Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất
Trang điện tử: http://tapchi.humg.edu.vn

Xây dựng Quasigeoid cho khu vực Việt Nam trên cơ sở kết hợp mô hình trọng trường vệ tinh GOCE, EGM2008 và số liệu GPS - thủy chuẩn

Vũ Hồng Cường [1,*], Ngô Thị Mến Thương [2]

[1] *Phòng Trắc địa - Địa hình, Cục Bản đồ, Bộ tổng tham mưu, Việt Nam*
[2] *Khoa Trắc địa Bản đồ, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 04/06/2019
Chấp nhận 10/08/2019
Đăng online 30/08/2019

Từ khóa:
GPS - thủy chuẩn
Độ cao chuẩn
Quasigeoid
Hòn Dấu

TÓM TẮT

Theo xu hướng nghiên cứu hiện nay trên thế giới, việc xây mới và hoàn thiện hệ độ cao phải dựa trên mặt geoid/quasigeoid độ chính xác cao, từ đó xây dựng nền tảng áp dụng công nghệ đo cao GNSS. Bài báo trình bày nghiên cứu, đánh giá độ chính xác của các mô hình thế trọng trường toàn cầu từ dữ liệu vệ tinh GOCE và EGM2008. Từ đó, kết hợp các hệ số hàm điều hòa bậc thấp của mô hình trọng trường vệ tinh GOCE với bậc cao của mô hình EGM2008 cũng như dữ liệu GPS - TC trên 155 điểm độ cao hạng I Nhà nước đã xây dựng mô hình quasigeoid cho khu vực Việt Nam và vùng lân cận với độ chính xác ±8,2 cm.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Hệ độ cao quốc gia Việt Nam bắt đầu được xây dựng từ những năm 60 của thế kỷ trước dựa trên mặt nước biển trung bình của Trạm nghiệm triều Hòn Dấu - Hải Phòng phát triển thành các mạng lưới các điểm độ cao ở các cấp hạng khác nhau trải dài từ Bắc vào Nam. Trong những năm qua, Hệ độ cao Quốc gia Việt Nam giữ vai trò quan trọng trong việc thành lập hệ thống bản đồ và cơ sở dữ liệu, phục vụ phát triển các lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân, góp phần vào sự nghiệp xây dựng và bảo vệ đất nước.

Hệ độ cao hiện nay chưa đáp ứng được yêu cầu áp dụng công nghệ hiện đại GNSS trong tình hình mới. Để đưa thủy chuẩn vệ tinh vào áp dụng đòi hỏi phải xây dựng được mô hình quasigeoid độ chính xác cao và gắn trên nó hệ độ cao tương ứng. Vì thế, ngành Đo đạc và Bản đồ đã được Nhà nước đầu tư để xây dựng mô hình quasigeoid để từng bước ứng dụng thủy chuẩn vệ tinh thay thế thủy chuẩn truyền thống. Năm 2005, Viện nghiên cứu Địa chính đã xây dựng mô hình geoid cho phần lục địa Việt Nam trong đề tài "Xây dựng cơ sở dữ liệu trường trọng lực toàn cầu, thiết lập mô hình geoid độ chính xác cao trên lãnh thổ Việt Nam phục vụ nghiên cứu hoạt động của Trái đất và đổi mới công nghệ đo cao bằng hệ thống định vị toàn cầu"

*Tác giả liên hệ
E - mail: vhccbd@gmail.com

(Lê Minh, 2005). Mô hình geoid này được xây dựng trên cơ sở sử dụng EGM96 kết hợp với hơn 15000 điểm trọng lực trên phần đất liền Việt Nam và được làm khớp bởi 90 điểm trong tổng số 210 điểm GPS - thủy chuẩn (GPS - TC) tin cậy. Từ các điểm trọng lực lãnh thổ Việt Nam được chia ra 9 vùng khác nhau với các cách mô hình hóa thành grid khác nhau để phù hợp với từng vùng. Sau đó gộp cả 9 vùng lại thành grid 3'x3' dị thường trọng lực duy nhất theo nguyên tắc lấy giá trị trung bình ở khu vực các vùng phủ lên nhau và đánh giá sai số mô hình trọng lực khoảng 3,4 mgal. Từ grid dị thường trọng lực tính ra geoid với độ lệch khi so sánh với các điểm GPS - TC là 0,439m. Sau khi sử dụng 90 điểm GPS - TC để làm khớp mô hình geoid trọng lực, mô hình làm khớp được đánh giá bởi 120 điểm GPS - TC còn lại và cho sai số trung phương trung bình là 0,387 m với cách làm khớp tuyến tính và 0,255 m với phương pháp làm khớp Kriging (Lê Minh, 2005). Mô hình được xây dựng có độ chính xác không cao và chưa tin cậy do nhiều nguyên nhân, tiêu biểu như: sử dụng mô hình EGM96 có độ chính xác chưa cao, các điểm GPS - TC sử dụng có độ chính xác không cao như đã trình bày trong báo cáo của tác giả (Lê Minh, 2005).

Năm 2010, hai phương án xây dựng geoid trên lãnh thổ Việt Nam do hai cơ quan khác nhau là Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước và Trung tâm Viễn thám quốc gia đồng thời được thông báo hoàn thành (Trung tâm Viễn thám Quốc gia, 2010; Trung tâm Kiểm định chất lượng sản phẩm Đo đạc và Bản đồ, 2011).

Mô hình geoid do Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước được xây dựng sử dụng 816 điểm GPS - TC trong mạng lưới điểm độ cao hạng I, II, III trên lãnh thổ Việt Nam theo 2 phương pháp: phương pháp sóng và phương pháp phần dư sử dụng mô hình tiên nghiệm EGM2008. Theo đánh giá trong "Báo cáo tổng kết kỹ thuật (BCTKKT)" của đơn vị thực hiện, mô hình xây dựng theo phương pháp phần dư đạt được độ chính xác tốt hơn mô hình xây dựng theo phương pháp sóng. Độ lệch mô hình đã xây dựng khi so sánh với 48 điểm GPS - TC trong mạng lưới độ cao hạng cao Nhà nước: ở khu vực đồng bằng đạt được 6,3 cm, vùng núi 5,3 cm. Trong báo cáo kết quả kiểm tra nghiệm thu sản phẩm của Trung tâm kiểm định chất lượng sản phẩm Đo đạc và Bản đồ bổ sung đánh giá mô hình bằng 74/136 điểm địa chính cơ sở (ĐCCS), độ lệch mô hình so với dữ liệu đo GPS - TC là 7,8 cm.

