ biến là tương đương thủy chuẩn kỹ thuật, trong một số trường hợp có thể đạt được thủy chuẩn hạng IV [2,5], mà chủ yếu cho vùng đồng bằng và trung du, và điều quan trọng hơn là không thể dự đoán chắc chắn trước khi triển khai đo đạc. Đó chính là hạn chế của mô hình Geoid toàn cầu. Vấn đề đặt ra là cần có một mô hình Geoid chính xác.

Hiện nay ở Việt Nam chưa xây dựng được

mô hình Geoid chính xác cho toàn quốc, vì vậy việc xây dựng các mô hình Geoid cục bộ cho từng khu vực nhỏ là cần thiết. Nếu trong

lưới GPS có một số điểm được xác định độ cao bằng thủy chuẩn hình học với độ chính xác cần thiết thì ta không những sử dụng các điểm song trùng để đánh giá độ chính xác đo cao GPS hay bổ sung thêm số hiệu chỉnh (nội suy) nhằm nâng cao độ chính xác đo cao GPS trong mạng lưới hiện thời mà còn sử dụng chúng để nâng cấp mô hình Geoid toàn cầu tại chính khu vực có mạng lưới GPS bằng cách sử dụng chúng để xác định số hiệu chỉnh cho độ cao Geoid (lấy từ mô hình Geoid toàn cầu) [1,4]. Giá trị độ cao Geoid sau hiệu chỉnh có thể được sử dụng để thành lập mô hình Geoid cục bộ tại chính khu vực có mạng lưới GPS, ta gọi việc này là chính xác hóa mô hình Geoid. Mô hình Geoid đã được chính xác hoá chắc chắn sẽ phục vụ tốt hơn cho công tác đo cao trên khu vực này trong thời gian tiếp theo.

Theo [1] đã xác định được số hiệu chỉnh cho độ cao geoid tại các điểm song trùng dựa trên thuật toán bình sai lưới tự do với số liệu đầu vào là hiệu độ cao thủy chuẩn ( $\Delta h$ ) có được từ kết quả đo cao thủy chuẩn hình học, hiệu độ cao trắc địa ( $\Delta H$ ) có được từ kết quả đo GPS và hiệu độ cao geoid lấy từ mô hình geoid toàn cầu ( $\Delta N$ ). Song mô hình Geoid sau hiệu chỉnh tại các điểm song trùng này có sự biến đổi bất thường do chưa hiệu chỉnh tại các điểm mắt lưới (chưa làm tròn). Vậy để mô hình có giá trị

sử dụng vấn đề đặt ra là cần có thuật toán nội suy phù hợp để xác định số hiệu chỉnh tại điểm mắt lưới đảm bảo nguyên tắc giữ nguyên số hiệu chỉnh tại các điểm song trùng và mắt lưới càng xa điểm song trùng thì độ lớn trị tuyệt đối của số hiệu chỉnh càng nhỏ.

## 2. Thuật toán nội suy số hiệu chỉnh độ cao Geoid tại điểm mắt lưới

Thuật toán nội suy trọng số nghịch đảo khoảng cách là phù hợp để xác định số hiệu chỉnh mô hình tại điểm mắt lưới. Theo phương pháp này trọng số được lấy theo nghịch đảo khoảng cách từ điểm cần xác định giá trị độ cao Geoid đến các điểm đã có giá trị độ cao Geoid ở xung quanh nó. Giá trị độ cao Geoid tại vị trí  $i$  được xác định theo công thức trung bình trọng số :

$$N_i = \frac{\sum_{j=1}^n N_j P_j}{\sum_{j=1}^n P_j}, \quad (1)$$

trong đó:  $j$  - các điểm đã biết giá trị độ cao Geoid ở xung quanh điểm  $i$  chưa biết giá trị độ cao Geoid.

