



## DEVELOPING A SOLUTION FOR COORDINATE TRANSFORMATION FROM MERCATOR PROJECTION TO UTM IN GEODETIC WORK SUPPORTING COASTAL CONSTRUCTION IN VIETNAM

Nguyen Thanh Le<sup>1</sup>, Tran Quang Hoc<sup>2\*</sup>, Tong Thi Hanh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Le Quy Don Technical University, No 236 Hoang Quoc Viet Street, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 22/12/2023

Revised: 11/03/2024

Accepted: 10/04/2024

Published online: 15/04/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.3.10>

\* *Corresponding author*

Email: hoctq@utc.edu.vn; Tel: +84963814555

**Abstract:** A coordinate transformation between the coordinate systems within the same reference system, as well as between coordinate systems belonging to different reference systems, is an important task in the field of geodesy. Especially for maritime applications, data can be determined in a flat coordinate system using either the Mercator or UTM projection, depending on specific requirements. The article proposes a solution for calculating coordinate transformations from the Mercator projection to the UTM projection and vice versa. In the content of the article, the theoretical mathematical basis of the method for calculating coordinate transformations between these two projections is presented in detail, rigorously, and in an easily implementable manner. Additionally, to facilitate the calculation and ensure the correctness of the method, the author group developed the Geotransfers software. The experimental calculation results using this software showed a very small deviation of 1.3 mm, demonstrating the high accuracy and reliability of the method and software developed by the author group. Therefore, the solution proposed by the author group fully meets the practical requirements for coordinate transformation from the Mercator projection to the UTM projection and vice versa.

**Keywords:** Mercator projection, UTM projection, spherical coordinates, coordinate transformation calculation.

@ 2024 University of Transport and Communications



# XÂY DỰNG GIẢI PHÁP TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ TỪ PHÉP CHIẾU MERCATOR SANG UTM TRONG CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH BIỂN TẠI VIỆT NAM

Nguyễn Thanh Lê<sup>1</sup>, Trần Quang Học<sup>2\*</sup>, Tống Thị Hạnh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn, Số 236 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Giao thông Vận tải, Số 3 phố Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 22/12/2023

Ngày nhận bài sửa: 11/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 10/04/2024

Ngày xuất bản online: 15/04/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.3.10>

\* Tác giả liên hệ

Email: hoctq@utc.edu.vn; Tel: +84963814555

**Tóm tắt.** Tính chuyển tọa độ giữa các hệ tọa độ trong cùng một hệ quy chiếu, giữa các hệ tọa độ thuộc các hệ quy chiếu khác nhau là một nhiệm vụ quan trọng của ngành trắc địa. Đặc biệt đối với các nhiệm vụ trên biển, dựa trên từng nhiệm vụ cụ thể, dữ liệu sử dụng có thể được xác định trong hệ tọa độ phẳng theo phép chiếu Mercator hoặc hệ tọa độ phẳng theo phép chiếu UTM. Bài báo đề xuất giải pháp tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại. Trong nội dung bài báo, cơ sở lý thuyết toán học về phương pháp tính chuyển tọa độ giữa hai phép chiếu được trình bày lại một cách chi tiết, chặt chẽ và dễ thực hiện. Ngoài ra, để thuận tiện cho công tác tính chuyển cũng như kiểm tra tính đúng đắn của phương pháp, nhóm tác giả đã xây dựng phần mềm Geotransfers. Kết quả tính toán thực nghiệm trên phần mềm cho độ lệch rất nhỏ 1,3 mm, điều đó chứng tỏ phương pháp và phần mềm mà nhóm tác giả xây dựng có độ chính xác và độ tin cậy cao. Do đó, giải pháp mà nhóm tác giả đưa ra hoàn toàn đáp ứng được bài toán trong thực tiễn khi tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại.

**Từ khóa:** Phép chiếu Mercator, phép chiếu UTM, tọa độ cầu, tính chuyển tọa độ.

@ 2024 Trường Đại học Giao thông Vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trong các công tác trắc địa trên đất liền thông thường được thực hiện trong hệ tọa độ VN2000, kinh tuyến trực được lựa chọn phù hợp với từng khu vực [1-2]. Công tác trắc địa trên biển, tùy thuộc vào nhu cầu và mục đích, việc đo đạc, thành lập bản đồ được thực hiện trong phép chiếu Mercator hoặc phép chiếu UTM. Bên cạnh đó, công tác đo đạc, biên tập thành lập bản đồ địa hình đáy biển, theo quy định [3] được thực hiện trong phép chiếu UTM. Tuy nhiên, trong lĩnh vực hàng hải, đạo hàng các dữ liệu lại phải thực hiện trong hệ quy chiếu WGS84, phép chiếu Mercator nhằm đảm bảo cho tính thống nhất theo quy định của tổ chức quốc tế IHO [4-5]. Vì vậy để sử dụng các dữ liệu trong lĩnh vực hàng hải, đạo hàng cho công tác trắc địa trong xây dựng và khai thác công trình biển, cần phải tính chuyển tọa độ một cách hợp lý.

