

MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỔI ĐỘ CAO GIỮA CÁC HỆ TRIỀU TRÊN KHU VỰC VIỆT NAM VÀ VÙNG PHỤ CẬN

Ngô Thị Mên Thương

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Hiện nay, hệ thống độ cao các quốc gia thường được xây dựng gắn với mô hình geoid hoặc quasigeoid làm mặt khởi tính độ cao. Trong đó, phần lớn các mô hình thể trọng trường được cung cấp dưới dạng hệ số hàm điều hòa cầu trong hệ không phụ thuộc triều. Đồng thời, độ cao các mốc trong mạng lưới độ cao Nhà nước sử dụng trong hệ triều trung bình đi qua điểm gốc độ cao Hòn Dấu. Trong bài toán xây dựng mô hình geoid/quasigeoid sử dụng các mô hình thể trọng trường toàn cầu kết hợp dữ liệu đo GNSS và thủy chuẩn, cần phải chuyển các nguồn số liệu trên về một hệ triều thống nhất. Nghiên cứu thực hiện xây dựng mô hình chuyển đổi độ cao dạng lưới ô vuông $1' \times 1'$ giới hạn bởi khu vực từ 0 đến 30 độ Vĩ Bắc, từ 95 đến 125 độ Kinh Đông giữa 3 hệ triều: Hệ triều trung bình (Mean Tide System), hệ triều không (Zero Tide System), hệ không phụ thuộc triều (Free Tide System) trên khu vực lãnh thổ, vùng biển của Việt Nam và vùng phụ cận.

Từ khóa: Hệ triều; Hệ không phụ thuộc triều; Hệ triều không; Hệ triều trung bình.

Abstract

Model of elevation conversion between tide systems in the area of Vietnam and its vicinity

Currently, national elevation systems are often built with geoid or quasigeoid models as the elevation starting surface. In which, most of the gravity potential models are provided in the form of the bridge harmonic coefficients in the tidal-independent system. At the same time, the elevations of landmarks in the State elevation network used in the mean tidal system pass through the origin of Hon Dau. In the problem of building a geoid/quasigeoid model using global gravity potential models combining GNSS and leveling data, it is necessary to convert the above data sources into a unified tidal system. Research and build a model of elevation conversion in the form of a $1' \times 1'$ grid grid bounded by the area from 0 to 30 degrees North latitude, from 95 to 125 degrees East longitude between 3 tidal systems: Mean tidal system (Mean Tide System), Zero Tide System, and Free Tide System in Vietnam's territorial waters and waters and its vicinity.

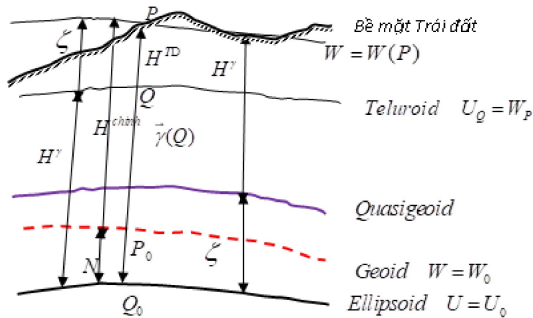
Keywords: Tide system; Free Tide System; Zero Tide System; Mean Tide System.

1. Đặt vấn đề

Việc xây dựng hệ thống độ cao là bài toán cơ bản trong nhiệm vụ xác định hình dạng và kích thước Trái đất. Việc hoàn thiện hệ độ cao quốc gia gắn với khung

quy chiếu quốc gia trong tương lai đòi hỏi hệ thống độ cao sử dụng mặt quasigeoid làm mặt khởi tính độ cao. Mục tiêu lớn nhất của việc thiết lập hệ thống độ cao mới là ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh

vào phục vụ đo cao (đo cao GPS hoặc đo cao GNSS) với nhiều ưu điểm hơn hẳn so với phương pháp truyền thống. Trong trắc địa có nhiều hệ độ cao khác nhau, nhưng phần lớn chúng có thể xác định theo trường trọng lực hoặc là một số mô hình gần với trọng trường thực của Trái đất. Mối quan hệ giữa các độ cao thông dụng sử dụng trong ngành đo đạc và bản đồ được thể hiện như Hình 1.



