

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ  
CÔNG NGHỆ VN

VIỆN VẬT LÝ ĐỊA CẦU  
-----

**TRẦN THỊ LAN**

**NGHIÊN CỨU NỒNG ĐỘ ĐIỆN TỬ TỔNG CỘNG, ĐẶC  
TRƯNG GRADIENT TẦNG ĐIỆN LY VÀ ẢNH HƯỞNG  
CỦA CHÚNG TỚI QUÁ TRÌNH TRUYỀN TÍN HIỆU VỆ  
TINH GPS Ở KHU VỰC VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Vật lý địa cầu

Mã số: 62 44 01 11

**TÓM TẮT**  
**LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ**

Hà Nội - 2015

# GIỚI THIỆU LUẬN ÁN

## XUẤT XỨ CỦA ĐỀ TÀI

Lãnh thổ Việt Nam nằm ở vùng vĩ độ thấp khu vực Đông Nam Á, trải dài từ vĩ độ địa lý  $8^{\circ}37'30''\text{N}$  (chót mũi Cà Mau) tới vĩ độ địa lý  $23^{\circ}21'30''\text{N}$  (đỉnh Lũng Cú), tương ứng trong khoảng vĩ độ từ (niên đại 2010,0) từ  $0,84^{\circ}\text{N}$  tới  $16,89^{\circ}\text{N}$ . Như vậy xích đạo từ năm cách chót mũi Cà Mau chưa đầy 100 km về phía Nam, và do ở vị trí như vậy nên tầng điện ly ở khu vực Việt Nam có nhiều đặc trưng biến đổi phức tạp hơn so với vùng vĩ độ khác liên quan tới hiệu ứng vòí phun xích đạo, hiện tượng nhấp nháy điện ly... Trước năm 2005 mạng lưới trạm thu GPS liên tục trong vùng còn chưa được lắp đặt và vấn đề nhấp nháy điện ly còn chưa được nghiên cứu. Từ tháng 4/2005, trong khuôn khổ hợp tác giữa Viện Vật lý địa cầu (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), Trường Đại học Tổng hợp Rennes 1 và Trường Viễn thông Quốc gia Brest (Pháp), 3 trạm thu GPS đã được đặt tại Việt Nam để theo dõi sự thay đổi theo thời gian của nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly trong vùng xích đạo. Việc đặt ba trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS liên tục ở Hà Nội ( $21^{\circ}02'50''\text{N}$ ,  $105^{\circ}47'59''\text{E}$ ), Huế ( $16^{\circ}27'33''\text{N}$ ,  $107^{\circ}35'33''\text{E}$ ), và TP Hồ Chí Minh ( $10^{\circ}50'54''\text{N}$ ,  $106^{\circ}33'35''\text{E}$ ) đã mở ra một hướng nghiên cứu điện ly mới ở Việt Nam so với trước đây chỉ sử dụng số liệu thăm dò thẳng đứng tầng điện ly tại Phú Thọ và Tp. Hồ Chí Minh. Với nguồn số liệu liên tục từ ba trạm thu GPS trải đều ở ba miền Bắc-Trung-Nam là một thuận lợi trong nghiên cứu tầng điện ly cho khu vực Việt Nam. Trong bối cảnh trên đề tài “*Nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng, đặc trưng gradient tầng điện ly và ảnh hưởng của chúng tới quá trình truyền tín hiệu vệ tinh GPS ở khu vực Việt Nam*” được xây dựng dưới sự hướng dẫn của TS. Lê Huy Minh (Việt Nam) và TS. Patrick Lassudrie-Duchesne (Pháp)

## MỤC ĐÍCH VÀ NHIỆM VỤ CỦA LUẬN ÁN

Luận án tập chung nghiên cứu các đặc trưng biến thiên nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly, nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam sử dụng chuỗi số liệu từ năm 2006 đến 2011 thu được từ ba máy thu GPS liên tục ở Việt Nam. Với mục đích trên, luận án sẽ giải quyết những vấn đề sau:

1. Tìm hiểu phương pháp và thuật toán rút ra thông tin về tầng điện ly từ số liệu vệ tinh GPS.

2. Nghiên cứu các đặc trưng biến đổi theo thời gian của TEC khu vực Việt Nam như: biến thiên ngày đêm, biến thiên theo mùa và theo hoạt động mặt trời trong giai đoạn nghiên cứu.

3. Thống kê sự xuất hiện nhấp nháy điện ly (gradient TEC) chỉ ra các quy luật xuất hiện theo thời gian, phân bố theo không gian, mối tương

quan với mức độ hoạt động của mặt trời và ảnh hưởng của chúng lên tín hiệu vệ tinh GPS.

## KẾT QUẢ KHOA HỌC VÀ Ý NGHĨA THỰC TIỄN

1. Đây là công trình nghiên cứu lần đầu tiên ở Việt Nam về biến thiên nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly sử dụng số liệu vệ tinh GPS.

2. Đã góp phần khẳng định về các đặc trưng biến thiên của TEC và sự xuất hiện nhấp nháy điện ly ở khu vực Việt Nam.

3. Tạo dựng cơ sở dữ liệu quan trọng ban đầu phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu dự báo điện ly, nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam trong tương lai.

## NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Áp dụng phương pháp mới xác định độ trễ thiết bị trong phép tính nồng độ điện tử tổng cộng từ số liệu GPS hai tần số, hoàn thiện chương trình tính nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly sử dụng phép đo giả khoảng cách.

2. Chỉ ra các đặc trưng biến thiên của nồng độ điện tử tổng cộng theo thời gian, theo mùa và theo sự hoạt động của mặt trời. Xây dựng các bản đồ phân bố TEC theo thời gian và vĩ độ cho khu vực Việt Nam giai đoạn 2006-2010.

3. Lần đầu tiên công bố các kết quả thống kê và chỉ ra đặc trưng xuất hiện nhấp nháy điện ly cho khu vực Việt Nam.

## NHỮNG LUẬN ĐIỂM BẢO VỆ

**Luận điểm 1:** Áp dụng phương pháp mới để xác định độ trễ thiết bị trong phép tính nồng độ điện tử tổng cộng từ số liệu GPS. Sử dụng phương pháp tính nồng độ điện tử đã hoàn thiện cho số liệu GPS liên tục ở Việt Nam, chỉ ra các đặc trưng biến thiên của nồng độ điện tử tổng cộng theo thời gian, theo mùa và theo sự hoạt động của Mặt Trời trong giai đoạn nghiên cứu.

**Luận điểm 2:** Chỉ ra đặc trưng xuất hiện nhấp nháy điện ly cho khu vực Việt Nam: quy luật xuất hiện theo thời gian ngày đêm, quy luật xuất hiện theo mùa và sự phụ thuộc theo hoạt tính mặt trời.

## BỐ CỤC CỦA LUẬN ÁN

Luận án bao gồm 151 trang đánh máy, 8 biểu bảng, 77 hình vẽ và 102 tài liệu tham khảo với bố cục như sau:

- Mở đầu
- Chương 1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam
- Chương 2. Tổng quan về tầng điện ly và hệ thống định vị toàn cầu

- Chương 3. Nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly và quy luật biến đổi theo thời gian ở khu vực Việt Nam
- Chương 4. Đặc trưng xuất hiện nhấp nháy điện ly khu vực Việt Nam và ảnh hưởng của nó lên quá trình truyền tín hiệu vệ tinh GPS
- Kết luận và kiến nghị

## KẾT QUẢ CỦA LUẬN ÁN ĐƯỢC CÔNG BỐ Ở

- 1, Hội nghị khoa học quốc tế về SEALION, Bangkok-Thailand, 2011.
- 2, Hội nghị khoa học quốc tế về Vật lý Địa cầu - Hợp tác và phát triển bền vững, 14-17/11/2012, Hà Nội.
- 3, Hội nghị khoa học quốc tế GINESTRA về thăm dò và nghiên cứu tầng điện ly vùng Châu Á - Thái Bình Dương, 24/1/2013, Hà Nội.
- 4, Hội nghị khoa học hàng năm của Viện Vật lý Địa cầu và đã đăng 05 bài báo trên Tạp chí Các Khoa học về Trái đất và quốc tế được liệt kê trong danh mục công trình công bố của tác giả.

## NỘI DUNG LUẬN ÁN

### CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

Từ cuối những năm 70 khi chòm vệ tinh GPS đầu tiên được phóng lên quỹ đạo, những nghiên cứu sử dụng hệ thống định vị này với nhiều mục đích khác nhau được bắt đầu. Sau năm 1994 khi hoàn thành việc phóng chòm vệ tinh thứ hai của hệ thống GPS, các nghiên cứu về ảnh hưởng của tầng điện ly tới sự truyền tín hiệu phát ra từ các vệ tinh GPS tới các máy thu đặt trên bề mặt Trái Đất bắt đầu phát triển và sau đó các ứng dụng khoa học từ công nghệ GPS ngày càng phát triển mạnh mẽ.

Cộng đồng khoa học quốc tế đã cố gắng đưa ra các tiêu chuẩn quốc tế về thu thập và xử lý số liệu GPS, và đến tháng 1/1994, dịch vụ GPS quốc tế (IGS) đã được thành lập và chính thức đi vào hoạt động. Trong đó một nhóm gồm 5 trung tâm phân tích về tầng điện ly của IGS (CODE, ESA, JPL, EMR và UPC) được thành lập và bắt đầu hoạt động từ tháng 5/1998, chủ yếu cung cấp các bản đồ điện ly toàn cầu hàng ngày với khoảng cách thời gian 2 giờ (Global Ionospheric Mapping - GIM) và các thông tin về độ trễ phần cứng máy thu và vệ tinh DCBs (Differential Code Biases) dựa trên số liệu các trạm thu GPS hai tần số trên toàn cầu (Schaer, 1999). Từ những kết quả đó đã có hàng loạt các công trình nghiên cứu về nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly ở những phạm vi khác nhau sử dụng các máy thu GPS toàn cầu hay khu vực được các nhà khoa học trên thế giới công bố (Schaer et al., 1999; Mannucci et al., 1998; Otsuka et al., 2002; Ma et al., 2003).