Các tài liệu tiếng Việt về toán bản đồ hiện nay [6-9] chỉ tập trung trình bày phần nội dung lý thuyết chung cùng các công thức lý thuyết về các phép chiếu. Trong thực tế, để tính chuyển tọa độ giữa các phép chiếu, cần thiết phải biết được công thức thực dụng. Trong tài liệu [10], nhóm tác giả đã trình bày về cơ sở lý thuyết tính chuyển giữa phép chiếu Mercator sang tọa độ cầu và ngược lại, đồng thời xây dựng được phần mềm tính chuyển tọa theo phép chiếu Mercator. Tuy nhiên, chương trình chỉ dừng ở tính chuyển tọa độ giữa Mercator và tọa độ cầu, chưa giải quyết được trực tiếp bài toán tính chuyển tọa độ giữa phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại.

Các phần mềm chuyên dụng hiện nay như Geotools 1.2 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [11], phần mềm DmavCT 2.1 của Cục Bản đồ/ Bộ Tổng tham mưu [12] chỉ dừng ở các module chương trình tính đổi tọa độ, tính chuyển múi và chương trình tính chuyển tọa độ giữa hệ tọa độ VN2000 sang hệ tọa độ WGS84 với phép chiếu là UTM, không có chương trình tính chuyển từ Mercator sang UTM và ngược lại. Như vậy, cho đến nay, chưa có chương trình tính chuyển trực tiếp tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại. Đối với các công trình liên quan đến biển, khi cần tính chuyển tọa độ giữa hai phép chiếu Mercator và UTM, người tính cần thực hiện kết hợp chương trình và công thức được trình bày trong tài liệu [10] bằng cách tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang tọa độ cầu, sau đó sử dụng module chương trình Geotools 1.2 hoặc DmavCT 2.1 tính chuyển tiếp từ tọa độ cầu sang tọa độ phẳng theo phép chiếu UTM.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu phân tích chi tiết các công thức lý thuyết và biểu diễn chi tiết để thuận tiện cho việc tính chuyển tọa độ, đồng thời xây dựng giải pháp tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại để làm sáng tỏ những vấn đề trên. Để hạn chế việc sử dụng nhiều phần mềm trung gian, nhiều bước tính như trong các phần mềm Geotools, DmavCT 2.1, nhóm tác giả đã xây dựng phần mềm Geotransfers để kiểm tra tính đúng đắn của giải pháp đưa ra và thuận lợi cho việc sử dụng sau này. Phần mềm có giao diện thân thiện, dễ sử dụng và dễ dàng được cập nhật nâng cấp từ phản hồi của người sử dụng.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Cơ sở lý thuyết

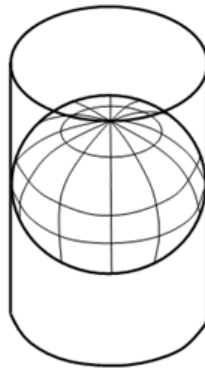
Phép chiếu Mercator hay còn được gọi là phép chiếu hình trụ thẳng đồng góc (Hình 1) được đề xuất lần đầu tiên vào năm 1569 do nhà bản đồ học người Hà Lan là Mercator đề xuất [13]. Phép chiếu là cơ sở toán học hỗ trợ dẫn đường cho tàu thuyền trên biển. Theo phép chiếu

Mercator hình chiếu của các lưới kinh tuyến là các đường thẳng song song với nhau theo trục Bắc – Nam.

Từ hình 1, chọn một đường kinh tuyến (kinh tuyến trục) làm trục N, xích đạo hoặc vĩ tuyến có vĩ độ nhỏ nhất làm trục E, công thức tính chuyển tọa độ cầu về tọa độ vuông góc của phép chiếu hình trụ thẳng đồng góc [6] có dạng:

$$\begin{cases} N = f(B) \\ E = \beta L \end{cases} \quad (1)$$

Với  $(B, L)$  - là tọa độ cầu của điểm tính chuyển;  $\beta$  - là hằng số dương; hàm  $f(B)$  được xác định theo điều kiện của phép chiếu đồng góc.



Hình 1. Phép chiếu hình trụ thẳng đồng góc.

Từ công thức (1), các thành phần tọa độ phẳng của phép chiếu chung hình trụ thẳng được xác định công thức (2) [6]:

$$\begin{cases} N = \frac{\beta}{Mod} \lg U \\ E = \beta L \\ m = n = \frac{\beta}{R} \\ p = mn = \left(\frac{\beta}{R}\right)^2 \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:  $\beta = a$  (bán kính xích đạo) khi phép chiếu thực hiện với một vĩ tuyến chuẩn;  $m, n$  - tỷ lệ độ dài theo hướng kinh tuyến và vĩ tuyến;  $p$  - tỷ lệ diện tích;  $Mod = lge = 0,4342945$ ;

$$U = \frac{\operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)}{\operatorname{tg}^e\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)};$$

Công thức (2) là công thức lý thuyết chung, các hệ số chưa được viết chi tiết gây khó khăn cho người tính toán. Theo phép chiếu Mercator, việc phân chia phép chiếu phụ thuộc vào căn

cứ và tham số được sử dụng [10]. Căn cứ và tham số chính là vĩ tuyến chuẩn, tùy thuộc vào diện tích biển của mỗi quốc gia, có nước sử dụng một vĩ tuyến chuẩn, có nước sử dụng hai vĩ tuyến chuẩn. Việt Nam sử dụng một vĩ tuyến chuẩn. Trong công thức (2), vĩ tuyến chuẩn của phép chiếu không được đề cập. Chính vì vậy việc tính chuyển từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại chưa thực hiện được, do đó, rất cần có công thức tường minh trong việc tính chuyển. Dựa trên tài liệu [14], nhóm tác giả đã tiếp cận được công thức thực dụng trong tính chuyển giữa tọa độ cầu về tọa độ phẳng trong phép chiếu hình trụ thẳng Mercator và ngược lại. Công thức tính chuyển từ tọa cầu (B, L) sang phép chiếu Mercator được thực hiện theo công thức (3) [14]:

$$\begin{cases} N = FN + a.k_o \cdot \ln \left\{ \tan \left( \pi / 4 + B / 2 \right) \left[ \frac{(1 - e \sin B)}{(1 + e \sin B)} \right]^{(e/2)} \right\} \\ E = FE + a.k_o (L - L_0) \end{cases} \quad (3)$$

trong đó:  $L_0$  - kinh tuyến gốc;  $FE, FN$  - giá trị dịch chuyển theo hướng Đông và theo hướng Bắc;  $a$  - bán trục lớn của Ellipsoid trái đất;  $e$  - tâm sai thứ nhất của Ellipsoid.

Công thức tính chuyển ngược lại từ tọa độ phẳng trong phép chiếu Mercator sang tọa độ cầu được thực hiện theo công thức (4) [14]:

$$\begin{cases} B = \chi + \left( e^2 / 2 + 5e^4 / 24 + e^6 / 12 + 13e^8 / 360 \right) \sin(2\chi) \\ \quad + \left( 7e^4 / 48 + 29e^6 / 240 + 811e^8 / 11520 \right) \sin(4\chi) \\ \quad + \left( 7e^6 / 120 + 81e^8 / 1120 \right) \sin(6\chi) + \left( 4279e^8 / 161280 \right) \sin(8\chi) \\ L = \left[ (E - FE) / (a.k_o) \right] + L_0 \end{cases} \quad (4)$$

trong đó:  $\chi = \pi / 2 - 2a \tan(t)$ ,  $t = B^{(FN-N)/(a.k_o)}$  với B là hệ số logarit tự nhiên ( $B = 2,718281828459$ ).

Công thức (3) và (4) đã được kiểm định, kết quả tính chuyển từ tọa độ cầu sang tọa độ phẳng trong phép chiếu Mercator và ngược lại có cùng giá trị đã khẳng định được công thức trình bày trong tài liệu [14] là hoàn toàn chính xác. Đồng thời, mối liên hệ giữa phép chiếu Mercator và phép chiếu UTM chính là tọa độ cầu, dựa trên tọa độ cầu được tính từ tọa độ phẳng trong phép chiếu Mercator, việc tính đổi về tọa độ phẳng theo phép chiếu UTM được thực hiện theo công thức (5) [15]:

$$\begin{cases} N = X_0 + A_2 l^2 + A_4 l^4 + A_6 l^6 + A_8 l^8 + \dots \\ E = B_1 l + B_3 l^3 + B_5 l^5 + B_7 l^7 + \dots \end{cases} \quad (5)$$

$X_0$  (chiều dài cung kinh tuyến) là giá trị khởi đầu trong việc tính chuyển đổi từ (B, L) sang (N, E), được xác định theo công thức (6) [15]:

$$X_0 = \int_0^B M \cdot dB = a(1 - e^2) \int_0^B (1 - e^2 \sin^2 B)^{-3/2} dB \quad (6)$$

Công thức (6) là công thức lý thuyết, công thức thực nghiệm để xác định  $X_0$  được thực hiện theo công thức (7):

$$X_0 = a_0 \cdot B - \frac{a_2}{2} \cdot \sin 2B + \frac{a_4}{4} \cdot \sin 4B - \frac{a_6}{6} \cdot \sin 6B + \frac{a_8}{8} \cdot \sin 8B \quad (7)$$

Với các hệ số ( $a_0, a_2, a_4, a_6, a_8,$ ) và các hệ số ( $A_2, A_4, A_6, A_8, B_1, B_3, B_5, B_7$ ) được xác định chi tiết theo [15]. Khi nhân  $N, E$  với hệ số  $k = 0,9996$  và  $k = 0,9999$  sẽ nhận được tọa độ xác định trong múi  $6^0$  và tọa độ xác định với múi  $3^0$ .

Ngược lại, đối với một điểm tọa phẳng trong phép chiếu UTM, khi cần xác định trong phép chiếu Mercator sẽ được tính đổi từ tọa độ phẳng UTM sang tọa độ cầu, dựa trên tọa độ cầu thực hiện bước tiếp theo tính đổi từ tọa độ cầu về tọa độ trong phép chiếu Mercator theo công thức (3). Tọa độ phẳng ( $N, E$ ) thuộc phép chiếu UTM được tính đổi về tọa độ cầu ( $B, L$ ) theo công thức (8) [15]:

$$\begin{cases} B = B_x + A_2 E^2 + A_4 E^4 + A_6 E^6 + A_8 E^8 + \dots \\ L = L_0 + B_1 E + B_3 E^3 + B_5 E^5 + B_7 E^7 + \dots \end{cases} \quad (8)$$

$B_x$ : giá trị khởi đầu trong việc tính toán chuyển từ ( $N, E$ ) sang ( $B, L$ ) được xác định theo công thức tính lập:

$$t_{i+1} = \frac{x}{a_0} + \frac{1}{a_0} * \left( \frac{a_2}{2} \sin 2t_i - \frac{a_4}{4} \sin 4t_i + \frac{a_6}{6} \sin 6t_i - \frac{a_8}{8} \sin 8t_i \right)$$

việc tính lập thực hiện đến khi thỏa mãn điều kiện  $|t_{i+1} - t_i| \leq 10^{-14}$

