

CẢI THIỆN ĐỘ CHÍNH XÁC XÁC ĐỊNH TEC BẰNG MÔ HÌNH BẬC HAI

TS. NGUYỄN NGỌC LÂU

Trường Đại Học Bách khoa TP HCM

Tóm tắt:

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu một số mô hình tham số để xác định chỉ số TEC từ trị đo GPS. Kiểm tra các mô hình này tại một số trạm đo GPS ở Việt Nam, kết quả cho thấy mô hình bậc hai cho độ lệch nhỏ nhất với tổ chức IGS trung bình khoảng 2 TECU. Độ lệch lớn nhất xảy ra xung quanh thời điểm 14h mỗi ngày cũng được cải thiện khoảng 9.2 TECU, nhỏ hơn 1.5 lần so với mô hình trọng số.

1. Giới thiệu

Trong bài báo [2] và gần đây trong công trình nghiên cứu [9] được tiến hành bởi Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, chúng tôi đã trình bày cơ sở lý thuyết và thuật toán để trích lọc chỉ số TEC từ trị đo GPS. Trong đó, chúng tôi đã sử dụng mô hình TEC đơn giản giả sử rằng giá trị VTEC tại trạm đo là trung bình trọng số các giá trị VTEC tại các điểm lân cận xung quanh máy thu. Mô hình này cho phép xác định VTEC với độ chính xác khoảng 4-10 TECU khi so với giá trị của IGS. Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát một số mô hình TEC phức tạp hơn, bao gồm: mô hình bậc nhất (hay tuyến tính) và mô hình bậc hai. Phần cơ sở lý thuyết của các mô hình được trình bày ở mục 2. Việc xác định VTEC theo các mô hình khác nhau và so sánh với giá trị của tổ chức IGS tại một số trạm đo GPS ở Việt Nam được trình bày ở phần 3.

2. Các mô hình xác định TEC

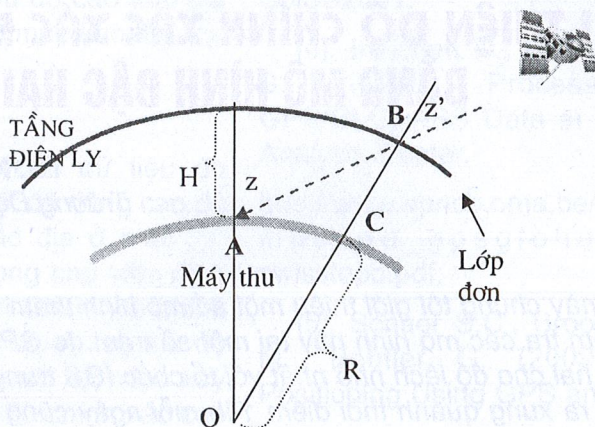
Tầng điện ly trải dài từ độ cao 50km đến hơn 1000km. Tín hiệu GPS khi lan truyền qua tầng khí quyển này bị phân tán và khúc xạ một cách không tuyến tính, dẫn đến bị làm trễ gọi là độ trễ điện ly (ionospheric delay). Chỉ số TEC có thể tính từ độ trễ điện ly thiên đỉnh theo công thức sau [1]:

$$I^z = \frac{\alpha \times VTEC}{f^2} 10^{16} \quad (1)$$

ở đây $\alpha = 40.30 \text{ m}^3/\text{s}^2$; VTEC là giá trị của TEC ở hướng thiên đỉnh (TECU), f là tần số của sóng tải GPS (Hz).

Để đơn giản hóa việc khảo sát tác động của tầng điện ly vào tín hiệu GPS, người ta thường sử dụng mô hình lớp đơn ở độ cao thích hợp ($H = 350\text{km} - 450\text{km}$) để thay thế cho tầng điện ly. Giả sử tín hiệu GPS đến máy thu A cắt qua lớp đơn tại điểm B (xem hình vẽ 1). B được gọi là điểm cắt điện ly (ionospheric pierce point – IPP). Đường thẳng nối tâm Trái đất với B cắt bề mặt trái đất tại C. C được gọi là điểm điện ly con (sub-ionospheric point – SIP).

