

# ĐỘ CHÍNH XÁC TUYẾN THỦY CHUẨN

Bùi Thị Hồng Thắm

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

## Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, độ chính xác của tuyến thủy chuẩn được xác định dựa vào dữ liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường Trái đất EGM2008 mà không cần phải đi đo đạc ngoài thực địa. Từ độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn được xác định, người làm quản lý và người công tác đo đạc có thể dự đoán được độ chính xác của các điểm độ cao khi chúng kết nối với các điểm GNSS/thủy chuẩn. Do vậy phương án hợp lý khi thực hiện công trình sẽ đưa ra để được đạt được yêu cầu trên cả 2 khía cạnh kỹ thuật và kinh tế. Trên 8 khu vực thực nghiệm: vùng Tây Bắc, Đông Bắc, đồng bằng Sông Hồng, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ, Tây Nam Bộ, tổng số 1804 tuyến thủy chuẩn nối giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn đã được xác định độ chính xác. Độ chính xác cao nhất mà tuyến thủy chuẩn có thể đạt được là hạng III Nhà nước. Số lượng tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu chiếm tỷ lệ cỡ khoảng 8% tổng số tuyến. Quá trình thực hiện xác định độ chính xác của tuyến thủy chuẩn hoàn toàn áp dụng được đối với các khu vực nghiên cứu khác khi có dữ liệu GNSS/thủy chuẩn.

**Từ khóa:** Mô hình trọng trường Trái đất; Độ cao; GNSS/thủy chuẩn.

## Abstract

### *Accuracy of the levelling routes*

*The accuracy of levelling routes was determined based on GNSS/levelling data and the Earth gravity model EGM2008 without surveying. From the accuracy of defined levelling routes, managers and surveyors can predict the accuracy of height points which connect to GNSS/levelling points. Therefore, a reasonable plan will be proposed when implementing the work in order to meet both technical and economic aspects. The total of 1804 levelling routes connecting GNSS points/levelling in Northwest, Northeast, Red River Delta, North Central, South Central, Central Highlands, Southeast and Southwest Vietnam were determined. The highest accuracy of levelling route achieved in this study was national grade III. The number of unsatisfactory levelling routes accounts for about 8 % of the total number of routes. The process for determining the accuracy of levelling routes can be applied to other study areas where GNSS/levelling data are available.*

**Keywords:** EGM; Height; GNSS/levelling.

## 1. Đặt vấn đề

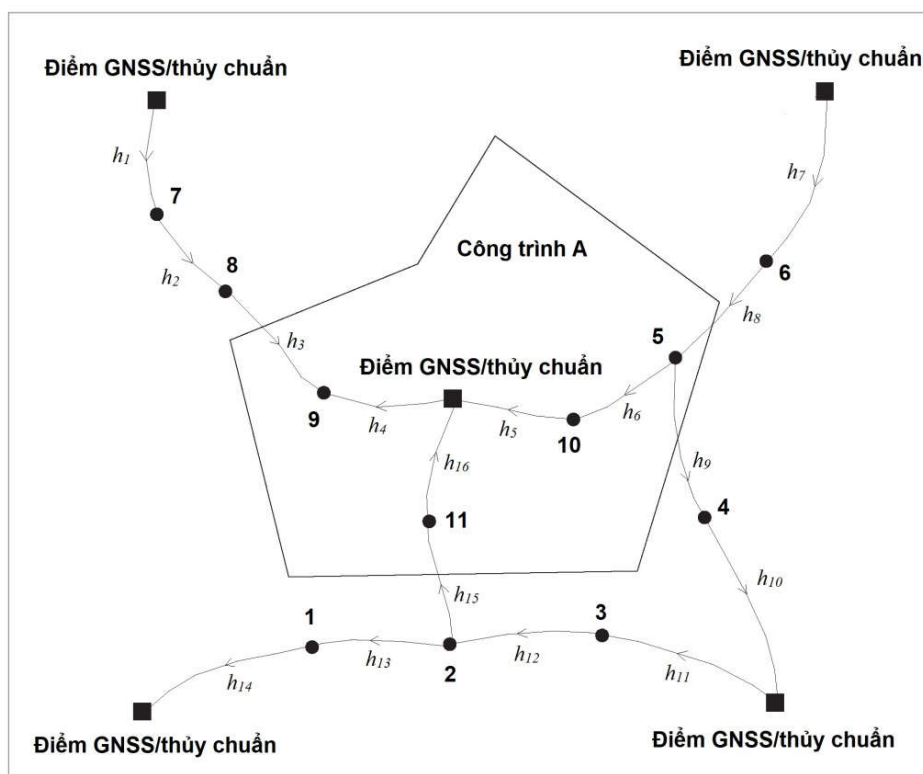
Việt Nam sử dụng hệ thống độ cao chuẩn. Để có được độ cao khu vực thực địa phục vụ cho các nhiệm vụ như đo vẽ bản đồ địa hình, địa chính, xây dựng các

công trình dân dụng công nghiệp, giao thông thủy lợi,... người ta thường xây dựng các điểm độ cao kết nối với các điểm độ cao quốc gia xung quanh khu vực thực hiện công trình tạo thành tuyến

## Nghiên cứu

thủy chuẩn hoặc các vòng khép. Các điểm độ cao quốc gia đóng vai trò là các điểm gốc để tính độ cao cho các điểm độ cao công trình. Sau quá trình đo đạc và xử lý số liệu, độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn được xác định. Như vậy, độ chính xác của các điểm độ cao công trình chính là độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn mà các điểm đó kết nối với các điểm độ cao quốc gia. Vì vậy, nếu xác

định được độ chính xác của tuyến thủy chuẩn nối giữa các điểm độ cao quốc gia thì sẽ biết được độ chính xác độ cao các điểm công trình. Như vậy, việc xác định được độ chính xác của tuyến thủy chuẩn có ý nghĩa quan trọng cho các nhà quản lý cũng như người làm công tác đo đạc, là cơ sở để đưa ra phương án hợp lý khi thực hiện công trình nhằm đạt được mục tiêu kỹ thuật và kinh tế.