Trọng số được tính theo công thức:

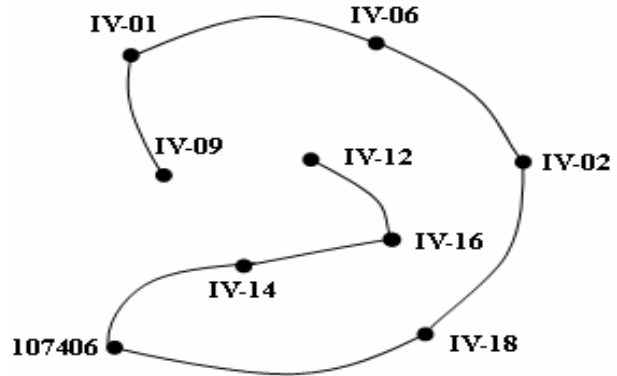
$$P_j = \frac{1}{d_j^\alpha}, \quad (2)$$

$d_j$  - khoảng cách từ điểm cần xác định  $i$  đến điểm đã có giá trị độ cao Geoid  $j$

$\alpha$  - tham số cần xác định ( $\alpha$  có thể bằng 1, 2, 3, ...).

## 3. Tính toán thực nghiệm

Số liệu thực nghiệm là mạng lưới GPS hạng IV được đo tại vùng mỏ Cẩm Phả - Mông Dương, tỉnh Quảng Ninh. Lưới gồm 26 điểm với 74 cạnh đo (baselines), trong đó có 9 điểm song trùng (được đo nối thủy chuẩn hình học với độ chính xác hạng III nhà nước). Sơ đồ liên kết 9 điểm song trùng được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ liên kết 9 điểm song trùng

### 3.1. Tính số hiệu chỉnh mô hình tại các điểm song trùng

Với số liệu thực tế của mạng lưới trên và mô hình Geoid EGM-2008, ta tính được chênh cao trắc địa  $\Delta H$ , chênh cao thủy chuẩn  $\Delta h$ , hiệu độ cao Geoid  $\Delta N^m$ , từ đó tính được số hạng tự do của các phương trình số hiệu chỉnh, kết quả tính trong bảng 1.

Bảng 1. Các giá trị tính  $\Delta H$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta N^m$  và số hạng tự do  $l$

Tên chênh cao	$\Delta H$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta N^m$ (m)	$l = \Delta h + \Delta N^m - \Delta H$
IV-01→IV-06	-6.824	-6.921	0.077	-0.020
IV-06→IV-02	-1.002	-1.040	0.083	0.045
IV-02→IV-18	-18.693	-18.711	0.008	-0.010
IV-18→107406	-0.956	-0.783	-0.164	0.009
107406→IV-14	45.607	45.515	0.065	-0.027
IV-14→IV-16	55.118	55.130	0.063	0.075
IV-16→IV-12	38.556	38.453	-0.045	-0.148
IV-09→IV-01	-72.830	-72.715	-0.029	0.086

Sau khi lập và giải hệ phương trình chuẩn, sẽ xác định được giá trị các ẩn số, chính là các số hiệu chỉnh cho độ cao Geoid (dN) tại các điểm song trùng. Từ đó sẽ nhận được độ cao Geoid sau hiệu chỉnh.

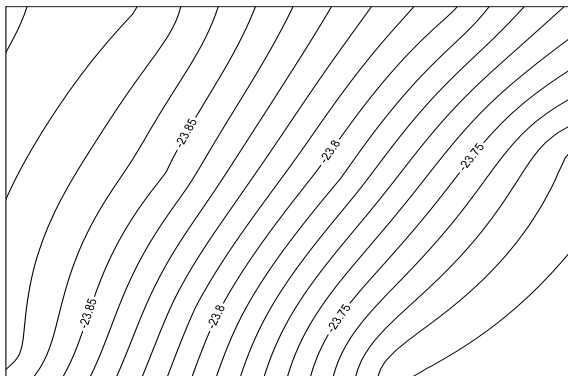
Sau khi tính được độ cao Geoid sau hiệu chỉnh tại các điểm song trùng có thể vẽ lại mô hình Geoid cho khu vực Cẩm Phả-Mông Dương

Dương. Để có thể nhìn trực quan sự thay đổi của bề mặt Geoid sau khi hiệu chỉnh, ở đây vẽ cả phần mô hình Geoid khi chưa hiệu chỉnh.

