

TIẾN TỚI THIẾT LẬP MỘT HỆ THỐNG ĐỘ CAO QUỐC GIA CÓ NHIỀU ĐIỂM GỐC VÀ THỐNG NHẤT CHO CẢ LÃNH THỔ VÀ LÃNH HẢI Ở NƯỚC TA

PHẠM HOÀNG LÂN

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với các giá trị tọa độ mặt bằng, độ cao là thành phần thiết yếu cho việc ấn định vị trí không gian của điểm xét ở ngay trên bề mặt Trái Đất, ở trong lòng cũng như ở bên ngoài nó. Trước đây, do quy mô và khả năng công nghệ của công tác đo đạc còn bị hạn chế, nên chỉ có thể xây dựng các hệ thống độ cao riêng biệt cho từng quốc gia, từng khu vực với một điểm gốc duy nhất tương ứng. Điểm gốc độ cao được lấy trên cơ sở sử dụng mực nước biển trung bình ở một vùng biển cụ thể và giá trị độ cao của điểm xét được lan truyền dần từ điểm gốc có khi ở cách xa đó hàng trăm, hàng nghìn kilomet. Nhưng mặt biển trung bình ở các khu vực khác nhau trên Trái Đất không cùng nằm trên một mặt đẳng thế trọng trường, nên không thể nhất thể hoá các mạng lưới độ cao cục bộ cũng như các mạng lưới độ cao với các điểm gốc khác nhau. Thêm vào đó, như đã biết, mực nước biển trung bình lại không ổn định theo thời gian, chẳng hạn, do sự biến đổi của khí hậu toàn cầu. Do vậy, giá trị độ cao của một điểm xét cụ thể so với mực nước biển trung bình đã chọn không còn là hằng số. Mặt khác, do toàn bộ hệ thống độ cao cho trước chỉ dựa trên một điểm gốc, nên không thể thực hiện kiểm tra, đánh giá triệt để, khách quan đối với kết quả đo đạc trong mạng lưới.

Nhu cầu ngày càng cấp thiết về sử dụng thành phần độ cao nói riêng và tọa độ không gian nói chung nhằm đáp ứng các mục đích khoa học - kỹ thuật, kinh tế, quốc phòng trên phạm vi quốc gia, tiến tới hoà nhập với khu vực và toàn cầu đòi hỏi ở Việt Nam cần sớm thiết lập một hệ thống độ cao hoàn chỉnh, chặt chẽ và bền vững không chỉ có một điểm gốc, hơn thế nữa, còn thống nhất cho cả lãnh thổ và lãnh hải, đồng thời cho phép triển khai các công nghệ vệ tinh hiện đại.

Trong bài báo này chúng tôi xin đề cập nguyên lý và khả năng thực thi của việc giải quyết bài toán nêu trên ở nước ta.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1. Bản chất và vai trò của độ cao chuẩn

Một trong những vấn đề cơ bản nhất trong việc thiết lập hệ thống độ cao là chọn mặt khởi tính. Từ trước đến nay mặt khởi tính độ cao thường được gán ở mức độ này hay mức độ khác với mặt đẳng thế trọng trường của Trái Đất. Điều này dễ hiểu, vì trọng trường, kích thước và hình dạng của Trái Đất có liên quan mật thiết với nhau. Các mặt đẳng thế tồn tại khách quan và là một trong các đặc trưng cơ bản của trọng trường Trái Đất ta có thể nhận biết trực quan. Đó chính là mặt nước yên tĩnh không bị nhiễu (bởi các nguyên nhân khác nhau ngoài tác dụng của trọng lực) trong các sông, hồ, trên biển, đại dương. Trên phạm vi toàn cầu người ta đã đưa ra khái niệm về mặt geoid và coi là mặt khởi tính cho một hệ thống độ cao được đề xuất từ thế kỷ 19 có tên là độ cao chính [4]. Song, không đơn giản và dễ dàng chỉ ra vị trí chính xác của mặt geoid ở các khu vực cụ thể khác nhau trên bề mặt Trái Đất; hơn nữa, mặt này lại uốn nếp khá phức tạp và có dạng phình dần ra khi đi từ hai cực về phía xích đạo của Trái Đất. Vì thế, trên thực tế không thể sử dụng mặt geoid làm mặt khởi tính chung cho độ cao của mọi điểm xét.