**Hình 1: Các điểm thủy chuẩn công trình kết nối với các điểm GNSS/thủy chuẩn Quốc gia**

Điểm GNSS/thủy chuẩn là điểm có độ cao thủy chuẩn và độ cao trắc địa. Mô hình trọng trường Trái đất là mô hình địa thể năng của Trái đất. Dữ liệu của GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường Trái đất đóng vai trò quan trọng trong các nghiên cứu về geoid, hệ độ cao quốc gia, cụ thể như:

- Dữ liệu GNSS/thủy chuẩn để đánh giá độ chính xác của mô hình trọng trường Trái đất như: Đánh giá, so sánh mô hình GOCE, EGM2008 tại Nhật Bản [22];

đánh giá mô hình EGM2008, EIGEN-6C4, GECO tại Iran [12]; so sánh mô hình XGM2019e với XGM2016, EIGEN-6C4, EGM2008 [28]; so sánh mô hình EGM2008 và EGM96 ở Iraq [4]; đánh giá mô hình EGM2008, EIGEN-6C4, XGM2019e\_2159 ở Korea [17].

- Dữ liệu GNSS/thủy chuẩn để xây dựng mô hình geoid cục bộ như ở Iraq [1]; ở Thổ Nhĩ Kỳ [3]; ở Evboriaria, Benin City [11].

- Dữ liệu GNSS/thủy chuẩn dùng để chính xác hóa mô hình trọng trường Trái đất xây dựng mô hình geoid cục bộ: Mô hình EGM2008 và dữ liệu GNSS/thủy chuẩn để xây dựng mô hình geoid cục bộ ở Na Uy [6]; ở Indonesia [16]; ở Nigeria [23]; ở Việt Nam [26]; ở Thổ Nhĩ Kỳ [25]; ở Trung Quốc [19]; ở Mỹ và Iran [20]; mô hình EIGEN6C4, dữ liệu thủy chuẩn, GPS xây dựng mô hình geoid cục bộ ở Uganda [18]; GNSS/thủy chuẩn cùng với dữ liệu EIGEN-6C4 dữ liệu trọng lực để xây dựng mô hình geoid ở Qatar [7]; GNSS/thủy chuẩn cùng với dữ liệu GOCE để xây dựng mô hình geoid ở bang São Paulo [14]; GNSS/thủy chuẩn cùng với dữ liệu mô hình XGM2019e\_2159, mô hình số độ cao ACE2 GDEM để xây dựng mô hình geoid ở Ai cập [2].

- Dữ liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường Trái đất để xây dựng hệ thống độ cao quốc gia ở Ý [5], dữ liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình EGM2008 để xây dựng hệ thống độ cao ở Palestine [13]; GNSS/thủy chuẩn cùng với dữ liệu GOCE để ước lượng hệ quy chiếu độ cao ở Canada [15].

Tại Việt Nam, dữ liệu GNSS/thủy chuẩn được sử dụng để đánh giá mô hình EGM2008, EIGEN-6C4 [24, 27]; đánh giá độ chính xác mô hình GAO2012 [9]; đánh giá độ chính xác EGM2008 và SGG-UGM-2 [10]; đánh giá độ chính xác mô hình GECO khu vực Tây Nguyên [8]; đánh giá mô hình DMA10, USU91A, EGM96, EGM2008 tại khu vực Tây Nguyên [21]. Bên cạnh đó, dữ liệu GNSS/thủy chuẩn cùng với dữ liệu mô hình trọng trường Trái đất EGM2008 được sử dụng để xác định độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn tại khu vực Tây Nguyên [21].

Như vậy có thể thấy, số liệu GNSS/thủy chuẩn và dữ liệu mô hình trọng trường Trái đất đóng vai trò hết sức quan trọng trong các bài toán về hệ độ cao quốc gia hay mô hình geoid cục bộ trên thế giới và tại Việt Nam. Trong nghiên cứu này, dựa vào số liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường Trái đất, độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn Nhà nước trên lãnh thổ Việt Nam được xác định. Với cơ sở toán học chặt chẽ, tập hợp số liệu đầu vào đầy đủ, việc thực hiện nghiên cứu này là hoàn toàn khả thi.

## 2. Cơ sở lý thuyết

Độ cao trắc địa (H) của điểm i là khoảng cách từ điểm đó đến mặt ellipsoid theo phương pháp tuyến; độ cao chuẩn còn gọi là độ cao thủy chuẩn (h) của điểm i là khoảng cách của điểm đó đến mặt Quasigeoid theo phương đường sức trọng trường chuẩn.

Mối quan hệ giữa độ cao trắc địa và độ cao chuẩn được biểu thị qua công thức sau:

$$\zeta^i = H^i - h^i \quad (1)$$

Trong công thức (1),  $\zeta^i$  được gọi là dị thường độ cao của điểm i.

Ngoài công thức (1), giá trị dị thường độ cao còn có thể được xác định dựa vào mô hình trọng trường Trái đất - mô hình địa thế năng Trái đất được sử dụng là geoid tham chiếu trong hệ thống trắc địa thế giới.

Việc xác định độ chính xác của tuyến giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn quốc gia dựa vào so sánh giá trị độ lệch dị thường độ cao khi xác định theo số liệu đo GNSS, thủy chuẩn và số liệu tương ứng khai thác từ mô hình trọng trường Trái đất.

## Nghiên cứu

Gọi  $\zeta_{mh}^i$  là độ thường độ cao của điểm  $i$  khai thác từ mô hình trọng trường Trái đất. Công thức tính số chênh độ thường độ cao của điểm  $i$  ( $\Delta\zeta^i$ ) được viết như sau:

$$\Delta\zeta^i = \zeta^i - \zeta_{mh}^i = H^i - h^i - \zeta_{mh}^i \quad (2)$$

Số chênh độ thường độ cao của cặp điểm  $i$  và  $j$  được tính theo công thức sau:

$$\Delta\zeta^{ij} = \Delta\zeta^j - \Delta\zeta^i \quad (3)$$

Kết hợp công thức (2) và (3) ta có:

$$\Delta\zeta^{ij} = H^j - H^i - (h^j - h^i) - (\zeta_{mh}^j - \zeta_{mh}^i) \quad (4)$$

Ký hiệu:

$$\begin{aligned} \Delta H^{ij} &= H^j - H^i; \Delta h^{ij} = h^j - h^i \\ \Delta\zeta_{mh}^{ij} &= \zeta_{mh}^j - \zeta_{mh}^i; \Delta\zeta_{GNSS/TC}^{ij} = \Delta H^{ij} - \Delta h^{ij} \end{aligned} \quad (5)$$

Ta có:

$$\Delta\zeta^{ij} = \Delta H^{ij} - \Delta h^{ij} - \Delta\zeta_{mh}^{ij} = \Delta\zeta_{GNSS/TC}^{ij} - \Delta\zeta_{mh}^{ij} \quad (6)$$

Trọng số của phương trình (6) được tính theo công thức:

$$P^{ij} = \frac{1}{D^{ij}} \quad (7)$$

Trong đó  $D$  là khoảng cách giữa điểm  $i$  và điểm  $j$ .