Mô hình geoid của Trung tâm Viễn thám Quốc gia xây dựng bằng dữ liệu GPS - thủy chuẩn - trọng lực (GPS - TC - TL), trong đó sử dụng hơn 14000 điểm trọng lực kết hợp mô hình EGM2008 và được làm khớp bằng 576 điểm GPS - TC. Còn lại 240 điểm GPS - TC dùng để kiểm tra. Kết quả thu được là độ lệch giữa mô hình đã xây dựng và dữ liệu GPS - TC kiểm tra là 8,2 cm. Đánh giá mô hình geoid GPS - TC - TL bằng 74 điểm ĐCCS cho độ lệch trung phương là 8,2 cm.

Một số vấn đề tồn tại ở các mô hình này đã được các nhà khoa học chỉ ra khi xem xét cả hai mô hình dựa vào đường đẳng trị, nhận thấy khu vực ngoài lãnh thổ có đột biến bất thường, trong đó mô hình VNGeoid GPS - TC sự bất thường lớn xuất hiện ở vùng rìa. Việc dữ liệu của Việt Nam nằm trong một dải hẹp kéo dài theo hướng Bắc - Nam nên nếu xử lý không phù hợp, sẽ dẫn tới hiện tượng ở vùng có dữ liệu đạt độ chính xác nhất định, nhưng càng xa càng lệch hoặc mô hình sau khi làm khớp sẽ bị nghiêng ở khu vực Biển Đông và trên lãnh thổ các nước láng giềng như Lào, Campuchia. Để minh chứng, dưới đây đưa ra các hình ảnh so sánh mô hình VNGeoid GPS - TC với mô hình Geoid EGM2008.GGF của hãng Trimble và với mô hình Quasigeoid EGM2008 được nâng lên ngang điểm gốc độ cao Hòn Dấu (Hình 1).

Để xây dựng mô hình quasigeoid với độ chính xác cao theo phương pháp trọng lực đòi hỏi phải có dữ liệu trọng lực độ chính xác cao với mật độ đảm bảo theo từng độ phân giải. Tuy nhiên khó khăn trong đo đạc và chi phí đo cao, đặc biệt là khi đo trên vùng biển và vùng núi cao. Đồng thời, dữ liệu trọng lực trên lãnh thổ các nước xung quanh Việt Nam chưa thu thập được. Vì vậy việc xây dựng quasigeoid trọng lực trên lãnh thổ Việt Nam gặp nhiều khó khăn.

Hiện nay đã có nhiều mô hình thế trọng trường toàn cầu xây dựng trên cơ sở các dữ liệu đo cao vệ tinh (altimetry), đo trọng lực vệ tinh (CHAMP, GRAGE, GOCE,…) và dữ liệu đo trên bề mặt Trái đất (ESA, 2011; Franz, 2013; Website ICGEM; Website ESA; Website NGA). Mô hình thế trọng trường toàn cầu hiện nay được cung cấp chủ yếu ở dạng khai triển hàm điều hòa, một số mô hình còn được cung cấp dưới dạng lưới. Như đã trình bày ở (Vũ Hồng Cường, 2013; Vũ Hồng Cường, 2014) các mô hình thế trọng trường từ dự án "GOCE" có độ chính xác cao hơn so với EGM

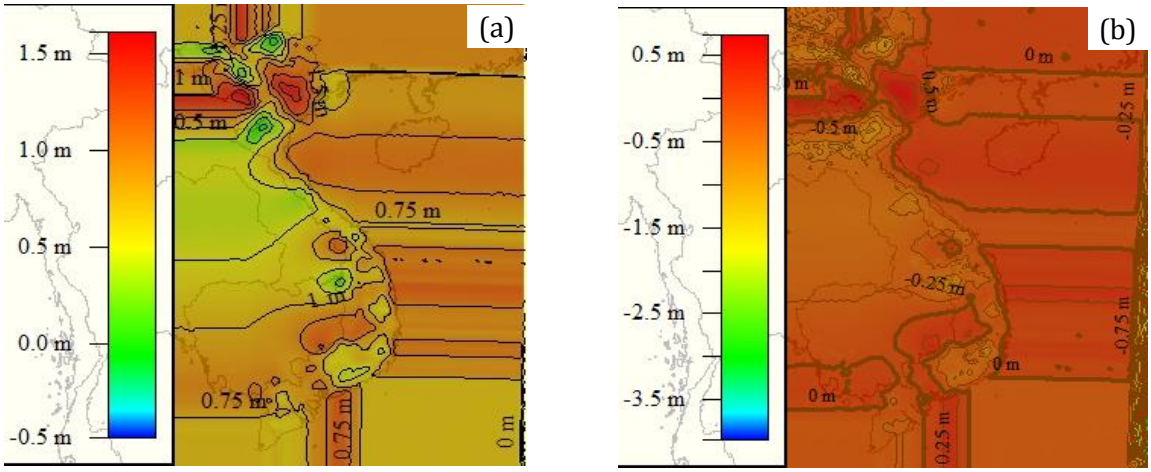
2008 trên lãnh thổ Việt Nam. Tuy nhiên độ phân giải (phụ thuộc vào số bậc, hạng cao nhất của mô hình) của các mô hình "GOCE" thấp hơn EGM 2008. Vì vậy, các tác giả nghiên cứu việc kết hợp mô hình thế trọng trường vệ tinh GO_CONS_GCF_2__TIM_R5 (viết tắt là GOCE - TIM5) với các hệ số hàm điều hòa bậc cao của mô hình EGM 2008 với mục đích tạo ra một mô hình mới với độ chính xác cao hơn hai mô hình gốc trên lãnh thổ Việt Nam. Từ đó, sử dụng dữ liệu GPS - TC để làm khớp mô hình Quasigeoid.