Hình 1: Các hệ thống độ cao

Công thức cơ bản để liên hệ các loại độ cao thông dụng như sau:

$$H^{TD} = N + H^{chinh} = \zeta + H^Y \quad (1)$$

Trong đó: H^{TD} - Độ cao trắc địa của điểm (nhận được từ kết quả đo GNSS/GPS);

N - Độ cao geoid (đối với hệ độ cao chính);

H^{chinh} - Độ cao của điểm trong hệ độ cao chính;

ζ - Dị thường độ cao (gắn với mô hình quasigeoid trong hệ độ cao chuẩn);

H^Y - Độ cao của điểm trong hệ độ cao chuẩn.

Các loại độ cao trên hiện được đo đạc, tính toán trong các hệ triều khác nhau. Để khai thác sử dụng các loại độ cao trên cần chuyển đổi đồng bộ về thống nhất trong cùng 1 hệ triều. Vì mô hình geoid/quasigeoid (mặt khởi tính hệ độ cao quốc gia) được xây dựng dạng lưới

ô vuông (grid), nên cần xây dựng các mô hình chuyển đổi độ cao tương ứng giữa các hệ triều để thuận lợi cho việc đồng bộ, thống nhất.

Trên thế giới, từ năm 1984 tại Nghị quyết số 16 của Hiệp hội Trắc địa quốc tế (IAG - International Association of Geodesy) đã khuyến nghị sử dụng sử dụng “hệ triều không” để xây dựng các hệ thống độ cao [1]. Tuy nhiên, dữ liệu các loại độ cao trong các hệ triều khác nhau và không phải quốc gia nào cũng hoàn thành xây dựng mô hình geoid/quasigeoid độ chính xác cao để ứng dụng công nghệ đo cao GNSS. Vì vậy, việc chuyển về sử dụng hệ độ cao thống nhất trong cùng một hệ triều ở nhiều nước còn chưa thực hiện được. Tại Việt Nam, tại các công trình [2, 3, 4] đã có nghiên cứu ban đầu về việc chuyển đổi các loại độ cao. Chưa có nghiên cứu tính toán, xây dựng mô hình chuyển đổi độ cao đồng bộ giữa các hệ triều phục vụ chuyển mô hình quasigeoid khởi tính hệ độ cao quốc gia cũng như các loại độ cao sử dụng trong ngành đo đạc và bản đồ. Chính vì vậy, nghiên cứu này tập trung giải quyết bài toán xây dựng mô hình dạng lưới để đồng bộ các loại độ cao về hệ triều thống nhất trên khu vực Việt Nam và vùng lân cận.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng cần xác định là các mô hình chuyển đổi qua lại độ cao dạng lưới (grid) $1' \times 1'$ cho khu vực Việt Nam và vùng phụ cận giới hạn từ 0 đến 30 độ Vĩ Bắc, từ 95 đến 125 độ Kinh Đông giữa các hệ triều, bao gồm:

- Mô hình chuyển đổi giữa hệ giữa hệ triều không và hệ không phụ thuộc triều;

Nghiên cứu

- Mô hình chuyển đổi giữa hệ triều trung bình và hệ không phụ thuộc triều;

- Mô hình chuyển đổi giữa hệ triều trung bình về hệ triều không.

Phương pháp xây dựng mô hình dựa trên các công thức tổng quát chuyển đổi độ cao giữa các hệ triều để chuyển về thành các công thức chi tiết chuyển đổi độ cao giữa các cặp hệ triều. Từ đó, tính toán giá trị chuyển đổi độ cao giữa các hệ triều tại tất cả các điểm mắt lưới $1' \times 1'$ nêu trên theo tọa độ của chúng. Các giá trị chuyển đổi độ cao gắn với tọa độ chính là mô hình dạng lưới được lưu dưới dạng ASCII theo định dạng Gravsoft *.gri. Định dạng mô hình này có thể mở trực tiếp trên phần mềm Global Mapper [5] để biểu diễn dưới dạng hình ảnh hoặc chuyển đổi thành các định dạng grid khác để có thể khai thác, sử dụng một cách linh hoạt.

