

## **ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỊA HÌNH CỤC BỘ ĐẾN ĐỘ CAO GEOID CỦA MỘT SỐ MÔ HÌNH TRỌNG TRƯỜNG TRÁI ĐẤT**

ĐẶNG NAM CHINH, NGUYỄN XUÂN TÙNG, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

**Tóm tắt:** *Sử dụng mô hình trọng trường trái đất và tính thêm số hiệu chỉnh địa hình cục bộ vào độ cao Geoid (hoặc dị thường độ cao) là một phương pháp nhằm nâng cao độ chính xác đo cao GPS. Mối quan hệ giữa bề mặt địa hình với độ cao Geoid của các mô hình trọng trường trái đất DMA10, OSU91A, EGM96, EGM2008 là những thông tin hữu ích để xác định các số hiệu chỉnh địa hình cục bộ.*

### **1. Đặt vấn đề**

Cho đến nay phương pháp đo cao GPS vẫn đang được nhiều người quan tâm nghiên cứu. Điều hấp dẫn của vấn đề này không chỉ là nghiên cứu ứng dụng một công nghệ hiện đại vào công tác đo cao mà là nghiên cứu một giải pháp mới, hữu ích, trong đó bao hàm nhiều nội dung khoa học phải giải quyết.

Để nâng cao độ chính xác đo cao GPS, có khá nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước hướng vào xây dựng các mô hình Geoid cục bộ độ chính xác cao dựa trên mô hình Geoid trọng lực hoặc mô hình trọng trường toàn cầu được làm khớp với số liệu GPS – thủy chuẩn (GPS-TC) trên khu vực [5]vv... Có thể nhận thấy rằng, để nâng cấp (chính xác hóa) mô hình Geoid theo phương pháp đo song trùng GPS-TC là khá tốn kém do khối lượng đo đạc lớn, đặc biệt là ở vùng núi cao, nơi cần tăng dày mật độ điểm song trùng để nắm bắt được quy luật biến đổi có dạng “sóng ngắn” của Geoid/Quasigeoid do ảnh hưởng địa hình cục bộ.

Một số công trình nghiên cứu khác đã đề cập tới vấn đề xét ảnh hưởng của địa hình đến dị thường độ cao nhằm nâng cao độ chính xác các giá trị dị thường độ cao (hoặc độ cao Geoid) phục vụ trực tiếp cho tính độ cao thủy chuẩn từ độ cao trắc địa [1,2,4,5,6,7].

Gần đây, khi xây dựng mô hình trọng trường trái đất, ngoài các số liệu trọng lực, số liệu đo cao vệ tinh (altimetry), người ta đã phối hợp sử dụng thêm mô hình số địa hình toàn cầu

[8]. Chính vì vậy, khi nghiên cứu ảnh hưởng của địa hình cục bộ để tính thêm số hiệu chỉnh vào độ cao Geoid xác định từ mô hình trọng trường toàn cầu, cũng cần làm rõ về mô hình trọng trường toàn cầu đó đã “phản ánh” được yếu tố địa hình đến mức nào? Có như vậy, việc tính toán hiệu chỉnh tiếp theo mới có cơ sở khoa học và hướng tới một đáp án đúng.

### **2. Phương pháp khảo sát**

Các mô hình trọng trường trái đất như DMA10, OSU91A, EGM96, EGM2008 được cho ở dạng số với định dạng GGF (Geoid Geoid Files). Bằng các phần mềm xử lý số liệu GPS như GPSurvey, TGO vv.. có thể trích cắt các mô hình này thành các phần mô hình cục bộ trong một hình chữ nhật giới hạn bởi các giá trị độ vĩ và độ kinh ( $B_{min}, B_{max}, L_{min}, L_{max}$ ) của khu vực nghiên cứu (khảo sát). Với các phần mô hình cục bộ này có thể biểu thị trên mô hình 2D hoặc 3D nhờ phần mềm Surfer. Các mô hình này sẽ được đối chiếu so sánh trực tiếp với mô hình số địa hình (2D,3D) của khu vực nghiên cứu. Ngoài ra có thể sử dụng phương pháp làm trơn mô hình địa hình (còn gọi là phương pháp khái quát hóa địa hình hay trung bình hóa địa hình) để so sánh với các mô hình cần khảo sát.