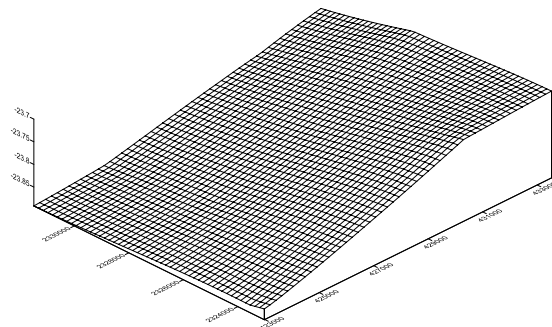
Trên hình 2a và 2b là các sơ đồ 2D và sơ đồ 3D của phần mô hình Geoid EGM-2008 thuộc vùng Cẩm Phả-Mông Dương khi chưa hiệu chỉnh.

*Bảng 2. Số hiệu chỉnh mô hình và độ cao geoid sau hiệu chỉnh*

Tên điểm	Độ cao geoid lấy từ mô hình toàn cầu (m)	Số hiệu chỉnh dN (m)	Độ cao geoid sau hiệu chỉnh (m)
IV-01	-23.879	-0.005	-23.884
IV-06	-23.802	0.015	-23.787
IV-02	-23.719	-0.030	-23.749
IV-18	-23.711	-0.020	-23.731
107406	-23.875	-0.029	-23.904
IV-14	-23.810	-0.002	-23.812
IV-16	-23.747	-0.077	-23.824
IV-12	-23.792	0.071	-23.721
IV-09	-23.850	0.081	-23.769

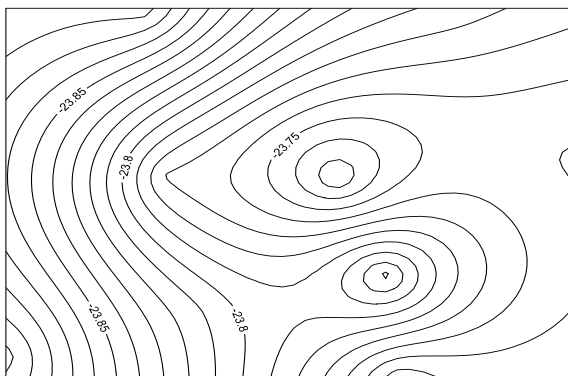


*Hình 2a. Sơ đồ 2D chưa hiệu chỉnh*

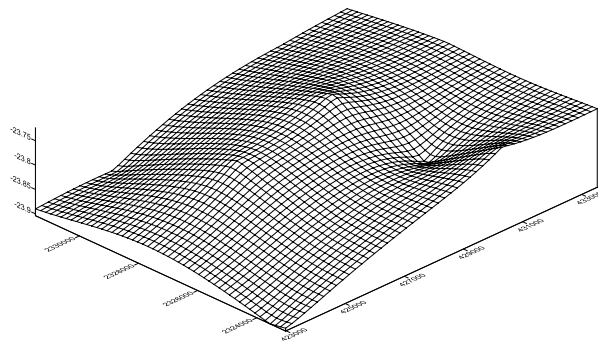


*Hình 2b. Sơ đồ 3D chưa hiệu chỉnh*

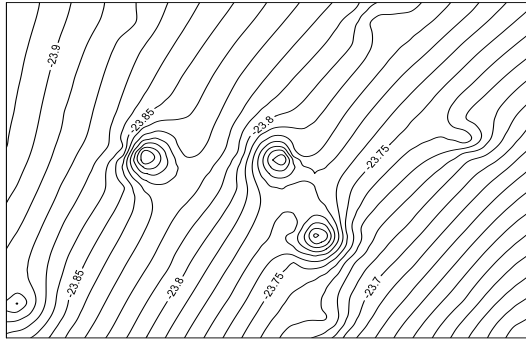
Trên hình 3a và 3b là sơ đồ 2D và 3D của phần mô hình Geoid đã được hiệu chỉnh.