2. Cơ sở phương pháp kết hợp mô hình trọng trường vệ tinh GOCE và mô hình EGM2008

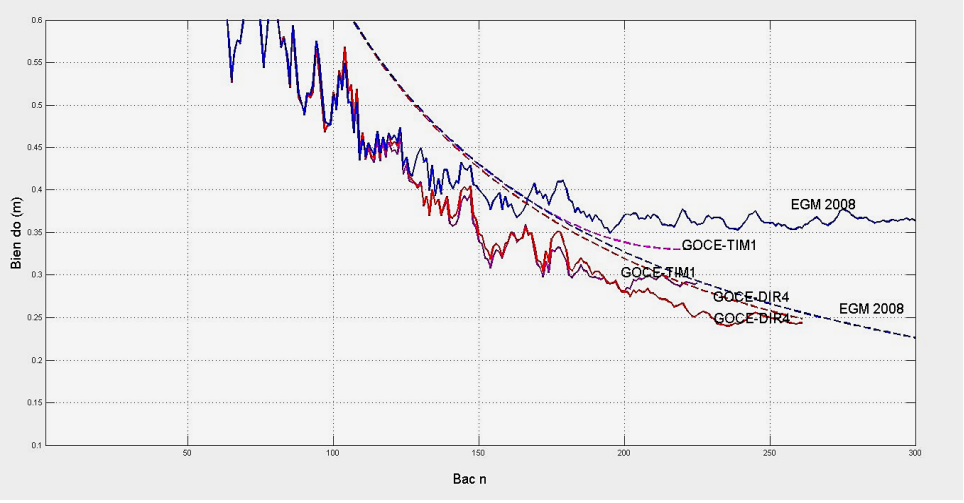
Để nghiên cứu các mô hình thế trọng trường theo bậc khai triển đã xây dựng một số chương trình tính toán trên ngôn ngữ MatLab và sử dụng các điểm GPS - TC trên lãnh thổ Việt Nam để so sánh, đánh giá tuyệt đối các mô hình như Hình 2.

Nhận thấy, trên lãnh thổ Việt Nam độ lệch chuẩn dị thường độ cao các mô hình so với dữ liệu GPS - TC tương tự nhau với các bậc hàm điều hòa từ 0 - 120. Từ bậc lớn hơn 120 các mô hình của dự án GOCE cho kết quả tốt hơn mô hình EGM 2008. Nếu tính đến bậc 250, mô hình GOCE - DIR4 và GOCE - TIM4 có độ lệch chuẩn so với dữ liệu GPS - TC là 24 cm, mô hình EGM 2008 kết quả là 36 cm.

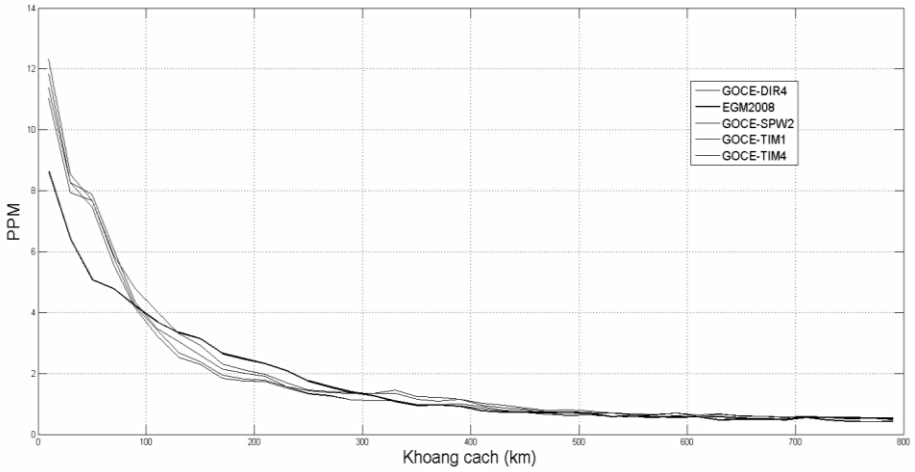
Để đánh giá tương đối các mô hình thế trọng trường tác giả sử dụng hiệu dữ liệu trên các cặp điểm GPS - TC để so sánh với hiệu dị thường



Hình 1. So sánh mô hình VNGeoid GPS - TC với mô hình geoid EGM2008.GGF của hãng Trimble trong TBC (a) và với mô hình quasigeoid EGM2008 đã được nâng lên ngang với điểm gốc độ cao Hòn Dấu (b).



Hình 2. So sánh độ lệch chuẩn của dị thường độ cao mô hình so với dữ liệu trên các điểm GPS - TC và sai số tổng hợp của các mô hình thế trọng trường dự án "GOCE" và mô hình EGM 2008 theo bậc n, nét liền - độ lệch chuẩn GPS - TC so với mô hình, nét đứt - sai số tổng hợp của mô hình.



Hình 3. Đánh giá tương đối các mô hình thế trọng trường dự án GOCE và EGM 2008 phụ thuộc vào khoảng cách (km) giữa các cặp điểm GPS - TC.

độ cao tính theo các mô hình với bậc khai triển lớn nhất. Hình 3 kết quả đánh giá tương đối được tính toán phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cặp điểm theo đơn vị ppm (1 phần triệu, tương ứng với độ lệch mm trên 1 km). Đánh giá tương đối cho thấy, với khoảng cách cơ sở giữa các điểm tăng từ 5 km tới 800 km, độ lệch tương đối của các mô hình GOCE giảm từ 12 ppm đến 0,4 ppm trong khi độ lệch tương đối của mô hình EGM 2008 giảm từ 9 ppm tới 0,4 ppm. Độ lệch tương đối của các mô hình GOCE lớn hơn EGM 2008 khi khoảng cách bé hơn 90 km bởi vì mô hình EGM 2008 có hệ số khai triển hàm điều hòa lớn hơn (bậc của hàm điều hòa mô hình EGM 2008 là 2190 trong khi của GOCE - TIM4 là 250). Tuy nhiên, nếu khoảng cách cơ sở nằm trong khoảng từ 90 km đến 300 km các mô hình GOCE cho kết quả tốt hơn. Điều này được giải thích bởi độ chính xác của các hệ số hàm điều hòa các mô hình GOCE cao hơn EGM 2008. Từ những phân tích trên đây, rút ra được:

- Các mô hình thế trọng trường của dự án GOCE cho kết quả tốt hơn EGM 2008 khi đánh giá tuyệt đối. Trong đó, hai mô hình GOCE - DIR4 và GOCE - TIM4 cho kết quả tốt nhất với độ lệch chuẩn so với dữ liệu GPS - TC khoảng 24 cm;

- So sánh tương đối cho thấy EGM 2008 cho kết quả tốt hơn với khoảng cách cơ sở từ 5 - 90 km vì độ phân giải của mô hình cao, nhưng từ 90 km trở đi các mô hình của GOCE cho kết quả tốt hơn;

- Cần sử dụng các mô hình từ dự án GOCE vào việc xây dựng quasigeoid địa phương cho vùng lãnh thổ Việt Nam.

3. Phương pháp và quy trình xây dựng mô hình quasigeoid cục bộ trên cơ sở sử dụng mô hình kết hợp hệ số hàm điều hòa

Mô hình quasigeoid được xử lý theo sơ đồ quy trình lai ghép Hình 4. Các bước thực hiện:

1) Chuẩn bị dữ liệu

2) Lai ghép các hệ số hàm điều hòa của các mô hình toàn cầu để tạo ra mô hình dạng lưới phù hợp cho khu vực nghiên cứu trong hệ triều lựa chọn.

3) Lọc sai số thô từ tập hợp các dữ liệu hiện có: các điểm GPS - thủy chuẩn … Từ đó lấy khoảng 1/3 số điểm để sử dụng cho việc kiểm tra.

4) Tính toán mức chênh thế trọng trường tại điểm gốc độ cao Hòn Dấu so với mức thế trọng trường sử dụng trong mô hình toàn cầu, từ đó suy ra mức chênh cao giữa chúng.

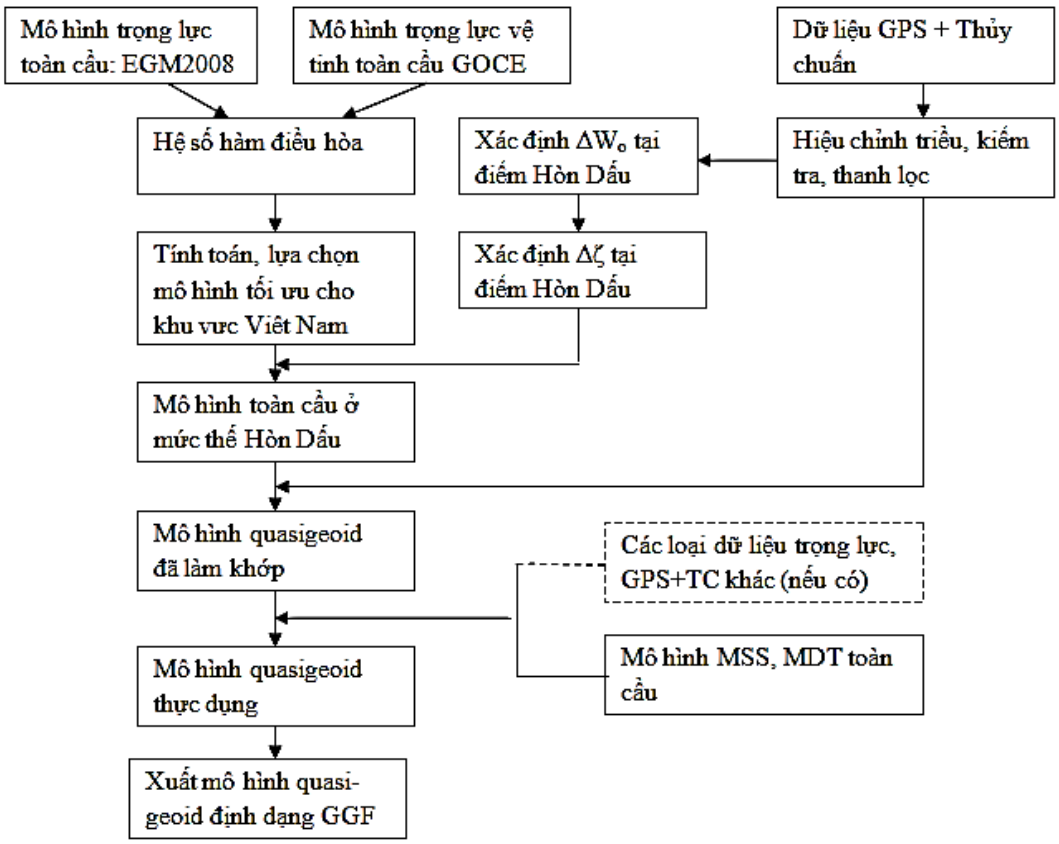
5) Nâng lưới mô hình toàn cầu lên một giá trị cố định cho phù hợp với mốc độ cao Hòn Dấu, Việt Nam.

6) Sử dụng các điểm đã được lọc (trừ các điểm dùng để kiểm tra) để tiến hành làm khớp mô hình quasigeoid.

7) Kiểm tra quasigeoid làm khớp bằng các điểm kiểm tra.

8) Hoàn trả lại giá trị chuyển đổi giữa hệ triều trung bình và hệ triều 0 để xây dựng mô hình quasigeoid thực dụng sử dụng cho công nghệ đo cao GPS.

9) Chuyển các lưới quasigeoid về các định dạng để sử dụng trong các chương trình chuyên



Hình 4. Sơ đồ quy trình lai ghép và xây dựng mô hình quasigeoid.

dụng: ở đây sẽ chuyển về định dạng GGF để dùng trong TBC.