Khi đó:  $B_x = t_{i+1}$

Các hệ số  $a_0, a_2, a_4, a_6, a_8$  được xác định theo công thức (9):

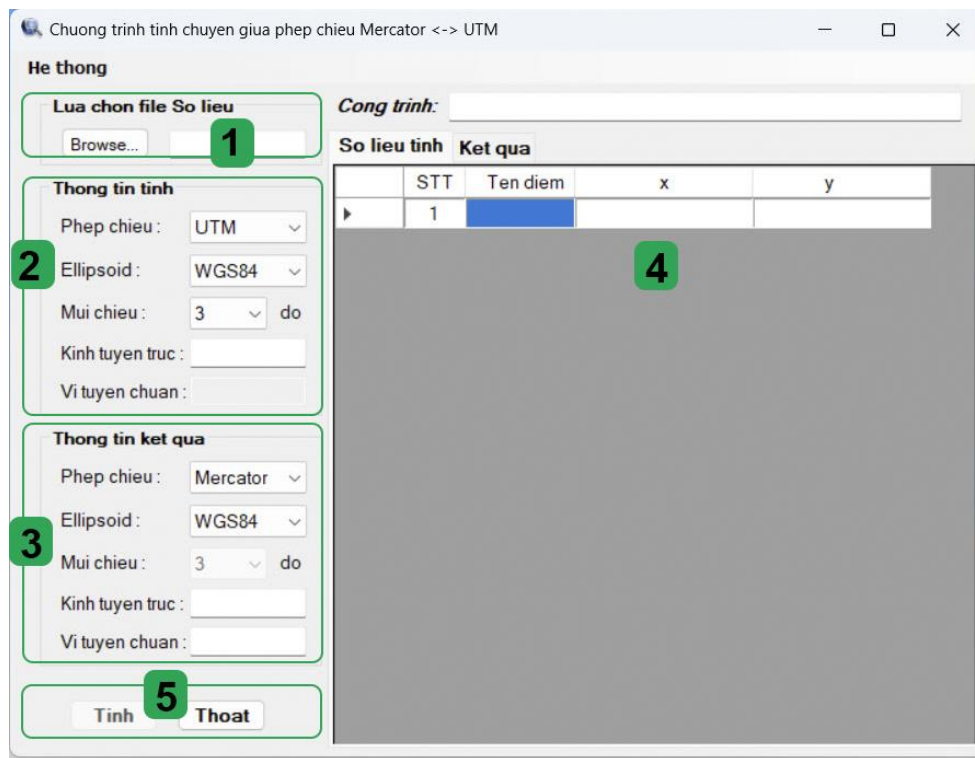
$$\begin{cases} a_0 = m_0 + \frac{m_2}{2} + \frac{3m_4}{8} + \frac{5m_6}{16} + \frac{35m_8}{128}; \\ a_2 = \frac{m_2}{2} + \frac{m_4}{2} + \frac{15m_6}{32} + \frac{7m_8}{16}; \\ a_4 = \frac{m_4}{8} + \frac{3m_6}{16} + \frac{7m_8}{32}; \\ a_6 = \frac{m_6}{32} + \frac{m_8}{16}; \\ a_8 = \frac{m_8}{128}; \end{cases} \quad (9)$$

và hệ số  $m_0, m_2, m_4, m_6$  và  $m_8$  được xác định theo công thức (10):

$$\left\{ \begin{array}{l} m_0 = a(1 - e^2); \\ m_2 = \frac{3e^2 m_0}{2}; \\ m_4 = \frac{5e^2 m_2}{4}; \\ m_6 = \frac{7e^2 m_4}{6}; \\ m_8 = \frac{9e^2 m_6}{8}; \end{array} \right. \quad (10)$$

Các hệ số phục vụ cho việc tính toán  $A_2, A_4, A_6, A_8$  và  $B_1, B_3, B_5, B_7$  được xác định chi tiết theo [15].

## 2.2. Xây dựng phần mềm tính chuyển tọa độ giữa hai phép chiếu



Hình 2. Chương trình tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator <-> UTM.

Dựa trên cơ sở lý thuyết cùng các công thức đã được trình bày chi tiết trong mục 2.1, nhóm tác giả thực hiện xây dựng phần mềm chuyên dụng Geotransfers tính chuyển tọa độ giữa phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại nhằm đáp ứng các công tác trắc địa trên biển cũng như khai thác sử dụng dữ liệu hải đồ trong các công tác trắc địa chung với quy định thực hiện trong hệ tọa độ VN-2000, phép chiếu UTM. Chương trình được viết trên ngôn ngữ C Sharp, có giao diện thân thiện, thuận tiện cho người sử dụng. Hình 2 thể hiện giao diện chính của chương trình, bao gồm: (1) – lựa chọn file số liệu; (2) – lựa chọn các trường thông tin của dữ liệu đầu vào như phép chiếu, Ellipsoid, mũi chiếu với dữ liệu đầu vào là tọa độ phẳng trong

phép chiếu UTM, kinh tuyến trục và vĩ tuyến chuẩn với dữ liệu đầu vào là tọa độ phẳng trong phép chiếu Mercator; (3) – lựa chọn các trường thông tin của định dạng dữ liệu kết quả tính, các lựa chọn tương tự như thông tin dữ liệu tính; (4) – hiển thị dữ liệu tính và kết quả sau khi tính; (5) – lựa chọn thực hiện tính hoặc thoát chương trình.

