PHÂN TÍCH CÁC THUẬT TOÁN TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ PHẲNG SANG TỌA ĐỘ PHẲNG

TS. DƯƠNG VÂN PHONG
KS. NGUYỄN VĂN LÂM
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Vấn đề tính chuyển tọa độ phẳng trong công tác trắc địa đang là công việc cần thiết trong điều kiện Việt Nam hiện nay. Các loại tư liệu bản đồ hiện có đang sử dụng hệ quy chiếu HN-72 không còn phù hợp với hệ quy chiếu VN-2000. Vì vậy, công việc đặt ra là tính chuyển tọa độ từ hệ quy chiếu HN-72 sang hệ quy chiếu mới VN-2000. Bài báo tổng hợp và phân tích một số công thức tính chuyển tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng.

1. Cơ sở lý thuyết

Để tính chuyển từ tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng có nhiều cách tính toán đó là tính chuyển trực tiếp từ tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng hoặc tính chuyển gián tiếp từ tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng.

- Tính chuyển trực tiếp từ tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng đơn giản là chỉ sử dụng tọa độ vuông góc (x, y) của các điểm.

- Tính chuyển gián tiếp tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng bao gồm:

+ Tính chuyển gián tiếp thông qua tọa độ trắc địa (B, L hoặc B, L, H).

+ Tính chuyển gián tiếp thông qua tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z).

Phương pháp tính chuyển gián tiếp thông qua tọa độ trắc địa (B, L, H) và tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z) đều cần phải sử dụng đến độ cao trắc địa H của điểm tính chuyển. Để tính được độ cao trắc địa H của các điểm là một vấn đề phức tạp ở Việt Nam do số liệu dị thường độ cao chưa đáp ứng được.

Nội dung của bài báo đề cập đến các công thức tính chuyển trực tiếp từ tọa độ phẳng sang tọa độ phẳng sử dụng các điểm song trùng có trên khu vực tính chuyển. Các công thức tính chuyển gián tiếp không đề cập đến do số liệu thực tế chưa cho phép.

Trong các công thức trên x_i^1, y_i^1 và x_i^2, y_i^2 lần lượt là tọa độ của điểm i trong hệ quy chiếu thứ nhất và hệ quy chiếu thứ hai.

Nội dung của các công thức tính chuyển là dựa vào các điểm song trùng trong cả hai hệ xác định các tham số tính chuyển giữa hai hệ quy chiếu, sau đó từ các tham số tìm được tiến hành tính chuyển cho tất cả các điểm từ hệ thứ nhất sang hệ thứ hai.

1.1. Tính chuyển theo công thức Helmert

$$\begin{cases} x_i^2 = X_0 + m.x_i^1.Cos\varphi - m.y_i^1.Sin\varphi \\ y_i^2 = Y_0 + m.y_i^1.Cos\varphi + m.x_i^1.Sin\varphi \end{cases} \quad (1)$$

1.2. Tính chuyển theo công thức Aphin bậc nhất

$$\begin{cases} x_i^2 = a_0 + a_1 x_i^1 + a_2 y_i^1 \\ y_i^2 = b_0 + b_1 x_i^1 + b_2 y_i^1 \end{cases} \quad (2)$$

1.3. Tính chuyển theo công thức Aphin bậc nhất mở rộng

$$\begin{cases} x_i^2 = a_0 + a_1 x_i^1 + a_2 y_i^1 + a_3 x_i^1 y_i^1 \\ y_i^2 = b_0 + b_1 x_i^1 + b_2 y_i^1 + b_3 x_i^1 y_i^1 \end{cases} \quad (3)$$

1.4. Tính chuyển theo công thức Aphin bậc hai

$$\begin{cases} x_i^2 = a_0 + a_1 x_i^1 + a_2 y_i^1 + a_3 x_i^1 y_i^1 + a_4 (x_i^1)^2 + a_5 (y_i^1)^2 \\ y_i^2 = b_0 + b_1 x_i^1 + b_2 y_i^1 + b_3 x_i^1 y_i^1 + b_4 (x_i^1)^2 + b_5 (y_i^1)^2 \end{cases} \quad (4)$$

