

# KHẢO SÁT MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐIỂM GIAO CẮT TRONG XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH

NGUYỄN VĂN SÁNG, NGUYỄN VĂN LÂM, Trường Đại học Mỏ - Địa chất  
PHẠM VĂN TUYẾN, Công ty TNHH đường cao tốc Trường Đại, Quảng Đông, Trung Quốc

**Tóm tắt:** Để xác định vị trí điểm giao cắt của các vết đo trong đo cao vệ tinh có thể sử dụng phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai, phương pháp tọa độ không gian hoặc phương pháp trực tiếp. Đối với phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai và phương pháp tọa độ không gian việc xác định vị trí điểm giao cắt được chia làm 2 bước: bước 1 xác định vị trí giao cắt gần đúng, bước 2 xác định vị trí giao cắt chính xác. Phương pháp trực tiếp cho phép xác định trực tiếp vị trí giao cắt chính xác mà không cần xác định vị trí gần đúng. Ở phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai, tại khu vực Biển Đông có thể đổi chỗ giữa độ kinh và độ vĩ cho nhau trong công thức mô phỏng các vết đo. Các kết quả tính toán bằng các phương pháp được so sánh với nhau và so sánh với kết quả đã được kiểm chứng. Kết quả so sánh cho thấy phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai là phương pháp tốt nhất, độ chính xác cao và tốc độ tính nhanh; phương pháp tọa độ không gian tìm ra tọa độ gần đúng bị sai lệch nhiều, cần có thêm thuật toán để xác định đúng 4 điểm lân cận của điểm giao cắt; phương pháp trực tiếp cho kết quả tính tốt nhưng có nhược điểm là thời gian tính lâu nếu khối lượng tính toán lớn.

## 1. Đặt vấn đề

Đo cao vệ tinh là công nghệ hiện đại của thế giới, sử dụng các máy đo cao trên vệ tinh xác định khoảng cách từ vệ tinh đến mặt biển. Đo cao vệ tinh đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới trong các lĩnh vực như Hải dương học, Trắc địa, Địa vật lý ...

Việt Nam với đường bờ biển dài, diện tích lãnh hải rất rộng lớn, tiềm năng khai thác trên biển vô cùng to lớn. Nghiên cứu Biển Đông để khai thác tài nguyên, phát triển kinh tế, bảo vệ chủ quyền biển đảo là chủ trương lớn của Đảng và Nhà Nước. Đo cao vệ tinh là công cụ đắc lực, hiệu quả để nghiên cứu biển, đặc biệt có ý nghĩa trên những khu vực có tranh chấp, không thể khảo sát trực tiếp được. Do vậy việc áp dụng các số liệu đo từ vệ tinh nhân tạo phục vụ cho nghiên cứu khoa học, phát triển kinh tế, bảo vệ chủ quyền biển đảo là một việc làm vô cùng cần thiết. Tuy nhiên, vấn đề ứng dụng số liệu đo cao từ vệ tinh ở Việt Nam vẫn chưa được phổ biến, các tài liệu liên quan đến lĩnh vực này còn chưa nhiều.

Xác định vị trí điểm giao cắt trong đo cao vệ tinh là một việc làm cần thiết để tiến hành bình sai mạng lưới các điểm giao cắt đo cao vệ tinh,

xác định độ cao bề mặt động lực trung bình mặt biển, cung cấp dữ liệu cho các lĩnh vực nghiên cứu khoa học khác. Bài báo góp phần vào việc bổ sung thêm một phần lý thuyết về việc xác định vị trí điểm giao cắt trong xử lý số liệu đo cao vệ tinh, làm phong phú thêm lý thuyết xác định vị trí điểm giao cắt trong xử lý số liệu đo cao vệ tinh bằng cách giới thiệu một phương pháp xác định điểm giao cắt mới và khảo sát, so sánh với hai phương pháp đã có.

## 2. Các phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt

### 2.1. Phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai

Theo phương pháp này các vết đo từ vệ tinh được mô tả theo hàm bậc hai như sau:

$$\lambda = a + b\varphi + c\varphi^2 \quad (1)$$

Các tham số  $a$ ,  $b$ ,  $c$  được xác định dựa vào tọa độ của các điểm trên vết đo. Sau khi xác định được các tham số  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , để tìm được điểm giao cắt gần đúng của 2 vết đo ta giải hệ phương trình hai đa thức mô phỏng hai vết đo đó. Tiến hành so sánh điểm gần đúng vừa xác định với các điểm đo trong vết đo ta sẽ tìm ra 4 điểm lân cận, dựa vào 4 điểm này ta tìm được giao cắt chính xác [1].