Khi thực hiện chương trình, nếu dữ liệu đầu vào thuộc phép chiếu UTM, kết quả sẽ lựa chọn là phép chiếu Mercator và ngược lại. Người dùng chỉ cần lựa chọn file, cung cấp các thông tin cho trường dữ liệu đầu vào và trường dữ liệu kết quả, sau đó thực hiện tính. Kết quả chương trình sẽ tự động lưu ra file có định dạng đuôi file “UTM2Mer.xy” hoặc đuôi “\_Mer2UTM.xy” để tránh nhầm lẫn và đồng thời kết quả tính cũng được hiển thị trên bảng kết quả để thuận tiện cho việc trực quan hóa kiểm tra đánh giá kết quả tính.

### 3. THỰC NGHIỆM

Dựa trên phần mềm được xây dựng, nhóm tác giả đã tính toán thử nghiệm với số liệu gồm 50 điểm tính, các điểm thuộc hệ tọa độ VN-2000, phép chiếu Mercator, kinh tuyến trục 105°00'00”, vĩ tuyến chuẩn 16°00'00”, thuộc tỉnh Khánh Hòa (dữ liệu được trích xuất từ hải đồ khu vực Cam Ranh của Đoàn đo đạc biên vẽ hải đồ và nghiên cứu biển). Dữ liệu tọa độ gốc của 50 điểm tính được minh họa trong Bảng 1, đơn vị tính là mét. Dữ liệu đầy đủ được nhóm tác giả cung cấp trên [16].

Bảng 1. Tọa độ các điểm dùng để tính toán thực nghiệm.

STT	KTT 105°00'00” - VTC 16°00' 00”		Ghi chú
	N(m)	E(m)	
1	1185625,5263	1078905,3360	
2	1185625,5263	1078905,3360	
3	1185625,5263	1075211,3360	
4	1185625,5263	1075211,3360	
5	1185625,5263	1070989,8360	
6	1185625,5263	1070989,8360	
7	1188879,0263	1069667,3360	
8	1188879,0263	1069667,3360	
9	1204636,0263	1067409,8360	
...	...	...	
50	1204157,0147	1047761,8143	

#### 3.1. Tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM

Dựa trên dữ liệu của 50 điểm trong hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trục 105°00'00”, vĩ tuyến chuẩn 16°00'00”. Nhóm tác giả đã sử dụng chương trình được lập trình thực hiện tính chuyển sang phép chiếu UTM, kinh tuyến trục 108°15'00”, múi chiếu 3° để phục vụ các công tác trắc địa địa hình phù hợp với tỉnh Khánh Hòa theo quy định của Thông tư số 973/2001/TT-TCDC về việc hướng dẫn áp dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia VN-2000. Minh họa dữ liệu đầu vào được thể hiện trong hình 3, kết quả chương trình tính được thể hiện trong hình 4.



Chương trình tính chuyển giữa phép chiếu Mercator <-> UTM

He Thong

Lua chọn file So lieu:  Solieu\_Baibao(M)

Cong trinh: He toa do VN2000 - KTT 105 00 00 - VTC 16 00 00 (Khanh Hoa)

So lieu tinh Ket qua

STT	Ten diem	x	y
33	33	1202094.5263	1067409.836
34	34	1184981.5836	1065805.1483
35	35	1187971.7535	1060975.9103
36	36	1190767.6443	1063920.656
37	37	1196568.3613	1062873.31
38	38	1202094.5263	1063715.836
39	39	1184981.5836	1062111.1483
40	40	1187971.7535	1060975.9103
41	41	1190767.6443	1063920.656
42	42	1196568.3613	1062873.31
43	43	1202094.5263	1063715.836
44	44	1184981.5836	1062111.1483
45	45	1131816.3233	1002553.0564
46	46	1131650.3233	1003579.0564
47	47	1131566.8233	1005631.5564
48	48	1131289.8233	1006657.5564
49	49	1204104.3818	1050468.3913
50	50	1204157.0147	1047761.8143

Thong tin tinh

Phép chiếu: Mercator

Ellipsoid: WGS84

Mũi chiếu: 3 do

Kinh tuyến trục: 105 00 00

Vĩ tuyến chuẩn: 16 00 00

Thong tin ket qua

Phép chiếu: UTM

Ellipsoid: WGS84

Mũi chiếu: 3 do

Kinh tuyến trục: 108 15 00

Vĩ tuyến chuẩn:

Hình 3. Dữ liệu tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM.