Hình dạng và kích thước của Trái đất có khả năng biến dạng đàn hồi dưới tác động của lực hút các thiên thể như của Mặt trăng, Mặt trời và các hành tinh, thay đổi vận tốc quay,... Trên biển và các đại dương biên độ biến dạng lớn hơn nhiều lần so với trên các lục địa. Nguyên nhân là do mật độ vật chất của phần lục địa lớn hơn (bề mặt lục địa có mật độ khoảng $2,67 \text{ g/cm}^3$ so với $1,03 \text{ g/cm}^3$ mật độ khối lượng nước biển) và liên kết vật chất của khối đất đá lục địa vững chắc hơn rất nhiều so với khối nước của các biển và đại dương. Tuy nhiên tác động của các hành tinh trong hệ Mặt trời là rất nhỏ nên thường bỏ qua trong quá trình tính toán, xử lý số liệu. Sự dịch chuyển của mặt geoid và mặt vật lý của Trái đất chịu tác động của sóng vùng gây ra bởi sức hút của cả Mặt trăng và Mặt trời. Do Mặt trăng gần Trái đất hơn, nên dù Mặt trời có khối lượng lớn hơn nhiều triệu lần, ảnh hưởng của Mặt trăng vẫn chiếm 68,5 % so với 31,5 % do ảnh hưởng của Mặt trời [6, 7].

Thế triều gây ra các sóng triều trên bề mặt Trái đất. Các sóng triều bao gồm các sóng vùng và các sóng chu kỳ và gây ra hiệu ứng triều trực tiếp, thêm vào đó tác động của các sóng vùng phụ thuộc vào vĩ độ của các điểm trên bề mặt Trái đất và được gọi là hiệu ứng triều trực tiếp thường trực, tác động của các sóng chu kỳ được gọi là hiệu ứng triều trực tiếp chu kỳ. Đối với các kết quả đo đạc trên bề mặt Trái đất ảnh hưởng của các sóng chu kỳ có thể bị loại bỏ nhờ việc lấy giá trị trung bình của các trị đo của cùng một đại lượng hoặc tính số cải chính vào thời điểm đo [6, 7].

Hiện nay trên thế giới thường sử dụng 3 hệ triều:

- Hệ triều trung bình (Mean Tide System): Các hiệu ứng triều chu kỳ đều bị loại bỏ, nhưng biến dạng triều thường trực (cả trực tiếp và gián tiếp) vẫn còn được lưu lại;

- Hệ triều không (Zero Tide System): Hiệu ứng triều trực tiếp bị loại bỏ, nhưng hiệu ứng triều gián tiếp vẫn còn tồn tại;

- Hệ không phụ thuộc triều (Free Tide hoặc Non - Tide System): Tất cả các hiệu ứng triều (trực tiếp và gián tiếp) đều được loại bỏ.

Hệ thống độ cao của từng quốc gia thường được xây dựng gắn liền với mô hình geoid (hệ độ cao chính) hoặc mô hình quasigeoid (hệ độ cao chuẩn). Độ cao geoid/quasigeoid không bất biến khi chuyển đổi giữa các hệ triều khác nhau, thay đổi của chúng tương ứng với ảnh hưởng của mỗi hệ triều. Việt Nam sử dụng hệ độ cao chuẩn đi qua điểm gốc độ cao tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu. Như vậy, để thống nhất các dữ liệu trắc địa sử dụng trong quá trình xây dựng quasigeoid cần lưu tâm mấy điểm liên quan tới việc chuyển đổi các đại lượng độ cao phụ thuộc vào hệ triều như sau:

- Mô hình thế trọng trường toàn cầu

dưới dạng khai triển hàm điều hòa thường được công bố trong hệ không phụ thuộc triều. Dị thường độ cao trong hệ này cần phải chuyển về hệ triều không. Có thể chuyển đổi giá trị dị thường độ cao trong hệ không phụ thuộc triều về hệ triều không theo hai cách: Một là thêm vào hệ số hàm điều hòa trong hệ không phụ thuộc triều $C_{2,0}$ giá trị $-4,153 \times 10^{-9}$; Cách hai là thêm vào dị thường độ cao một giá trị chuyển đổi từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều không như dưới đây.

- Độ cao trắc địa nhận được thông qua đo GPS/GLONASS trong ITRF không phụ thuộc triều và cần chuyển đổi về hệ triều không.

- Độ cao chuẩn H_P^Y của điểm P được xác định trong hệ độ cao Quốc gia đi qua mặt biển trung bình Hòn Dấu tương ứng với hệ triều trung bình.