Trong công thức (1), độ kinh  $\lambda$  và độ vĩ  $\varphi$  có thể đổi chỗ cho nhau. Khi đó ta có công thức:

$$\varphi = a + b\lambda + c\lambda^2 \quad (2)$$

### 2.2. Phương pháp tọa độ không gian

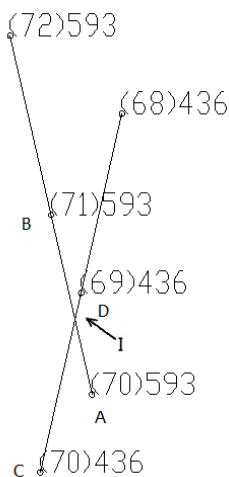
Theo phương pháp này, ta mô phỏng các vết đo thành các vector trong không gian. Lập và giải các phương trình vector ta sẽ tìm ra giao điểm của các vector. Giao điểm của các vector sẽ là tọa độ gần đúng của điểm giao cắt. Sau khi có điểm giao cắt gần đúng, tiến hành xác định 4 điểm lân cận và tính ra tọa độ chính xác của điểm giao cắt [2].

### 2.3. Phương pháp xác định trực tiếp tọa độ điểm giao cắt

Khác với hai phương pháp trên, phương pháp này cho phép ta xác định được trực tiếp tọa độ điểm giao cắt mà không cần xác định vị trí gần đúng điểm giao cắt.

Lý thuyết của phương pháp này là ta xét từng cặp điểm liên tục trên các vết đo so sánh cặp điểm này với các cặp điểm khác và xác định giao điểm của hai đường thẳng đi qua hai cặp điểm nếu nó thỏa mãn điều kiện giao cắt [6].

Giả sử ta xét vết đo 593 và 436 giao nhau tại điểm giao cắt I (hình 1), tọa độ của điểm giao cắt I sẽ là nghiệm của hai phương trình đường thẳng đi qua hai cặp điểm tương ứng của hai vết đo.



Hình 1. Điểm giao cắt trong đo cao vệ tinh

Giả sử ta có tọa độ các điểm  $A(\varphi_A, \lambda_A)$ ,  $B(\varphi_B, \lambda_B)$ ,  $C(\varphi_C, \lambda_C)$  và  $D(\varphi_D, \lambda_D)$  tương ứng là các điểm (70)593, (71)593 trên vết đo 593 và điểm (68)436, (69)436 trên vết đo 436.

Trình tự thực hiện như sau:

- Xét từng cặp điểm A, B và C, D của 2 vết đo;

- Xác định phương trình đường thẳng đi qua các cặp điểm AB và CD;

- Xác định giao điểm  $I(\varphi_i, \lambda_i)$  của hai đường thẳng qua AB và CD, kiểm tra điều kiện giao cắt:

$$\begin{cases} \varphi_A < \varphi_i < \varphi_B \\ \lambda_C < \lambda_i < \lambda_D \end{cases} \quad (3)$$

- Tìm vị trí điểm giao cắt khi điều kiện giao cắt thỏa mãn;

- Tiếp tục chuyển sang cặp điểm tiếp theo và lặp lại công việc này cho đến hết các điểm đo.

Khi điều kiện giao cắt thỏa mãn, tọa độ giao cắt được xác định như sau:

Gọi phương trình đường thẳng đi qua hai cặp điểm AB và CD lần lượt có dạng sau:

$$\begin{cases} a_1\varphi + b_1\lambda + c_1 = 0 \\ a_2\varphi + b_2\lambda + c_2 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Khi đó tọa độ điểm giao cắt I sẽ tính theo công thức:

$$\begin{cases} \varphi_i = \frac{c_2b_1 - c_1b_2}{a_1b_2 - a_2b_1} \\ \lambda_i = \frac{a_2c_1 - a_1c_2}{a_1b_2 - a_2b_1} \end{cases}; (a_1b_2 \neq a_2b_1) \quad (5)$$

Trong đó các hệ số  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  tính theo công thức:

$$\begin{cases} a_1 = \lambda_B - \lambda_A \\ b_1 = \varphi_A - \varphi_B \\ c_1 = \lambda_A\varphi_B - \varphi_A\lambda_B \end{cases}; \begin{cases} a_2 = \lambda_D - \lambda_C \\ b_2 = \varphi_C - \varphi_D \\ c_2 = \lambda_C\varphi_D - \varphi_C\lambda_D \end{cases} \quad (6)$$

### 3. So sánh kết quả xác định vị trí điểm giao cắt của các phương pháp

Từ cơ sở lý thuyết được trình bày ở trên, nhóm tác giả tiến hành xây dựng chương trình tính toán xác định vị trí điểm giao cắt với số liệu đo thực nghiệm đo ở chu kỳ thứ 86 của vệ tinh EnviSat trên biển Đông. Việc hướng dẫn đề truy cập và sử dụng số liệu này được cung cấp bởi AVISO và được trình bày trong [4, 5].