Như đã biết hệ thống mạng lưới các trạm thu GPS nằm rải rác trên toàn

cầu nhưng chủ yếu tập trung trong vùng vĩ độ cao và vĩ độ trung bình. Cho đến nay đã có rất nhiều kết quả nghiên cứu toàn diện và chi tiết cho hai vùng vĩ độ trên được công bố nên các thông tin thu được về tầng điện ly trong vùng vĩ độ cao và trung bình là tương đối chi tiết và đầy đủ (Hernandez et al., 1997; Schaer et al., 1999; Mannucci et al., 1998; Breed et al., 1998; Tsai et al., 2001...). Trong khi đó, các trạm thu GPS được đặt trong vùng xích đạo lại rất thưa thớt cộng với những đặc thù phức tạp và khác biệt của tầng điện ly vùng xích đạo gây bởi hiệu ứng vòi phun, sự hình thành các bọng plasma, sự tập chung hoạt động nhấp nháy điện ly... thì nghiên cứu tầng điện ly vùng xích đạo và ảnh hưởng của nó lên quá trình truyền tín hiệu vệ tinh đang là một chủ đề quan tâm của nhiều tác giả trên thế giới. Các nghiên cứu tập chung cho từng vùng kinh tuyến như Châu Mỹ (Basu et al., 1996; Aarons et al., 1997; Beach et al., 1999; Valladares et al., 2004; Zhao et al., 2005; Chu et al., 2007...); Châu Á (Breed et al., 1998; Liu et al., 1999; 2010; Tsai et al., 2001; Thomas et al., 2001; Cervera et al., 2006...); Ấn Độ (Chandra et al., 1979; Banola et al., 2005; Rama Rao, et al., 2006; Bhuyan et al., 2006...)

Có thể nói ứng dụng công nghệ GPS để nghiên cứu tầng điện ly được các nhà khoa học trên thế giới tiến hành khai thác từ nhiều năm trước và đã có một lượng lớn các công trình nghiên cứu được công bố để chỉ ra các đặc trưng cho từng vùng nghiên cứu. Tuy nhiên, đặc điểm của tầng điện ly là mang tính đặc thù địa phương rõ rệt, đặc biệt là tầng điện ly vùng xích đạo, trong khi Việt Nam vẫn còn là vùng thiếu vắng thông tin trên bản đồ điện ly thế giới hiện nay. Các nghiên cứu điện ly ở nước ta đã tiến hành trước đây chủ yếu dựa trên cơ sở số liệu thăm dò thẳng đứng thu được từ Đài điện ly Phú Thụy - Hà Nội, Nha Trang, Bạc Liêu và Đài Hóc Môn - Tp Hồ Chí Minh để khảo sát biến thiên các thông số điện ly (Phạm Văn Tri và nnk (1997); Lê Huy Minh và nnk (2001); Hoàng Thái Lan và nnk (2003, 2009, 2013); Trần Thị Lan (2004); Nguyễn Thanh Dung (2009); Phạm Thị Thu Hồng et al., (2011)).

Sử dụng công nghệ GPS để nghiên cứu tầng điện ly ở Việt Nam cũng mới bắt đầu được tiến hành trong những năm gần đây và còn khá mới mẻ (Lê Huy Minh và nnk (2006, 2007); Nguyễn Chiến Thắng (2007)). Việc lắp đặt ba trạm thu GPS trải đều ở ba miền Bắc-Trung-Nam từ tháng 4/2005 là một thuận lợi trong nghiên cứu tầng điện ly cho toàn khu vực Việt Nam. Để phát triển hướng nghiên cứu này, luận án được xây dựng với mục đích là sử dụng chuỗi số liệu từ ba máy thu tín hiệu vệ tinh GPS nghiên cứu biến thiên nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly cho khu vực Việt Nam trong giai đoạn từ 2006 đến 2011. Các kết quả của luận án sẽ là nguồn tài liệu quan trọng để tiến tới xây dựng mô hình dự báo điện ly, nhấp nháy

điện ly cho khu vực Việt Nam trong tương lai.

## **CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN VỀ TẦNG ĐIỆN LY VÀ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU**

### **2.1 Tầng điện ly của Trái Đất**

#### **2.1.1 Tầng điện ly và các lớp**

Tầng điện ly là một vùng khí quyển của Trái Đất nằm ở khoảng độ cao từ 50 km tới 1000 km hoặc hơn so với mặt đất, được hình thành và tồn tại dưới tác dụng của bức xạ mặt trời và nhiều quá trình vật lý khác. Quá trình ion hóa trong tầng điện ly làm cho tầng điện ly có nồng độ điện tử và các ion đủ lớn có thể ảnh hưởng tới sự truyền sóng radio. Mức độ ion hoá trong tầng điện ly phụ thuộc vào 3 yếu tố cơ bản sau:

- Năng lượng bức xạ ion hoá của Mặt Trời.
- Hệ số hấp thụ năng lượng này của các thành phần khí trong tầng điện ly.
- Mật độ khí quyển.

Đến một độ cao nào đó mà sự ion hoá hoà hợp được 3 yếu tố trên thì đạt được mức độ ion hoá lớn nhất, quá trình đó dẫn đến giá trị cực đại của mật độ điện tử theo chiều cao. Do trong tầng điện ly có nhiều loại phân tử khác nhau nên có nhiều cực trị mật độ điện tử, dựa vào đó người ta đã phân tầng điện ly thành bốn lớp: lớp  $D$ , lớp  $E$ , lớp  $F_1$  và lớp  $F_2$ . Đặc trưng cho mỗi lớp là các tham số như:

- + độ cao của lớp:  $h$
- + chiều dày lớp:  $y$
- + mật độ điện tử cực đại:  $N_e$

Các tham số này đều phụ thuộc mạnh vào các yếu tố như: thời gian trong ngày, mùa trong năm, mức độ hoạt động của Mặt Trời và vị trí địa lý của trạm quan sát.

#### **2.1.2 Lý thuyết hình thành các lớp điện ly và phân bố điện tử thẳng đứng**

##### **2.1.2.1 Sự hình thành các lớp điện ly**

Sự hình thành tầng điện ly của Trái Đất chủ yếu do quá trình quang ion hóa do bức xạ mặt trời. Các quá trình quang hóa có thể được phân ra như sau: quang ion hóa mặt trời, Ion hóa hạt, các phản ứng mất mát ion và quá trình vận chuyển ion. Do vậy trong tầng điện ly, luôn tồn tại một trạng thái cân bằng động trong đó nồng độ electron tự do phụ thuộc vào tốc độ các quá trình sinh và mất của chính các electron này.

##### **2.1.2.2 Hợp phân ion trong tầng điện ly**

Hợp phân khí trung hòa chính trong nhiệt quyển đó là  $O$ ,  $N_2$  và  $O_2$ , do đó các ion chính được tạo ra bởi sự quang ion hóa và tương tác trong

nhiệt quyển là  $O^+$ ,  $NO^+$ ,  $O_2^+$ .

### 2.1.2.3 Hàm sinh ion của Chapman

Lý thuyết Chapman biểu diễn hàm sinh ion trong tầng điện ly được biểu diễn như sau:

$$q(h, \chi) = q_0 e^{(1-z \cdot \sec \chi \exp(-z))} \text{ với } z = (h-h_0)/\Delta h \quad (2.2)$$

Trong đó  $q(h, \chi)$  là tốc độ tạo ion;  $h$  là độ cao;  $\chi$  là góc thiên đỉnh đối với Mặt Trời;  $q_0$  là tốc độ sinh ion ở  $z=0$ ;  $z$  là chiều cao rút gọn;  $h_0$  là độ cao sinh ion cực đại, và  $\Delta h$  là độ cao tỷ lệ.

### 2.1.3 Truyền sóng radio qua tầng điện ly

Đối với các sóng radio có tần số nhỏ hơn 100 MHz, thì tầng điện ly được xem là môi trường hấp thụ và phản xạ sóng. Đối với các sóng cực ngắn, có tần số lớn hơn 100 MHz thì tầng điện ly đóng vai trò là một nguồn nhiễu. Quá trình truyền sóng qua tầng điện ly được xác định bởi chỉ số khúc xạ của môi trường. Chỉ số khúc xạ đối với môi trường ion nhận được từ phương trình Appleton-Hartree (Hargreaves, 1992).

### 2.1.4 Hoạt tính mặt trời

Quá trình ion hóa trong tầng điện ly bị khống chế chủ yếu bởi bức xạ mặt trời, nên nó là một hàm phụ thuộc vào hoạt tính mặt trời. Mức độ hoạt động của mặt trời thể hiện qua số vết đen trên bề mặt quan sát được. Số vết đen mặt trời tính theo công thức của R. Wolf được gọi là số Wolt (W), hay số  $R_z$ , là kết quả quan sát được tại đài quan sát Zurich:

$$R_z = k(10g + s) \quad (2.10)$$

trong đó:  $g$  - số nhóm vết đen;  $s$  - số vết đen riêng lẻ;  $k$  - hệ số điều chỉnh (Wolf lấy hệ số  $k = 1$ ).

### 2.1.5 Tầng điện ly vùng xích đạo và nhiễu loạn điện ly

#### 2.1.5.1 Tầng điện ly vùng xích đạo

Tầng điện ly vùng xích đạo được xác định là vùng điện ly nằm trong khoảng  $\pm 20^\circ$  ở hai phía xích đạo từ. Hình thái của tầng điện ly vùng xích đạo hoàn toàn khác so với ở các vùng vĩ độ cao và vùng vĩ độ trung bình do có sự tồn tại dị thường điện ly xích đạo với sự suy giảm mật độ ion của lớp  $F$  tại xích đạo từ và sự tăng ion ở hai đỉnh dị thường xung quanh  $\pm 15^\circ$  vĩ độ từ ở phía bắc và phía nam xích đạo từ.

#### 2.1.5.2 Lớp E rời rạc (Sporadic E)

Lớp E rời rạc hay còn được gọi là lớp  $E_s$  xuất hiện trong vùng E của tầng điện ly, nằm trong vùng độ cao từ 100 đến 130 km.  $E_s$  là đặc trưng cho sự xuất hiện các mảng nhiễu loạn trong vùng E, với kích thước khoảng vài trăm mét về độ dày.