Sai số trung phương hiệu số chênh độ thường độ cao trên 1 km chiều dài ( $m_{km}$ ) được tính theo công thức sau:

$$m_{km} = \pm \sqrt{\frac{[P\Delta\zeta\Delta\zeta]}{q}} \quad (8)$$

Trong đó  $q$  là số cặp điểm dùng để thực hiện việc tính toán.

So sánh hiệu số chênh độ thường độ cao của cặp điểm với sai số cho phép của đường thủy chuẩn để xác định được độ chính xác của tuyến thủy chuẩn [21].

Theo quy chuẩn của Việt Nam về xây dựng lưới độ cao, sai số khép đường, khép vòng độ cao theo cấp hạng I, II, III, IV lần lượt là  $\pm 3\sqrt{L}$ ,  $\pm 5\sqrt{L}$ ,  $\pm 12\sqrt{L}$ ,  $\pm 25\sqrt{L}$  đối với địa hình dốc núi và  $\pm 2\sqrt{L}$ ,  $\pm 4\sqrt{L}$ ,  $\pm 10\sqrt{L}$ ,  $\pm 20\sqrt{L}$  đối với địa hình bằng phẳng. Sai số giới hạn đối với thủy chuẩn kỹ thuật là  $\pm 50\sqrt{L}$ , trong đó  $L$  là tính bằng km.

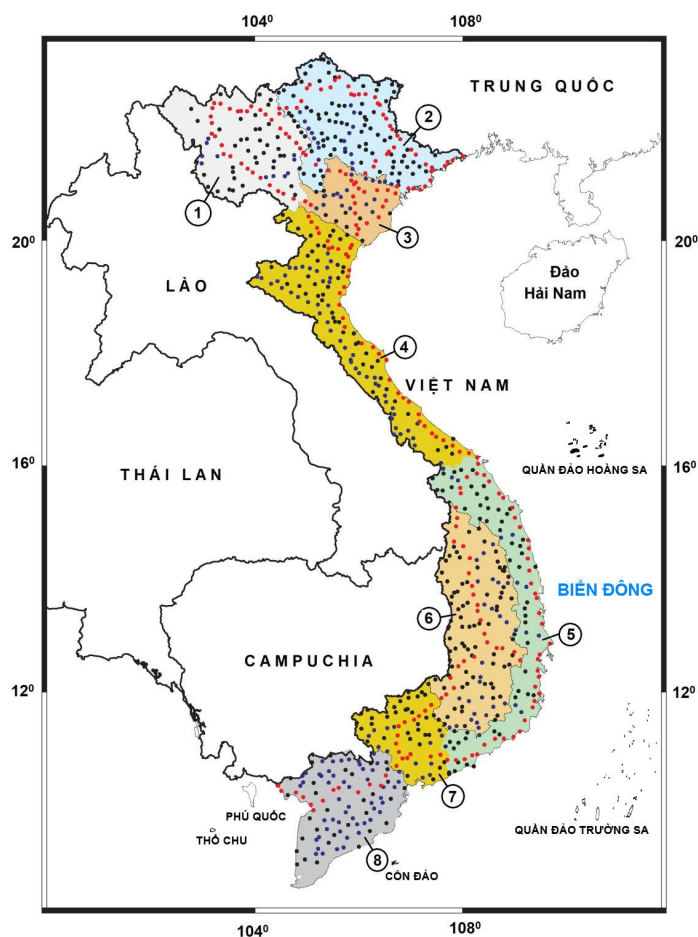
### 3. Dữ liệu thực nghiệm

Việt Nam là một quốc gia với địa hình phần lớn là đồi núi, đồng bằng chiếm 1/4 diện tích. Theo quy chuẩn quốc gia về xây dựng lưới độ cao cho thấy, sai số cho phép đối với mỗi cấp hạng thủy chuẩn ở khu vực địa hình là khác nhau. Vì vậy trong nghiên cứu này lãnh thổ Việt Nam được phân chia thành các vùng như sau: 1) Vùng Tây Bắc; 2) Vùng Đông Bắc; 3) Vùng đồng bằng Sông Hồng; 4) Vùng Bắc Trung Bộ; 5) Vùng Nam Trung Bộ; 6) Vùng Tây Nguyên; 7) Vùng Đông Nam Bộ; 8) Vùng Tây Nam Bộ.

Số liệu các điểm GNSS/thủy chuẩn quốc gia tại mỗi khu vực thực nghiệm được thống kê tại Bảng 1 và 2.

**Bảng 1. Số lượng điểm GNSS/thủy chuẩn**

STT	Khu vực	Số lượng điểm GNSS/thủy chuẩn			Tổng số
		Hạng I	Hạng II	Hạng III	
1	Tây Bắc	35	16	48	99
2	Đông Bắc	48	18	85	151
3	Đồng bằng Sông Hồng	20	11	3	34
4	Bắc Trung Bộ	37	49	48	134
5	Nam Trung Bộ	41	13	52	106
6	Tây Nguyên	24	26	80	130
7	Đông Nam Bộ	16	12	37	65
8	Tây Nam Bộ	13	52	31	96
<b>Tổng cộng</b>		<b>234</b>	<b>197</b>	<b>384</b>	<b>815</b>



**Hình 2: Sơ đồ phân bố của các điểm GNSS/thủy chuẩn tại các khu vực thực nghiệm**

Trong Hình 2, điểm màu đỏ, xanh và đen lần lượt là các điểm thủy chuẩn hạng I, II, và III Nhà nước.