Phương pháp khái quát hóa mô hình được thực hiện theo cách tính độ cao trung bình của địa hình cho các điểm xét, tập hợp các điểm có độ cao trung bình sẽ hình thành nên một mặt địa hình được trung bình hóa, gọi là bề mặt địa hình được “làm trơn”. Bề mặt này rất có ý nghĩa

trong tính toán số hiệu chỉnh do ảnh hưởng địa hình cục bộ gây nên “sóng ngắn” trong dị thường độ cao.

Độ cao trung bình địa hình tại điểm xét k có thể tính bằng công thức trung bình trọng số theo độ cao của các điểm lân cận điểm xét. Điểm lân cận là những điểm nằm trong vòng tròn bán kính R có tâm là điểm xét.

Ký hiệu n là số lượng điểm lân cận, độ cao trung bình tại điểm xét k sẽ là:

$$h_k^{TB} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (1)$$

trong đó  $P_i$  là trọng số của điểm lân cận thứ i.

Trọng số  $P_i$  có thể tính theo một vài công thức khác nhau [1,2]:

$$P_i = \frac{1}{D_i}; \quad (2)$$

$$\text{hoặc } P_i = \frac{h_i}{D_i}, \quad (3)$$

trong đó  $D_i$  là khoảng cách từ điểm xét k đến điểm lân cận i.

Dạng của công thức tính trọng số P và bán kính R để chọn điểm lân cận có ảnh hưởng đáng kể đến việc xác định mặt địa hình trung bình.

Cũng cần nghiên cứu tiêu chí xác định mặt địa hình trung bình, để từ đó có thể lựa chọn công thức tính trọng số và bán kính R hợp lý.

### 3. Kết quả khảo sát

Trên khu vực vùng núi Tây Bắc Việt Nam, giới hạn bởi các vĩ tuyến và kinh tuyến như sau:

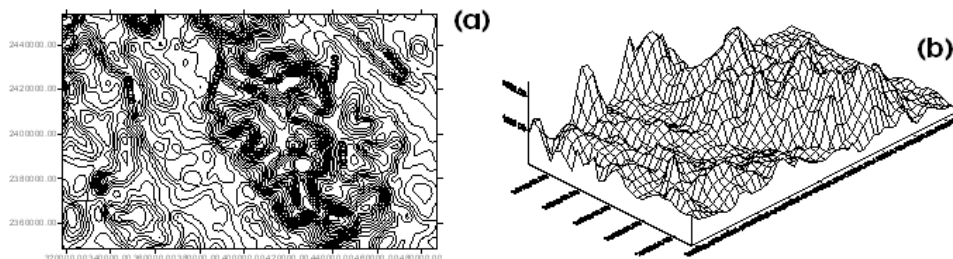
$$B_{\min} = 21^{\circ} 13' 47''; \quad B_{\max} = 22^{\circ} 11' 17''$$