Người ta đã phải chấp nhận mực nước biển trung bình ở một vùng biển cụ thể nào đó làm mốc khởi tính độ cao cho một quốc gia, một nhóm quốc gia hay cho cả một lục địa. Do mực nước biển trung bình tại các khu vực khác nhau không trùng nhau, nên giá trị độ cao của một điểm xét được tính theo các hệ thống độ cao quốc gia khác nhau sẽ chênh

khác. Bài toán trực tiếp hoà nhập các hệ thống độ cao quốc gia nói riêng hay hoà nhập các hệ thống độ cao với các điểm gốc khác nói chung là vấn đề không có lời giải. Khi đó, chỉ có thể đạt tới mục đích hoà nhập trong cùng một hệ thống chung bằng cách đo nối các hệ thống riêng biệt với nhau và sử dụng một điểm gốc chung. Nhưng trong trường hợp này sẽ nảy sinh nhiều vấn đề bất cập, chẳng hạn, không thể liên kết các mạng lưới độ cao bị phân cách bởi biển và đại dương. Giá trị độ cao tính theo hệ thống chung có thể chênh lệch nhiều so với giá trị độ cao tương ứng tính theo mực nước biển trung bình địa phương, tức là giá trị độ cao sẽ không thích ứng với vị trí thực tế khách quan của mặt đẳng thể trọng trường tại điểm xét cụ thể. Ngay ở nước ta, giá trị độ cao tính theo mực nước biển trung bình tại Mũi Nai (Hà Tiên) nhỏ hơn giá trị độ cao tương ứng tính theo mực nước biển trung bình tại Hòn Dấu (Đô Sơn) cỡ 0,16 m. Chính điều này đưa đến không ít bất tiện cho các tính ven biển ở miền Nam khi sử dụng bản đồ địa hình với hệ thống độ cao nhà nước.

Về mặt lý thuyết thì M.S. Molodenski và các nhà bác học Xô viết khác [9] đã khảo sát và chứng minh không thể xác định mặt geoid một cách chặt chẽ và chính xác. V.F. Eremeev [3] cũng đã chỉ ra bản thân độ cao chính lấy geoid làm mặt khởi tính cũng không thể được tính ra một cách chặt chẽ và chính xác, vì phải dùng đến các giả thuyết khác nhau về cấu tạo bên trong của Trái Đất.

Để thoát khỏi các trở ngại không thể khắc phục trong việc sử dụng geoid, M.S. Molodenski đã đề

xuất ý tưởng khước từ khái niệm độ cao chính và thay thế nó cần xây dựng và sử dụng một loại độ cao mới với mặt khởi tính là mặt ellipsoid chuẩn và tuân thủ điều kiện : giá trị thế trọng trường chuẩn U_N tại điểm N tương ứng với điểm xét M trên bề mặt thực S của Trái Đất bằng giá trị thế trọng trường thực W_M tại điểm M. Các điểm N tương ứng với các điểm M trên mặt đất sẽ hợp thành một bề mặt, M.S. Molodenski gọi là bề mặt phụ trợ hay bề mặt xấp xỉ (gần đúng) của Trái Đất. Bề mặt này đã được R.A. Hirvonen đặt tên là mặt teluroid [5] và thường được ký hiệu là Σ . Khoảng cách tính theo pháp tuyến giữa điểm N và mặt ellipsoid chuẩn, tức là giữa mặt teluroid và mặt ellipsoid chuẩn, được V.F. Eremeev [3] gọi là độ cao chuẩn và thường được ký hiệu là h^y . Ta có độ cao chuẩn của điểm xét M trên mặt đất (hình 1) là :

$$h_M^y = NM_0$$

Khoảng cách giữa mặt teluroid và mặt đất thực ứng với điểm xét chính là dị thường độ cao ; nó được ký hiệu là ζ . Ta có :