1.5. Tính chuyển theo công thức Trọng tâm

$$\begin{cases} x_i^2 = a_0 + a_1 \Delta x_i + a_2 \Delta y_i + a_3 \Delta x_i \Delta y_i + a_4 (\Delta x_i)^2 + a_5 (\Delta y_i)^2 \\ y_i^2 = b_0 + b_1 \Delta x_i + b_2 \Delta y_i + b_3 \Delta x_i \Delta y_i + b_4 (\Delta x_i)^2 + b_5 (\Delta y_i)^2 \end{cases} \quad (5)$$

1.6. Tính chuyển theo công thức Hồi quy có sử dụng tọa độ trọng tâm

$$\begin{cases} x_i^2 = x_i^1 + a_0 + a_1 \Delta x_i + a_2 \Delta y_i + a_3 \Delta x_i \Delta y_i + a_4 (\Delta x_i)^2 + a_5 (\Delta y_i)^2 \\ y_i^2 = y_i^2 + a_0 + a_1 \Delta x_i + a_2 \Delta y_i + a_3 \Delta x_i \Delta y_i + a_4 (\Delta x_i)^2 + a_5 (\Delta y_i)^2 \end{cases} \quad (6)$$

1.7. Tính chuyển theo công thức Hồi quy không sử dụng tọa độ trọng tâm

$$\begin{cases} x_i^2 = x_i^1 + a_0 + a_1 x_i^1 + a_2 y_i^1 + a_3 x_i^1 y_i^1 + a_4 (x_i^1)^2 + a_5 (y_i^1)^2 \\ y_i^2 = y_i^1 + b_0 + b_1 x_i^1 + b_2 y_i^1 + b_3 x_i^1 y_i^1 + b_4 (x_i^1)^2 + b_5 (y_i^1)^2 \end{cases} \quad (7)$$

Khi số lượng điểm song trùng lớn hơn số lượng điểm song trùng tối thiểu thì các tham số sẽ được giải theo nguyên lí số bình phương nhỏ nhất:

- Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh

$$V = CX + L \quad (8)$$

Trong đó

V: vector số hiệu chỉnh

C: ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh

X: vector ẩn số (chứa các tham số tính chuyển)

L: vector số hạng tự do

Các giá trị cụ thể trong V, C, X, L trong từng công thức tham khảo tài liệu liên quan.

- Xác định ma trận chuyển vị của ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh C^T.

- Xác lập hệ phương trình chuẩn: $RX + b = 0$.

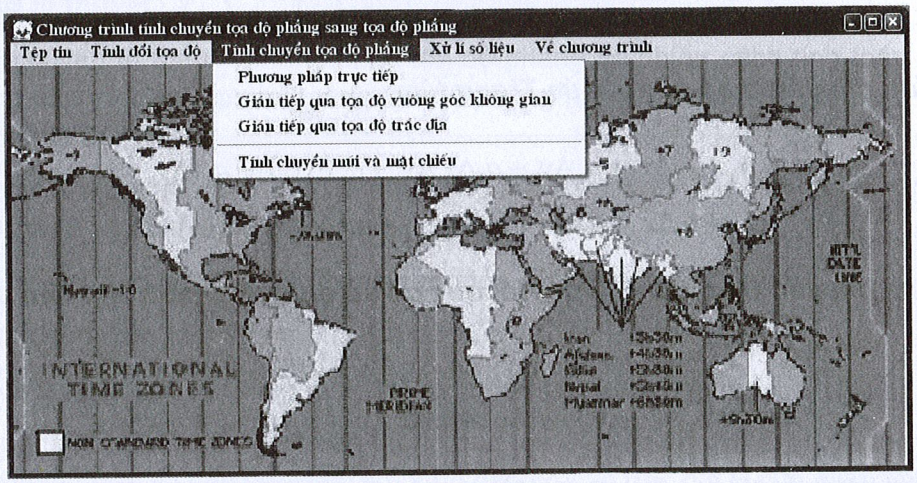
Trong đó: $R = C^T.C$ và $b = C^T.L$ (9)

- Tính ma trận nghịch đảo $Q = R^{-1}$ dùng để đánh giá độ chính xác các tham số.