Giá trị độ cao chuẩn của điểm H_P^Y trong hệ triều trung bình phải chuyển về độ cao chuẩn tương ứng với hệ triều không bằng biểu thức:

$$\overline{H_P^Y} = H_P^Y + \Delta h_P^Y \quad (2)$$

Biểu thức tính số hiệu chỉnh chuyển đổi độ cao giữa các hệ triều về Hệ không phụ thuộc triều viết dưới dạng tổng quát sau:

$$\Delta h = \frac{A}{3} (1 - 3 \sin^2 \varphi) \quad (3)$$

Trong đó: φ - vĩ độ trong hệ tọa độ cầu.

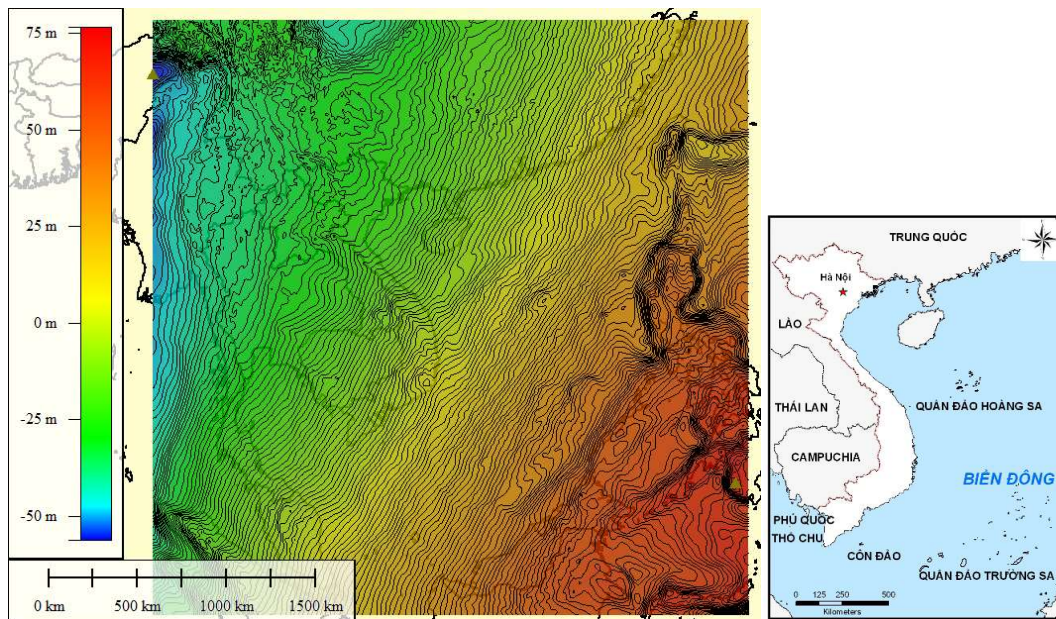
Hệ số A được tính theo các hệ triều như sau:

Hệ triều 0	A = -0,296 kLOVE
Hệ triều trung bình	A = -0,296 (1 + kLOVE)
kLOVE	0,3022

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

Khu vực nghiên cứu là các vùng lãnh thổ, lãnh hải, vùng biển của Việt Nam và vùng phụ cận giới hạn bởi khu vực từ 0 đến 30 độ Vĩ Bắc, từ 95 đến 125 độ Kinh Đông. Trên khu vực này đã có nghiên cứu xây dựng mô hình quasigeoid ban đầu tại công trình [8]. Mô hình quasigeoid trên khu vực nghiên cứu được thể hiện trên Hình 2.