Người phản biện: PGS. TSKH. Hà Minh Hoà



Hình 1: Mô hình lớp đơn của tầng điện ly

Để chuyển độ trễ điện ly theo hướng truyền sóng BA (l) thành độ trễ điện ly thiên đỉnh tại C (I_z), người ta dùng hàm ánh xạ m như sau

$$I_i = m_i I_i^z \quad (2)$$

với $m_i = \frac{1}{\cos z'}$ và $\sin z' = \frac{R}{R+H} \sin z$

ở đây z, z' là góc thiên đỉnh của hướng truyền tín hiệu tại trạm đo và tại lớp đơn; R là bán kính trung bình của trái đất (thường chọn là 6371km).

Cần chú ý rằng công thức (2) cho chúng ta độ trễ điện ly thiên đỉnh tại C (I_i^z), trong khi chúng ta đang tìm độ trễ điện ly thiên đỉnh tại A (I_i^z). Do đó để tính (I_i^z) từ (I_i^z), người ta dùng một số mô hình sau:

Trung bình cộng

Đây là mô hình đơn giản nhất. Nó giả sử rằng độ trễ điện ly tại điểm điện ly con bằng với độ trễ điện ly tại máy thu. Nếu vào thời điểm đo có n vệ tinh, chúng ta sẽ có n giá trị độ trễ điện ly thiên đỉnh tại n điểm điện ly con. Độ trễ điện ly thiên đỉnh tại máy thu là trung bình cộng các độ trễ điện ly con

$$I^z = \frac{\sum_{i=1}^n I_i^z}{n} \quad (3)$$

Do TEC biến động cao độ theo không gian và thời gian, độ trễ điện ly tính được theo công thức trên có độ chính xác thấp.

Trung bình trọng số

Kết quả sẽ thực tế hơn khi chúng ta lấy khoảng cách của điểm điện ly con tới vị trí máy thu làm trọng số cho độ trễ điện ly tại điểm đó, tức là điểm càng xa trọng số càng bé và ngược lại.

Trong bài báo [2], chúng tôi chọn trọng số là hàm 1/cosz cho kết quả xác định TEC với sai số 4-10 TECU. Một số nghiên cứu khác chọn trọng số nghịch đảo với khoảng cách cầu

giữa điểm điện ly con và điểm đặt máy thu [3]

$$d_{ij} = 6378.1 \times \arccos[\sin \phi \sin \phi_0 + \cos \phi \cos \phi_0 \cos(\lambda - \lambda_0)] \text{ , (km)} \quad (4)$$

ở đây (ϕ, λ) và (ϕ_0, λ_0) là tọa độ trắc địa của điểm điện ly con và máy thu.

Mô hình tuyến tính (bi-linear model)

Komjathy [5, 6] đã đề xuất mối quan hệ sau

$$I_i^z = a_0 + a_1 d\lambda + a_2 d\phi \quad (5)$$

ở đây các hệ số a_i được khảo sát từ dữ liệu thực; a_0 đóng vai trò của I^z ; $d\lambda$ là hiệu kinh độ của điểm điện ly con và kinh độ trung bình của mặt trời; $d\phi$ hiệu vĩ độ địa từ của điểm điện ly con và vĩ độ địa từ của máy thu.

Mô hình bậc hai (quadratic model)

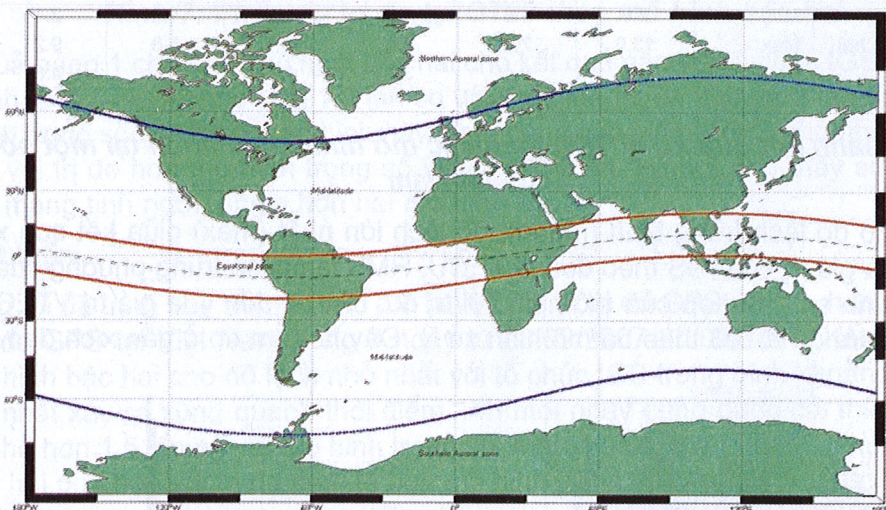
Trong tài liệu [8], Hyunho Rho và Richard B. Langley đã đề xuất mô hình bậc 2 để thay thế cho mô hình tuyến tính như sau

$$I_i^z = a_0 + a_1 d\lambda + a_2 d\lambda^2 + a_3 d\phi + a_4 d\phi^2 + a_5 d\phi d\lambda \quad (6)$$