Theo các đánh giá được nhóm tác giả thực hiện, các mô hình thế trọng trường của dự án GOCE cho kết quả tốt hơn EGM 2008 khi đánh giá tuyệt đối. Đồng thời, khi so sánh tương đối cho thấy EGM 2008 cho kết quả tốt hơn với khoảng cách cơ sở từ 5 - 90 km vì độ phân giải của mô hình cao, nhưng từ 90 km trở đi các mô hình của GOCE cho kết quả tốt hơn. Từ đó, nhận thấy sự cần thiết sử dụng các mô hình từ dự án GOCE vào việc xây dựng quasigeoid địa phương cho vùng lãnh thổ Việt Nam và xuất hiện ý tưởng sử dụng kết hợp các hệ số hàm điều hòa của mô hình GOCE với các hệ số hàm điều hòa bậc cao của các mô hình EGM 2008 để có thể nhận được mô hình trọng trường độ chính xác cao với độ phân giải tốt hơn.

Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA) năm 2015 đã công bố các mô hình thế trọng trường mới thế hệ thứ 5 từ dữ liệu vệ tinh GOCE, trong đó mô hình GO_CONS_GCF_2_TIM_R5 với bậc và hạng hệ số hàm điều hòa cao nhất 280 được xây dựng chỉ sử dụng dữ liệu gradients trọng lực vệ tinh GOCE (Website ICGEM; Website Nga). Qua đánh giá dựa trên dữ liệu hiện có, chúng tôi thấy mô hình có độ chính xác tốt hơn các mô hình thế hệ trước. Khi tính tới bậc cao nhất, mô hình có độ chính xác khoảng 23 cm trên lãnh thổ Việt Nam.

Để phát triển việc kết hợp hệ số hàm điều hòa của mô hình trọng lực vệ tinh và mô hình trọng lực toàn cầu độ phân giải cao theo phương pháp đã nêu trong (Vũ Hồng Cường, 2013; Vũ Hồng Cường, 2014), tiến hành lai ghép mô hình GOCE - TIMR5 với EGM2008 bằng cách sử dụng các hệ số hàm điều hòa bậc và hạng thấp của GOCE - TIMR5 (tới bậc 280) và bậc cao của EGM2008 (từ bậc 281 tới 2190). Mô hình lai ghép được xây dựng thành lưới mà được ký hiệu là TIMR5EGM2008 này vừa có được ưu thế về độ chính xác hệ số hàm bậc thấp của mô hình GOCE - TIMR5, vừa có được độ phân giải cao của EGM2008. Kiểm tra mô hình TIMR5EGM2008 trên các điểm độ cao hạng I Nhà nước nhận được độ lệch trung phương (STD) 17 cm. Mô hình này sẽ được dùng để làm khớp với dữ liệu GPS - TC để nhận được mô hình mới phù hợp hơn với dữ liệu mặt đất.

3. Kết quả xây dựng mô hình quasigeoid cục bộ

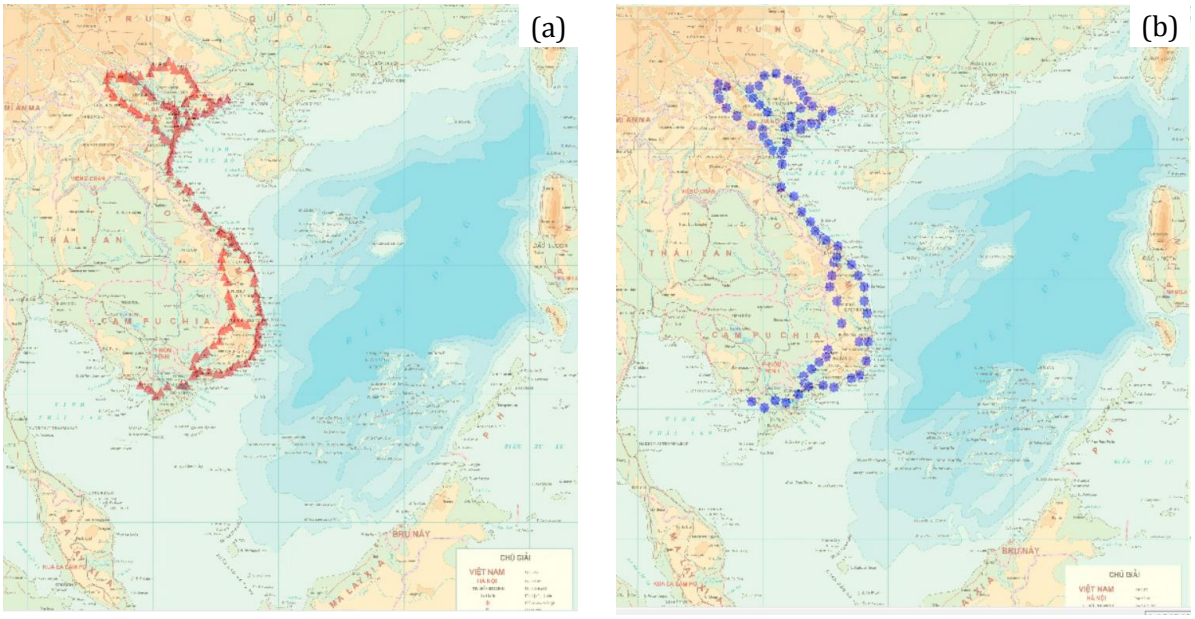
Với việc sử dụng kết hợp ưu thế của cả các mô hình trọng trường vệ tinh từ dự án GOCE và mô hình EGM2008, sau khi đưa mô hình quốc tế về mô hình cục bộ đi qua Hòn Dấu bằng cách thêm một giá trị không đổi, đã có mô hình khung với độ chính xác tương đối cao (17 cm) mà chưa sử dụng bất kỳ số liệu nào của Việt Nam để làm khớp. Chính vì vậy, mô hình quasigeoid thu được dựa trên mô hình trọng trường kết hợp TIMR5 EGM2008 thu được sẽ sử dụng để làm khớp bằng các điểm GPS - TC để nhận được quasigeoid cục bộ độ chính xác cao hơn.