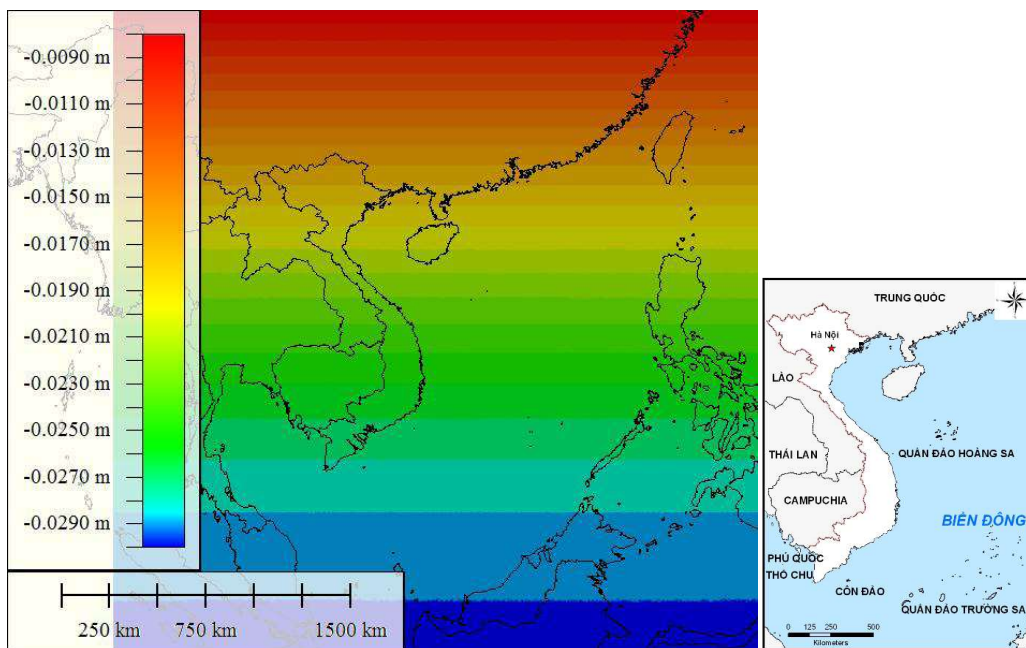
Hình 2: Mô hình quasigeoid trên khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu

Dữ liệu đầu vào sử dụng trong tính toán là tọa độ (vĩ độ và kinh độ) các điểm tại các điểm mắt lưới $1' \times 1'$ trên khu vực vùng lãnh thổ, lãnh hải, vùng biển của Việt Nam và vùng phụ cận.

3.2. Kết quả xây dựng mô hình chuyển đổi độ cao giữa các hệ triền

Dựa vào công thức trên, thực hiện tính



Hình 3: Chuyển đổi độ cao từ hệ triền không về hệ không phụ thuộc triền

Nhận thấy, giá trị chuyển đổi độ cao từ hệ triền không về hệ không phụ thuộc triền chỉ phụ thuộc vào vĩ độ của điểm xét, giá trị đó biến thiên từ $-0,029$ m đến $-0,009$ m khi vĩ độ thay đổi từ 0 độ đến 30 độ Vĩ Bắc. Giá trị này không phụ thuộc kinh độ của điểm xét.

Công thức tính số hiệu chỉnh chuyển đổi độ cao từ hệ triền trung bình về hệ không phụ thuộc triền như sau:

$$\Delta h = \frac{-0,296 \cdot (1+0,3022)}{3} (1-3\sin^2 \varphi) \quad (4)$$

Kết quả tính mô hình chuyển đổi giữa hệ triền trung bình và hệ không phụ thuộc triền cho khu vực Việt Nam và vùng phụ cận được trình bày trên Hình 4.