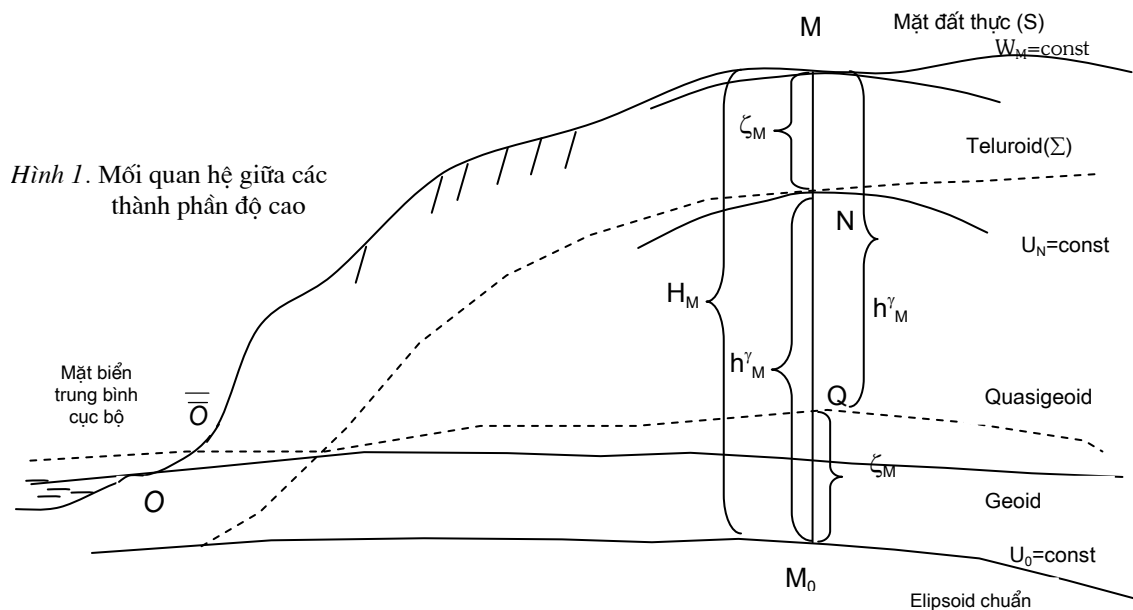
$$\zeta_M = MN$$

Khoảng cách MM_0 được gọi là độ cao trắc địa và được ký hiệu là H.

Theo hình 1 ta có :

$$H_M = h_M^y + \zeta_M \quad (1)$$

Đại lượng ζ được xác định theo số liệu trọng lực thông qua các công thức chặt chẽ của lý thuyết



xác định thế trọng trường và bề mặt thực của Trái Đất do M.S. Molodenski đề xuất. Khái niệm về độ cao chuẩn cũng như lý thuyết vừa nhắc tới được ghi nhận và đánh giá là bước ngoặt cơ bản trong lĩnh vực nghiên cứu xác định thế trọng trường và bề mặt Trái Đất. Song, do tính chất "cách mạng" của nó, lý thuyết này đã không được hiểu thấu đáo, đánh giá đầy đủ và thừa nhận rộng rãi như từ sau những năm 60 của thế kỷ trước và hiện nay. Chính trong bối cảnh đó M.S. Molodenski đã tìm cách liên hệ lý thuyết mới của mình với lý thuyết kinh điển vốn đã trở nên quen thuộc của G. Stokes, theo đó đã đưa ra khái niệm về mặt quasigeoid với nghĩa "tựa như geoid" và lý giải độ cao chuẩn của điểm xét trên mặt đất như độ cao của nó so với mặt quasigeoid. Dựa theo cách lý giải này, trong một thời gian dài nhiều nhà trắc địa ở Liên Xô cũng như ở phương Tây đã lý giải tiếp dị thường độ cao như độ cao của quasigeoid so với ellipsoid chuẩn. Gần đây, L.V. Ogorodova [11] đã nhấn mạnh bản chất nguyên căn của độ cao chuẩn và chỉ ra sự không chính và không chuẩn của cách hiểu thường gặp cho đến nay về độ cao chuẩn và dị thường độ cao.