Mô hình này tương tự với Brunini đã đề xuất trong [7]. Khi phân tích độ trễ điện ly trong các cơn bão từ, Rho và Langley nhận thấy nó có thể cải thiện 1- 3 TECU so với mô hình tuyến tính [8].

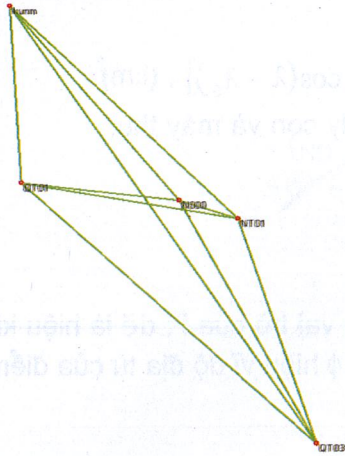
3. Kiểm nghiệm các mô hình tại một số trạm đo ở Việt Nam

Tính bất thường của tầng điện ly Trái đất thể hiện nhiều nhất ở vùng vành đai xích đạo. Vùng này được định nghĩa từ xích đạo của trái đất mở rộng về phía hai cực 10-15° [1, 4].

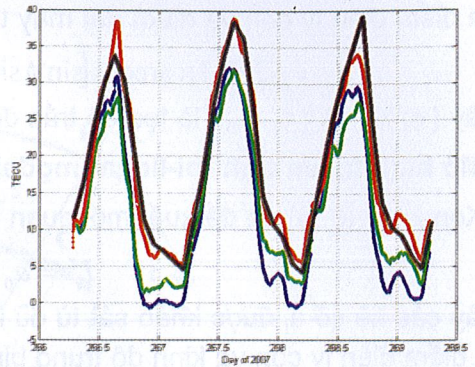


Hình 2: Vùng vành đai xích đạo giới hạn giữa hai đường biên màu đỏ

Như vậy, Việt Nam cũng thuộc vùng này nên sẽ có chỉ số TEC biến động nhiều nhất. Để kiểm tra tính phù hợp của các mô hình trên, chúng tôi đã chọn một số trạm đo ở Việt Nam để xử lý. Các trạm đo này nằm trong mạng lưới Châu Á – Thái Bình Dương đo từ ngày 23/09/2007 đến 29/09/2007 (xem hình 3). Trong xử lý, chúng tôi chỉ chọn ra 3 ngày liên tiếp từ 23/09-25/09/2007. Các kết quả xử lý trình bày ở bảng 1 và hình 4 đến hình 7.



Hình 3: Các trạm đo GPS trên lãnh thổ Việt Nam

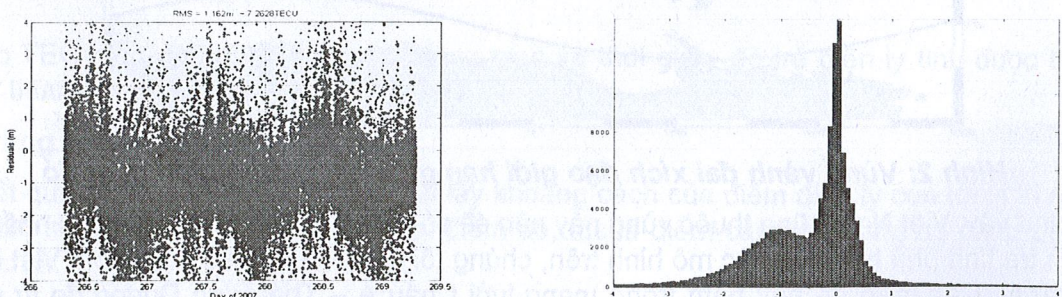


Hình 4: Giá trị VTEC tại trạm đo QT03 theo 3 mô hình (xanh dương: trọng số, xanh lá: tuyến tính, đỏ: bậc hai và đen: IGS)

