

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐIỂM GIAO CẮT CỦA CÁC VẾT QUÉT ĐO CAO VỆ TINH TRÊN BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN VĂN SÁNG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
ĐẶNG XUÂN KỲ, Cao đẳng giao thông vận tải Miền Trung
NGUYỄN QUỐC ĐÀO, Ban quản lý khu kinh tế Quảng Ninh

HỒ VIỆT DÙNG, Trường Đại học Giao thông vận tải thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Trong đo cao vệ tinh, các vết quét được chia thành các vết quét thẳng và vết quét giáng. Vị trí giao cắt của các vết quét và chênh lệch độ cao mặt biển tại các điểm giao cắt là số liệu quan trọng phục vụ xử lý số liệu đo cao vệ tinh. Việc xác định vị trí điểm giao cắt được chia thành hai bước: bước 1 xác định vị trí gần đúng, bước 2 xác định vị trí chính xác. Các tính toán thực nghiệm được thực hiện trên Biển Đông với số liệu đo cao vệ tinh chu kỳ thứ 91 của vệ tinh ENVISAT.

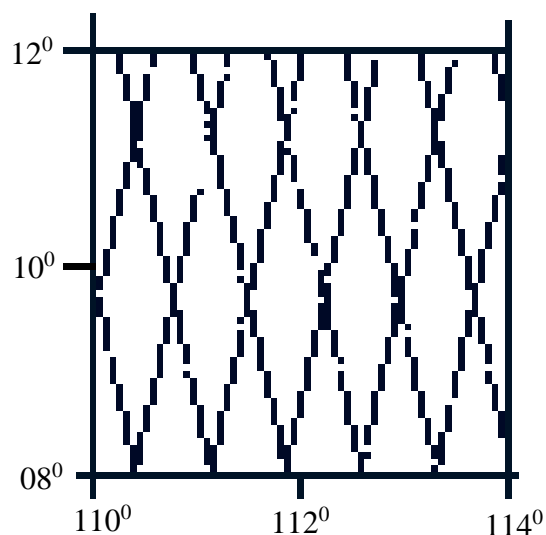
1. Đặt vấn đề

Vệ tinh đo cao (Satellite Altimetry) bay trên quỹ đạo và phát tín hiệu xuống mặt biển. Tín hiệu này phản xạ và được vệ tinh thu lại. Trên cơ sở đo thời gian lan truyền tín hiệu hai chiều, chúng ta tính ra được khoảng cách từ vệ tinh đến mặt biển tức thời. Mặt khác, trên vệ tinh đặt máy thu GPS giúp xác định được độ cao trắc địa của vệ tinh so với mặt ellipsoid. Từ đây xác định ra được độ cao mặt biển so với ellipsoid tại các điểm đo. Các điểm đo tập hợp thành các vết quét [3]. Có hai loại vết quét là vết quét thẳng (còn gọi là cung thẳng) – khi vệ tinh chuyển động từ Nam lên Bắc và vết quét giáng (còn gọi là cung giáng) – khi vệ tinh chuyển động từ Bắc xuống Nam. Cung thẳng và cung giáng cắt nhau tạo thành điểm giao cắt. Do mặt biển luôn luôn biến động nên tại điểm giao cắt thì độ cao mặt biển trên cung thẳng và cung giáng là khác nhau. Chính dựa vào sự khác nhau này mà ta có thể xác định được sự biến động của mặt biển tức thời. Vì vậy, xác định vị trí điểm giao cắt và chênh lệch độ cao mặt biển tại điểm giao cắt là công việc quan trọng trong xử lý số liệu đo cao vệ tinh. Trong [1], đã trình bày phương pháp xác định vị trí điểm giao cắt bằng cách mô phỏng đa thức. Trong bài báo này sẽ giải quyết vấn đề trên bằng một phương pháp mới.

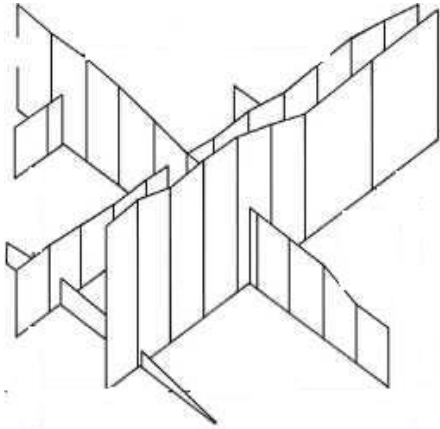
2. Sự phân bố của số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT

Vệ tinh đo cao ENVISAT được phóng lên quỹ đạo ngày 01 tháng 3 năm 2002 và kết thúc

ngày 08 tháng 4 năm 2012. Hơn 10 năm hoạt động, vệ tinh này đã cung cấp một khối lượng số liệu đồ sộ phục vụ nghiên cứu biển như địa hình mặt biển, geoid biển, dị thường trọng lực biển vv... Số liệu này vẫn còn nguyên giá trị đến ngày nay. ENVISAT được thiết kế sao cho khoảng cách giữa các vết quét liền nhau khoảng 70 km, khoảng cách giữa các điểm đo liền nhau khoảng 7.46 km (hình 1). Với sự phân bố như vậy thì vệ tinh ENVISAT quét hết Trái đất cần 35 ngày [2]. Trên Biển Đông (Độ vĩ $8^{\circ} \div 22^{\circ}$, Độ kinh $105^{\circ} \div 114^{\circ}$) mỗi chu kỳ gồm khoảng 44 vết quét, hơn 4000 điểm đo. Mặt cắt của các vết quét được trình bày trên hình 2 [4].

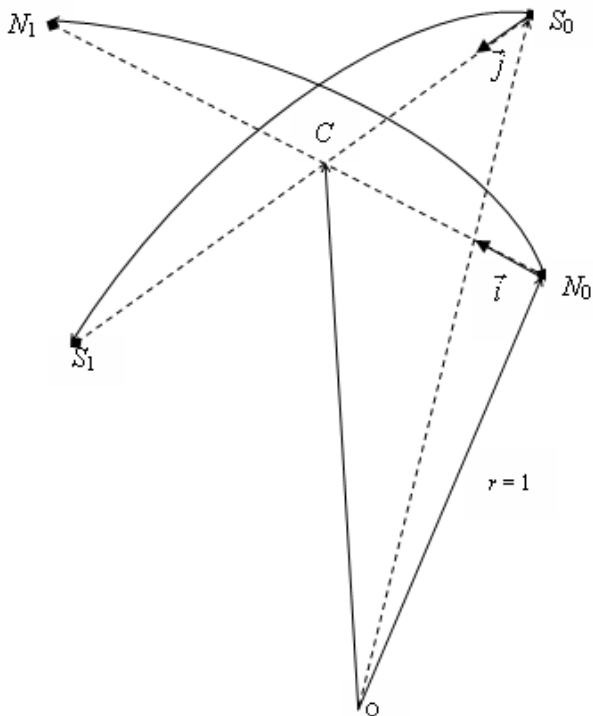


Hình 1. Sơ đồ các vết quét đo cao vệ tinh trên Biển Đông, chu kỳ đo thứ 91 vệ tinh ENVISAT



Hình 2. Sơ đồ mặt cắt các vết quét đo cao vệ tinh

3. Xác định vị trí của điểm giao cắt



Hình 3. Vị trí gần đúng của điểm giao cắt

Gọi N_0, N_1 tương ứng là điểm đầu và điểm cuối của cung thẳng; S_0, S_1 tương ứng là điểm đầu và điểm cuối của cung giáng (hình 3); $(\varphi_{N_0}, \lambda_{N_0}), (\varphi_{N_1}, \lambda_{N_1}), (\varphi_{S_0}, \lambda_{S_0}), (\varphi_{S_1}, \lambda_{S_1})$ – là tọa độ của các điểm tương ứng; C là giao điểm của đường thẳng N_0N_1 và S_0S_1 chính là vị trí gần đúng của điểm giao cắt. Coi các điểm đo nằm trên mặt cầu có bán kính đơn vị. Khi đó, véc tơ đơn vị $\vec{i} = (X_N, Y_N, Z_N)$ trên đường thẳng nối N_0 và N_1 được tính theo công thức:

$$\begin{cases} X_N = \frac{X_{N1} - X_{N0}}{R_{N1}} \\ Y_N = \frac{Y_{N1} - Y_{N0}}{R_{N1}} \\ Z_N = \frac{Z_{N1} - Z_{N0}}{R_{N1}} \end{cases}, \quad (1)$$

trong đó:

$$R_{N1} = \sqrt{(X_{N1} - X_{N0})^2 + (Y_{N1} - Y_{N0})^2 + (Z_{N1} - Z_{N0})^2}; \quad (2)$$

$$\begin{cases} X_{N0} = \cos \varphi_{N0} \cdot \cos \lambda_{N0} \\ Y_{N0} = \cos \varphi_{N0} \cdot \sin \lambda_{N0} \\ Z_{N0} = \sin \varphi_{N0} \end{cases}; \quad (3)$$

$$\begin{cases} X_{N1} = \cos \varphi_{N1} \cdot \cos \lambda_{N1} \\ Y_{N1} = \cos \varphi_{N1} \cdot \sin \lambda_{N1} \\ Z_{N1} = \sin \varphi_{N1} \end{cases}. \quad (4)$$