**Bảng 2. Dữ liệu các điểm GNSS/thủy chuẩn**

STT	Tên điểm	B°	L°	H (m)	h (m)
1	I(DN-BMT)16	15.65530	107.81193	45.922	54.594
2	I(DN-BMT)18-1	15.56110	107.82137	103.990	112.436
3	I(DN-BMT)28	15.30795	107.73007	552.322	559.686
4	I(DN-BMT)4	15.90679	108.12137	-2.344	7.125
5	I(DN-BMT)8	15.84528	107.93773	3.134	12.367
6	I(VL-HT)103	14.38572	109.02393	5.194	7.282
7	I(VL-HT)108	14.17250	109.04781	22.181	23.699
8	I(VL-HT)113	13.94243	109.07873	7.491	8.206
9	I(VL-HT)121	13.76207	109.15074	8.021	7.991
10	I(VL-HT)123	13.68377	109.17705	233.197	232.690
...	...	...	...	...	...
807	III(TL-TM)3	11.03762	107.64409	135.920	135.369
808	III(TN-AL)3	14.66059	108.74126	99.443	102.710
809	III(TN-LT)3	14.89661	108.53056	61.039	65.772
810	III(TP-HD)1-1	15.46203	108.29575	74.352	81.800
811	III(VD-SC)3	11.07314	107.49669	103.207	103.534

## Nghiên cứu

STT	Tên điểm	B°	L°	H (m)	h (m)
812	III(VD-TL)5	11.15283	107.57555	122.441	122.476
813	III(XL-TS)12	13.25537	108.96235	329.554	327.942
814	III(XL-TS)3	13.50164	108.95435	334.219	333.518
815	III(XL-TS)8	13.37378	108.96669	35.187	34.290

EGM2008 là mô hình trọng trường Trái đất được công bố vào năm 2008 có số bậc hạng là 2190. Mô hình này được xây dựng dựa vào số liệu độ cao vệ tinh, dữ liệu mặt đất và dữ liệu vệ tinh GRACE. Mô hình này hiện đang được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam vì vậy dữ liệu dị thường độ cao của mô hình này được khai thác

phục vụ cho nghiên cứu này. Dựa vào tọa độ của các điểm GNSS/thủy chuẩn người sử dụng khai thác được dữ liệu của mô hình EGM2008 tại trang web của tổ chức Trung tâm quốc tế về mô hình Trái đất toàn cầu (International Centre for Global Earth Models - ICGEM) ([http://icgem.gfz-potsdam.de/tom\\_longtime](http://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime)).

**Bảng 3. Dữ liệu dị thường độ cao của các điểm GNSS/thủy chuẩn Nhà nước khai thác từ mô hình EGM2008**

STT	Tên điểm	$\zeta_{\text{EGM2008}}$ (m)	STT	Tên điểm	$\zeta_{\text{EGM2008}}$ (m)
1	I(DN-BMT)16	-9.0950	...	...	...
2	I(DN-BMT)18-1	-8.8569	807	III(TL-TM)3	0.4980
3	I(DN-BMT)28	-7.7066	808	III(TN-AL)3	-3.5197
4	I(DN-BMT)4	-9.6437	809	III(TN-LT)3	-5.0491
5	I(DN-BMT)8	-9.2602	810	III(TP-HD)1-1	-7.7798
6	I(VL-HT)103	-2.6088	811	III(VD-SC)3	-0.2781
7	I(VL-HT)108	-2.0171	812	III(VD-TL)5	0.0573
8	I(VL-HT)113	-1.3587	813	III(XL-TS)12	1.2316
9	I(VL-HT)121	-0.5159	814	III(XL-TS)3	0.4783
10	I(VL-HT)123	-0.0936	815	III(XL-TS)8	0.8922

## 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

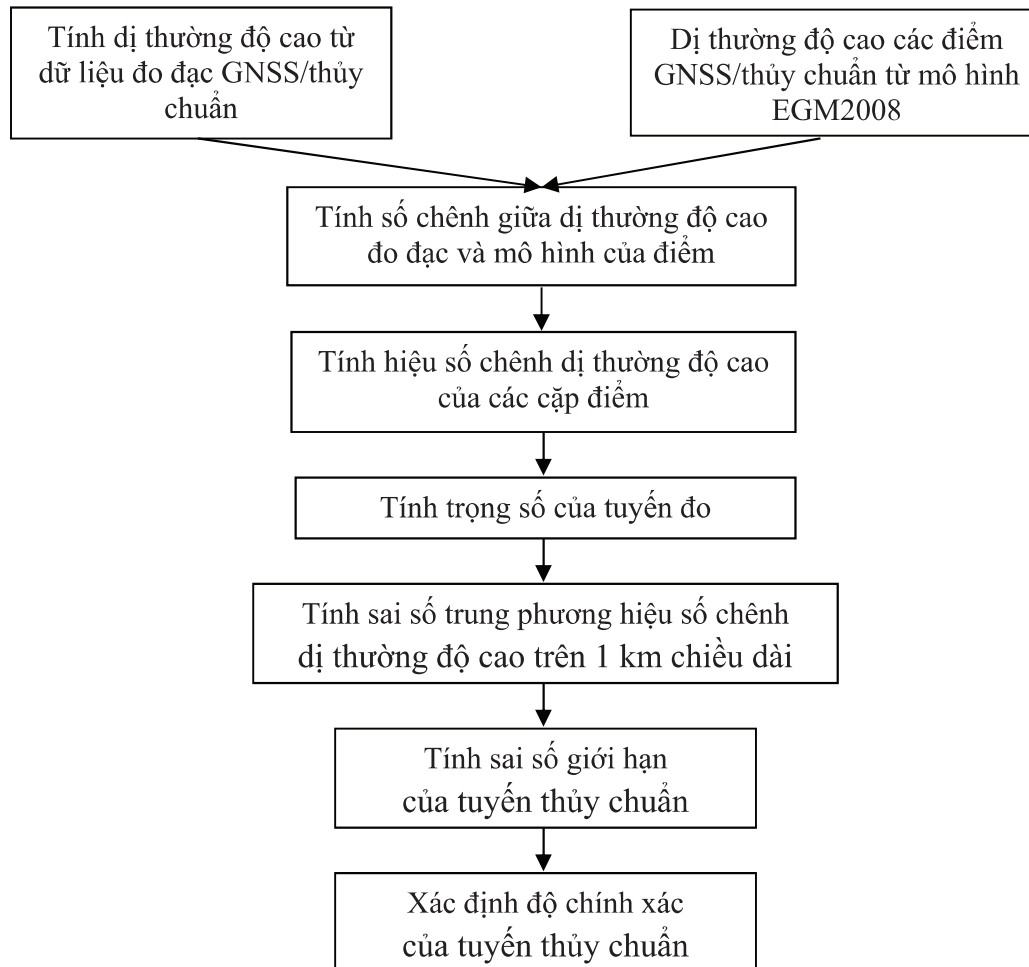
Quá trình xác định độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn được thực hiện theo sơ đồ Hình 3.