#### 2.1.5.3 Vết lớp F trải rộng (Spread-F)

*Spread F* xích đạo (ESF-Equatorial Spread F), là hiện tượng biểu hiện các bất ổn định plasma điện ly, thường xuất hiện trong vùng F khu vực

xích đạo sau khi Mặt Trời lặn. Cơ chế hình thành *ESF* chủ yếu gây bởi trạng thái bất ổn định Rayleigh-Taylor (Gravitational Rayleigh-Taylor, GRT) trong môi liên hệ với các quá trình vật lý khác trong tầng điện ly vùng xích đạo.

#### **2.1.5.4 Các nhiễu loạn điện ly**

Nhiễu loạn điện ly là một hiện tượng có tính toàn cầu. Hiện nay chúng ta còn chưa có nhiều hiểu biết về khí hậu học các nhiễu loạn điện ly. Bằng các kỹ thuật khác nhau người ta quan trắc thấy các nhiễu loạn điện ly có thể có quy mô từ hàng chục centimét tới hàng trăm kilômét. Các nhiễu loạn điện ly di chuyển (*traveling ionospheric disturbances - TID*) có thể gây nên những biến đổi ở mật độ điện tử tổng cộng khoảng vài phần trăm.

### **2.2 Hệ thống định vị toàn cầu và cơ sở phân tích số liệu GPS**

#### **2.2.1 Giới thiệu hệ thống định vị toàn cầu**

Hệ thống định vị toàn cầu GPS là một hệ thống dẫn đường bằng sóng radio trong không gian được chính phủ Mỹ phát triển phục vụ cho các mục đích dân sự và quân sự trong việc xác định chính xác vị trí, vận tốc và thời gian ở khắp mọi nơi ở trên và gần mặt đất. Hệ thống GPS xác định khoảng cách 1 chiều, được chia làm 3 bộ phận chính: bộ phận trên không gian, bộ phận điều khiển, và bộ phận sử dụng bao gồm nhiều loại máy thu.

#### **2.2.2 Tín hiệu GPS**

Mỗi vệ tinh GPS là một máy dao động chất lượng cao, nó là một tập hợp các đồng hồ nguyên tử Cesi và Rubidium, được dùng để phát ra kế tiếp nhau hai sóng mang  $L_1$  và  $L_2$  tương ứng với hai tần số GPS là  $f_1 = 1575,42 \text{ MHz}$  và  $f_2 = 1227,60 \text{ MHz}$ .

Có hai mã được điều biến trên hai sóng mang:

+ Mã thứ nhất là mã C/A có thể dùng cho mục đích dân sự, được điều biến chỉ trên sóng mang  $L_1$ .

+ Mã thứ hai là mã P (mã chính xác) dành riêng cho quân đội Mỹ và những người sử dụng được phép khác. Mã P ( $P_1$  và  $P_2$ ) được điều biến trên cả hai sóng mang  $L_1$  và  $L_2$ . Mã  $P_1$  được viết lại dưới dạng mật mã chuyên thành mã Y và chỉ sử dụng được khi người dùng có khóa mở mật mã, chỉ còn mã C/A và mã  $P_2$  được sử dụng rộng rãi.

#### **2.2.3 Khả năng quan sát của GPS**

##### **2.2.3.1 Giả khoảng cách (code)**

Tín hiệu mã C/A, mã P hoặc mã hóa Y được phát ra bởi vệ tinh  $k$  tại thời điểm  $t^k$  và được thu bởi máy thu  $i$  tại thời điểm  $t_i$  được xác định như sau:

$$P_i^k = \rho_i^k + c(\Delta t_i - \Delta t^k) + \Delta \rho_{i,trop}^k + \Delta \rho_{i,ion}^k + c(b^k + b_i) + \varepsilon \quad (2.12)$$

trong đó,  $P_i^k$  là giả khoảng cách được biểu thị bằng đơn vị độ dài;  $\rho_i^k$  là khoảng cách thực từ vệ tinh  $k$  đến máy thu  $i$ ;  $\Delta t_i$ ,  $\Delta t^k$  là các độ lệch của đồng



hồ máy thu và đồng hồ vệ tinh so với thời gian của hệ thống GPS;  $\Delta\rho_{i,trop}^k$  là độ trễ của tín hiệu do tầng đối lưu;  $\Delta\rho_{i,ion}^k$  là độ trễ của tín hiệu do tầng điện ly;  $b_i, b^k$  là các độ trễ do phần cứng của máy thu và của vệ tinh;  $c$  là vận tốc ánh sáng trong chân không;  $\varepsilon$  là sai số ngẫu nhiên, trong đó bao gồm cả sai số do hiệu ứng nhiễu đường truyền của tín hiệu.

### 2.2.3.2 Quan sát pha mang (Carrier phase)

Quan sát pha mang là phép đo pha của tín hiệu từ vệ tinh đến máy thu, phương trình quan sát pha mang như sau:

$$L_i^k = \rho_i^k + c(\Delta t_i - \Delta t^k) + \Delta\rho_{i,trop}^k - \Delta\rho_{i,ion}^k + \lambda B_i^k + \varepsilon \quad (2.13)$$

trong đó  $L_i^k$  là quan sát pha mang, được biểu thị bằng đơn vị độ dài;  $B_i^k$  là độ lệch không đổi, được biểu thị bằng vòng quay, về nguyên tắc chứa giá trị không xác định pha mang ban đầu  $N_i^k$ .

### 2.2.3.3 Quan sát Doppler

Tần số Doppler là hệ số thay đổi khi quan sát pha mang, nó phản ánh quan hệ vận tốc giữa máy thu và vệ tinh GPS:

$$\dot{\varphi}_i^k = \dot{\rho}_i^k + c(\dot{\Delta t}_i - \dot{\Delta t}^k) + \dot{\Delta\rho}_{i,trop}^k - \dot{\Delta\rho}_{i,ion}^k + \varepsilon \quad (2.14)$$

trong đó,  $\dot{\varphi}_i^k$  là hệ số pha của pha mang, được biểu thị bằng đơn vị độ dài.

### 2.2.4 Các nguồn lỗi của tín hiệu GPS

Các nguồn gây ra sai số trên tín hiệu có thể phân thành 3 nhóm: Nhóm 1: lỗi liên quan đến vệ tinh bao gồm sai số do đồng hồ vệ tinh và sai số do quỹ đạo vệ tinh. Nhóm 2: lỗi liên quan đến máy thu bao gồm sai số do độ lệch tâm pha Anten, sai số đồng hồ máy thu, nhiễu. Nhóm 3: lỗi liên quan đến đường truyền bao gồm độ trễ gây bởi tầng đối lưu và tầng điện ly, hiệu ứng đa đường truyền.

### 2.2.5 Ảnh hưởng của tầng điện ly lên tín hiệu GPS

Tầng điện ly có thể được coi là nguồn gây ra sai số đáng kể nhất lên độ chính xác trong phép định vị dẫn đường bằng vệ tinh. Tham số của tầng điện ly gây ra hầu hết các ảnh hưởng lên tín hiệu GPS là tổng số các điện tử trong tầng điện ly, thường gọi là nồng độ điện tử tổng cộng (TEC).

#### 2.2.5.1 Sự trễ nhóm – sai số khoảng cách tuyệt đối

Sự trễ nhóm tín hiệu gây ra bởi tầng điện ly khi truyền qua nó sẽ phát sinh sai số về khoảng cách, được tính theo công thức sau:

$$\Delta t = \frac{1}{c} \int (1 - n) dl \quad \text{hay} \quad \Delta r = \int (1 - n) dl \quad (2.16)$$

trong đó  $\Delta t, \Delta r$  là độ trễ nhóm tính theo thời gian và khoảng cách,  $c$  là vận tốc ánh sáng trong chân không,  $n$  là chỉ số khúc trong tầng điện ly

#### 2.2.5.2 Sự sớm pha – sai số khoảng cách tương đối

Sự sớm pha liên quan đến chỉ số khúc xạ trong môi trường điện ly do có sự xuất hiện các điện tử tự do, được tính theo công thức sau:

$$\Delta\phi = \frac{1}{\lambda} \int (1-n)dl, \text{ vòng hay bước sóng} \quad (2.22)$$

### 2.2.5.3 Sự trôi dạt Doppler-sai số khoảng cách do dịch chuyển điện ly

Sự trôi dạt tần số Doppler gây bởi tầng điện ly do sự thay đổi theo thời gian của TEC có thể được tính theo công thức sau :

$$\Delta f = \frac{dn}{dt} = \frac{1,34 \cdot 10^{-7}}{f} \frac{dTEC}{dt}, \text{ Hz} \quad (2.25)$$

### 2.2.5.4 Nhấp nháy tín hiệu

Khi tín hiệu vệ tinh GPS truyền qua một vùng nhiễu loạn mật độ điện tử qui mô nhỏ trong tầng điện ly có thể chịu một sự dao động nhanh về biên độ và pha, hiện tượng này được gọi là nhấp nháy điện ly (Ionospheric Scintillation). Nhấp nháy điện ly sẽ làm giảm độ chính xác trong phép định vị GPS, khi nhấp nháy trên đường truyền đủ mạnh thì đường truyền trở nên không liên tục có thể gây mất tín hiệu hoặc không có giá trị cho việc sử dụng trong lời giải định vị.

## CHƯƠNG 3. NỒNG ĐỘ ĐIỆN TỬ TỔNG CỘNG TẦNG ĐIỆN LY VÀ QUY LUẬT BIẾN ĐỔI THEO THỜI GIAN Ở KHU VỰC VIỆT NAM

### 3.1 Số liệu và phương pháp nghiên cứu

#### 3.1.1 Số liệu

Ba máy thu GPS được đặt ở Việt Nam từ tháng 4 năm 2005 theo hợp tác với Pháp tại các địa điểm và toạ độ địa lý và vĩ độ từ niên đại 2010 được chỉ ra trong *bảng 3.1*.