2. Chương trình tính chuyển

2.1. Giới thiệu về chương trình tính chuyển

Chương trình tính chuyển tọa độ phẳng được tác giả xây dựng dựa trên ngôn ngữ lập trình Visual Basic 6.0. Giao diện của chương trình như sau:



Chương trình cho phép tính chuyển tọa độ vuông góc phẳng sang tọa độ vuông góc phẳng theo các phương pháp trực tiếp và gián tiếp. Nếu như chúng ta cung cấp được dữ liệu dị thường trọng lực thì chương trình hoàn toàn có thể tính chuyển được theo tọa độ trắc địa hoặc tọa độ vuông góc không gian.

2.2. Cấu trúc File số liệu tính chuyển và kết quả so sánh

- Cấu trúc File điểm song trùng sử dụng tính chuyển

DIEM SONG TRUNG

103516	2333528.442	542844.152	2333344.807	542677.194
116448	2318503.153	556587.963	2318320.940	556419.695
116481	2305406.644	571726.971	2305225.764	571557.265
128488	2286056.250	579728.636	2285877.129	579558.160
116426	2293285.518	598441.195	2293105.758	598268.921

116494 2301529.484 583759.132 2301348.975 583588.272

11607 2313586.133 591367.509 2313404.412 591195.909

104494 2323968.754 565167.338 2323786.038 564998.248

104497 2334577.468 575521.416 2334393.726 575351.358

104461 2339531.303 563449.824 2339347.127 563280.913

- Cấu trúc File số liệu các điểm cần tính chuyển

CAC DIEM TINH CHUYEN

103523 2328971.669 551069.868

116453 2317185.751 577161.424

116515 2292969.544 582653.865

- Kết quả so sánh vị trí điểm tính chuyển

Bảng tọa độ gốc các điểm sử dụng tính chuyển

Tên điểm	Toạ độ trước tính chuyển		Toạ độ gốc	
	x(m)	y(m)	x(m)	y(m)
103523	2328971.669	551069.868	2328788.475	550902.118
116453	2317185.751	577161.424	2317003.676	576991.182
116515	2292969.544	582653.865	2292789.825	582483.106

Sau khi tính chuyển ta có bảng so sánh tọa độ sau tính chuyển và tọa độ gốc

Phương pháp	Độ chính xác					
	Toạ độ tính chuyển		Sai số vị trí điểm			Độ chính xác tính chuyển
	x(m)	y(m)	dx(m)	dy(m)	dp(m)	
Trọng tâm	2328788.4841	550902.1276	0.0091	0.0096	0.0132	0.03307
	2317003.7229	576991.1938	0.0469	0.0118	0.0484	
	2292789.8165	582483.1090	-0.0085	0.003	0.0090	

3. Giới thiệu về số liệu và kết quả thực nghiệm

3.1. Giới thiệu về số liệu thực nghiệm

Để kiểm tra độ chính xác của các công thức tính chuyển, tác giả đã tiến hành khảo sát tọa độ các điểm song trùng thuộc khu vực thành phố Hà Nội (thành phố Hà Nội sau khi Hà Tây (cũ) đã được sát nhập). Các điểm sử dụng để kiểm tra cho từng công thức là các điểm song trùng có trên khu vực tính chuyển.

Số liệu được chia làm 4 phương án kiểm tra như sau:

- *Phương án 1: Sử dụng điểm song trùng phân bố đều trên toàn diện tích khu vực.*
- *Phương án 2: Sử dụng điểm song trùng phân bố đều theo đường bao khu vực.*
- *Phương án 3: Sử dụng điểm song trùng phân bố về một phía khu vực.*
- *Phương án 4: Sử dụng điểm song trùng phân bố ở trung tâm khu vực.*

3.2. Kết quả tính toán thực nghiệm

Bảng kết quả tính toán thực nghiệm tổng hợp độ chính xác tính chuyển của các công thức tính chuyển được trình bày trong mục 1. Đơn vị (m).