Các kết quả tính toán được thể hiện ở các bảng dưới đây.

**Bảng 4. Giá trị chênh dị thường độ cao của các điểm GNSS/thủy chuẩn giữa số liệu đo đạc và mô hình**

STT	Tên điểm	$\Delta\zeta$ (m)	STT	Tên điểm	$\Delta\zeta$ (m)
1	I(DN-BMT)16	0.4226	...	...	...
2	I(DN-BMT)18-1	0.4113	807	III(TL-SC)8	0.0661
3	I(DN-BMT)28	0.3423	808	III(TL-TM)3	0.0530
4	I(DN-BMT)4	0.1748	809	III(TN-AL)3	0.2523
5	I(DN-BMT)8	0.0267	810	III(TN-LT)3	0.3162
6	I(VL-HT)103	0.5200	811	III(TP-HD)1-1	0.3321
7	I(VL-HT)108	0.4990	812	III(VD-SC)3	-0.0488

STT	Tên điểm	$\Delta\zeta$ (m)	STT	Tên điểm	$\Delta\zeta$ (m)
8	I(VL-HT)113	0.6437	813	III(VD-TL)5	-0.0920
9	I(VL-HT)121	0.5456	814	III(XL-TS)12	0.3803
10	I(VL-HT)123	0.6005	815	III(XL-TS)3	0.2222



**Hình 3: Sơ đồ quá trình xác định độ chính xác của tuyến thủy chuẩn**

Số lượng tuyến thủy chuẩn nối giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn tại các vùng Tây Bắc, Đông Bắc, đồng bằng Sông Hồng, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ, Tây Nam Bộ lần lượt là 189, 370, 92, 296, 227, 294, 133, 203.

**Bảng 5. Số chênh độ thường độ cao của các cặp điểm GNSS/thủy chuẩn**

STT	Điểm đầu	Điểm cuối	$\Delta\zeta_{GNSS/TC}^{ij}$ (m)	$\Delta\zeta_{mh}^{ij}$ (m)
1	I(BMT-NH)22	III(DM-VT)5	-0.3516	-0.3721
2	I(BMT-NH)22	III(HD-BD)15	0.7756	0.8116
3	I(DN-BMT)16	I(DN-BMT)18-1	-0.2268	-0.2381
4	I(DN-BMT)16	III(H-BG)23	0.3722	0.5543
5	I(DN-BMT)18-1	I(DN-BMT)28	-1.0813	-1.1503
6	I(DN-BMT)18-1	III(KD-DC)8	-1.4209	-1.7245
7	I(DN-BMT)18-1	III(BHA-HD)1-1	-0.3559	-0.4424
8	I(DN-BMT)18-1	III(H-BG)17	0.7810	1.1360

***Nghiên cứu***

STT	Điểm đầu	Điểm cuối	$\Delta\zeta_{GNSS/TC}^{ij}$ (m)	$\Delta\zeta_{mh}^{ij}$ (m)
9	I(DN-BMT)28	I(DN-BMT)35	-0.8101	-0.8804
10	I(DN-BMT)4	I(VL-HT)61	-0.1950	-0.0531
...	...	...	...	...
1796	III(XH-BC)8	III(BT-BC)8	-0.2203	-0.0289
1797	III(XH-BC)8	III(XH-BT)3	0.6271	0.3172
1798	III(XH-BT)3	I(VL-HT)231	-0.0032	-0.1420
1799	III(XL-TS)12	II(MT-TH)25	-0.2290	-0.2390
1800	III(XL-TS)12	II(MT-TH)21	0.3960	0.3002
1801	III(XL-TS)3	III(XL-TS)8	-0.1958	-0.4140
1802	III(XL-TS)3	I(VL-HT)127-3	-0.6816	-0.4129
1803	III(XL-TS)8	III(XL-TS)12	-0.7156	-0.3393
1804	III(XL-TS)8	I(VL-HT)130	-1.1458	-0.6649