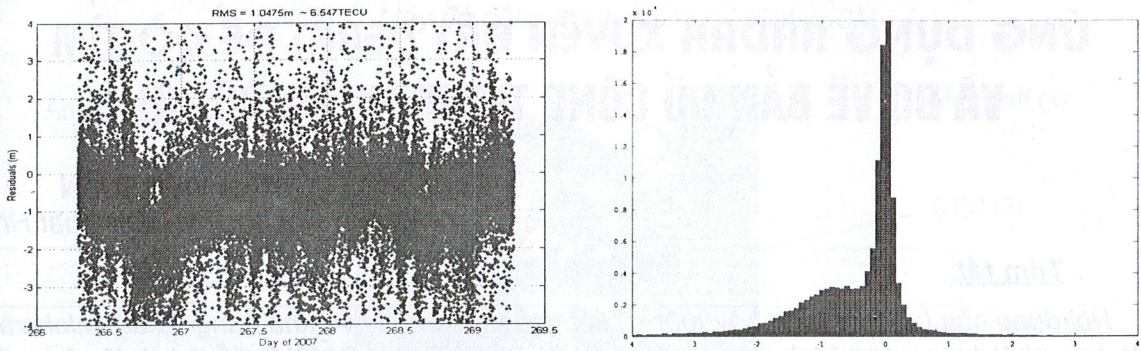
Phương pháp	Chỉ tiêu thống kê (TECU)	Trạm đo					Trung bình
		KUNM Côn Minh	QT01 Điện Biên	N00 Hà Nội	NT01 Quảng Ninh	QT03 Đà Nẵng	
Trọng số	Mean	3.6	4.6	3.8	6.1	6.0	4.8
	Max	14.0	15.0	10.6	17.4	13.0	14.0
	RMS	6.9	6.9	5.5	6.5	7.3	6.6
Tuyến tính	Mean	2.8	3.6	2.5	3.6	5.1	3.5
	Max	9.3	13.3	8.1	9.2	12.6	10.5
	RMS	4.9	5.7	4.3	4.9	6.5	5.3
Bậc hai	Mean	2.9	1.6	1.8	2.4	1.6	2.1
	Max	13.0	7.8	8.4	10.1	6.8	9.2
	RMS	4.6	5.1	3.7	4.1	5.1	4.5

Bảng 1: So sánh kết quả xử lý TEC theo các mô hình khác nhau tại một số trạm đo ở Việt Nam

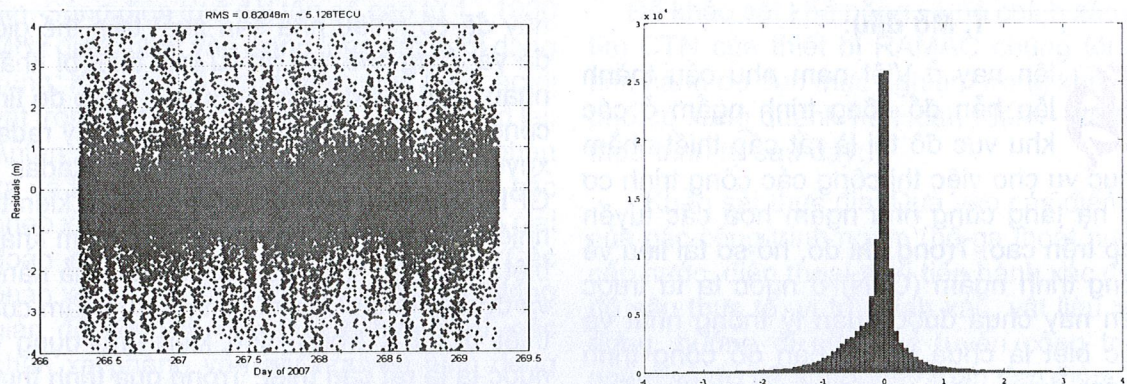
Bảng 1 cho độ lệch trung bình (mean), độ lệch lớn nhất (max) giữa kết quả xử lý theo ba mô hình và giá trị của IGS theo đơn vị TECU. RMS là sai số trung phương của phần dư trị đo, phản ánh sự phù hợp của mô hình với trị đo. Hình 1 đến 4 là giá trị VTEC và phần dư trị đo tại trạm đo QT03 theo ba mô hình xử lý. Đây là trạm đo ở gần xích đạo nhất.