#### 3.1. So sánh kết quả xác định vị trí điểm giao cắt gần đúng bằng phương pháp mô phỏng đa thức

Để khảo sát xem việc đổi chỗ vị trí độ kinh và độ vĩ khi mô phỏng các vết đo bằng các đa thức bậc hai có ảnh hưởng thế nào đến việc xác định vị trí điểm giao cắt, chúng tôi tiến hành thực nghiệm như sau:

- Xác định vị trí gần đúng của các điểm giao cắt khi mô phỏng vết đo bằng công thức (1) và công thức (2);
- Xác định vị trí các điểm giao cắt chính xác;
- Đánh giá độ chính xác của các vị trí giao cắt chính xác bằng cách biểu thị tất cả các điểm giao cắt và các điểm đo lên phần mềm đồ họa

Autocad. Kết quả kiểm tra thấy rằng các điểm giao cắt xác định được là hoàn toàn chính xác;

- So sánh tọa độ gần đúng của điểm giao cắt khi mô phỏng vết đo bằng công thức (1) và (2) với tọa độ điểm giao cắt chính xác. Kết quả so sánh trình bày trên bảng 1.

*Bảng 1. Độ lệch tọa độ gần đúng các điểm giao cắt so với tọa độ chính xác*

TT	Vết giao cắt	Tọa độ chính xác (độ)		Độ lệch tọa độ (độ)			
				Công thức (1)		Công thức (2)	
		Độ vĩ $\varphi$	Độ kinh $\lambda$	$d\varphi$	$d\lambda$	$d\varphi$	$d\lambda$
1	21 – 236	8.098	106.8483	-0.0033	0.0008	0.0036	0.0019
2	36 – 279	9.7041	102.1778	-0.0003	0.0000	-0.0002	0.0000
...	...	...	...	...	...	...	...
26	135 – 694	20.5779	110.4401	0.0115	-0.0001	0.0088	-0.0001
...	...	...	...	...	...	...	...
86	937 – 952	19.0807	105.7696	0.0002	0.0008	0.0003	0.0007
87	965 – 980	19.083	113.674	-0.0008	0.0000	-0.0008	0.0000

Từ kết quả so sánh ở bảng 1 ta thấy rằng với bộ số liệu được sử dụng, khi đổi chỗ độ vĩ  $\varphi$  và độ kinh  $\lambda$  cho nhau trong mô phỏng các vết đo bằng đa thức bậc hai, thì tọa độ gần đúng tính theo hai phương pháp này cho kết quả gần như tương đương nhau. Cả hai cách đều cho phép xác định vị trí gần đúng của điểm giao cắt đủ độ chính xác cần thiết để tìm ra đúng 4 điểm lân cận của điểm giao cắt.

### 3.2. So sánh về độ lệch tọa độ gần đúng của điểm giao cắt tính theo các phương pháp với tọa độ chính xác

Tọa độ gần đúng của phương pháp tọa độ không gian và phương pháp trực tiếp cũng được so sánh với tọa độ chính xác của điểm giao cắt. Kết quả so sánh được trình bày trong bảng 2.

*Bảng 2. Độ lệch của tọa độ gần đúng của phương pháp tọa độ không gian và phương pháp trực tiếp so với tọa độ chính xác*

Vết giao cắt	Tọa độ chính xác (độ)		Độ lệch (độ)				
	Độ vĩ $\varphi$	Độ kinh $\lambda$	$d\varphi_{KG}$	$d\lambda_{KG}$	$d\varphi_{TT}$	$d\lambda_{TT}$	$dS_{KG}$
21 - 236	8.098	106.8483	0.0015	0.0154	0.0000	0.0000	0.0155
36 - 279	9.7041	102.1778	0.0027	0.9634	0.0000	0.0000	0.9634
...	...	...	...	...	...	...	...
494 - 737	9.707	102.896	0.0030	0.4882	0.0000	0.0000	0.4882
507 - 522	19.0762	112.9553	0.0168	2.1398	0.0000	0.0000	2.1399
...	...	...	...	...	...	...	...
937 - 952	19.0807	105.7696	-0.0618	5.2995	0.0000	0.0000	5.2999
965 - 980	19.083	113.674	0.0066	0.6516	0.0000	0.0000	0.6516

Từ bảng 2 ta thấy:

- Phương pháp tọa độ không gian có tọa độ gần đúng xác định được sai lệch nhiều nhất so với tọa độ chính xác. Điều này dẫn đến việc xác định sai 4 điểm lân cận của điểm giao cắt trong

phương pháp này và có thể dẫn đến việc tính sai tọa độ điểm giao cắt thể hiện ở cột cuối cùng của bảng 3. Cần phải có thêm thuật toán kiểm tra điều kiện để tìm đúng 4 điểm lân cận của điểm giao cắt.