$$L_{\min} = 103^{\circ} 15' 00''; \quad L_{\max} = 104^{\circ} 52' 30''$$

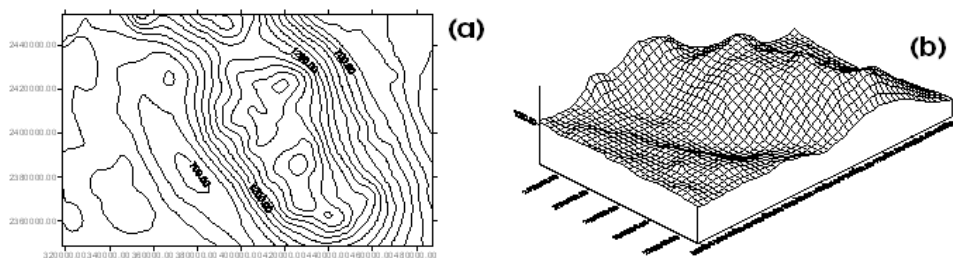
Đây là khu vực thuộc các tỉnh Sơn La, một phần tỉnh Điện Biên, Lai Châu và Yên Bái. Khu vực khảo sát có dạng hình chữ nhật, diện tích khoảng 17730 km<sup>2</sup>.

Đặc điểm của khu vực khảo sát là có nhiều đỉnh núi cao trên 1500m, đặc biệt là chuỗi địa hình nhô cao gồm các đỉnh núi cao trên 2000m nằm dọc theo ranh giới giữa Yên Bái và Sơn La, theo hướng tây bắc-đông nam. Trong chuỗi địa hình này có những đỉnh núi có độ cao khá lớn như Tà Chí Nhù cao 2979m, đỉnh Tà Y Chơ cao 2671m thuộc huyện Mường Chà tỉnh Yên Bái.

Dựa trên mô hình số địa hình của khu vực này, chúng tôi thể hiện trực quan dáng địa hình trên sơ đồ đường đồng mức (2D) và mô hình không gian (3D). Trên hình 1 là sơ đồ 2D và mô hình 3D của mặt địa hình khu vực khảo sát, trên hình 2 là sơ đồ 2D và 3D bề mặt địa hình đã được trung bình hóa (mặt đã làm tròn).