Hình 5: Phần dư trị đo tại QT03 theo mô hình trọng số



Hình 6: Phần dư trị đo tại QT03 theo mô hình tuyến tính



Hình 7: Phần dư trị đo tại QT03 theo mô hình bậc hai

Kết quả bảng 1 cho thấy mô hình bậc hai cho kết quả gần với tổ chức IGS nhất. Độ lệch trung bình là 2.1 TECU nhỏ hơn 1.5 lần so với mô hình tuyến tính và 2 lần so với mô hình trung bình trọng số. Mặt khác mô hình này cũng cung cấp giá trị RMS nhỏ nhất (4.5 TECU), phù hợp với trị đo hơn mô hình trọng số khoảng 1.5 lần. Hình 7 cho thấy sự phân bố các phần dư mang tính ngẫu nhiên hơn hai mô hình kia.

4. Kết luận

Chúng tôi đã trình bày tóm tắt các mô hình TEC từ trị đo GPS và tiến hành xử lý tại một số trạm đo GPS tại Việt Nam trong 3 ngày từ 23/09/2007-25/09/2007. Kết quả xử lý cho thấy mô hình bậc hai cho độ lệch nhỏ nhất với tổ chức IGS trung bình khoảng 2 TECU. Độ lệch lớn nhất xảy ra xung quanh thời điểm 14h mỗi ngày cũng được cải thiện khoảng 9.2 TECU, nhỏ hơn 1.5 lần so với mô hình trọng số. Mặt khác từ giá trị RMS, chúng ta thấy mô hình bậc hai phù hợp với trị đo thực tế hơn mô hình trọng số khoảng 1.5 lần (4.5 so với 6.6 TECU).○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Alfred Leick, (2004), "GPS Satellite Surveying", John Wiley and Sons, Canada.
- [2]. Nguyễn Ngọc Lâu, (2009), "Trích lọc chỉ số TEC từ trị đo GPS", Tuyển tập Hội nghị khoa học: "Đo đạc và Bản đồ Việt Nam vì sự nghiệp Xây dựng và Bảo vệ Tổ quốc", pp. 311-320

(Xem tiếp trang 27)

Summary

RESEARCH ON USING ELLIPSOID AS A HEIGHT REFERENCE SURFACE IN SEABED SURVEYING AND MAPPING IN VIETNAM

Prof. Dr. Sc. Pham Hoang Lan

Hanoi University of Mining and Geology

Master of Science Nguyen Son Cuong

Centre of Marine Surveying and Mapping

The paper introduces a principle of using ellipsoid as a height reference surface in seabed surveying and mapping and present some results of its applying in Vietnam. There are pointed out feasibility and efficiency of this solution especially thanks to removing tide observation needed in a traditional technology and to providing high constancy in time and flexibility in application of seabed surveying and mapping data. ○

CẢI THIỆN ĐỘ CHÍNH XÁC.....

(Tiếp theo trang 11)

[3]. Niranjan Prasat and A.D. Sarma, (2004), "Ionospheric time delay estimation using IDW grid model for GAGAN", J. Ind. Geophys. Union, Vol. 8, No. 4, pp. 319-327.

[4]. Klobuchar J.A., (1991), "Ionospheric effects on GPS", GPSWorld, Apr 1991, pp. 48-51.

[5]. Komjathy A., (1997), "Global ionospheric total electron content mapping using the global positioning system", Technical Report No. 188, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, pp. 248.

[6]. Komjathy A., (2002), "Mapping the low-latitude ionosphere with GPS", GPS World, Feb 1, 2002.

[7]. Brunini C., (2004), "A new ionospheric monitoring technology based on GPS", Journal of Astrophysics and Space Science, Vol 290, pp. 415-429.

[8]. Hyunho Rho and Richard B. Langley, (2005), "Ionospheric Modeling with the quadratic Approach: Results for the Super Storms", ION Annual Meeting 2005 27 – 29 June, Cambridge, Mass, USA.

[9]. Dương Chí Công, Hà Minh Hòa, Nguyễn Ngọc Lâu và Vũ Thanh Ca, (2010), "Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn của việc sử dụng công nghệ GPS để theo dõi trạng thái của tầng điện ly và tầng đối lưu". Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường giai đoạn 2008 - 2010. Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ. ○

Summary

IMPROVING TEC ACCURACY BY USING QUADRATIC MODEL

Dr. Nguyen Ngoc Lau

Department of Geomatics Engineering the HCMC University of Technology

In this paper, we introduce some parametric models for determining TEC from GPS measurements. Testing these models at some GPS stations in Vietnam, the processing results show that the quadratic model gives the smallest deviation with IGS results (~2 TECU). It can improve the TEC accuracy about 1.5 times better than the weighted model. ○