Véc tơ đơn vị $\vec{j} = (X_S, Y_S, Z_S)$ của đường thẳng nối S_0 và S_1 được tính theo công thức:

$$\begin{cases} X_S = \frac{X_{S1} - X_{S0}}{R_{S1}} \\ Y_S = \frac{Y_{S1} - Y_{S0}}{R_{S1}} \\ Z_S = \frac{Z_{S1} - Z_{S0}}{R_{S1}} \end{cases}, \quad (5)$$

trong đó:

$$R_{S1} = \sqrt{(X_{S1} - X_{S0})^2 + (Y_{S1} - Y_{S0})^2 + (Z_{S1} - Z_{S0})^2}; \quad (6)$$

$$\begin{cases} X_{S0} = \cos \varphi_{S0} \cdot \cos \lambda_{S0} \\ Y_{S0} = \cos \varphi_{S0} \cdot \sin \lambda_{S0} \\ Z_{S0} = \sin \varphi_{S0} \end{cases}; \quad (7)$$

$$\begin{cases} X_{S1} = \cos \varphi_{S1} \cdot \cos \lambda_{S1} \\ Y_{S1} = \cos \varphi_{S1} \cdot \sin \lambda_{S1} \\ Z_{S1} = \sin \varphi_{S1} \end{cases}. \quad (8)$$

Ta lập được phương trình véc tơ:

$$\overrightarrow{ON_0} + N_0\vec{C} = \overrightarrow{OS_0} + S_0\vec{C} \quad (9)$$

$$\Leftrightarrow \overrightarrow{ON_0} + a \cdot \vec{i} = b \cdot \vec{j} + c \cdot \overrightarrow{OS_0} \quad (10)$$

$$\text{hoặc} \quad \begin{pmatrix} X_{N_0} \\ Y_{N_0} \\ Z_{N_0} \end{pmatrix} + a \cdot \begin{pmatrix} X_N \\ Y_N \\ Z_N \end{pmatrix} = b \cdot \begin{pmatrix} X_{S_0} \\ Y_{S_0} \\ Z_{S_0} \end{pmatrix} + c \cdot \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix}. \quad (11)$$

trong đó: a, b, c – là các hệ số cần xác định.

Phương trình (11) được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} X_{S0} & X_S & -X_N \\ Y_{S0} & Y_S & -Y_N \\ Z_{S0} & Z_S & -Z_N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b \\ c \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{N0} \\ Y_{N0} \\ Z_{N0} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

hoặc $A \cdot x = L$, (13)

trong đó: $A = \begin{bmatrix} X_{S0} & X_S & -X_N \\ Y_{S0} & Y_S & -Y_N \\ Z_{S0} & Z_S & -Z_N \end{bmatrix}$;

$$x = \begin{bmatrix} b \\ c \\ a \end{bmatrix}; \quad L = \begin{bmatrix} X_{N0} \\ Y_{N0} \\ Z_{N0} \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Giải hệ phương trình trên sẽ xác định được các hệ số a, b, c . Tọa độ của điểm giao cắt gần đúng C được xác định bằng công thức:

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi_c = \arcsin\left(\frac{Z_c}{R_c}\right) \\ \lambda_c = \arcsin\left(\frac{Y_c}{R_c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{Z_c}{R_c}\right)^2}}\right) \end{array} \right., \quad (15)$$

trong đó: $R_c = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2 + Z_c^2}$; (16)

$$\begin{cases} X_C = X_{N0} + a \cdot X_N \\ Y_C = Y_{N0} + a \cdot Y_N \\ Z_C = Z_{N0} + a \cdot Z_N \end{cases}. \quad (17)$$

Sau khi xác định được tọa độ gần đúng của điểm giao cắt, so sánh tọa độ này với tọa độ các điểm của cung thẳng và cung giáng, tìm ra 4 điểm lân cận của điểm giao cắt rồi dựa vào các điểm này để tìm vị trí chính xác của điểm giao cắt và chênh lệch độ cao mặt biển theo phương pháp Cramer [5]. Phương pháp này có thể áp dụng để xác định vị trí điểm giao cắt cho các vệ tinh đo cao khác như: JASON, T/P hoặc SARAL/AltiKA v.v...

4. Tính toán thực nghiệm

Trên cơ sở lý thuyết trình bày ở trên, chúng tôi tiến hành tính toán thực nghiệm cho số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT trên Biển Đông ở chu kỳ 91. Chu kỳ này có 4162 điểm đo, chia làm 44 vết quét, có 88 điểm giao cắt. Số liệu được cung cấp bởi AVISO [2], [6]. Các kết quả xác định tọa độ gần đúng, tọa độ chính xác của điểm giao cắt và chênh lệch giữa chúng được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1. Kết quả xác định vị trí điểm giao cắt của các vết quét đo cao vệ tinh