Với cách hiểu đầy đủ, chính xác xuất phát từ khái niệm gốc rễ theo M.S. Molodenski, độ cao chuẩn sẽ là và chỉ có nó mới có thể là yếu tố cơ bản để xây dựng nên một hệ thống độ cao, trong đó độ cao của các điểm khác nhau đều được tính từ cùng một mặt khởi tính là mặt ellipsoid chuẩn, nhờ vậy hệ thống độ cao sẽ là thống nhất cho các phần riêng rẽ cũng như cho toàn bộ bề mặt Trái Đất. Điểm gốc độ cao không phải chỉ có 1, mà có thể có nhiều, do đó có thể thực hiện kiểm tra, đánh giá khách quan và nâng cao độ chính xác cũng như tính chặt chẽ của mạng lưới độ cao trên cơ sở tính toán bình sai với nhiều điểm gốc. Thêm vào đó, giá trị độ cao của điểm xét không có liên quan và sẽ không phụ thuộc vào sự thay đổi của mực nước biển trung bình, vì thế có thể được xem là đại lượng không đổi theo thời gian vốn rất cần thiết cho việc nghiên cứu chuyển động hiện đại của vỏ Trái Đất trong khoảng thời gian dài cũng như các biến động tự nhiên khác.

2. Các phương pháp xác định độ cao chuẩn

a) Phương pháp dựa trên công nghệ truyền thống

Độ cao chuẩn của điểm xét M trên mặt đất về thực chất là khoảng cách tính theo pháp tuyến MM_0 với ellipsoid chuẩn giữa mặt đẳng thế trọng trường chuẩn với thế $U_N = W_M$ đi qua điểm N và mặt ellipsoid chuẩn với thế U_0 . Đúng như bản chất của nó, độ cao

chuẩn nói riêng và độ cao nói chung phải gắn với và chỉ có thể được xác định thông qua thế trọng trường của Trái Đất. Tương ứng ta có công thức [3]:

$$h_M^\gamma = \frac{U_N - U_0}{\gamma_m^N} \quad (2)$$

Để có được $(U_N - U_0)$, người ta đã đặt yêu cầu chọn thế trọng trường chuẩn sao cho:

$$U_0 = W_0 \quad (3)$$

$$U_N - U_0 = W_M - W_0 \quad (4)$$

trong đó W_0 - thế trọng trường thực trên mặt geoid. Mặt khác, ta lại biết:

$$W_M - W_0 = \int_0^M g dh \quad (5)$$

trong đó dh - chênh cao thủy chuẩn giữa hai điểm kề nhau trên tuyến chạy từ điểm gốc độ cao O trên mặt geoid đến điểm xét M trên mặt đất; g - giá trị trọng lực dọc theo tuyến OM. Trên thực tế, như đã nói ở trên, thay vì lấy điểm O trên mặt geoid vốn không thể chỉ ra cụ thể trên thực địa, người ta thường phải sử dụng điểm gốc độ cao \bar{O} chấp nhận theo mực nước biển trung bình cục bộ ở một vùng biển cụ thể nào đó [4]. Khi đó ta sẽ có:

$$h_M^\gamma = \frac{1}{\gamma_m^M} \int_{\bar{O}}^M g dh \quad (6)$$

Biểu thức (6) cho thấy, để xác định được giá trị độ cao chuẩn h^γ , người ta phải sử dụng kết quả đo thủy chuẩn kết hợp với đo trọng lực dọc tuyến đo cao được dẫn từ điểm gốc độ cao lấy theo mặt biển trung bình đã chọn. Phải nói, cho đến khi xuất hiện cách giải quyết khác do công nghệ định vị toàn cầu (GPS) mang lại ta sẽ xét kỹ ở phía dưới, việc sử dụng mực nước biển trung bình và phép đo thủy chuẩn để xác định độ cao là phương pháp khả thi duy nhất và tất yếu. Ngoài các nhược điểm đã được đề cập ở phía trên, phương pháp đo thủy chuẩn truyền thống còn rất hạn chế, thậm chí không khả thi trong điều kiện địa hình phức tạp hoặc bị chia cắt bởi mặt nước trải rộng. Các nhược điểm và hạn chế đã nêu sẽ được khắc phục trong cách giải quyết dưới đây.

b) Phương pháp dựa trên công nghệ định vị vệ tinh

Từ (1) ta có:

$$h^\gamma = H - \zeta \quad (7)$$

Nhờ có công nghệ định vị vệ tinh mà cụ thể là hệ thống GPS ta có thể xác định được độ cao trắc địa trong hệ tọa độ tương ứng và trên cơ sở đó sẽ

không mấy khó khăn nhận được giá trị độ cao trắc địa H so với ellipsoid chuẩn phù hợp với thể trọng trường chuẩn đã được chấp nhận để tính ra các giá trị dị thường trọng lực cần thiết cho việc xác định dị thường độ cao ζ theo các công thức chặt chẽ của Molodenski M.S. hoặc theo các công thức gần đúng của Stokes.

Cách xác định độ cao chuẩn trên cơ sở công thức (7) được biết đến với tên gọi phổ biến trong các tài liệu chuyên môn là phương pháp đo cao GPS [8]. Như vậy, đo cao GPS chính là cơ sở của việc thiết lập hệ thống độ cao mới có nhiều ưu điểm cơ bản hơn hẳn so với phương pháp truyền thống đã nói đến ở các phần trước.

III. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT, KHẢ NĂNG ĐÁP ỨNG TRONG ĐIỀU KIỆN NƯỚC TA

1. Các yêu cầu đối với độ cao trắc địa và dị thường độ cao

Để xét các yêu cầu cần đáp ứng về số liệu đo GPS và số liệu đo trọng lực khi triển khai đo cao GPS theo mục đích đã đặt ra, chúng ta dựa vào yêu cầu đối với đo cao thủy chuẩn truyền thống đã quen thuộc. Để xác thực hơn, chúng tôi định hướng theo kết quả đánh giá độ chính xác thực tế trong mạng lưới thủy chuẩn hạng I, hạng II ở nước ta, theo đó sai số trung phương trên 1 km có giá trị quy tròn bằng 3 mm [12]. Cho trên phạm vi lãnh thổ và lãnh hải nước ta sẽ có 5 - 6 điểm gốc độ cao phân bố tương đối đồng đều với giãn cách giữa 2 điểm kề nhau cỡ 500 km. Khi đó, để sai số trung phương xác định chênh cao giữa các điểm gốc liền kề trong mạng lưới độ cao mới đạt cùng cỡ với mạng lưới hạng I, hạng II trên đất liền, ta phải nêu yêu cầu :

$$m_{\Delta h_{goc}} = 3mm\sqrt{500} \approx 67mm$$

Tương ứng với (7) trong trường hợp xét một cặp điểm, theo lý thuyết sai số ta sẽ có :

$$m_{\Delta h'}^2 = m_{\Delta H}^2 + m_{\Delta \zeta}^2 \quad (8)$$

Dựa trên nguyên tắc đồng ảnh hưởng và chấp nhận $m_{\Delta h'}^2 = m_{\Delta h_{goc}} = 67mm$, ta rút ra :

$$m_{\Delta H} = m_{\Delta \zeta} = \frac{67mm}{\sqrt{2}} \approx 47mm$$

Vậy giá trị hiệu độ cao trắc địa cũng như giá trị hiệu dị thường độ cao tại các điểm gốc phải xác định với sai số trung phương không vượt quá 0,05 m.