*Bảng 3.1, Vị trí các trạm thu GPS ở Việt Nam*

Tên trạm	Toạ độ địa lý		Vĩ độ từ (N) (niên đại 2010)
	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	
Hà Nội	21°02'50''	105°54'59''	14,37°
Huế	16°27'33''	107°35'33''	9,45°
Tp Hồ Chí Minh	10°50'54''	106°33'35''	3,34°

Đây là các máy thu tín hiệu GPS hai tần số loại GSV4004 để thu thập số liệu về TEC và nhấp nháy điện ly đối với tất cả các vệ tinh nhìn thấy.

#### 3.1.2 Phương pháp nghiên cứu

##### 3.1.2.1 Rút ra thông tin nồng độ điện tử tổng cộng từ máy thu GPS hai tần số

Sử dụng phép đo hiệu giá khoảng cách để tính giá trị tuyệt đối TEC:

$$STEC = \frac{1}{40,3} \left( \frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) (P_{2i}^k - P_{1i}^k + c(\Delta b^k + \Delta b_i)) \quad (3.8a)$$

trong đó STEC là nồng độ điện tử tổng cộng trong tầng điện ly dọc theo đường tia sóng; chỉ số  $i, k$  biểu thị cho cặp máy thu  $i$  và vệ tinh  $k$ ;  $P_1, P_2$  là phép đo giả khoảng cách trên tần số  $f_1$  và  $f_2$ ,  $\Delta b^k = b_1^k - b_2^k$ ,  $\Delta b_i = b_{1i} - b_{2i}$  là độ trễ vệ tinh  $k$  và độ trễ máy thu  $i$  tương ứng.

Để thu được giá trị tuyệt đối STEC, ta phải xác định được các độ trễ thiết bị gây bởi phần cứng máy thu và vệ tinh ( $\Delta b_i$  và  $\Delta b^k$ ). Các giá trị STEC nghiêng được chuyển về TEC thẳng đứng (TECV) hoặc để cho ngắn gọn thường gọi là TEC tại điểm cắt dưới tầng điện ly theo công thức :

$$TEC = STEC \cdot \cos z', \quad z' = \arcsin\left(\frac{R}{R+H} \sin z\right) = \arcsin\left(\frac{R}{R+H} \cos \alpha\right)$$

Trong đó  $z, z'$  là khoảng cách thiên đỉnh của vệ tinh tại vị trí máy thu và tại điểm cắt tầng điện ly tính bằng độ,  $R \approx 6371km$  là bán kính Trái Đất và  $H$  là độ cao lớp đơn,  $\alpha$  là góc nhìn vệ tinh tại vị trí máy thu.

### 3.1.2.3 Mô hình TEC toàn cầu GIMs

Sản phẩm nghiên cứu tầng điện ly từ hệ thống các máy thu GPS trên toàn cầu hiện nay là mô hình TEC toàn cầu GIMs. Các bản đồ phân bố TEC, độ trễ gây bởi phần cứng của vệ tinh (Satellite bias) và máy thu (Receiver bias) được thông báo hàng ngày trong mô hình TEC toàn cầu và có thể tải xuống từ website: <http://www.aiub.unibe.ch/download/code/>.

### 3.1.2.4 Xác định độ trễ phần cứng máy thu và vệ tinh

Đối với các máy thu ở Việt Nam, Lê Huy Minh và nnk (2006) đã xây dựng phương pháp tính độ lệch máy thu bằng cách tính độ lệch bình phương trung bình giữa TEC quan sát trong trường hợp chưa hiệu chỉnh độ lệch máy thu và TEC thu được từ mô hình toàn cầu trong khoảng thời gian đêm từ 01h đến 05h sáng địa phương tại cùng một vị trí quan sát. Hạn chế của phương pháp này là ảnh hưởng có tính chất địa phương trong ngày của tầng điện ly sẽ tác động trực tiếp đến giá trị độ trễ máy thu. Mặt khác, khó khăn gặp phải vào những ngày số liệu bị mất trong khoảng thời gian trên thì không thể tính và hiệu chỉnh độ trễ thiết bị. Để khắc phục những hạn chế trên, chúng tôi xây dựng chương trình tính độ trễ thiết bị dựa trên ý tưởng của Komjathy et al. (2005), các giá trị TEC được tính trong trường hợp chưa hiệu chỉnh độ trễ thiết bị ( $\Delta b^k + \Delta b_i = \Delta b_i^k = 0$ ) cho tất cả các vệ tinh nhìn thấy có góc nhìn lớn hơn hoặc bằng  $20^\circ$  được so sánh với các giá trị TEC tính được từ mô hình toàn cầu tại cùng một vị trí trạm ở thời điểm quan sát. Các giá trị độ lệch tương ứng sẽ được gán cho là độ trễ thiết bị tại thời điểm quan sát ( $\Delta b_i^k(t)$ ). Giá trị độ lệch được tính cho từng cặp máy

thu - vệ tinh (mỗi trạm thu sẽ có 32 cặp giá trị tương ứng với 32 vệ tinh) và cho tất cả các thời điểm quan sát  $t$  trong ngày. Các cặp giá trị độ lệch cho ngày sẽ là median các độ lệch ở các thời điểm  $t$  trong ngày. Để hạn chế các tác động có tính chất địa phương của tầng điện ly lên kết quả tính độ trễ, các giá trị độ trễ được tính trong nhiều ngày, ở đây chúng tôi chọn là 1 tháng. Kết quả cho thấy, tại mỗi trạm các giá trị độ trễ thay đổi tùy thuộc vào từng vệ tinh, khoảng giá trị độ trễ thiết bị gây ra tại trạm Hà Nội dao động trong khoảng  $-70$  TECu đến  $-20$  TECu, tại trạm Huế giá trị này dao động trong khoảng từ  $5$  TECu đến  $60$  TECu và tại trạm đặt ở TP. Hồ Chí Minh là từ  $5$  TECu đến  $50$  TECu tùy theo từng vệ tinh quan sát. Tất cả các cặp giá trị độ trễ thiết bị này được tính cho từng tháng quan sát số liệu và sẽ được dùng để đưa vào phương trình tính giá trị TEC tuyệt đối cho mỗi cặp vệ tinh và máy thu tương ứng tại thời điểm quan sát. Để kiểm tra phương pháp tính, chúng tôi tiến hành so sánh các giá trị TEC tính được bằng phương pháp đã nêu sau khi đã sử dụng các giá trị độ trễ thiết bị và các giá trị TEC rút ra từ mô hình toàn cầu tại vị trí của 3 trạm GPS ở Việt Nam. Kết quả cho thấy đường cong giá trị TEC thu được có xu hướng phù hợp với đường TEC tính từ mô hình toàn cầu, nhưng cũng có nhiều điểm phản ánh xu thế khác, đặc biệt vào thời gian ngày, khi hiệu ứng vòi phun của tầng điện ly vùng vĩ độ thấp phát triển thì có sự sai lệch đáng kể giữa giá trị mô hình và giá trị quan sát do giá trị mô hình không thể phản ánh hết tính chất địa phương phức tạp của tầng điện ly vùng xích đạo.

Phương pháp tính độ trễ thiết bị này đã được chúng tôi giới thiệu và áp dụng nghiên cứu cho vùng dị thường điện ly xích đạo Đông Nam Á, kết quả được đăng trên tạp chí *Advances in Space Research* và nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới.

### **3.1.2.5 Chương trình tính toán nồng độ điện tử tổng cộng từ số liệu GPS**

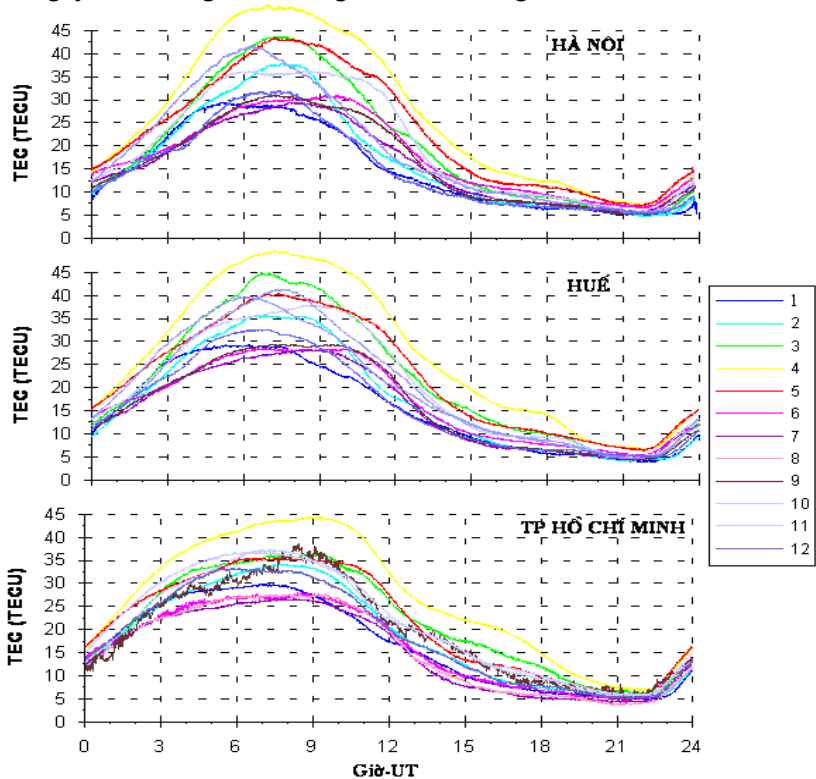
Từ các phương pháp tính toán đã nêu, một chương trình tính toán TEC đã được xây dựng. Toàn bộ chương trình tính được viết bằng ngôn ngữ Matlab gồm khoảng 1000 dòng lệnh được chia thành hai bước chính tương ứng với 2 chương trình lớn. Lối vào của chương trình là các tệp số liệu dạng rinex thu được bằng các máy thu GPS hai tần số, lịch vệ tinh, mô hình điện ly toàn cầu; lối ra là tọa độ điểm cắt tầng điện ly, thời gian quan sát, TEC nghiêng, TEC thẳng đứng và góc nhìn vệ tinh.