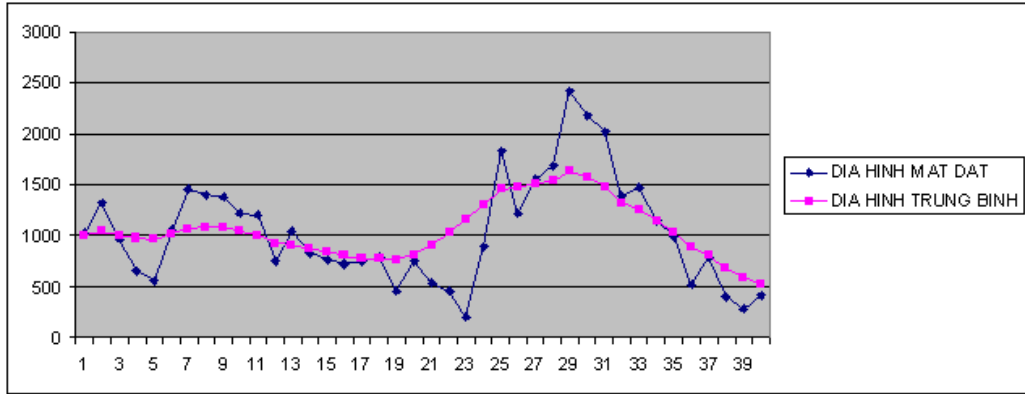


Hình 1. Địa hình



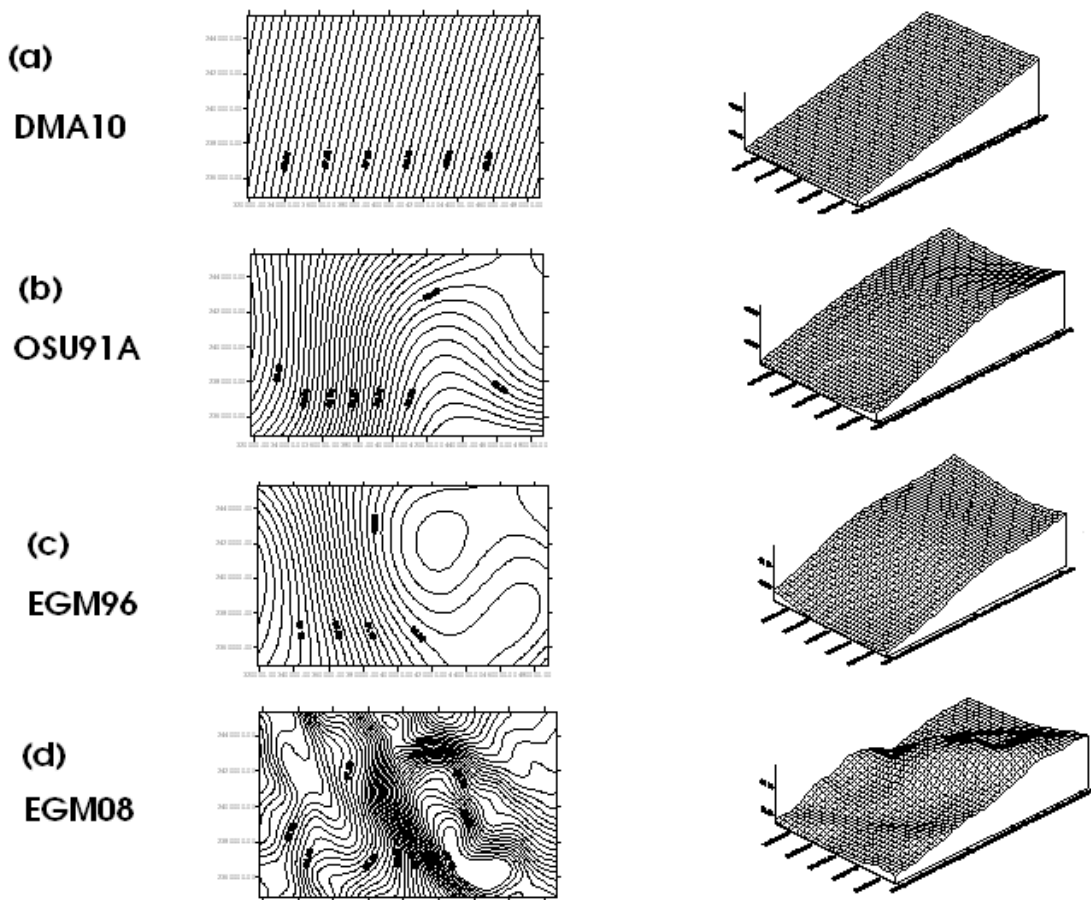
Hình 2. Địa hình trung bình

Trong khu vực nghiên cứu, độ cao địa hình nhỏ nhất là 39m và độ cao lớn nhất là 2559m. Để trung bình hóa địa hình, chúng tôi lấy bán kính chọn điểm lân cận  $R=25\text{km}$  và sử dụng công thức (3) để tính trọng số. Địa hình trung bình hóa có giá trị nhỏ nhất là 238m và lớn nhất 1775m. Trên hình 3 là một mặt cắt địa hình mặt đất và địa hình trung bình.



Hình 3. Một mặt cắt địa hình và địa hình trung bình (hướng Đông –Tây)

Từ 4 mô hình Geoid toàn cầu, sau khi trích cắt theo khu vực khảo sát, dáng của 4 mặt Geoid trên khu vực này được thể hiện trên hình 4. Số lượng điểm có độ cao Geoid là 960 điểm, khoảng cao đều các đường đồng mức trên hình vẽ là 0,1m.



Hình 4. Bề mặt của 4 mô hình Geoid trên khu vực khảo sát

Về định tính, có thể nhận thấy rằng, giữa mô hình EGM2008 với mặt địa hình trung bình có mối liên hệ khá rõ nét. Điều đó có nghĩa là trong mô hình trọng trường EGM2008 đã phản ánh khá rõ ảnh hưởng của độ cao địa hình đến độ cao Geoid. Tuy nhiên mối liên hệ đó cũng mới chỉ được thể hiện ở mức trung bình, chưa thật chi tiết.