*Hình 3a. Sơ đồ 2D đã hiệu chỉnh*



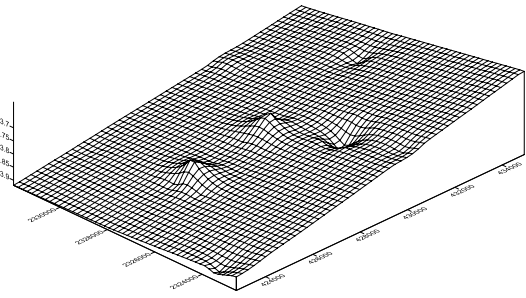
*Hình 3b. Sơ đồ 3D đã hiệu chỉnh*



Hình 4a. Sơ đồ 2D chưa hiệu chỉnh mắt lưới

Ngoài ra chúng ta còn có thể dùng kết hợp cả số liệu của các điểm mắt lưới ở khu vực này để vẽ đường đồng mức với số lượng của mắt lưới là  $10 \times 10$ . Số liệu độ cao Geoid ở các điểm mắt lưới được lấy từ mô hình Geoid toàn cầu EGM2008.

Có thể nhận thấy rằng, sau khi xử lý số liệu, độ cao Geoid tại các điểm song trùng nhận được số hiệu chỉnh, do đó bề mặt Geoid bị thay đổi khớp với số liệu đo GPS và thủy chuẩn. Tuy nhiên chỉ tại điểm song trùng mô hình được thay đổi “đột biến”, còn các điểm mắt lưới không thay đổi. Do đó cần có phương pháp nội



Hình 4b. Sơ đồ 3D chưa hiệu chỉnh mắt lưới

suy để xác định số hiệu chỉnh cho các điểm mắt lưới, đây được gọi là phương pháp làm trơn (smoothing) mô hình geoid sau hiệu chỉnh.

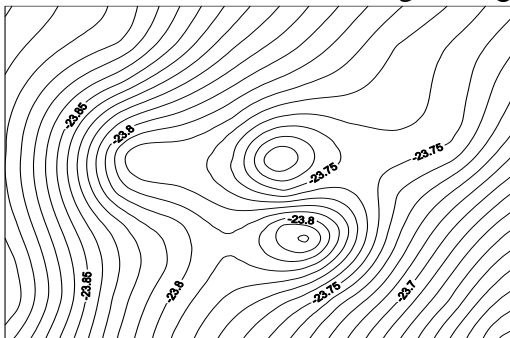
### 3.2. Nội suy số hiệu chỉnh độ cao Geoid tại các điểm mắt lưới

Sử dụng số hiệu chỉnh cho độ cao Geoid tại các điểm song trùng tiến hành nội suy số hiệu chỉnh độ cao Geoid cho các điểm mắt lưới theo phương pháp nội suy trọng số nghịch đảo khoảng cách với hệ số  $\alpha = 2$ . Số hiệu chỉnh độ cao Geoid và độ cao Geoid sau hiệu chỉnh tại các điểm mắt lưới được thể hiện trong bảng sau:

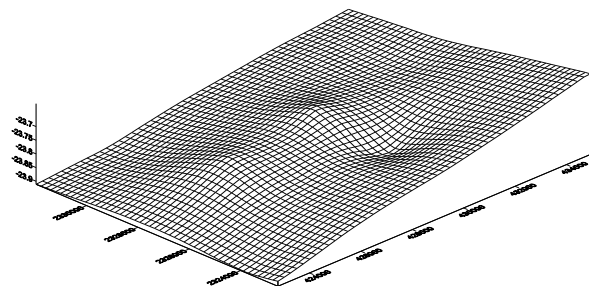
Bảng 3. Số hiệu chỉnh mô hình và độ cao Geoid sau hiệu chỉnh của điểm mắt lưới