Trong trường hợp ở đây, các giá trị TEC sau khi tính toán theo chương trình, chúng tôi sử dụng thêm bước lọc lấy các giá trị theo góc nhìn vệ tinh lớn hơn  $20^{\circ}$  để hạn chế ảnh hưởng tán xạ, hiện tượng đa đường truyền, nhiễu đường truyền tín hiệu... Giới hạn góc nhìn này có thể làm giảm số lượng vệ tinh quan sát nhưng cho phép chúng ta loại bỏ được đáng kể những ảnh hưởng không phải do bởi tầng điện ly. Tập hợp các giá trị

TEC đã được lọc như vậy là cơ sở cho các nghiên cứu sau này về TEC.

### 3.2 Biến thiên theo thời gian ngày đêm của TEC khu vực Việt Nam

Để chỉ ra biến thiên theo thời gian ngày đêm của TEC, các giá trị TEC tính được tại mỗi thời điểm quan sát sẽ được lấy trung bình cho tất cả các vệ tinh nhìn thấy. Biến thiên ngày đêm trung bình tháng trong từng năm từ 2006 đến 2010 được vẽ cho ba trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh. Kết quả quan sát cho thấy đặc trưng biến thiên ngày đêm chung của TEC là đạt một cực đại vào ban ngày (06-09UT, tức là 13-16LT) và một cực tiểu vào ban đêm địa phương (khoảng 21-22UT, tức là 04-05LT). Biên độ dao động ngày đêm trung bình tháng của TEC thay đổi trong khoảng từ cực tiểu ban đêm cỡ 5TECu đến cực đại ban ngày cỡ 50TECu tùy thuộc vào từng tháng trong năm và vào mức độ hoạt động mặt trời. Hình 3.9 chỉ ra biến thiên ngày đêm trung bình tháng của TEC trong năm 2006.

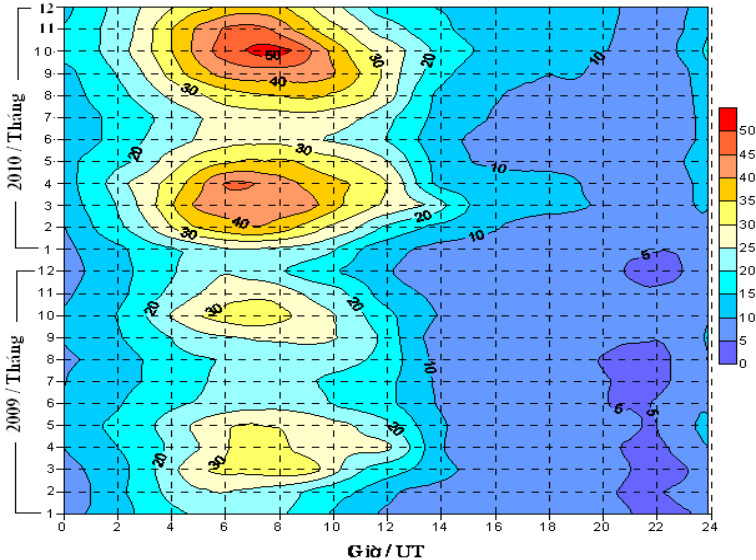


Hình 3.9 Biến thiên ngày đêm trung bình tháng của TEC trong năm 2006 tại các trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh

So sánh với đặc trưng biến thiên ngày đêm của tần số tới hạn của các lớp điện ly đã công bố bởi các tác giả trước đây (Lê Huy Minh và nnk, 2001; Hoàng Thái Lan và nnk, 2013), ta nhận thấy rằng đặc trưng biến thiên theo thời gian ngày đêm của TEC tương tự với đặc trưng biến thiên ngày đêm của tần số tới hạn lớp  $F_2$  ( $f_oF_2$ ) thu được từ số liệu thăm dò thẳng đứng tại các trạm tương ứng.

### 3.3 Biến thiên theo mùa và sự phụ thuộc vào mức độ hoạt động mặt trời

Để tìm hiểu đặc tính mùa của TEC, chúng tôi tiến hành biểu diễn các giá trị TEC ngày đêm trung bình tháng theo dạng đường đẳng trị cho từng năm số liệu quan sát cho trạm Hà Nội, Huế và Tp. Hồ Chí Minh trong thời gian năm 2009 và 2010. Hình 3.15 là kết quả biến thiên theo mùa trong năm 2009 và 2010 tại Hà Nội.

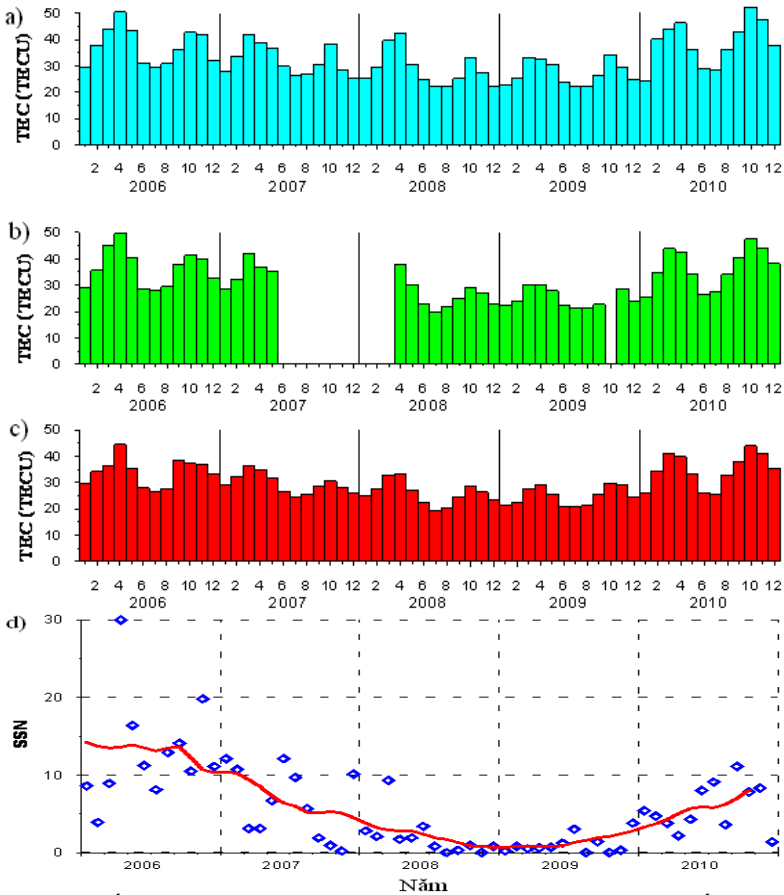


Hình 3.15, Biến thiên theo mùa trong năm 2009 và 2010 tại Hà Nội, khoảng cách giữa các đường đẳng trị 5 TECu.

TEC thể hiện một xu thế biến thiên theo mùa trong năm rất rõ ở cả ba trạm, đạt hai cực đại vào thời kỳ phân điểm: xuân phân (tháng 3-4) và thu phân (tháng 9-10) và cực tiểu vào những tháng mùa đông và mùa hè. Biến thiên mùa của TEC được giải thích bởi thành phần khí và sự cân bằng giữa quá trình sinh và mất ion trong tầng điện ly.

Ngoài đặc trưng biến thiên theo mùa ở trên, TEC còn phụ thuộc vào mức độ hoạt động của mặt trời, để xem xét mối liên hệ này, các giá trị

cực đại TEC trong tháng của từng năm được tính cho toàn bộ chuỗi số liệu từ 2006 đến 2010, kết quả được chỉ ra trên hình 3.19.



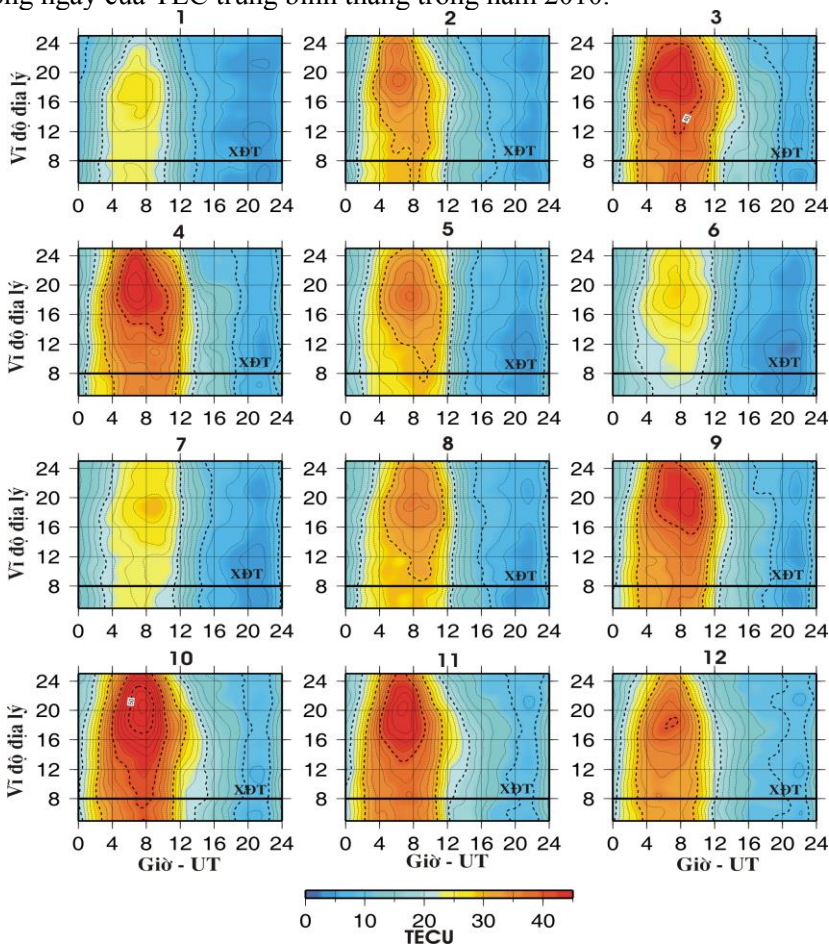
Hình 3.19, Biến thiên biên độ cực đại TEC tại a) Hà Nội, b) Huế, c) TP. Hồ Chí Minh và d) Số vết đen mặt trời giai đoạn từ 2006 đến 2010.