Trong mô hình DMA10 hoàn toàn phẳng trên khu vực khảo sát, như vậy là không hề có “hiệu ứng địa hình” trên mặt Geoid. Mặt nghiêng của DMA10 thể hiện quy luật bước sóng dài của Geoid trên diện rộng. Trong mô hình OSU91A và EGM96, ảnh hưởng của địa hình thể hiện mờ nhạt, dáng Geoid chỉ hơi gợn lên một chút tại vùng núi cao.

Tiếp theo, chúng tôi sử dụng DMA10 để loại bỏ sóng dài (không có thông tin địa hình) trong 3 mô hình OSU91A, EGM96 và EGM2008 theo công thức:

$$N_i^{(G-D)} = N_i^G - N_i^D \quad (4)$$

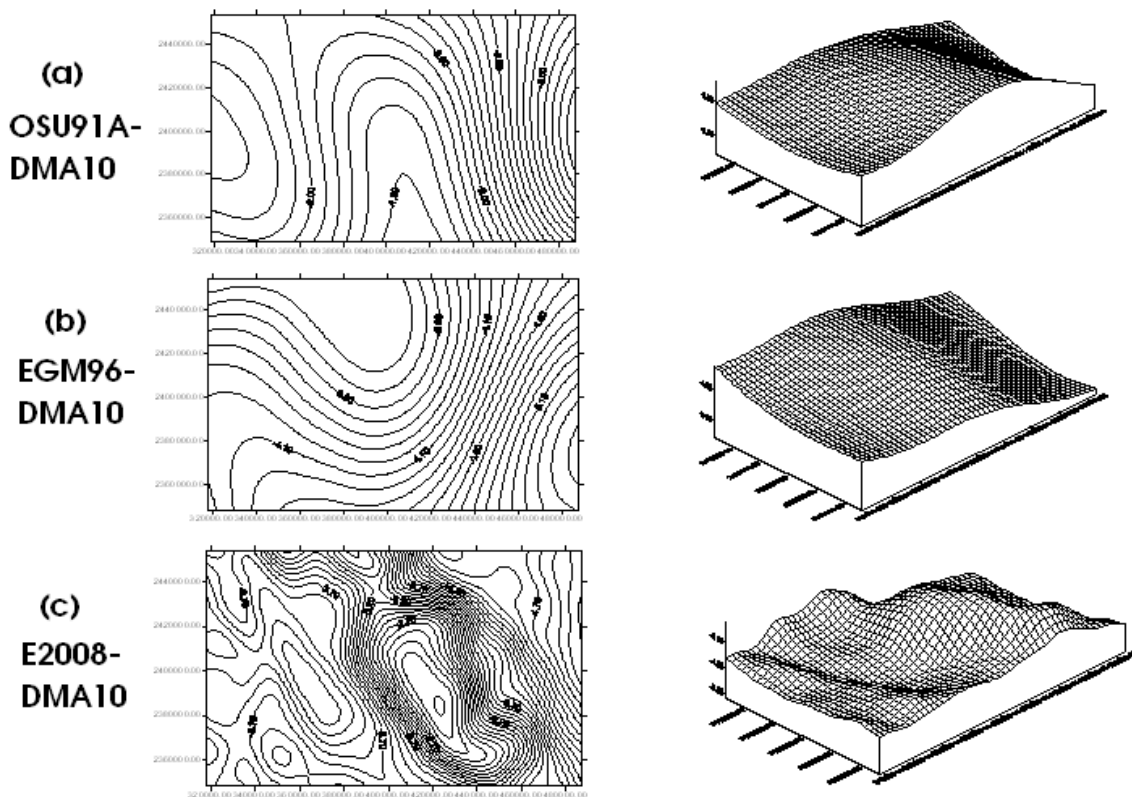
trong đó:  $N_i^{(G-D)}$  là độ cao Geoid đã loại bỏ sóng dài DMA10

$N_i^G$  là độ cao Geoid của mô hình khảo sát

$N_i^D$  là độ cao Geoid của mô hình DMA10.