2. Yêu cầu đối với số liệu đo GPS

Theo khảo sát đã công bố trong [8], nếu tọa độ mặt bằng của điểm GPS ở đầu cạnh đáy được biết với sai số là 0,1 m, độ cao - với sai số 0,5 m, các thành phần hiệu tọa độ giữa hai đầu cạnh đáy được đo với sai số 0,04 m thì sai số xác định hiệu độ cao trắc địa ứng với chiều dài cạnh đáy cỡ 500 km sẽ bằng 0,043 m. Kết quả này hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu đã nêu ở mục III.1.

3. Yêu cầu đối với số liệu trọng lực

Số liệu trọng lực phục vụ tính dị thường độ cao ζ cần cho ở hai dạng, đó là : các giá trị dị thường trọng lực trong phạm vi vùng gần với bán kính ψ_0 bao quanh điểm xét và các hệ số điều hoà của chuỗi triển khai thể trọng trường đến bậc n_{max} cho ảnh hưởng của vùng xa.

Theo kết quả đã khảo sát [6], thành phần dị thường độ cao do vùng gần gây ra có thể được xác định với sai số trung phương cỡ 0,03 m, nếu vùng gần được mở rộng tới bán kính không nhỏ hơn 200 km và trong đó các giá trị dị thường trọng lực phải được cho với mật độ không thấp hơn 1 điểm/100 km². ảnh hưởng của vùng xa cũng đã được chúng tôi xét đến trong [7], theo đó khi hai điểm xét nằm cách nhau khoảng 500 km và bán kính của vùng gần bao quanh mỗi điểm bằng cỡ 300 km, sai số trung phương của dị thường độ cao xác định thông qua các hệ số điều hoà của mô hình RAPP-181 có thể đạt tới 1,5 m. Như ta thấy, sai số này là rất lớn so với yêu cầu cần đáp ứng. ở đó cũng đã cho thấy sai số tính ảnh hưởng của vùng xa lớn hơn rất nhiều so với sai số tính ảnh hưởng của vùng gần và do vậy, để làm giảm sai số xác định dị thường độ cao trọng lực, trước hết và chủ yếu cần hạn chế ảnh hưởng của vùng xa, tức là cần mở rộng vùng có số liệu đo trọng lực xung quanh điểm xét. Để đạt mục đích này, chúng ta cần tận dụng số liệu đo trọng lực biển, đồng thời khai thác số liệu đo cao vệ tinh (altimetry) từ ngân hàng dữ liệu trọng lực quốc tế. Mặt khác, cần sử dụng các mô hình trọng trường Trái Đất mới nhất, chẳng hạn, mô hình GAO-98 của LB Nga [1] và kết hợp các mô hình khác nhau. Theo [2], ảnh hưởng của vùng xa được tính đến một cách có hiệu quả trên cơ sở phối hợp mô hình EGM-96 và GAO-98. Sai số xác định giá trị tuyệt đối của dị thường độ cao trên phần lớn lãnh thổ LB Nga đạt 20 - 25 cm, còn sai số của hiệu dị thường độ cao đạt 3-5 cm. Các số liệu trên cho thấy khả năng hiện thực của việc đáp ứng các yêu cầu về số liệu trọng lực do bài toán thiết lập hệ thống

độ cao quốc gia ở nước ta theo nguyên tắc mới đã nêu trong bài báo này đặt ra.

KẾT LUẬN

Để có được một hệ thống độ cao chặt chẽ, thống nhất trên cả lãnh thổ và lãnh hải nước ta cũng như tiến tới hoà nhập với cơ sở độ cao ở khu vực và thế giới, cần sớm chuyển sang nguyên tắc đo cao GPS trên cơ sở ứng dụng công nghệ vệ tinh hiện đại kết hợp với số liệu trọng trường của Trái Đất. Cách giải quyết này hoàn toàn khả thi trong điều kiện cụ thể của nước ta và đòi hỏi các bước triển khai có liên quan.