Giao cắt		Vị trí gần đúng		Vị trí chính xác		Độ lệch		
		φ (°)	λ (°)	φ (°)	λ (°)	$\Delta\varphi$ (°)	$\Delta\lambda$ (°)	ΔS (km)
21	236	8.099678	106.847936	8.119351	106.843485	0.019673	-0.004451	2.22
49	436	14.488786	113.315616	14.453630	113.316811	-0.035156	0.001195	3.87
49	894	12.903763	113.674915	12.888258	113.674258	-0.015505	-0.000657	1.71
107	322	8.105799	105.409040	8.127311	105.405151	0.021512	-0.003889	2.40
135	150	19.109213	110.799390	19.077642	110.799542	-0.031571	0.000152	3.47
135	350	8.101689	113.314688	8.100670	113.314583	-0.001019	-0.000105	0.11
193	408	8.098751	103.973456	8.101778	103.973598	0.003027	0.000142	0.33
193	952	9.721439	103.611542	9.726450	103.610550	0.005011	-0.000992	0.56
221	436	8.100129	111.877913	8.104495	111.877549	0.004366	-0.000364	0.48
221	780	20.593191	109.003836	20.577786	109.003586	-0.015405	-0.000250	1.69
221	980	9.735376	111.518203	9.726858	111.514365	-0.008518	-0.003838	1.03
279	36	9.708098	102.177685	9.701777	102.178344	-0.006321	0.000659	0.70
279	494	8.098081	102.536343	8.126518	102.529838	0.028437	-0.006505	3.21
279	580	11.308984	101.817542	11.313935	101.815408	0.004951	-0.002134	0.59
307	64	9.731108	110.081418	9.702755	110.081776	-0.028353	0.000358	3.12
307	522	8.102773	110.440106	8.132358	110.433152	0.029585	-0.006954	3.34
307	866	20.584928	107.564622	20.606254	107.558854	0.021326	-0.005768	2.43
365	122	9.709606	100.740261	9.715113	100.738006	0.005507	-0.002255	0.65
365	666	11.310858	100.380155	11.324053	100.375800	0.013195	-0.004355	1.53

Từ bảng 1 rút ra nhận xét: Chênh lệch của tọa độ gần đúng và tọa độ chính xác là nhỏ. Như vậy, vị trí gần đúng xác định theo phương pháp này cho phép tìm ra được đúng 4 điểm lân cận của điểm giao cắt.

Để kiểm tra sự sai lầm khi xác định vị trí điểm giao cắt, chúng tôi biểu diễn các vết quét và các điểm giao cắt trên bản đồ số. Kết quả kiểm tra cho thấy không có sự sai lầm trong việc xác định vị trí điểm giao cắt.

5. Kết luận

- Phương pháp trình bày trong bài báo có cơ sở toán học chặt chẽ, cho phép xác định vị trí gần đúng của điểm giao cắt trên khu vực cục bộ.

- Từ những kết quả thực nghiệm cho thấy chênh lệch giữa vị trí gần đúng và vị trí chính xác không lớn, đủ để tìm ra 4 điểm lân cận của điểm giao cắt, là cơ sở để xác định vị trí chính xác của điểm giao cắt.

- Từ những công thức của phương pháp này có thể xây dựng thành chương trình máy tính để tự động xác định vị trí điểm giao cắt của các vết quét đo cao vệ tinh.

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 – tr 47.
- [2]. AVISO, 2010. DT CorSSH and DT SLA Product Handbook, Toulouse – France.
- [3]. Lee-Lueng Fu, Anny Cazenave, 2001. Satellite Altimetry and Earth Sciences. ACADEMIC PRESS, San Diego – San Francisco – New York – Boston – London – Sydney –Tokyo.
- [4]. Gunter Seeber, 2003. Satellite Geodesy, Walter de Gruyter – Berlin – New York.
- [5]. Nguyễn Văn Sáng, 2012. Bình sai điểm giao cắt của vệ tinh đo cao trên vùng biển Việt Nam. Tạp chí Trắc địa và chụp ảnh hàng không, № 3, Matxcova. Tr 08 – tr 12 (tiếng nga).
- [6]. Veronique Amans, Henri Laur, 2007. Access to Envisat data, European Space Agency.

SUMMARY

Determination of the crossover locations of the satellite altimetry tracks in the EastSea

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

Dang Xuan Ky, *The Central Region Transport College*

Nguyen Quoc Dao, *Quangninh Economic Zone Authority*

Ho Viet Dung, *Hochiminh city University of Transport*

In the satellite altimetry, sub-satellite tracks are classified into ascending and descending tracks. Crossover location of the tracks and differences of sea surface height in the cross-points are important informations for altimetry data processing. The determination of the crossover locations has two steps: first step is determination of the estimated points, second step is determination of the exact locations. The experimental computations are realized in the EastSea which is based on data obtaining from ENVISAT satellite altimetry of the 91st cycle.