Biên độ cực đại của TEC cũng thể hiện biến thiên mùa và biến thiên theo mức độ hoạt động mặt trời, so sánh chuỗi số liệu từ 2006 đến 2010 tại mỗi trạm ta nhận thấy biên độ TEC giảm dần khi hoạt động của mặt trời giảm và biên độ đạt giá trị thấp nhất vào năm 2008 và 2009 (khi hoạt động mặt trời cực tiểu), và đến năm 2010 lại tăng dần lên. Giá trị của hai cực đại trong thời kỳ phân điểm cũng thay đổi theo mức độ hoạt động của mặt trời, trong pha hoạt động mặt trời đi xuống (2006-2008) cực đại xuân phân cao hơn cực đại thu phân, trong pha hoạt động mặt trời đi lên thì ngược lại cực đại thu phân cao hơn cực đại xuân phân. Đặc trưng biến thiên

theo mùa và theo pha hoạt động của mặt trời cũng được tìm thấy trong biến thiên của tần số  $f_0F_2$  tại Phú Thụy (Lê Huy Minh và nnk, 2001; Phạm Thị Thu Hồng et al, 2011).

### 3.4 Đặc trưng phân bố theo thời gian và vĩ độ

Để có cái nhìn tổng thể về TEC trên toàn lãnh thổ Việt Nam, chúng ta cần xây dựng các bản đồ phân bố TEC cho khu vực này. Trên cơ sở số liệu GPS liên tục của 3 trạm Hà Nội, Huế và Tp HCM, các bản đồ phân bố TEC theo vĩ độ và thời gian được xây dựng cho từng ngày trong khoảng thời gian quan tâm. Hình 3.25 là bản đồ phân bố theo vĩ độ và thời gian trong ngày của TEC trung bình tháng trong năm 2010.



Hình 3.25, Bản đồ theo thời gian của TEC trung bình tháng trong năm 2010. Khoảng cách giữa các đường đẳng trị là 2 TECU.



Chúng ta có thể thấy TEC trung bình có một cực đại rõ rệt ở khoảng vĩ độ 18°-20° trong khoảng thời gian từ 5hUT đến 9hUT (12-16hLT). Bản đồ TEC chỉ ra rằng vùng phía Bắc nước ta nằm ở vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo, và vùng phía Nam ở vùng đáy của dị thường. Vào ban đêm từ 22hLT đến khoảng 6hLT ngày hôm sau, tầng điện ly gần như đồng nhất với giá trị TEC trung bình nhỏ hơn khoảng 10 TECu.

Các đặc trưng biến thiên của nồng độ điện tử tổng cộng theo thời gian, theo mùa, theo hoạt động mặt trời và phân bố theo vĩ độ khi quan sát cho khu vực Việt Nam như đã trình bày ở trên phù hợp với các kết quả nghiên cứu cho các trạm khác trong vùng xích đạo trên thế giới đã được công bố trước đây (Bhuyan et al., 2006; Breed et al., 1998; Chauhan et al., 2011; Rama Rao et al., 2006b).

## **CHƯƠNG 4. ĐẶC TRƯNG XUẤT HIỆN NHẬP NHÁY ĐIỆN LY KHU VỰC VIỆT NAM VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA NÓ LÊN TÍN HIỆU VỆ TINH GPS**

### **4.1 Thiết bị và phương pháp nghiên cứu**

#### **4.1.1 Thiết bị**

Ba máy thu GPS ở Việt Nam là loại máy thu hai tần số GSV4004 được chế tạo theo nguyên lý chuẩn để thu thập số liệu về TEC và nhấp nháy điện ly (GISTM – GPS Ionospheric Scintillation & TEC Monitor) đối với tất cả các vệ tinh nhìn thấy, các thông tin về nhấp nháy được cung cấp từ số liệu đầu ra của phần mềm đi kèm máy.

#### **4.1.2 Phương pháp nghiên cứu**

Trong khuôn khổ luận án, tham số biên độ nhấp nháy được lựa chọn để nghiên cứu đặc trưng xuất hiện nhấp nháy cho khu vực Việt Nam.

Biên độ nhấp nháy điện ly được rút ra từ cường độ của tín hiệu thu nhận từ vệ tinh theo công thức:

$$S_4 = \sqrt{\frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} - \frac{100}{C/N_0} \left[ 1 - \frac{500}{19C/N_0} \right]} \quad (4.3)$$

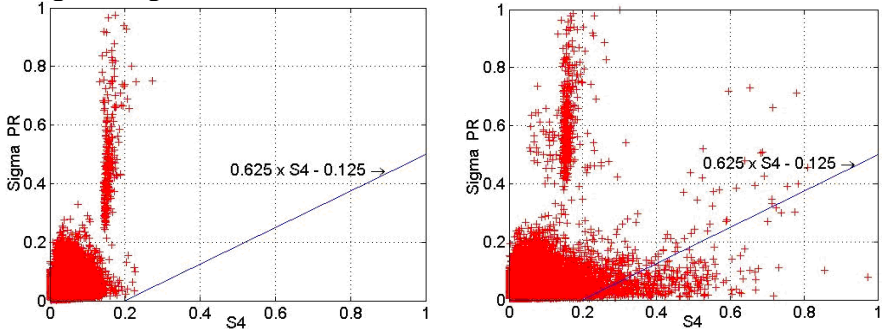
Biên độ nhấp nháy  $S_4$  là một đại lượng không thứ nguyên và thường được đánh giá trong khoảng thời gian 60 giây,  $I$  là cường độ tín hiệu vệ tinh và  $\langle I \rangle$  là giá trị cường độ trung bình,  $C/N_0$  là tỷ số tín hiệu/nhiều.

Khi nghiên cứu nhấp nháy điện ly bằng các máy thu loại GSV4004 người ta phải sử dụng thêm một giới hạn lọc các giá trị  $S_4$  gây bởi tín hiệu đa đường truyền được xác định như sau [97]:

$$\sigma_{min} = 0,652 \cdot S_4 - 0,125 \quad (4.4)$$

Giới hạn lọc này được minh họa trên hình 4.1, những giá trị  $S_4$  nằm phía dưới đường giới hạn thì được cho là biên độ nhấp nháy, những giá trị nằm

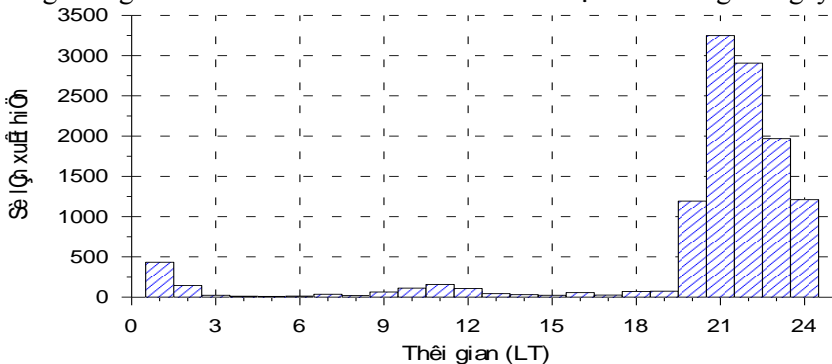
phía trên đường này sẽ do tín hiệu đa đường truyền gây ra và bị loại bỏ trong chương trình tính.



Hình 4.1, Giới hạn lọc biên độ nhấp nháy tương ứng với hai trường hợp tại trạm Huế: Môi trường không có nhấp nháy (hình trái) và Môi trường có nhấp nháy (hình phải)

#### 4.2 Đặc trưng xuất hiện nhấp nháy theo thời gian trong ngày

Hình 4.2 là kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy theo thời gian ngày đêm trên tất cả các đường vệ tinh nhìn thấy với góc nhìn lớn hơn  $20^\circ$  trong giai đoạn từ năm 2006 đến 2010 ở cả ba trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh. Kết quả cho thấy nhấp nháy chủ yếu xuất hiện vào khoảng thời gian ban đêm (từ 20h đêm đến 2h sáng ngày hôm sau), tập trung nhiều vào khoảng thời gian trước nửa đêm và rất ít khi xuất hiện vào thời gian ngày.

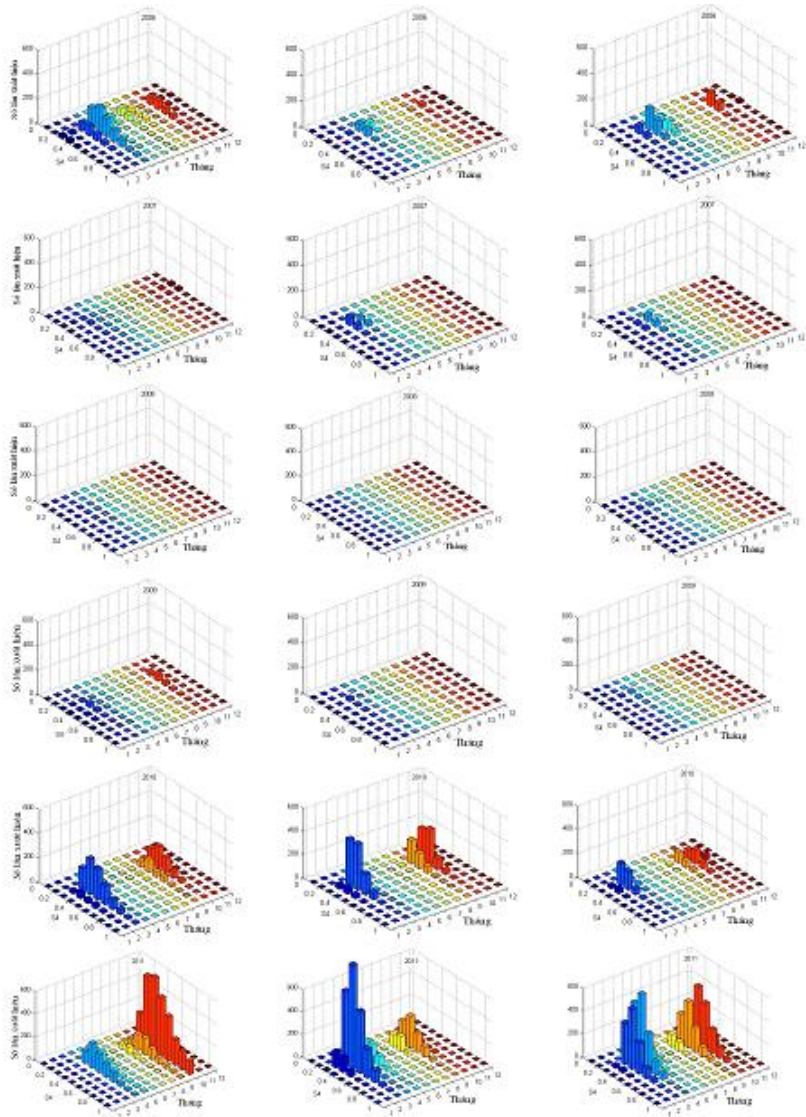


Hình 4.2, Đặc trưng xuất hiện theo thời gian trong ngày của nhấp nháy trong giai đoạn 2006 – 2010 trên cả ba trạm Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh.