**Bảng 6. Độ chính xác của tuyến thủy chuẩn**

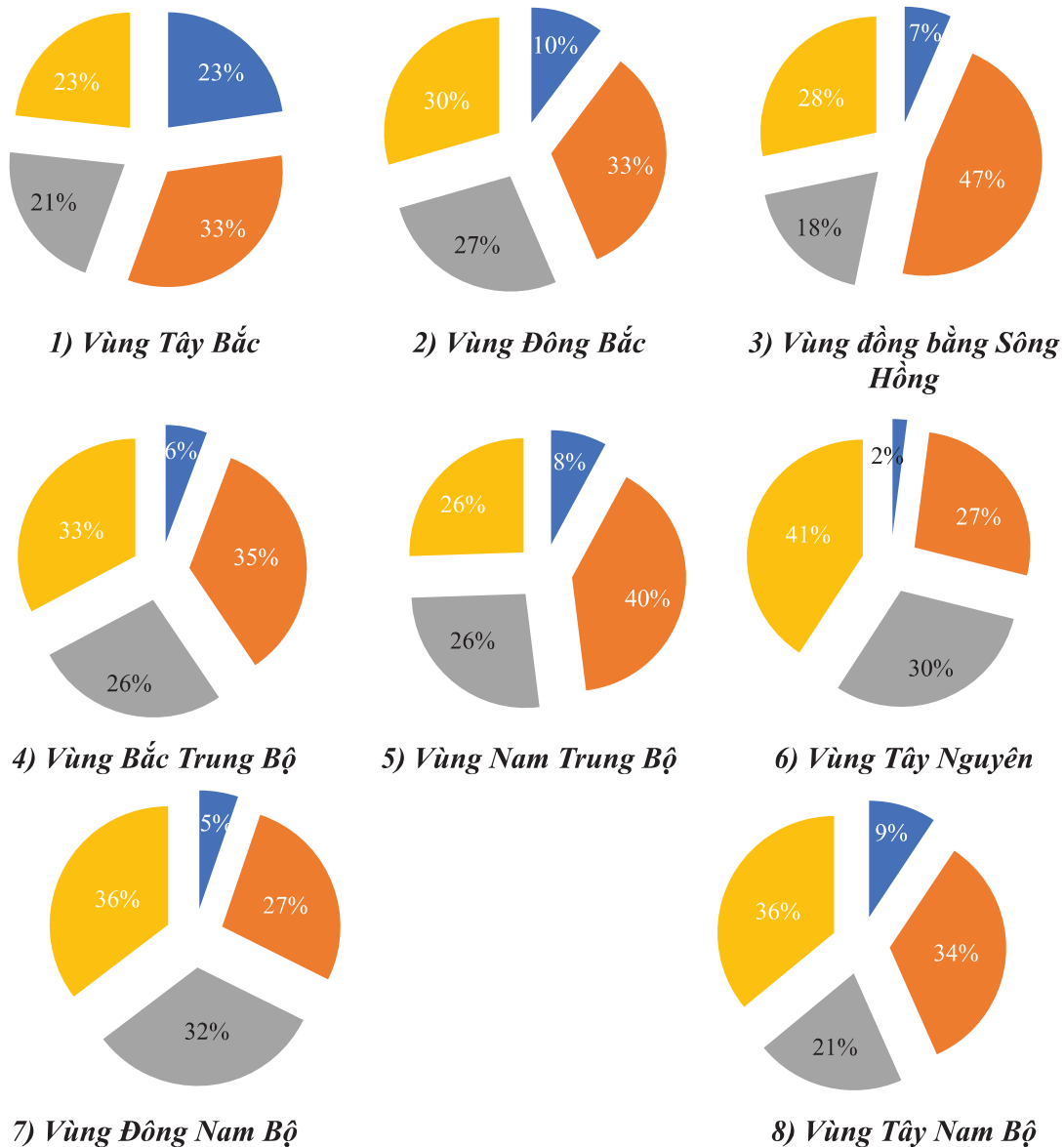
STT	Điểm đầu	Điểm cuối	Hiệu số chênh dộ thường dộ cao (mm)	Sai số giới hạn (mm)			Độ chính xác của tuyến thủy chuẩn
				Hạng III	Hạng IV	Thủy chuẩn kỹ thuật	
1	I(BMT-NH)22	III(DM-VT)5	20.5	67.2	140.0	335.9	Hạng III
2	I(BMT-NH)22	III(HD-BD)15	-36.0	83.3	173.5	416.4	Hạng III
3	I(DN-BMT)16	I(DN-BMT)18-1	11.3	44.3	92.3	221.5	Hạng III
4	I(DN-BMT)16	III(H-BG)23	-182.1	56.2	117.0	280.8	Kỹ thuật
5	I(DN-BMT)18-1	I(DN-BMT)28	69.0	74.6	155.3	372.8	Hạng III
6	I(DN-BMT)18-1	III(KD-DC)8	303.6	76.7	159.9	383.7	Kỹ thuật
7	I(DN-BMT)18-1	III(BHA-HD)1-1	86.5	77.4	161.2	386.8	Hạng IV
8	I(DN-BMT)18-1	III(H-BG)17	-355.0	82.2	171.2	410.8	Kỹ thuật
9	I(DN-BMT)28	I(DN-BMT)35	70.3	62.3	129.7	311.3	Hạng IV
10	I(DN-BMT)4	I(VL-HT)61	-141.9	52.6	109.6	263.1	Kỹ thuật
...	...	...					
1796	III(XH-BC)8	III(BT-BC)8	-191.4	23.8	49.6	119.0	Không đạt
1797	III(XH-BC)8	III(XH-BT)3	309.9	64.7	134.7	323.3	Kỹ thuật
1798	III(XH-BT)3	I(VL-HT)231	138.8	37.0	77.1	185.1	Kỹ thuật
1799	III(XL-TS)12	II(MT-TH)25	10.0	61.2	127.4	305.9	Hạng III
1800	III(XL-TS)12	II(MT-TH)21	95.8	67.6	140.8	337.9	Hạng IV
1801	III(XL-TS)3	III(XL-TS)8	218.2	51.6	107.5	258.1	Kỹ thuật
1802	III(XL-TS)3	I(VL-HT)127-3	-268.7	74.4	155.1	372.2	Kỹ thuật
1803	III(XL-TS)8	III(XL-TS)12	-376.3	49.6	103.3	247.9	Không đạt
1804	III(XL-TS)8	I(VL-HT)130	-480.9	82.4	171.8	412.2	Không đạt

**Bảng 7. Bảng tổng hợp cấp hạng đạt được của các tuyến thủy chuẩn**

STT	Khu vực	$m_{km}$ (m)	Số lượng tuyến thủy chuẩn đạt cấp hạng			
			Hạng III	Hạng IV	Thủy chuẩn kỹ thuật	Không đạt
1	Tây Bắc		44	40	62	43
2	Đông Bắc	$\pm 0.0419$	109	100	123	38

STT	Khu vực	m <sub>km</sub> (m)	Số lượng tuyến thủy chuẩn đạt cấp hạng			
			Hạng III	Hạng IV	Thủy chuẩn kỹ thuật	Không đạt
3	Đồng bằng Sông Hồng	±0.0315	26	17	43	6
4	Bắc Trung Bộ	±0.0355	97	79	103	17
5	Nam Trung Bộ	±0.0961	58	60	91	18
6	Tây Nguyên	±0.0282	120	89	79	6
7	Đông Nam Bộ	±0.0317	47	43	36	7
8	Tây Nam Bộ	±0.0160	73	42	69	19

Như vậy, trên 8 vùng của lãnh thổ Việt Nam, 1804 tuyến thủy chuẩn nối giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn Nhà nước đã được xác định độ chính xác.