Sau khi loại bỏ “sóng dài” chúng tôi sử dụng các giá trị  $N_i^{(G-D)}$  để thể hiện trên nền 2D với khoảng cao đều 0,1m và mô hình 3D (hình 5).

Quan sát hình 5 có thể thấy rằng, sau khi bóc tách độ nghiêng của sóng dài (nhờ DMA10), sẽ lộ rõ hơn ảnh hưởng của địa hình mặt đất đến các mặt Geoid OSU91A, EGM96 và EGM2008. Tuy nhiên ở 2 mô hình OSU91A, EGM96, ảnh hưởng của địa hình vẫn là mờ nhạt và có chiều nghiêng trái ngược nhau, còn trên EGM2008 là khá rõ nét và tương đồng với mặt địa hình trung bình trên hình 2. Nếu so sánh OSU91A và EGM96 thì OSU91A gần với dạng của EGM2008 hơn, có thể coi EGM2008 là mặt chi tiết hóa của OSU91A.



Hình 5. Các mô hình sau khi loại bỏ độ nghiêng của sóng dài

Để có số liệu định lượng, chúng tôi tiến hành tính hệ số tương quan (HSTQ) giữa độ cao địa hình và độ cao Geoid cho 4 mô hình theo 4 phương án sau:

**Phương án 1.** Tính hệ số tương quan giữa độ cao địa hình với độ cao Geoid của 4 mô hình DMA10, OSU91A, EGM96 và EGM2008.

**Phương án 2.** Tính hệ số tương quan giữa độ cao địa hình trung bình với độ cao Geoid của 4 mô hình DMA10, OSU91A, EGM96 và EGM2008.

**Phương án 3.** Tính hệ số tương quan giữa độ cao địa hình với độ cao Geoid của 3 mô hình OSU91A, EGM96 và EGM2008 tính theo công thức (4) (đã loại bỏ ảnh hưởng nghiêng của sóng dài).

**Phương án 4.** Tính hệ số tương quan giữa độ cao địa hình trung bình với độ cao Geoid của 3 mô hình OSU91A, EGM96 và EGM2008 tính theo (4).

Hệ số tương quan giữa độ cao Geoid (N) và độ cao địa hình (h) được tính theo công thức đã biết [1,3].

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})(h_i - \bar{h})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}} \quad (4)$$

trong đó  $\bar{N}$  và  $\bar{h}$  là trị trung bình:  $\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i$  và  $\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i$

Bảng 1. Hệ số tương quan giữa độ cao Geoid với địa hình và địa hình trung bình

Mô hình	DMA10	OSU91A	EGM96	EGM2008
HSTQ: K				
Geoid và địa hình	-0.2010	0.0194	-0.0239	0.2609
Geoid và địa hình TB	-0.2192	0.1046	0.0654	0.3344

Bảng 2. Hệ số TQ giữa độ cao Geoid\* (loại bỏ DMA10) với địa hình và địa hình TB

Mô hình	OSU91A*	EGM96*	EGM2008*
HSTQ: K*			
Geoid và địa hình	0.4993	0.3314	0.7796
Geoid và địa hình TB	0.7166	0.4763	0.9375

#### 4. Kết luận

Với các kết quả khảo sát định tính và định lượng trên đây, có thể rút ra một số kết luận như sau:

1. Trong 4 mô hình trọng trường trái đất DMA10, OSU91A, EGM96, EGM2008, mô hình DMA10 không được xét tới ảnh hưởng của địa hình mặt đất, chỉ thể hiện hướng nghiêng của bước sóng dài, vì vậy độ cao Geoid của mô hình này có thể sử dụng để bóc tách ảnh hưởng của sóng dài khi nghiên cứu chi tiết ảnh hưởng của địa hình ở bước sóng trung và sóng ngắn.