Chương trình tính chuyển giữa phép chiếu Mercator <-> UTM

He Thong

Lua chọn file So lieu:  Solieu\_Baibao(M)

Cong trinh: He toa do VN2000 - KTT 105 00 00 - VTC 16 00 00 (Khanh Hoa)

So lieu tinh Ket qua

STT	Ten diem	x_result	y_result
33	33	1242894.77311	724014.00777
34	34	1225410.81347	722496.2067
35	35	1228431.11361	717543.79655
36	36	1231306.37876	720531.50158
37	37	1237221.62522	719421.87593
38	38	1242868.68768	720243.4055
39	39	1225385.26623	718723.59603
40	40	1228431.11361	717543.79655
41	41	1231306.37876	720531.50158
42	42	1237221.62522	719421.87593
43	43	1242868.68768	720243.4055
44	44	1225385.26623	718723.59603
45	45	1170707.79885	658164.92724
46	46	1170542.91491	659214.96914
47	47	1170467.37629	661314.40711
48	48	1170189.06632	662365.02481
49	49	1244830.0938	706708.63485
50	50	1244866.116	703946.00236

Thong tin tinh

Phép chiếu: Mercator

Ellipsoid: WGS84

Mũi chiếu: 3 do

Kinh tuyến trục: 105 00 00

Vĩ tuyến chuẩn: 16 00 00

Thong tin ket qua

Phép chiếu: UTM

Ellipsoid: WGS84

Mũi chiếu: 3 do

Kinh tuyến trục: 108 15 00

Vĩ tuyến chuẩn:

Hình 4. Kết quả tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM.

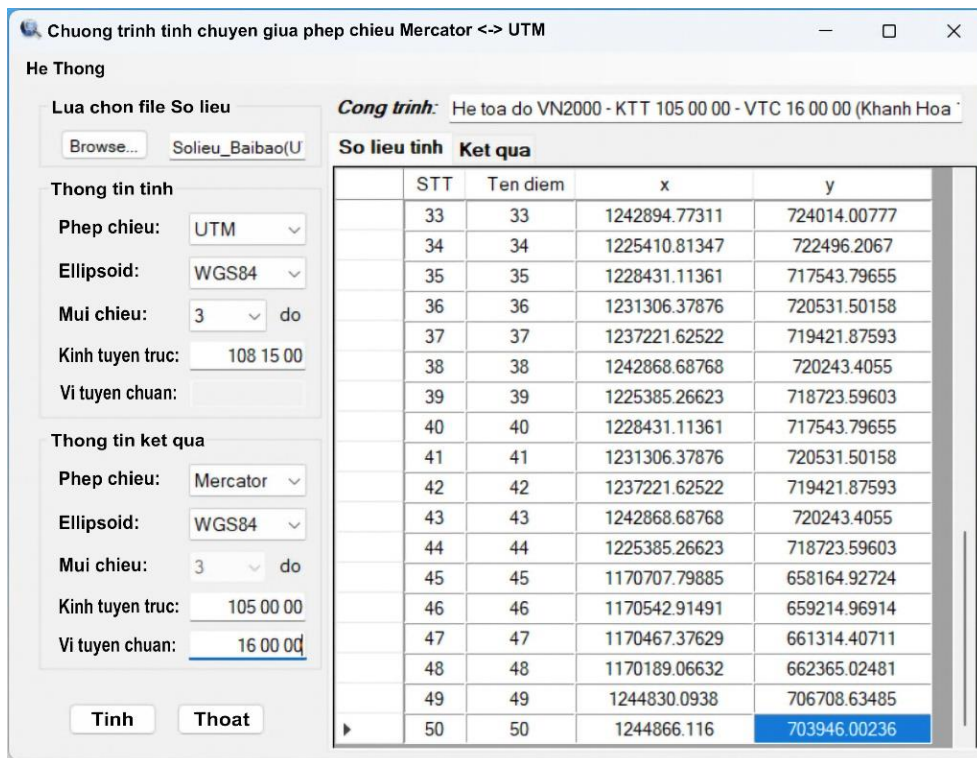
Kết quả tính chuyển từ phép chiếu Mercator kinh tuyến trục 105°00'00", vĩ tuyến chuẩn 16°00'00" sang phép chiếu UTM kinh tuyến trục 108°15'00", mũi chiếu 3° được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Tọa độ các điểm trong hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trực 108°15'00", múi chiếu 3°.

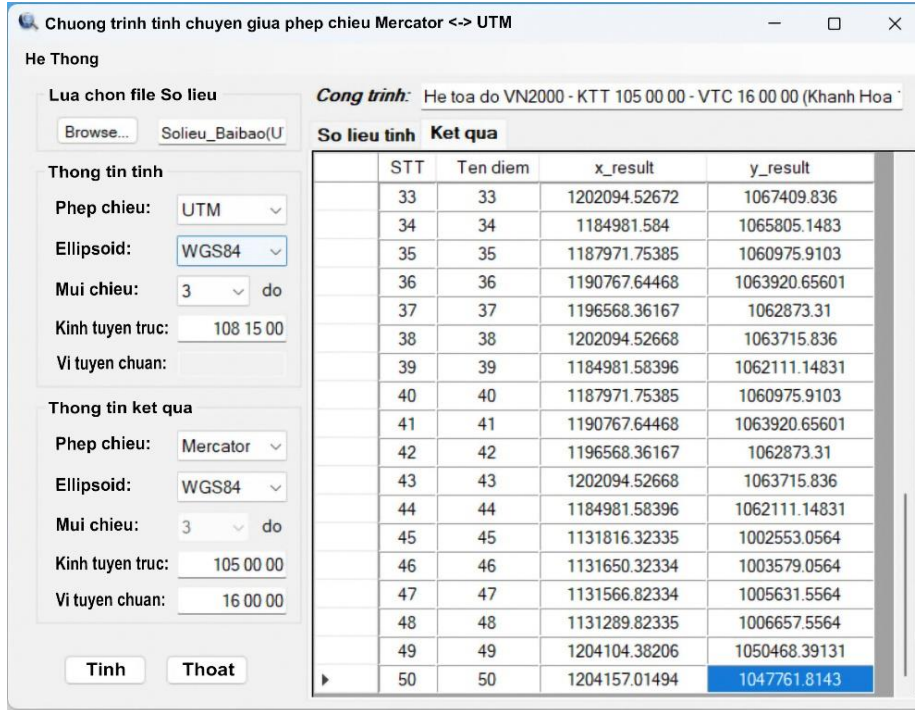
STT	KTT 108°15'00" - Múi chiếu 3°		Ghi chú
	N(m)	E(m)	
1	1226162,6349	735871,0274	
2	1226162,6349	735871,0274	
3	1226135,5217	732098,2201	
4	1226135,5217	732098,2201	
5	1226105,0730	727786,7554	
6	1226105,0730	727786,7554	
7	1229418,2541	726412,9543	
8	1229418,2541	726412,9543	
9	1245488,8969	723995,8903	
...	...	...	
50	1244866,1160	703946,0024	