**Hình 4: Tỷ lệ phần trăm tuyến thủy chuẩn đạt độ chính xác các cấp hạng**

Trong Hình 4, màu tím, xanh lá cây, đỏ nâu, xanh nước biển lần lượt thể hiện tỷ lệ phần trăm các tuyến thủy chuẩn đạt hạng III, IV, kỹ thuật và không đạt yêu cầu,

## Nghiên cứu

Vùng Tây Nguyên là vùng có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn đạt hạng III cao nhất trong cả nước, khu vực Nam Bộ và vùng Bắc Trung Bộ có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn đạt hạng III được coi là tương đương nhau, cỡ khoảng 36 % tổng số tuyến thủy chuẩn. Vùng Tây Bắc là vùng có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn đạt hạng III là thấp nhất 23 %.

Vùng Tây Nguyên là vùng có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu thấp nhất trong 8 vùng, chỉ khoảng 2 %. Vùng Tây Bắc là vùng có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu cao nhất, 23 % tổng số tuyến thủy chuẩn trong khu vực này. Đối với các vùng khác, tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu của các vùng đều nhỏ hơn 10 %.

Vùng đồng bằng Sông Hồng là vùng có số tuyến thủy chuẩn đạt thủy chuẩn kỹ thuật cao nhất trong cả nước, chiếm tỷ lệ 47 % tổng số tuyến thủy chuẩn trong vùng. Vùng Tây Nam Bộ, vùng Bắc Trung Bộ, vùng Đông Bắc, vùng Tây Bắc là 4 vùng có tỷ lệ phần trăm số tuyến thủy chuẩn đạt thủy chuẩn kỹ thuật tương đương nhau, khoảng 34%. Vùng Tây Nguyên và vùng Đông Nam Bộ có tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn đạt hạng thủy chuẩn kỹ thuật là khoảng 27%.

Về tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn đạt hạng IV, vùng Đông Nam Bộ có tỷ lệ cao nhất 32 %, vùng đồng bằng Sông Hồng có tỷ lệ thấp nhất 18 %. Vùng Đông Bắc và khu vực Trung Bộ có tỷ lệ tương đương nhau, khoảng 26 %. Vùng Tây Bắc và vùng Tây Nam Bộ có tỷ lệ tương đương nhau, khoảng 21 %.

### **5. Kết luận**

Qua quá trình nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

- Độ chính xác của các tuyến thủy chuẩn nối giữa các điểm GNSS/thủy chuẩn Nhà nước trên lãnh thổ Việt Nam được xác định độ chính xác dựa trên dữ liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường Trái đất theo một quy trình chặt chẽ và chính xác mà không cần phải đi đo đạc ngoài thực địa. Từ độ chính xác của các tuyến được xác định, người làm quản lý và người công tác đo đạc có thể dự đoán được độ chính xác của các điểm độ cao khi chúng kết nối với các điểm GNSS/thủy chuẩn để từ đó đưa ra các biện pháp hợp lý khi thực hiện công trình.

- Trên 8 khu vực thực nghiệm đó là vùng Tây Bắc, Đông Bắc, đồng bằng Sông Hồng, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ, Tây Nam Bộ, tổng số 1804 tuyến thủy chuẩn đã được xác định độ chính xác. Độ chính xác cao nhất mà tuyến thủy chuẩn có thể đạt được là hạng III Nhà nước. Số lượng tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu chiếm tỷ lệ cỡ khoảng 8 % tổng số tuyến.

- Tây Nguyên là khu vực có tỷ lệ phần trăm số tuyến thủy chuẩn đạt hạng III cao nhất và tỷ lệ số tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu thấp nhất trong các khu vực thực nghiệm. Vì vậy có thể nói rằng, mô hình EGM2008 phù hợp nhất với địa hình thực tế tại khu vực Tây Nguyên của Việt Nam trong 8 khu vực thực nghiệm.

- Vùng Tây Bắc có số tuyến thủy chuẩn không đạt yêu cầu chiếm một tỷ lệ khá lớn khoảng 23 % tổng số tuyến trong khu vực. Do vậy, có thể cho rằng mô hình EGM2008 không phù hợp nhất với địa hình thực tế tại khu vực Tây Bắc trong 8 khu vực thực nghiệm.

- Quy trình xác định độ chính xác tuyến thủy chuẩn hoàn toàn áp dụng được đối với các vùng thực nghiệm khác khi các điểm có tọa độ và giá trị dị thường độ cao.