Dựa trên các điểm GPS - TC hạng I, đã tính được thế trọng trường thực Wo của mặt Geoid cục bộ trùng với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu theo các hệ số hàm điều hòa của mô hình trọng trường EGM2008. Từ đó tính được giá trị thế trọng trường điểm gốc độ cao Hòn Dấu là Wo=62636847.2042 m2.s - 2 theo mô hình EGM2008 tương ứng với độ lệch dị thường độ cao dựa trên mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và mặt geoid quốc tế là 0.899 m. Geoid quốc tế nhắc đến ở đây là geoid có giá trị thế Wo=626636856.00 m2.s - 2 (Wo_EGM2008 ≠ 62,636,856.0 m2.s - 2).

Trong quá trình làm khớp, độ lệch hệ thống giữa dị thường độ cao trọng lực so với dữ liệu GPS - TC được xem là giá trị trung bình của độ lệch trên các điểm độ cao hạng cao. Thế nên, nếu như có được hệ thống các điểm độ cao tin cậy, có thể không cần thiết phải xác định chênh cao giữa mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và mặt geoid quốc tế. Vì thực tế khi làm khớp, giá trị trung bình độ lệch giữa dữ liệu GPS - TC và dữ liệu quasigeoid trọng lực (chính là độ lệch giữa quasigeoid cục bộ và quasigeoid toàn cầu) sẽ được tính ra và hiệu chỉnh. Ngoài ra, một phần sai số mô hình quasigeoid trọng lực có thể được hiệu chỉnh bằng việc tìm ra tương quan giữa chúng. Điều này cho phép xây dựng mô hình quasigeoid trọng lực "tương thích" hơn với dữ liệu GPS - TC được đưa vào để làm khớp bằng phương pháp collocation (Tscherning, 1994).

Một điều cần lưu ý là 2 lưới sau làm khớp cùng sử dụng một tập hợp điểm GPS - TC nhưng nhận được bằng hai cách: Làm khớp từ mô hình TIMR5EGM2008 toàn cầu và làm khớp từ mô hình TIMR5EGM2008 cục bộ đi qua Hòn Dấu (đã nâng mô hình toàn cầu lên mức đi qua gốc độ cao Hòn Dấu) khi so sánh thì không có gì khác biệt. Điều này có nghĩa là, nếu chúng ta có tập hợp điểm GPS - TC độ chính xác cao, thì hoàn toàn có thể làm khớp trực tiếp mô hình toàn cầu mà không cần biết mức chênh hệ thống giữa mặt quasigeoid toàn cầu và quasigeoid cục bộ Hòn Dấu vì thực tế hiện nay thế Hòn Dấu đang được tính thông qua các điểm độ cao Nhà nước.

Hình 5 thể hiện hơn 200 điểm GPS trùng thủy chuẩn hạng I được tập hợp, sắp xếp theo tọa độ.



Hình 5. Vị trí các điểm GPS-TC hạng I dùng để làm khớp (a) và kiểm tra (b).

Trong đó, lấy 2/3 số lượng điểm phục vụ làm khớp và 1/3 còn lại là các điểm GPS - TC độc lập dùng để kiểm tra độ chính xác mô hình sau làm khớp theo nguyên tắc chia cho 3 từ trên xuống dưới để tránh việc thiếu khách quan trong chọn điểm. Như vậy, có 155 điểm GPS - TC được sử dụng để làm khớp và 78 điểm để kiểm tra. Vị trí các điểm GPS - TC phục vụ làm khớp và kiểm tra được biểu diễn ở Hình 5a và Hình 5b.

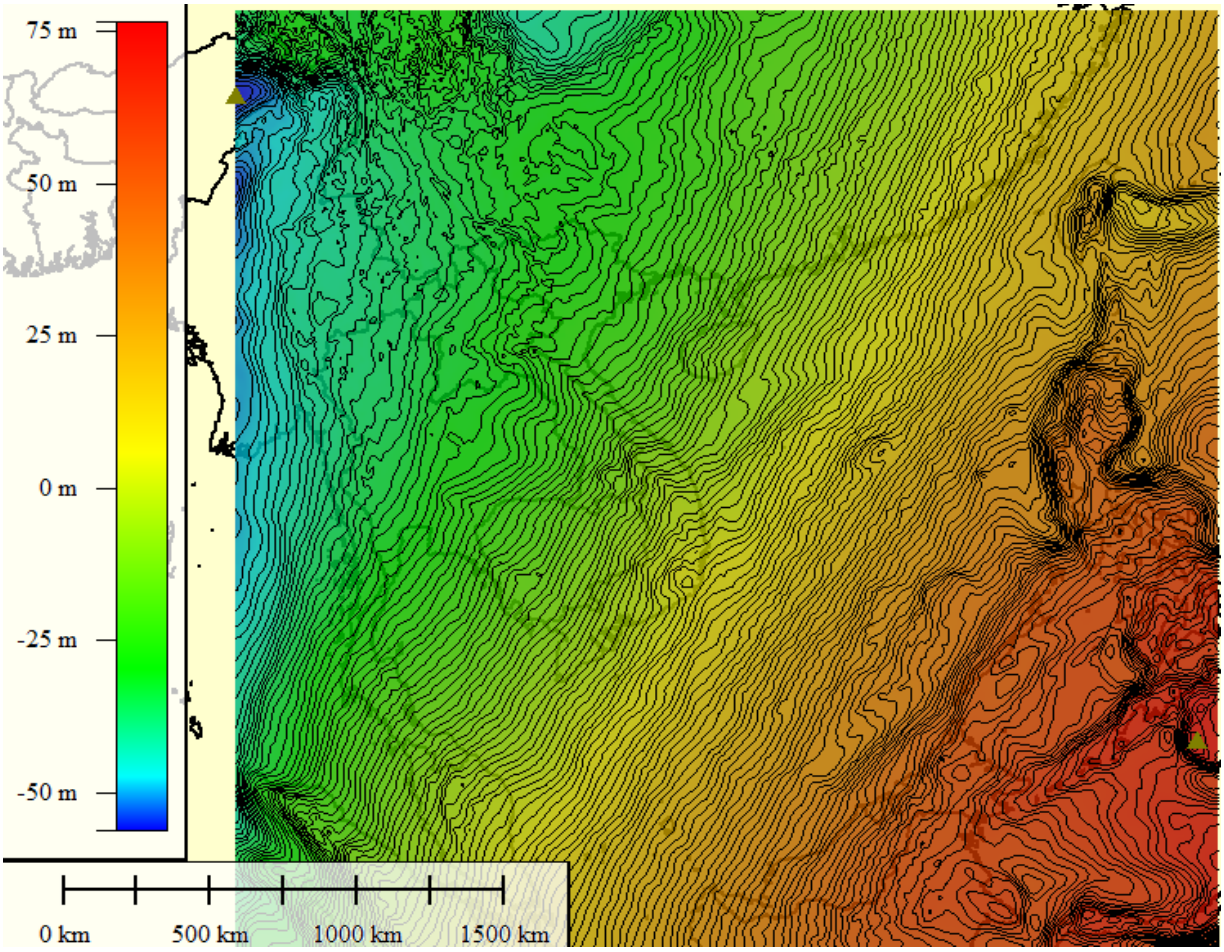
Kết quả mô hình quasigeoid xây dựng trên cơ sở mô hình kết hợp TIMR5EGM2008 và 155 điểm GPS - TC làm khớp được biểu diễn như Hình 6.