### 3.2. Tính chuyển tọa độ từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator

Dựa trên kết quả tính từ mục 3.1 được coi là dữ liệu đầu vào, nhóm tác giả đã thực hiện chương trình tính ngược lại để tính chuyển tọa độ từ phép chiếu UTM kinh tuyến trực 108°15'00", múi chiếu 3° sang phép chiếu Mercator kinh tuyến trực 105°00'00", vĩ tuyến chuẩn 16°00'00". Minh họa dữ liệu tính được thể hiện trong hình 5, hình 6 minh họa kết quả tính. Kết quả tính ngược từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator của 50 điểm được thể hiện trong bảng 3.



Hình 5. Dữ liệu tính chuyển tọa độ từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator.



Hình 6. Kết quả tính chuyển tọa độ từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator.

Bảng 3. Tọa độ các điểm tính ngược từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator.

STT	KTT 105°00'00" - VTC 16°00' 00"		Ghi chú
	N(m)	E(m)	
1	1185625,5269	1078905,3360	
2	1185625,5269	1078905,3360	
3	1185625,5268	1075211,3360	
4	1185625,5268	1075211,3360	
5	1185625,5268	1070989,8360	
6	1185625,5268	1070989,8360	
7	1188879,0268	1069667,3360	
8	1188879,0268	1069667,3360	
...	...	...	
50	1204157,0149	1047761,8143	

### 3.3. Đánh giá độ chính xác chương trình tính chuyển phép chiếu Mercator sang UTM và ngược lại

Dựa trên dữ liệu ban đầu của 50 điểm và dữ liệu là kết quả tính chuyển từ phép chiếu UTM sang phép chiếu Mercator từ mục 3.2, độ chênh lệch giữa số liệu gốc và kết quả tính từ chương trình được thể hiện trong bảng 4.

Độ lệch lớn nhất, nhỏ nhất, độ lệch trung bình, sai số trung phương và độ lệch chuẩn theo trục N và trục E được thể hiện trong bảng 5.

**Nhận xét:** Kết quả từ bảng 5 chỉ ra rằng độ lệch lớn nhất giữa số liệu gốc và kết quả được thực hiện tính xuôi, sau đó tính ngược từ chương trình xây dựng theo trục N: độ lệch trung bình -0,0005m; độ lệch lớn nhất 0,0000m; nhỏ nhất -0,0013m; sai số trung phương (RMSE) 0,0006m và độ lệch chuẩn 0,0003m. Đối với trục E kết quả trùng khớp, độ lệch các thành phần bằng

không. Kết quả tính xuôi và sau đó tính ngược, đối với trục N có độ lệch nhỏ, nguyên nhân do đây là các công thức thực dụng, các hệ số được khai triển đến bậc tám, liên quan đến thành phần tọa độ B trong công thức (4) phụ thuộc vào hệ số logarit tự nhiên và trong công thức (8) giá trị khởi đầu  $B_x$  được xác định theo công thức lập. Do đó, đối với thành phần N sẽ có độ chênh lệch. Từ kết quả đánh giá cho thấy cơ sở lý thuyết cùng module chương trình tính chuyên, tính đổi từ phép chiếu Mercator sang tọa độ cầu, từ tọa độ cầu sang phép chiếu UTM và ngược lại được trình bày trong bài báo là đáng tin cậy với giá trị sai số nhỏ, sai lệch của 50 điểm tính có độ chênh lệch tối đa đối với trục N chỉ -0,0013m.

Bảng 4. Độ lệch theo trục N và trục E giữa số liệu gốc và kết quả tính từ chương trình.

STT	Số liệu gốc		Số liệu tính ngược		Chênh lệch	
	N(m)	E(m)	N'(m)	E'(m)	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$
1	1185625,5263	1078905,3360	1185625,5269	1078905,3360	-0,0006	0,0000
2	1185625,5263	1078905,3360	1185625,5269	1078905,3360	-0,0006	0,0000
3	1185625,5263	1075211,3360	1185625,5268	1075211,3360	-0,0005	0,0000
4	1185625,5263	1075211,3360	1185625,5268	1075211,3360	-0,0005	0,0000
5	1185625,5263	1070989,8360	1185625,5268	1070989,8360	-0,0005	0,0000
6	1185625,5263	1070989,8360	1185625,5268	1070989,8360	-0,0005	0,0000
7	1188879,0263	1069667,3360	1188879,0268	1069667,3360	-0,0004	0,0000
8	1188879,0263	1069667,3360	1188879,0268	1069667,3360	-0,0004	0,0000
9	1204636,0263	1067409,8360	1204636,0267	1067409,8360	-0,0004	0,0000
...	...	...	...	...	...	...
50	1204157,0147	1047761,8143	1204157,0149	1047761,8143	-0,0002	0,0000

Bảng 5. Thành phần độ lệch theo trục N và trục E.