Phương pháp	Phương án kiểm tra			
	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3	Phương án 4
Helmert	0.0210	0.0274	0.0585	0.0594
Aphin bậc nhất	0.0238	0.0312	0.0639	0.0783
Aphin bậc nhất mở rộng	0.0254	0.0312	0.0691	0.2048
Aphin bậc hai	**0.6195**	**0.8397**	**20.8114**	**4.1426**
Trọng tâm	0.0484	0.0637	0.4284	0.5299
Hồi quy có sử dụng toạ độ trọng tâm	0.0484	0.0637	0.4284	0.5299
Hồi quy không sử dụng toạ độ trọng tâm	0.0483	0.0637	0.4296	0.5294

4. Kết luận và kiến nghị

Các số liệu tổng hợp ở trên là các giá trị sai lệch lớn nhất của tọa độ các điểm song trùng sử dụng để kiểm tra độ chính xác của từng công thức tính chuyển. Dựa vào số liệu tổng hợp và các thuật toán đưa ra, tác giả có một số nhận xét và kết luận sau:

- Phương án 1 cho độ chính xác cao nhất, nên trong thực tế nên lựa chọn điểm song trùng phân bố đều trên toàn khu vực, nếu không có thể lựa chọn điểm song trùng bao quanh khu vực tính.

- Tính chuyển theo công thức Aphin bậc hai cho độ chính xác thấp nhất và theo công thức Trọng tâm cho độ chính xác cao nhất. Chứng tỏ khi các hệ số của ma trận phương trình số hiệu chỉnh càng lớn thì độ chính xác tính chuyển càng thấp nhưng có thể khắc phục nếu như lựa chọn vector số hạng tự do nhỏ. Còn khi hệ số của ma trận phương trình số hiệu chỉnh nhỏ thì độ lớn của vector số hạng tự do ảnh hưởng không lớn tới kết quả tính chuyển.

- Tính chuyển theo công thức Helmert và công thức Trọng tâm đều cho kết quả tương đối tốt trong tất cả các phương án.

Từ những nhận xét nêu ra, tác giả có một số kiến nghị như sau:

- Có thể sử dụng công thức Helmert để tính chuyển tọa độ phẳng khi có các điểm song trùng trên khu vực tính chuyển, do công thức Helmert sử dụng số lượng điểm song trùng không nhiều. Trong trường hợp số lượng điểm song trùng đảm bảo đủ về mặt số lượng có thể sử dụng công thức Trọng tâm (hoặc Hồi quy).

- Nghiên cứu, xây dựng và hoàn thiện chương trình tính chuyển tọa độ phẳng nhằm đáp ứng các mục đích tính chuyển tọa độ phẳng giữa các hệ quy chiếu với nhau.❍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đỗ Ngọc Đường (2008). *Giáo trình Trắc địa Cao cấp đại cương*. Trường đại học Mỏ - Địa chất.

[2]. Hoàng Ngọc Hà. *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*. Nhà xuất bản Khoa học và Kĩ thuật.

[3]. Đỗ Ngọc Đường, Đặng Nam Chinh (2007). *Bài giảng Công nghệ GPS*. Trường đại học Mỏ - Địa chất.

[4]. Phạm Hoàng Lân (1999). *Trắc địa mặt cầu*. Trường đại học Mỏ - Địa chất.

[5]. Tổng cục địa chính (12-1998). *Báo cáo Xây dựng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia*.❍

Summary

ANALYSING METHODS TRANSFORMING FROM PLANE-COORDINATE TO OTHER PLANE-COORDINATE

Dr. Duong Van Phong

Eng. Nguyen Van Lam

University of Mining and Geology

Transforming plane-coordinate in the surveying is a necessary job in the present Vietnam conjuncture. The present maps of document type are using coordinate system HN-72 not appropriate with coordinate system VN-2000. Hence, job is defined is transforming from the coordinate system HN-72 to new coordinate system VN-2000. This paper summarizing and analysing a number of fomulas transforming from plane-coordinate to other plane-coordinate.❍