- Phương pháp trực tiếp có tọa độ gần đúng trùng với tọa độ chính xác và trùng khớp với kết quả đã được kiểm chứng bằng đồ họa.

### 3.3. So sánh về tốc độ tính toán của 03 phương pháp

Khi số lượng tính toán nhiều thì tốc độ tính toán cũng là yếu tố quan trọng. Để khảo sát tốc độ tính toán của các phương pháp này, nhóm tác giả đã tiến hành xác định vị trí điểm giao cắt theo 03 phương pháp với cùng một bộ số liệu bao gồm 4031 điểm đo cao và 44 cung, thời gian tính toán theo từng phương pháp được thống kê trong bảng 3.

Bảng 3. Thời gian tính toán của 03 phương pháp

Phương pháp	Thời gian tính (s)
Phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai	01
Phương pháp tọa độ không gian	02
Phương pháp xác định trực tiếp vị trí điểm giao cắt	108

Từ bảng 3 ta thấy phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai cho thời gian tính toán nhanh nhất và phương pháp xác định trực tiếp tọa độ điểm giao cắt cho thời gian thực hiện khá lâu.

### 4. Kết luận

- Trong phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt bằng mô phỏng đa thức bậc hai, khi đổi chỗ độ kinh và độ vĩ cho nhau thì không làm thay đổi kết quả tính tọa độ gần đúng và tọa độ chính xác của điểm giao cắt;

- Phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt bằng tọa độ không gian có kết quả tính tọa độ gần

đúng sai nhiều nhất, cần phải có thêm thuật toán để xác định được đúng 4 điểm lân cận của điểm giao cắt;

- Phương pháp trực tiếp cho phép xác định trực tiếp tọa độ chính xác điểm giao cắt, tuy nhiên có thời gian tính lâu nhất, sẽ bất lợi nếu như khối lượng tính toán lớn;

- Trong 03 phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt thì phương pháp mô phỏng đa thức bậc hai là phương pháp tốt nhất, có độ chính xác cao và tốc độ tính toán nhanh.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Sáng, 2013. Xác định vị trí điểm giao cắt trong xử lý số liệu đo cao vệ tinh bằng cách mô phỏng đa thức bậc hai. Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất, Trường Đại học Mỏ - Địa Chất, số 41, Hà Nội. Tr 43-47.
- [2]. Đặng Xuân Kỳ, 2014. Nghiên cứu phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt trong xử lý số liệu đo cao vệ tinh trên biển Đông. Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Sáng, Nguyễn Văn Lâm, 2014. Nghiên cứu phương pháp đánh giá độ chính xác dị thường trọng biên. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học ngành Địa hình quân sự lần thứ 4 – Cục bản đồ - Bộ Tổng tham mưu, tr.46-53.
- [4]. Veronique Amans, Henri Laur, 2007. Access to Envisat data. European Space Agency.
- [5]. AVISO, 2010. DT CorSSH and DT SLA Product Handbook. Toulouse - France.
- [6]. Sách giáo khoa Toán 9, Bộ Giáo dục và đào tạo, Nhà xuất bản Giáo dục.

### SUMMARY

#### Study methods of determining location of crossover points of altimetry data processing

Nguyen Van Sang, Nguyen Van Lam, *University of Mining and Geology*

Pham Van Tuyen, *China Guang Dong provincial ChangDa Highway Engineering Co.,LT*

Location of crossover points of surveying tracks have been determined by simulation quadratic equation method, geodetic coordinate method or direct method. According to the simulation quadratic equation and geodetic coordinate method, location of crossover points have been determined by two steps: step one, determine the approximate coordinates and step two, determine accurate coordinates. The direct method can determine directly accurate location of crossover points without approximate coordinate of crossover points. In the East Sea area, we can transfer role of longitude and latitude together in simulation quadratic equation method. The computation results are then compared to accurate results and together. According to the paper, the simulation quadratic equation method is the best method, the greatest accuracy and the fastest speed; the geodetic coordinate method determine approximate coordinates is high eccentricities, need efficient algorithm to determine four nearly points high accuracy; the direct method have the best result but this method is the slowest speed when data have large quantity.