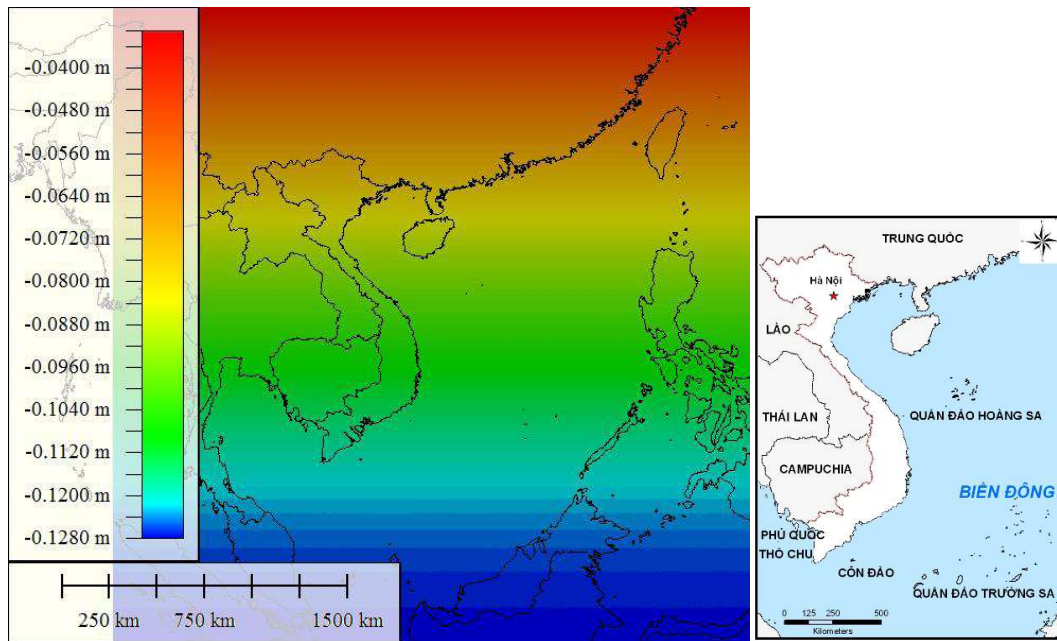
chuyên cho các điểm mắt lưới $1' \times 1'$ trên khu vực Việt Nam và vùng phụ cận, tọa độ giới hạn bởi khu vực từ 0 đến 30 độ Vĩ Bắc, từ 95 đến 125 độ Kinh Đông. Kết quả tính chuyển giữa hệ triền không và hệ không phụ thuộc triền chuyển thành mô hình dạng lưới $1' \times 1'$ và được trình bày bằng phần mềm Global Mapper như Hình 3.

Tương tự, giá trị chuyển đổi độ cao từ hệ triền trung bình về hệ không phụ thuộc triền chỉ phụ thuộc vào vĩ độ của điểm xét, giá trị đó biến thiên từ $-0,128$ m đến $-0,040$ m khi vĩ độ thay đổi từ 0 độ đến 30 độ Vĩ Bắc. Giá trị này không phụ thuộc kinh độ của điểm xét.

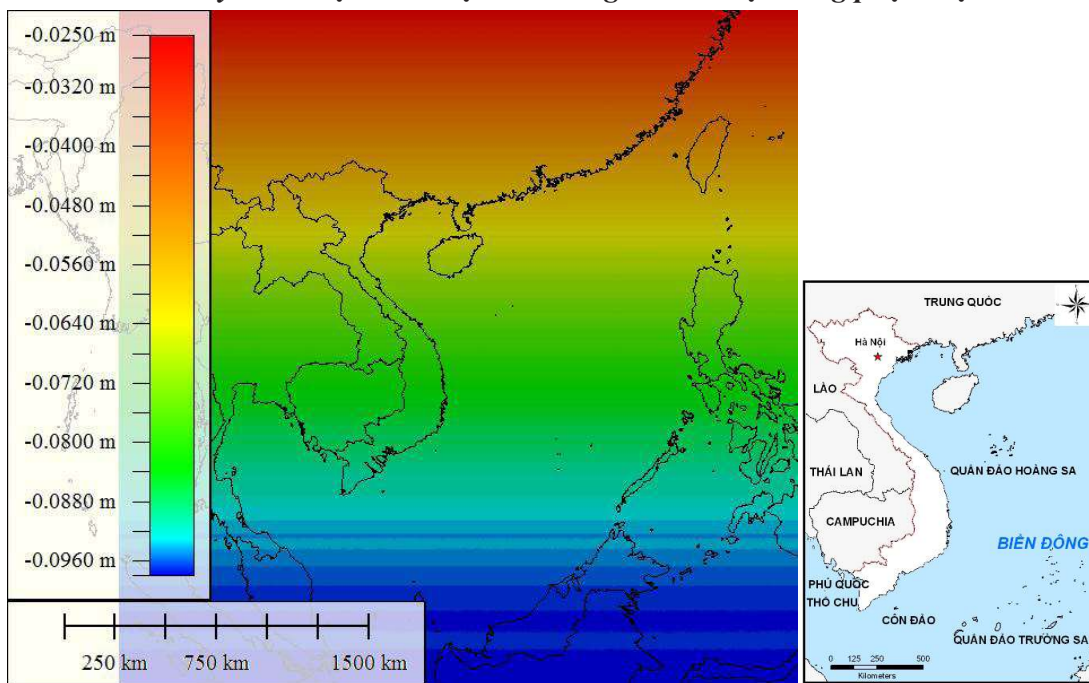
Công thức tính số hiệu chỉnh chuyển đổi độ cao từ hệ triền trung bình về hệ triền không như sau:

$$\Delta h = \frac{-0,296}{3} (1-3\sin^2 \varphi) \quad (5)$$

Kết quả tính mô hình chuyển đổi giữa hệ triền trung bình và hệ triền không cho khu vực Việt Nam và vùng phụ cận được trình bày trên Hình 5.