#### 4.3 Đặc trưng xuất hiện theo mùa và theo mức độ hoạt động mặt trời

Để tìm hiểu đặc trưng xuất hiện theo mùa của nhấp nháy điện ly, chúng tôi tiến hành thống kê sự xuất hiện nhấp nháy cho chuỗi số liệu từ 2006 đến 2011. Kết quả được biểu thị dạng cột, phân theo tháng trong năm

và chia theo độ lớn của biên độ nhấp nháy với bước chia 0,1 như được chỉ ra trên *hình 4.3*.



*Hình 4.3*, Thống kê sự xuất hiện nhấp nháy theo từng tháng trong năm và theo độ lớn tại Hà Nội (trái), Huế (giữa) và Tp Hồ Chí Minh (phải) từ trên xuống dưới lần lượt từ 2006 đến 2011.

Kết quả quan sát cho thấy trong mỗi năm sự xuất hiện của nhấp nháy thể hiện biến thiên theo mùa rõ rệt: nhấp nháy xuất hiện chủ yếu vào thời kỳ phân điểm (tháng 3-4 và tháng 9-10) trong năm và rất ít khi xuất hiện vào các tháng mùa hè và mùa đông.

Tần suất xuất hiện nhấp nháy điện ly rất khác nhau ở mỗi năm, thể hiện sự phụ thuộc mạnh vào mức độ hoạt động của Mặt Trời. Vào năm 2008 và 2009 là thời điểm Mặt Trời hoạt động cực tiểu, nhấp nháy xuất hiện rất ít, các năm 2010 và 2011 Mặt Trời hoạt động mạnh lên nhấp nháy xuất hiện nhiều hơn hẳn cả về tần suất lẫn độ lớn trên cả ba trạm thu ở Việt Nam.

Để tìm hiểu mối liên hệ của sự xuất hiện nhấp nháy điện ly với mức độ hoạt động từ, chúng tôi xem xét trong hai trường hợp là trận bão từ ngày 11/10/2010 và ngày 24-25/10/2011. Mỗi trường hợp, chúng tôi sử dụng số liệu 5 ngày quan sát liên tục trước và sau ngày xảy ra bão từ.

Đối với trận bão từ ngày 11/10/2010 (*hình 4.5*), đây không phải là trận bão từ mạnh, chỉ số Dst suy giảm cực đại chỉ đạt khoảng -80 nT. Từ kết quả thống kê sự xuất hiện nhấp nháy trong những ngày này cho thấy: vào ngày xảy ra bão từ có sự gia tăng hoạt động nhấp nháy (11/10) ở pha chính của bão, và tiếp tục xuất hiện với tần suất yếu hơn trong pha hồi phục (12/10), các ngày trước bão từ (10/10) và sau bão (13/10 và 14/10) hầu như không quan sát thấy có sự xuất hiện nhấp nháy.

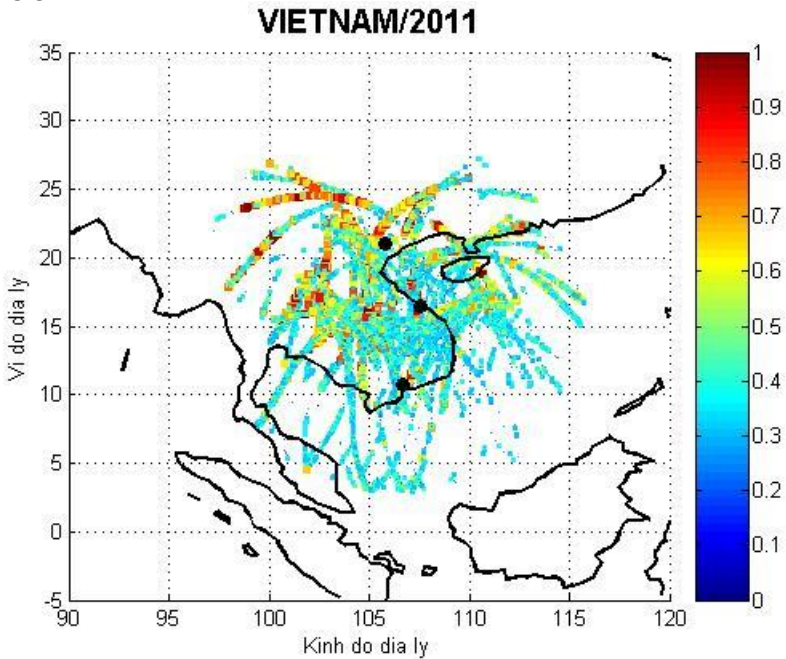
Đối với trận bão từ bắt đầu bất ngờ ngày 24-25/10/2011 (*hình 4.7*), ta có thể thấy rằng đây là một trận bão từ mạnh, chỉ số Dst suy giảm đến -140 nT. Bão từ bắt đầu bất ngờ vào khoảng 18hUT ngày 24/10 (01hLT sáng ngày 25/10). Kết quả trong trường hợp này cho thấy nhấp nháy xuất hiện hầu hết các ngày với cường độ khác nhau, ngoại trừ ngày bị ảnh hưởng trực tiếp của bão từ (pha chính và pha hồi phục – ngày 25/10/2011) lại không quan sát thấy nhấp nháy xuất hiện.

Trong hai trường hợp bão từ đề cập ở đây cũng cho thấy phần nào tác động của bão từ lên hoạt động của nhấp nháy điện ly tại vùng xích đạo Việt Nam. Bão từ có thể làm gia tăng hoạt động nhấp nháy (ngày 11/10/2010) hay làm suy giảm hoạt động nhấp nháy (ngày 25/10/2011) phụ thuộc vào sự thâm nhập của điện trường và sự tác động của hiệu ứng dynamo nhiễu loạn điện ly sẽ làm gia tăng hay suy giảm điện trường hướng đồng vào giai đoạn sau khi Mặt Trời lặn.

#### **4.4 Đặc trưng xuất hiện theo không gian**

Để nghiên cứu phân bố theo không gian chúng tôi tiến hành tính toán và biểu diễn biên độ nhấp nháy xuất hiện theo đường vĩ tuyến cho cả khu vực Việt Nam cho mỗi năm. Các giá trị  $S_4$  trên mỗi đường vĩ tuyến được

tính ở tọa độ (kinh độ, vĩ độ) điểm cắt tầng điện ly ở độ cao 400 km của mô hình lớp đơn. Hình 4,15 chỉ ra phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2011.

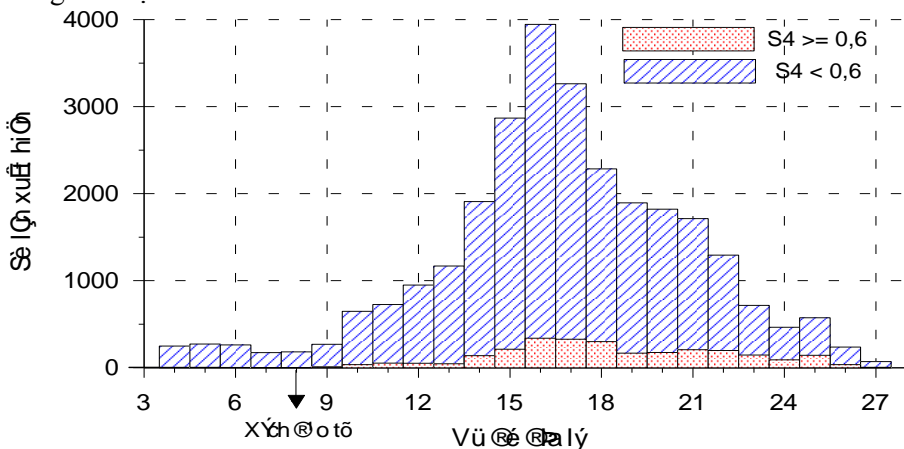


Hình 4.15, Phân bố thống kê nhấp nháy xuất hiện theo không gian khu vực Việt Nam và lân cận năm 2011.

Các đường vệ tinh được vẽ tại điểm cắt tầng điện ly và với mức độ nhấp nháy được phân định theo thang màu bên phải hình vẽ. Các chấm tròn đen biểu thị vị trí trạm quan sát. Nhìn vào phân bố không gian này ta nhận thấy rằng với số liệu thu được từ 3 trạm thu GPS hiện có, ta có thể quan sát được nhấp nháy trong vùng từ  $3^{\circ}$  ->  $27^{\circ}$  vĩ độ địa lý và từ  $98^{\circ}$  ->  $115^{\circ}$  kinh độ địa lý. Nhấp nháy xuất hiện rải rác trên khắp lãnh thổ Việt Nam và trong khoảng thời gian quan tâm nhấp nháy xuất hiện đặc biệt nhiều vào năm Mặt Trời hoạt động mạnh 2011.