2. Sau khi bóc tách quy luật sóng dài, ảnh hưởng của địa hình đến các mặt Geoid được thể hiện rõ nét hơn. Các giá trị hệ số tương quan

giữa độ cao Geoid với độ cao địa hình và địa hình trung bình tăng lên đáng kể.

3. Mô hình OSU91A thể hiện ảnh hưởng của địa hình tốt (phù hợp) hơn mô hình EGM96. Tuy nhiên cả 2 mô hình này, yếu tố ảnh hưởng của địa hình mặt đất tuy đã có nhưng vẫn là mờ nhạt.

4. Mô hình EGM2008 là mô hình đã được xét tới ảnh hưởng của địa hình khá rõ so với OSU91A và EGM96, đặc biệt là hệ số tương quan giữa độ cao địa hình trung bình và độ cao Geoid EGM2008 sau khi loại bỏ xu thế nghiêng của sóng dài đã đạt tới giá trị 0,9375, như vậy giữa chúng có mối liên hệ gần như tuyến tính [3]. Tuy vậy, cũng chỉ có thể coi mặt Geoid

EGM2008 đã phản ánh quy luật ảnh hưởng của địa hình khái quát, ở mức bước sóng trung.

5. Cần sử dụng độ cao trung bình được khái quát theo mô hình Geoid EGM2008 để tiếp tục tính số hiệu chỉnh của địa hình cục bộ ở bước sóng ngắn, với bán kính vùng xét nhỏ hơn 25km.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Nam Chinh, 2007. Khả năng ứng dụng phương pháp đo cao GPS ở vùng mỏ Quảng Ninh. Tạp chí Công nghiệp mỏ- Số 3 năm 2007.
- [2]. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Duy Đô, Lê Văn Thủ, 2008. Xác định số hiệu chỉnh địa hình trong đo cao GPS ở vùng núi có sử dụng mô hình Geoid toàn cầu. Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 18- trường Đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội, tháng 11/2008.
- [3]. Dương Ngọc Hào. Giáo trình Xác suất thống kê. Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP Hồ Chí Minh.

- [4]. Phạm Hoàng Lân. Phùng Trung Thanh, 2009. Ảnh hưởng của địa hình trong dị thường độ cao ở một số vùng đồi núi đặc trưng của nước ta. Tạp chí Khoa học đo đạc và Bản đồ. Viện KH ĐĐ& BĐ- Bộ TN-MT. Số 1-8/2009.
- [5]. Lê Minh. Một số kết quả xây dựng mô hình Geoid địa phương ở Việt Nam. Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học Đo đạc và bản đồ Việt Nam vì sự nghiệp xây dựng và bảo vệ Tổ quốc”. Hà Nội tháng 12/2009.
- [6]. Nguyễn Xuân Tùng, 2002. Nội suy độ cao thủy chuẩn theo trị đo GPS và số liệu địa hình trong phạm vi cục bộ. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 15-ĐH Mỏ-Địa chất-Quyển 5. 11/2002.
- [7]. Sujana Bajracharya, 2003. Terrain Effects on Geoid Determination. Department of Geomatics Engineering. CALGARY ALBERTA. September 2003.
- [8]. Mehdi Eshagh, 2009. Least squares modification of Stokes' formula with EGM08. Geodesy and Cartography; Division of Geodesy, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

## SUMMARY

### **Local terrain effects on the geoid undulation of some earth gravitational models**

**Dang Nam Chinh, Nguyen Xuan Tung**

*University of Mining and Geology*

Using Earth Gravitational Models and computation of the additional local terrain corrections to geoid undulations (or height anomaly) is a method for improvement of the GPS levelling accuracy. The relations between topographic surface and geoid undulation of the earth gravitational models DMA10, OSU91A, EGM96, EGM2008 are useful information for determination of local terrain corrections.