Hình 4: Chuyển đổi độ cao từ hệ triều trung bình về hệ không phụ thuộc triều



Hình 5: Chuyển đổi từ hệ triều trung bình về hệ triều không

Tương đồng với hai mô hình ở trên, giá trị chuyển đổi độ cao từ hệ triều trung bình về hệ triều không chỉ phụ thuộc vào vĩ độ của điểm xét, giá trị đó biến thiên từ -0,096 m đến -0,025 m khi vĩ độ thay đổi từ 0 độ đến 30 độ Vĩ Bắc. Giá trị này không phụ thuộc kinh độ của điểm xét.

Khi chuyển đổi dị thường độ cao hoặc độ cao geoid giữa các hệ triều, vẫn sử dụng các công thức và kết quả như đã nêu ở trên để tính toán số hiệu chỉnh, chỉ khác lúc này độ cao h^y được thay bằng dị thường độ cao ζ và số hiệu chỉnh triều Δh được thay bằng $\Delta \zeta$.

4. Kết luận

Trong khuôn khổ bài báo, tác giả đã thực hiện việc tính chuyển độ cao giữa các hệ triều. Từ đó, tính toán giá trị chuyển đổi độ cao giữa các hệ triều và chuyển thành các mô hình dạng lưới. Các mô hình dạng lưới trên khu vực lãnh thổ, lãnh hải, vùng biển của Việt Nam và vùng phụ cận được biểu diễn dưới dạng bản đồ sử dụng phần mềm Global Mapper. Để dễ dàng sử dụng trong việc chuyển đổi mô hình geoid/quasigeoid và giá trị độ cao giữa các hệ triều, các giá trị chuyển đổi giữa các hệ triều trên khu vực xét đã được tác giả tính tại các điểm mắt lưới $1' \times 1'$. Khi cần tìm đại lượng chuyển đổi cho các điểm cụ thể, chỉ cần đưa tọa độ vào nội suy ra giá trị đại lượng đó. Trong trường hợp cần chuyển đổi mô hình độ cao trên khu vực từ hệ triều này sang hệ triều khác, chỉ việc cộng hoặc trừ các lớp phủ theo các mô hình chuyển đổi độ cao giữa các hệ triều đã xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. A. Smith, D. G. Milbert (1999). *The GEOID96 high - resolution geoid height model for the United States*. Journal of Geodesy, 73, 219 - 236.
- [2]. Hà Minh Hòa (2012). *Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc hoàn thiện Hệ độ cao gắn liền với việc xây dựng Hệ tọa độ động lực quốc gia*. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường. Hà Nội.
- [3]. Hà Minh Hòa, Nguyễn Thị Thanh Hương (2011). *Nghiên cứu công thức tính chuyển độ cao chuẩn từ hệ triều trung bình về hệ triều không*. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ. ISSN: 2734-9292, số 09, 1 - 8. Doi: 10.54491/jgac.2011.9.457.
- [4]. Hà Minh Hòa (2016). *Mô hình quasigeoid quốc gia khởi đầu VIGAC2014 - Cơ sở để thành lập các mô hình mặt biển trung bình, cao nhất và thấp nhất trên vùng biển Việt Nam*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 7B, 1 - 5.
- [5]. Blue Marble Geographics (2022). *Global Mapper getting started guide* - 30 p.
- [6]. ESA (2011). *GUT Tutorial* - 80 p.
- [7]. https://en.wikipedia.org/wiki/Earth_tide.
- [8]. Vũ Hồng Cường, Ngô Thị Mến Thương (2019). *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*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 60, 73 - 81.

BBT nhận bài: 27/4/2023; Phản biện xong: 31/5/2023; Chấp nhận đăng: 29/6/2023