Khi nội suy ngược lại giá trị của 155 điểm đã đưa vào làm khớp, nhận được độ lệch trung bình bằng 0, độ lệch trung phương là 0.003 m, độ lệch lớn nhất là 0.008 m và nhỏ nhất là - 0.011 m chứng tỏ thuật toán làm khớp tương đối tốt.

So sánh trên 78 điểm kiểm tra độc lập (không đưa vào làm khớp) nhận được kết quả như sau: độ lệch lớn nhất 0.245 m, độ lệch nhỏ nhất - 0.175 m, độ lệch trung bình 0.002 m và độ lệch trung phương là 0.082 m.

Sử dụng bổ sung các dữ liệu GPS - TC trên các điểm độ cao hạng II, hạng III Nhà nước để làm khớp, nâng tổng số điểm làm khớp lên 737 điểm (đã bao gồm 155 điểm hạng I). Khi nội suy ngược lại giá trị dị thường độ cao của 737 điểm này, kết quả là độ lệch trung bình bằng 0, độ lệch trung phương là 0.004 m, độ lệch lớn nhất là 0.021 m và nhỏ nhất là - 0.020 m. Kết quả này cho thấy thuật toán làm khớp đảm bảo.

Khi dùng 78 điểm GPS - TC hạng I kiểm tra độc lập, kết quả là độ lệch lớn nhất 0.204 m, độ lệch nhỏ nhất - 0.258 m, độ lệch trung bình 0.004 m và độ lệch trung phương là 0.086 m. Điều này ngược logic thông thường vì tăng số lượng điểm làm khớp thì phải tăng độ chính xác. Theo đánh giá của các tác giả, lý do ngược logic là vì chất lượng dữ liệu GPS - TC tại các điểm hạng II, hạng III thấp hơn các điểm hạng I.



Hình 6. Mô hình quasigeoid sử dụng 155 điểm GPS-TC làm khớp.

Để minh chứng cho luận điểm này, có 2 điểm cần lưu ý trong kết quả nghiên cứu: Thứ nhất, sử dụng 582 điểm hạng II, III làm khớp và các điểm hạng I độc lập để kiểm tra. Kết quả là trên các điểm kiểm tra, mô hình sau làm khớp có độ lệch lớn nhất 0.324 m, độ lệch nhỏ nhất - 0.256 m, độ lệch trung bình 0.039 m và độ lệch trung phương là 0.102 m.

Thứ hai, đánh giá tương đối giữa các điểm hạng II, III với nhau và với các điểm hạng I, nhận thấy có nhiều cặp điểm gắn với điểm hạng II, III có độ lệch trên 1 km rất lớn, trong khi khoảng cách giữa cặp điểm lại nhỏ. Hình 7 biểu diễn tương quan độ lệch trên 1 km đối với từng cặp điểm.

Ví dụ cặp điểm III(BT-BC)8 và III(XH-BC)8 có đánh giá tương đối 54.85 ppm, tương ứng với độ lệch 0.166 m cho khoảng cách 3 km giữa cặp điểm. Tương tự như vậy, cặp điểm III(BH-SL)8-1 và III(MC-LS)11 có đánh giá tương đối 33.21 ppm, tương ứng với độ lệch 0.277 m cho khoảng cách 8.3 km giữa cặp điểm. Các cặp điểm có độ lệch trên 1 km lớn trên 20 ppm là trên 60 cặp (Hình 7). Đánh giá tương đối trên các cặp điểm này không chỉ có độ lệch lớn đối với mô hình TIMR5EGM2008 mà với các mô hình độ phân giải cao như EGM2008, SGG_UGM_1, EIGEN-6C4, XGM2016… Điều đó là minh chứng rõ nhất cho nhận định đã nêu.

5. Kết luận

Kết hợp các bậc thấp của mô hình GOCE-TIMR5 (tới bậc 280) và các bậc cao của EGM2008 (từ bậc 281 tới 2190) tạo ra mô hình TIMR5EGM2008 sau đó làm khớp với 155 điểm GPS-TC hạng I nhà nước đã xây dựng được quasigeoid cho Việt Nam với độ chính xác ±0.082 m.

Việc sử dụng tăng số lượng điểm GPS-TC hạng II, III vào làm khớp làm giảm độ chính xác của mô hình quasigeoid xây dựng vì chất lượng dữ liệu của các điểm hạng II, hạng III chưa đảm bảo độ chính xác như các điểm hạng I.