Độ lệch	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$
Trung bình	-0,0005	0,0000
Lớn nhất	0,0000	0,0000
Nhỏ nhất	-0,0013	0,0000
Sai số RMSE	0,0006	0,0000
ST. Dev	0,0003	0,0000

### 3. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết cùng các công thức tính toán thực dụng được trình bày một cách chi tiết, tường minh và xây dựng được giải pháp tính chuyên tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại. Do việc tính chuyên hiện nay, phải được thực hiện qua các phần mềm trung gian, việc tính toán phức tạp do định dạng dữ liệu đầu vào của các chương trình là khác nhau. Do đó, cùng với việc xây dựng được module phần mềm tính chuyên trực tiếp từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại, chương trình có giao diện thân thiện, việc tính toán dễ dàng, thuận tiện cho người sử dụng.

Từ kết quả tính toán thực nghiệm khi sử dụng module chương trình tính đổi với bộ dữ liệu gồm 50 điểm, dựa trên kết quả đánh giá độ chênh lệch giữa số liệu gốc và kết quả tính ngược lại, đối với trục N có độ lệch trung phương 0,0006m; độ lệch chuẩn đạt 0,0003m; độ lệch nhỏ

nhất chỉ -0,0013m, đối với trục E, không có độ lệch. Các kết quả đánh giá có giá trị độ lệch rất nhỏ đã khẳng định được các công thức thực nghiệm trình bày trong bài báo cùng module chương trình nhóm tác giả xây dựng là hoàn toàn đúng đắn. Với việc hoàn thiện được giải pháp tính chuyển tọa độ từ phép chiếu Mercator sang phép chiếu UTM và ngược lại, kết hợp với module phần mềm có thể giúp cho những nhà quản lý, đơn vị chuyên môn thuận lợi trong khai thác sử dụng các dữ liệu hàng hải phục vụ cho công tác xây dựng và quản lý các công trình biển ở Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1 ]. Thông tư 973/2001/TT-TCĐC, Hướng dẫn áp dụng Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia VN-2000, Tổng cục Địa chính, 2001.
- [2 ]. Thông tư 15/2013/TT-BTNMT, Quy định kỹ thuật lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:50.000, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2013.
- [3 ]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Thông tư 63/2017/TT-BTNMT "Quy định kỹ thuật đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển 1:5000", 2017.
- [4 ]. International Hydrographic Organization, IHO Standards for Hydrographic Surveys, 2020.
- [5 ]. International Hydrographic Organization, User's handbook on datum transformations involving WGS84, 2003.
- [6 ]. Lâm Quang Đốc, Phạm Ngọc Đĩnh, Vũ Bích Vân, Nguyễn Minh Ngọc, Bản đồ học đại cương, NXB Đại học Sư phạm, 2010.
- [7 ]. Trần Trung Hồng, Bùi Tiến Diệu, Trần Trung Chuyên, Phép chiếu bản đồ, NXB Giao thông vận tải, 2008.
- [8 ]. Trần Trọng Phương, Giáo trình Bản đồ học, NXB Đại học nông nghiệp, 2013.
- [9 ]. Nguyễn Thế Việt, Bùi Tiến Diệu, Giáo trình Cơ sở bản đồ và vẽ bản đồ, NXB Khoa học kỹ thuật, 2012.
- [10 ]. Bùi Khắc Luyện, Nguyễn Phúc Hồng, Trần Hoàng Bình, Phép chiếu Mercator ứng dụng trong dẫn đường và nghiên cứu biển, lần thứ 4 Hội thảo khoa học địa hình quân sự, Hà Nội, 2014.
- [11 ]. Tài liệu hướng dẫn sử dụng bộ chương trình Geotools 1.2 của Trung tâm Thông tin - Lưu trữ địa chính, Tổng Cục Địa Chính.
- [12 ]. Tài liệu hướng dẫn chương trình tính chuyển tọa độ DmavCT 2.1 của Cục Bản đồ/ Bộ Tổng tham mưu.
- [13 ]. P. Osborne, The Mercator Projections, Technical report, Edinburgh., (2013). <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.35392>
- [14 ]. Oil & Gas Producers, Coordinate Conversions and Transformations Including Formulas, editor, International Association of Oil & Gas Producers London, 2011, pp. 142 . <https://www.iogp.org/bookstore/product/coordinate-conversions-and-transformation-including-formulas/>
- [15 ]. Đặng Nam Chinh, Hệ quy chiếu trắc địa, Bài giảng cao học ngành Trắc địa, ĐH Mô-Địa chất, Hà Nội, 2010.
- [16 ]. [https://docs.google.com/spreadsheets/d/14pESEXMMMSGKCNBc1g3rBmtsiDLMriHOV/edit?usp=drive\\_link&oid=117318638288110504264&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/14pESEXMMMSGKCNBc1g3rBmtsiDLMriHOV/edit?usp=drive_link&oid=117318638288110504264&rtpof=true&sd=true).