**Lời cảm ơn:** Bài báo được hoàn thành với sự tài trợ của Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội về Đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định độ chính xác tuyến thủy chuẩn dựa trên dữ liệu GNSS/thủy chuẩn và mô hình trọng trường toàn cầu”, mã số 13.01.22.O.02.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abdulrahman F.H (2021). *Determination of the local geoid model in Duhok Region, University of Duhok Campus as a Case study*. Ain Shams Engineering Journal, Vol. 12, p. 1293 - 1304, Doi: 10.1016/j.asej.2020.10.004.
- [2]. Al-Karargy E.M, Dawod G.M (2021). *Optimum combinations of GGM and GDEM models for precise national geoid modelling*. Proceedings of Engineering and Technology Innovation, Vol. 18, p. 15 - 24, Doi: 10.46604/peti.2021.6452.
- [3]. Albayrak M., Ozludemir M.T., Aref M.M., Halicioglu K (2020). *Determination of Istanbul geoid using GNSS/levelling and valley cross levelling data*. 11, p. 163e173, Doi: 10.1016/j.geog.2020.01.003.
- [4]. Aljanbi A.J.A., Dibs H., H. Alyasery B.H (2020). *Interpolation and statistical analysis for evaluation of global earth gravity models based on GPS and orthometric heights in the Middle of Iraq*. Iraqi Journal of Science, Vol. 61, p. 1823 - 1830, Doi: 10.24996/ijs.2020.61.7.31.
- [5]. Barzaghi R., Carrion D., R. M., Venuti G (2015). *A feasibility study on the unification of the Italian height systems using GNSS-leveling data and global satellite Gravity models*. International Association of Geodesy Symposia, p. 281 - 288, Doi: 10.1007/1345\_2015\_35.
- [6]. Borge A (2013). *Geoid determination over Norway using global Earth gravity models*. Norwegian University of Science and Technology. Department of Civil and Transport Engineering.
- [7]. Bos M., Fernandes R., Al-marri M., Abdulah M., Barakat H (2021). *The new gravimetric geoid model of Qatar: QG2020*. FIG e-Working Week 2021.
- [8]. Bùi Thị Hồng Thắm (2019). *Độ chính xác dị thường độ cao mô hình trọng trường toàn cầu GECO trên khu vực Tây Nguyên, Việt Nam*. Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc năm 2019. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Vol. ISBN 978-604-60-2482-8, p. 13 - 22.
- [9]. Bui Thi Hong Tham, Do Mai Quyen (2021). *Assessment of the accuracy of the global gravity field model GAO2012 on the territory of Vietnam*. Journal of science on Natural Resources and Environment, Hanoi University of Natural Resources and Environment, Vol. 39.
- [10]. Bùi Thị Hồng Thắm, Trịnh Thị Hoài Thu, Ngô Thị Mên Thương, Dương Hoàng Hải (2021). *So sánh độ chính xác dị thường độ cao mô hình trọng trường Trái Đất SGG-UGM-2 và EGM2008 khu vực miền Bắc Việt Nam*. Hội thảo Khoa học quốc gia Giải pháp kết nối và chia sẻ hệ thống cơ sở dữ liệu phục vụ công tác đào tạo, quản lý lĩnh vực Tài nguyên và Môi trường.
- [11]. Eteje S., Ono M.N., Oduyebo O.F (2018). *Practical local geoid model determination for mean sea level heights of surveys and stable building projects*. IOSR Journal of Environmental Science, Vol. 12, p. 30 - 37.
- [12]. Foroughi I., Afrasteh Y., Ramouz S., Safari A (2017). *Local evaluation of earth gravitational models, case study: Iran*. Geodesy and Cartography, Vol. 43, p. 1 - 13, Doi: 10.3846/20296991.2017.1299839.
- [13]. Ghadi Younis G (2018). *The Integration of GNSS/Leveling data with global geopotential models to define the height reference system of palestine*. Arabian

Journal for Science and Engineering, ISSN 2193-567X, Vol. 43, p. 3639 - 3645.

[14]. Guimarães G.D.N., et al (2014). *The computation of the geoid model in the state of São Paulo using two methodologies and GOCE models BCG*. Boletim de Ciências Geodésicas - Online version, Vol. 20, p. 183 - 203, Doi: 10.1590/S1982-21702014000100012.

[15]. Hayden T., Amjadiparvar B., Rangelova E., Sideris M.G (2012). *Estimating Canadian vertical datum offsets using GNSS/levelling benchmark information and GOCE global geopotential models*. Journal of Geodetic Science, Doi: 10.2478/v10156-012-0008-4.

[16]. Heliani L.S (2016). *Evaluation of global geopotential model and Its application on local geoid modelling of Java island, Indonesia*. AIP Conference proceedings, Doi: 10.1063/1.4958534.

[17]. Jisun L., Jay Hyoun K.J (2020). *Precision evaluation of recent global geopotential models based on GNSS/Leveling data on unified control points*. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 38, p. 153 - 163, Doi: 10.7848/ksgpc.2020.38.2.153.

[18]. Kyamulesire B., Oluyori P.D., Eteje S.O (2020). *Comparative analysis of three plane geometric geoid surfaces for orthometric height modelling in Kampala, Uganda*. FUDMA Journal of Kyamul, Vol. 4, p. 48 - 51, Doi: 10.33003/fjs-2020-0403-255.

[19]. Liang W., Pail R., Xu X., Li J (2020). *A new method of improving global geopotential models regionally using GNSS/levelling data*. Geophysical Journal International, Vol. 221, p. 542 - 549, Doi: 10.1093/gji/ggaa047.

[20]. Mosayebzadeh M., Ardalan A., Karimi R (2019). *Regional improvement of global geopotential models using GPS/Leveling data*. Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 63, p. 169 - 190, Doi: 10.1007/s11200-017-1084-9.

[21]. Nguyễn Duy Đô (2012). *Nghiên*

*cứu chính xác hóa dị thường độ cao EGM2008 dựa trên số liệu GPS - Thủy chuẩn trên phạm vi cục bộ ở Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật. Trường Đại học Mở - Địa chất.

[22]. Odera P.A., Fukuda Y (2017). *Evaluation of GOCE-based global gravity field models over Japan after the full mission using free-air gravity anomalies and geoid undulations*. Planets and Space, Vol. 69, Doi: 10.1186/s40623-017-0716-1.

[23]. Oluyori P.D., Ono M.N., Eteje S.O (2018). *Computations of geoid undulation from comparison of GNSS/Levelling with EGM 2008 for geodetic applications*. 8, Vol. 10, Doi: 10.29322/IJSRP.8.10.2018.p8230.

[24]. Pham T.H., Nguyen V.T., Trinh T.H.T., Nguyen X.B (2019). *Assessment of the performance of EIGEN-6C4 via GNSS/leveling data over Vietnam*. FIG Working Week 2019.

[25]. Soyacan M (2014). *Improving EGM2008 by GPS and leveling data at local scale BCG*. Boletim de Ciências Geodésicas - Online version, Doi: 10.1590/S1982-21702014000100001.

[26]. Tran T.S, Mustafin M.G., Kuzin A.A (2019). *Creating a local quasigeoid model for the territory of Vietnam using the global model EGM2008*. International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2019), Vol. 1.

[27]. Vu D.T., Bruinsma S., Bonvalot S (2019). *A high-resolution gravimetric quasigeoid model for Vietnam*. Earth, Planets and Space, Vol. 71, Doi: 10.1186/s40623-019-1045-3.

[28]. Zingerle P., R. Pail R., Gruber T., Oikonomidou X (2020). *The combined global gravity field model XGM2019e*. Journal of Geodesy, Vol. 94, Doi: 10.1007/s00190-020-01398-0.

BBT nhận bài: 07/6/2022; Phản biện xong: 20/6/2022; Chấp nhận đăng: 28/6/2022