Tên điểm	Độ cao Geoid lấy từ mô hình toàn cầu EGM2008(m)	Số hiệu chỉnh (m)	Độ cao Geoid sau hiệu chỉnh (m)
1	-23.872	-0.025	-23.897
2	-23.843	-0.018	-23.861
3	-23.815	-0.006	-23.821
4	-23.785	-0.005	-23.790
...	...	...	...
98	-23.791	0.012	-23.779
99	-23.771	0.004	-23.767
100	-23.750	-0.001	-23.751

Sau khi có được độ cao Geoid sau hiệu chỉnh tại các điểm mắt lưới thực hiện vẽ mô hình Geoid cho khu vực Cẩm Phả-Mông Dương.



Hình 5a. Sơ đồ 2D đã hiệu chỉnh mắt lưới



Hình 5b. Sơ đồ 3D đã hiệu chỉnh mắt lưới

Có thể nhận thấy rằng mô hình geoid sau hiệu chỉnh tại điểm mắt lưới đã trở nên trơn tru hơn.

### 3.3. Xây dựng mô hình Geoid cục bộ

Dựa vào giá trị độ cao Geoid sau hiệu chỉnh độ cao Geoid của các điểm mắt lưới tiến hành xây dựng mô hình Geoid cục bộ cho khu vực Cẩm Phả-Mông Dương theo khuôn dạng của mô hình Geoid trong phần mềm xử lý số liệu GPS (GPSurvey, Trimble Geomatic Office, Trimble Total Control). Mô hình được xây dựng có tên là GeoCP\_MD.GGF.

Sử dụng mô hình này để xác định giá trị độ cao Geoid của 9 điểm song trùng.

Bảng 4. Kết quả độ cao Geoid xác định từ mô hình GeoCP\_MD.GGF

Tên điểm	Độ cao Geoid lấy từ mô hình toàn cầu (m)	Độ cao Geoid lấy từ mô hình GeoCP_MD.GGF (m)
IV-01	-23.879	-23.884
IV-06	-23.802	-23.787
IV-02	-23.719	-23.749
IV-18	-23.711	-23.731
107406	-23.875	-23.904
IV-14	-23.810	-23.812
IV-16	-23.747	-23.824
IV-12	-23.792	-23.721
IV-09	-23.850	-23.769

Thực hiện so sánh độ cao thủy chuẩn xác định từ đo cao GPS dùng mô hình Geoid toàn cầu ( $h^{GPS}$ ) và độ cao thủy chuẩn xác định từ mô hình Geoid GeoCP\_MD.GGF ( $h^{GeoCP\_MD}$ ) với độ cao thủy chuẩn có được từ việc đo cao thủy chuẩn hình học sau bình sai ( $h^{TC}$ ).

Bảng 5. So sánh kết quả sử dụng mô hình Geoid GeoCP\_MD.GGF

Tên điểm	$h^{TC}$ (m)	$h^{GPS}$ (m)	$h^{GeoCP\_MD}$ (m)	$h^{TC} - h^{GPS}$ (m)	$h^{TC} - h^{GeoCP\_MD}$ (m)
IV-01	29.906	29.924	29.903	-0.018	0.003
IV-06	22.985	23.023	22.986	-0.038	-0.001
IV-02	21.945	21.939	21.943	0.006	0.002
IV-18	3.234	3.237	3.235	-0.003	-0.001
107406	2.451	2.445	2.447	0.006	0.004
IV-14	47.966	47.987	47.965	-0.021	0.001
IV-16	103.096	103.041	103.069	0.055	0.027
IV-12	141.549	141.642	141.564	-0.093	-0.015