TÀI LIỆU DẪN

[1] G.V. DEMYANOV, B.V. BROVAR, 1999 : Mô hình trọng trường Trái Đất của TSNIIGAiK, GAO-98. Tuyển tập khoa học kỹ thuật về Trắc địa, Đo vẽ ảnh hàng không và vũ trụ, Bản đồ, Trắc địa vật lý, TSNIIGAiK, Moskva, 88-116 (Nga văn).

[2] G.V. DEMYANOV, 2004 : Xây dựng các nguyên tắc phát triển hệ thống độ cao chuẩn trên cơ sở các công nghệ vệ tinh hiện đại. Luận án Tiến sỹ khoa học. Trường ĐH Tổng hợp quốc gia Trắc địa và Bản đồ Moskva, 148 trang (Nga văn).

[3] V.F. EREMEEV, 1951 : Lý thuyết độ cao chính, độ cao động học và độ cao chuẩn. Các công trình nghiên cứu của Viện nghiên cứu trung ương về trắc địa, đo vẽ ảnh hàng không và bản đồ, tập 86, Geodezidat, Moskva, 96 trang (Nga văn).

[4] V.F. EREMEEV, M.I. YURKINA, 1972 : Lý thuyết độ cao trong trọng trường của Trái Đất. Nxb Nedra, Moskva, 144 trang (Nga văn).

[5] W.A. HEISKANEN, H. MORITZ, 1967 : Physical Geodesy. Freeman W.H. San Fransisco, 364 p.

[6] PHẠM HOÀNG LÂN, 2002 : Khảo sát độ chính xác xác định độ cao trọng lực. Tạp chí Địa chính, Tổng cục Địa chính, 9, 20-22.

[7] PHẠM HOÀNG LÂN, HOÀNG MINH NGỌC, 2004 : Đánh giá độ chính xác hiệu độ cao geoid theo

các hệ số triển khai điều hoà của thế trọng trường Trái Đất. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 26, 1, 82-85.

[8] PHẠM HOÀNG LÂN, 2007 : Nghiên cứu các giải pháp nâng cao độ chính xác đo cao GPS trong điều kiện Việt Nam. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Viện nghiên cứu địa chính, Hà Nội, 6-2007, 216 tr.

[9] M.S. MOLODENSKI, 1945 : Các vấn đề cơ bản của trọng lực trắc địa. Các công trình nghiên cứu của Viện nghiên cứu trung ương về trắc địa, đo vẽ ảnh hàng không và bản đồ, tập 42, Geodezidat, Moskva, 106 trang (Nga văn).

[10] NOBERT HOEGGERL, 1990 : The use of GPS for the determination of orthometric heights in mountain regions. Contributed paper to the workshop on precise vertical positioning, 08-12 October 1990, Hanover, F.R. Germany.

[11] L.V. OGORODOVA, 2004 : Về mặt độ cao và tựa độ cao chính. Tuyển tập báo cáo của Hội nghị khoa học quốc tế nhân dịp kỷ niệm 225 năm Trường ĐH Tổng hợp quốc gia Trắc địa và Bản đồ Moskva (MIIGAiK), 25-30 (Nga văn).

[12] Báo cáo khoa học "Xây dựng hệ quy chiếu và hệ thống điểm toạ độ quốc gia". Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 1999.

SUMMARY

Towards to establishing a national height system with multi-initial and unified points for both terrestrial and sea territories in our country

After analysing theoretical background and advantages of the normal height the paper points out on the principle of establishing a national height system with multi-initial and unified points for both terrestrial and sea territories in our country based on using modern satellite technologies and gravity data. There are also considered real possibilities for realizing this concept in Vietnam.

Ngày nhận bài : 15-5-2008

Đại học Mở - Địa chất