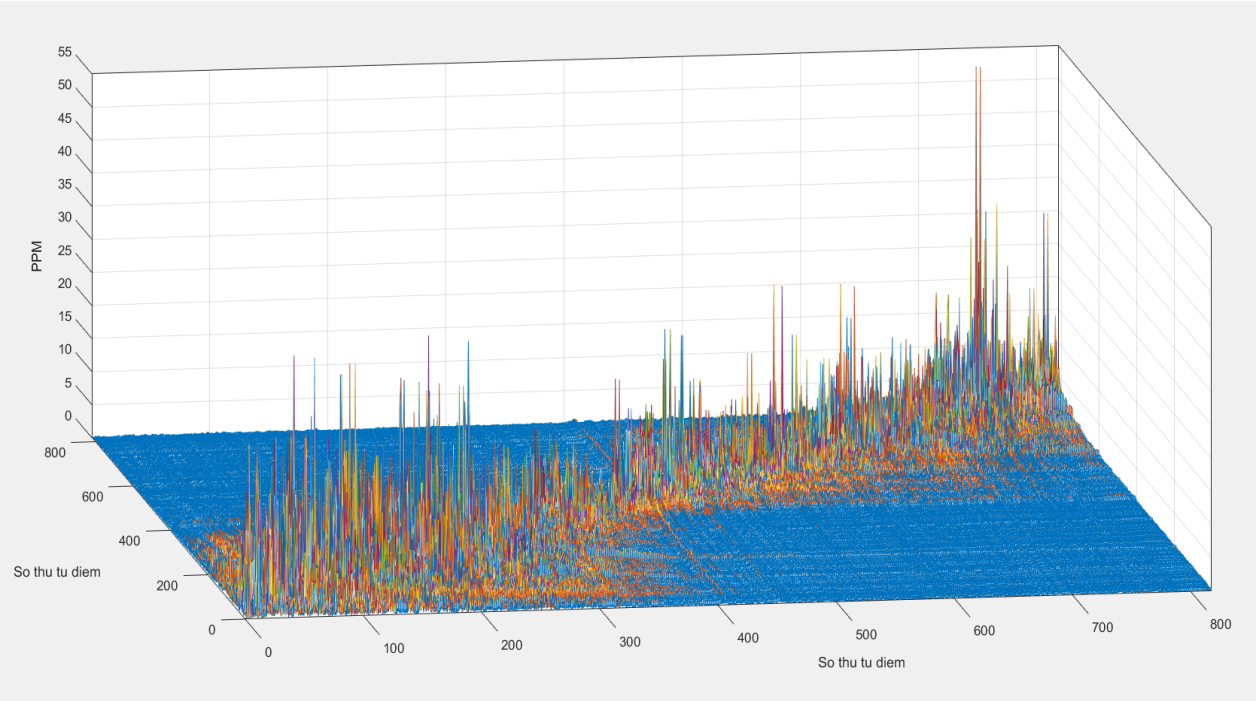
Để tăng độ chính xác của mô hình quasigeoid xây dựng trên cơ sở làm khớp mô hình tiên nghiệm với dữ liệu GPS-TC, cần bổ sung thêm các điểm GPS-TC có chất lượng dữ liệu cao hơn.

Tài liệu tham khảo

ESA, 2011. GUT User Guide and Algorithm Descriptions.

Franz, B., 2013. Definition of Functionals of the Geopotential and Their Calculation from Spherical Harmonic Models. *Scientific Technical Report* STR09/02.

http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/



Hình 7. Đánh giá tương đối tương quan độ lệch trên 1 km giữa các điểm GPS - TC.

gravitymod /EGM 2008/index.html. Website của mô hình EGM2008 do Cơ quan tình báo - Địa không gian quốc gia (*National Geospatial-intelligence Agency* - NGA) xây dựng.

http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM. Website của Trung tâm quốc tế về các mô hình trọng trường toàn cầu (*International Center for Global Gravity Field Models* - ICGEM).

https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/goce. Website của Dự án GOCE thuộc Cơ quan vũ trụ Châu Âu (*The European Space Agency* - ESA).

Lê Minh, 2005. Xây dựng cơ sở dữ liệu trường trọng lực toàn cầu, thiết lập mô hình geoid độ chính xác cao trên lãnh thổ Việt Nam phục vụ nghiên cứu hoạt động của Trái đất và đổi mới công nghệ đo độ cao bằng hệ thống định vị toàn cầu. *Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật.*

Trung tâm Kiểm định chất lượng sản phẩm Đo đạc và Bản đồ, 2011. Báo cáo kết quả kiểm tra nghiệm thu sản phẩm mô hình geoid địa phương.

Trung tâm Viễn thám Quốc gia, 2010. Báo cáo xây dựng mô hình geoid địa phương ở Việt Nam.

Tscherning, C. C., 1994. Gravity field modelling with GRAVSOFT least-squares collocation. Lecture Notes. International School for the Determination and Use of the Geoid, Milano, Oct. 10-15. *International Geoid Service*, 101-134.

Vũ Hồng Cường, 2013. Nghiên cứu phương pháp xây dựng mô hình quasigeoid theo dữ liệu vệ tinh trên lãnh thổ Việt Nam. *Luận án tiến sỹ* (tiếng Nga).

Vũ Hồng Cường, 2014. Phương pháp xây dựng quasigeoid bằng việc kết hợp các mô hình thế trọng trường vệ tinh từ dự án GOCE với hệ số hàm điều hòa bậc cao của các mô hình khác. *Thông tin Địa hình Quân sự số 3*/2014.

ABSTRACT

Quasigeoid determination for Vietnamese area based on the GOCE satellite geopotential model, EGM2008 and GPS - levelling data

Cuong Hong Vu [1], Thuong Men Thi Ngo [2]

[1] *Department of Geodesy and Topography, Defense Mapping Agency/General Staff, Vietnam*
[2] *Faculty of Surveying and Mapping Faculty, Hanoi University of Natural Resources and Environment*

According to current research trends in the world, the construction and improvement of the vertical datum system must be based on geoid/quasigeoid surface with high accuracy, thereby building a foundation to apply GNSS high measurement technology. The paper presents research and evaluation of accuracy of global gravity models from GOCE and EGM2008 satellite data. Since then, combining the low-harmonic function coefficients of the GOCE satellite gravitational model with the higher order of EGM2008 model as well as GPS - TC data of 155 the points of state grade I, which has built for the Vietnam region and surrounding areas quasigeoid model with an accuracy of ± 8.2 cm.