IV-09	102.621	102.725	102.634	-0.104	-0.013
-------	---------	---------	---------	--------	--------

Sau khi nghiên cứu lý thuyết và tiến hành tính toán thực nghiệm trên số liệu thực tế, chúng tôi đưa ra một số kết luận và kiến nghị như sau:

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Mô hình Geoid cục bộ GeoCP\_MD.GGF mới được lập cho phép xác định độ cao thủy chuẩn tại khu vực Cẩm Phả – Mông Dương có độ chính xác cao hơn so với giá trị độ cao thủy chuẩn xác định bằng mô hình Geoid toàn cầu EGM2008. Qua đó giúp nâng cao được khả năng đo cao trong đo GPS ở khu vực này trong các giai đoạn tiếp theo.

- Độ chính xác của phương pháp phụ thuộc vào độ chính xác của việc xác định độ cao trắc địa bằng đo GPS và độ cao thủy chuẩn bằng đo thủy chuẩn hình học tại các điểm song trùng.

- Cần áp dụng phương pháp này để thành lập mô hình Geoid cho các khu vực thực nghiệm khác có quy mô rộng hơn nhằm để kiểm chứng khả năng ứng dụng của thuật toán này.

- Nếu có số liệu đo song trùng GPS-thủy chuẩn ta có thể áp dụng phương pháp này để thành lập mô hình Geoid cục bộ độ chính xác cao cho Việt Nam, qua đó giúp nâng cao khả năng ứng dụng của phương pháp đo cao GPS.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đặng Nam Chinh, Vũ Đình Toàn, Nguyễn Duy Đô, 2011. Một phương pháp hiệu chỉnh mô hình Geoid theo các số liệu GPS và thủy chuẩn. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ. Số 8, tháng 6-2011.

[2]. Đặng Nam Chinh. Nội suy dị thường độ cao và độ chính xác xác định độ cao bằng công nghệ GPS. Đặc san Khoa học và công nghệ địa chính. Tháng 12/1997.

[3]. Vũ Đình Toàn. Khảo sát một số phương pháp tìm ma trận giả nghịch đảo trong bình sai lưới trắc địa tự do. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất. Số 33, 01-2011.

[4]. Vũ Đình Toàn. Ứng dụng phương pháp bình sai lưới tự do để xác định số hiệu chỉnh mô hình Geoid. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 19. Quyển 6 Trắc địa, Hà Nội, 11/11/2010.

[5]. Đặng Hùng Võ, Lê Minh, Phạm Hoàng Lân, Nguyễn Tuấn Anh. Xây dựng mô hình Geoid độ chính xác cao ở Việt Nam (GeoVN-2003). Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học trắc địa bản đồ và quản lý đất đai-lần thứ nhất-Hà Nội, 12/2004.

[6]. Urs Marti, Andreas Schlatter and Elmar Brockmann, Federal Office of Topography, Seftigenstrasse 264, CH-3084 Waber, Switzerland. Combining Levelling with GPS measurements and Geoid information.

[7]. G. Fotopoulos and M.G. Sideris, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, 2500 University Dr.NW Calgary, Alberta, T2N 1N4, Canada. On the Estimation of Variance Components Using GPS, Geoid and Levelling Data.

[8]. B. Erol , R. N. Çelik. Modelling Local GPS/Levelling Geoid with the Assesstment of Inverse Distance Weighting and Geostatistical Kriging Methods

#### SUMMARY

##### Building the local geoid model in the Cam Pha-Mong Duong area

**Vu Dinh Toan**, *University of Mining and Geology*

GPS points which were measured height by levelling (GPS/levelling points) are used to determine geoid undulation, from which interpolate geoid undulation of another points to determine height by GPS. When using the global geoid model to determine geoid undulation, data measured at GPS/levelling points is used to assess the suitability of the geoid model with real surface geoid of measurement area, not only that, this data can also be used to accurately geoid model in the area of GPS/levelling points. This paper presents a method to build local Geoid models based on correction for the global Geoid model from relative model of measurements in GPS/levelling points.