Hình 4.16 là phân bố thống kê sự xuất hiện nhấp nháy theo vĩ độ cho toàn bộ số liệu 2006-2011 cho thấy rằng sự xuất hiện của nhấp nháy biến đổi rõ rệt theo vĩ độ, xuất hiện ít nhất ở xích đạo từ (vĩ độ  $8^{\circ}$ N) và tập trung nhiều tại khoảng vĩ độ từ  $14^{\circ}$ - $21^{\circ}$ N. Nhấp nháy biên độ mạnh ( $S_4 \geq 0,6$ ) xuất hiện ít và trải dài trong khoảng vĩ độ từ  $14^{\circ}$  đến  $25^{\circ}$ , đây cũng thuộc vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo và thường quan sát thấy từ trạm Hà Nội và trạm Huế. Kết quả quan sát ở đây cũng phù hợp với các kết quả

quan sát đã công bố trước đây trên thế giới: Valladares et al., (2004) nghiên cứu cho vùng kinh tuyến Nam Mỹ; Rama Rao et al., (2006) nghiên cứu cho vùng Ấn Độ.



Hình 4.16, Thống kê xuất hiện nhấp nháy theo vĩ độ từ 2006-2011 trên cả ba trạm quan sát.

#### 4.5 Sử dụng dao động pha GPS nghiên cứu sự xuất hiện nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam

Sử dụng dao động pha tín hiệu vệ tinh GPS, bước đầu nghiên cứu sự xuất hiện nhiễu loạn điện ly xích đạo vùng Việt Nam cho hai trường hợp bão từ ngày 11/10/2010 và ngày 24-25/10/2011. Kết quả quan sát cho thấy nhiễu loạn điện ly gây ra dao động pha tín hiệu GPS khu vực Việt Nam chủ yếu xuất hiện vào thời điểm ngay sau khi Mặt Trời lặn (19 đến 24hLT - khoảng thời gian trước nửa đêm) và tập trung dưới vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo. Bão từ đã làm gia tăng cường độ xuất hiện nhiễu loạn (ngày 11/10/2010) hoặc làm suy giảm sự phát triển nhiễu loạn (ngày 25/10/2011) so với các ngày trước và sau bão.

#### 4.6 Ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên quá trình truyền tín hiệu GPS khu vực Việt Nam

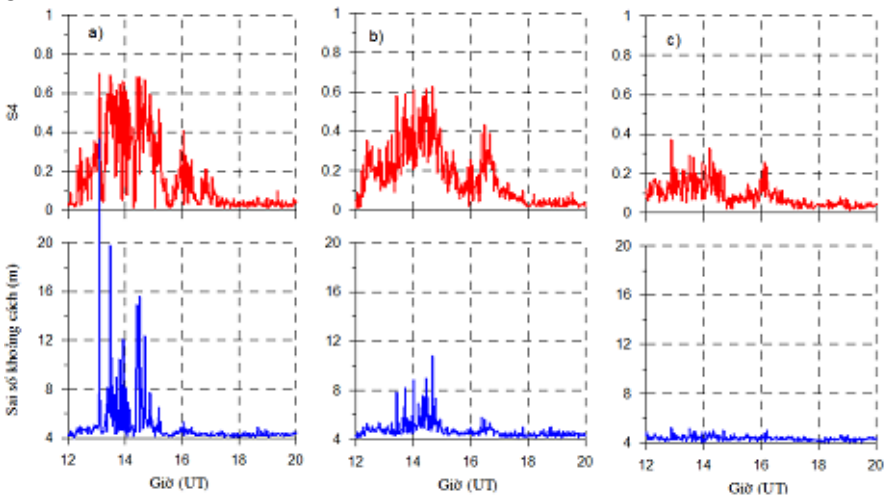
Nhấp nháy điện ly sẽ làm giảm độ chính xác trong phép định vị GPS. Biên độ nhấp nháy mạnh đôi khi có thể gây ra sự sụt giảm công suất của tín hiệu xuống dưới ngưỡng máy thu và do đó gây ra sự mất tín hiệu trong thời gian quan sát. Khi có ít hơn 4 đường truyền được duy trì tại bất kỳ thời điểm nào sẽ gây ra sự mất tạm thời dịch vụ cung cấp thông tin định vị (Andrzej et al., 2004; Beniguel et al., 2007; Cervera et al., 2006; Dubey et al., 2006; Rama Rao et al., 2006).

Để làm rõ ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên khả năng mất tín hiệu trên tần số  $f_2$ , chúng tôi tiến hành thống kê và tính phần trăm gây mất tín hiệu trên tần số  $f_2$  cho hai trường hợp: chọn ba ngày có xuất hiện nhấp nháy mạnh nhất và ba ngày yên tĩnh không có xuất hiện nhấp nháy ở mỗi trạm trong tháng 10/2011, kết quả được chỉ ra trong bảng 4.1

Bảng 4.1, Khả năng mất tín hiệu trên tần số  $f_2$

Tên trạm	% mất tín hiệu trên $f_2$ đối với ngày không có nhấp nháy	% mất tín hiệu trên $f_2$ đối với ngày có nhấp nháy
Hà Nội	7,6	14,6
Huế	3,6	12,1
TP. Hồ Chí Minh	3,4	4,1

Kết quả thống kê cho thấy khả năng mất tín hiệu gia tăng mạnh trong những ngày có nhấp nháy xuất hiện, đối với trạm Hà Nội khả năng mất tín hiệu lên đến 14,6%, đối với trạm Huế là 12,1% và đối với trạm ở Tp. Hồ Chí Minh là 4,1 % trên tổng số tín hiệu thu nhận trong khoảng thời gian từ 19hLT đến 24hLT của 3 ngày nhấp nháy mạnh nhất trong tháng tương ứng cho từng trạm. Áp dụng mô hình của Conker et. al, (2003), chúng tôi tính sai số khoảng cách gây bởi nhấp nháy điện ly trong ngày 24/10/2011 kết quả được chỉ ra trên hình 4.25. Với các giá trị sai số khoảng cách tương ứng với mức biên độ nhấp nháy trung bình đo được theo thời gian tại mỗi trạm thu.



Hình 4.25, Biên độ nhấp nháy trung bình và sai số khoảng cách tương ứng ( $d=0,1$ ) tại a) Hà Nội, b) Huế và c) Tp. Hồ Chí Minh ngày 24/10/2011

Hình 4.25 cho thấy rằng mức sai số khoảng cách trung bình trong ngày ở cả 3 trạm đạt khoảng 4,5m và gia tăng mạnh khi chỉ số biên độ nhấp nháy  $> 0,4$ . Trạm ở Tp. Hồ Chí Minh, nhấp nháy xuất hiện trong ngày này yếu ( $< 0,4$ ) và không gây ảnh hưởng đáng kể nào lên sai số khoảng cách. Đối với trạm Huế, nhấp nháy xuất hiện mạnh nhất với biên độ đạt được  $0,4 < S_4 < 0,6$  trong khoảng từ 13hUT đến 15hUT, đã gây ra sai số khoảng cách từ 8 đến 11m. Đối với trạm Hà Nội, nhấp nháy xuất hiện mạnh hơn trạm Huế ( $S_4 \geq 0,6 S_4$ ) trong khoảng thời gian từ 13h đến 15hUT, gây ra sai số khoảng cách tăng lên từ hàng chục mét đến hơn hai chục mét.

Các kết quả thống kê về sự xuất hiện nhấp nháy điện ly ở khu vực Việt Nam có những điểm tương đồng với các kết quả quan sát được ở một số nước trong khu vực đã được công bố trước đây: Thomas et al., (2001) nghiên cứu cho vùng kinh tuyến Đông Nam Á; Valladares et al., (2004) nghiên cứu cho vùng kinh tuyến Nam Mỹ; Rama Rao et al., (2006) nghiên cứu cho vùng Ấn Độ. Kết quả nghiên cứu ban đầu cho hai trường hợp bão từ cho thấy phản ứng gia tăng xuất hiện nhiều loạn điện ly trong điều kiện nhiễu loạn từ đã gây ra hoạt động nhấp nháy và làm ảnh hưởng đáng kể lên việc truyền tín hiệu vệ tinh GPS tại khu vực.

## KẾT LUẬN

Trên cơ sở tổng hợp toàn bộ các kết quả nghiên cứu về nồng độ điện tử tổng cộng trong tầng điện ly và ảnh hưởng của tầng điện ly lên quá trình truyền tín hiệu vệ tinh GPS khu vực Việt Nam sử dụng số liệu từ ba máy thu tín hiệu GPS liên tục ở Hà Nội, Huế và TP Hồ Chí Minh đã tiến hành trong luận án cho phép rút ra một số kết luận như sau:

1. Phương pháp xác định độ trễ thiết bị trình bày trong luận án đã khắc phục được hạn chế trong cách tính độ trễ trước đây, giúp cho việc tính toán được thực hiện nhanh chóng và cho kết quả phù hợp.

2. Ở khu vực Việt Nam, tiến trình ngày đêm của nồng độ điện tử tổng cộng thay đổi liên tục theo thời gian trong ngày, đạt cực đại vào khoảng 14-15hLT và cực tiểu vào khoảng 5hLT với biên độ dao động trung bình tháng trong khoảng từ 5TECu đến 50TECu tương ứng với độ trễ khoảng cách gây ra trên tín hiệu  $L_1$  từ 1m đến 8m tùy thuộc vào từng tháng trong năm và vào mức độ hoạt động mặt trời. Biên độ ngày đêm TEC thể hiện biến thiên mùa rõ rệt, đạt hai cực đại vào thời kỳ phân điểm hàng năm: xuân phân (tháng 3-4) và thu phân (tháng 9-10) và cực tiểu vào những tháng mùa đông và mùa hè. Giá trị nồng độ điện tử biến đổi theo hoạt động của Mặt Trời, trong pha hoạt động mặt trời đi xuống cực đại xuân phân cao



hơn cực đại thu phân, trong pha hoạt động mặt trời đi lên thì ngược lại cực đại xuân phân thấp hơn cực đại thu phân.

3. Các bản đồ phân bố TEC theo thời gian và vĩ độ thu được từ số liệu các trạm GPS liên tục tại Hà Nội, Huế và TP Hồ Chí Minh chỉ ra rằng Việt Nam nằm trong vùng dị thường điện ly xích đạo khu vực Đông Nam Á. Vị trí vĩ độ đỉnh dị thường dao động trong khoảng từ  $17^0$  đến  $20^0$  vĩ độ địa lý và vị trí đỉnh cũng phụ thuộc vào mùa trong năm, ở xa xích đạo hơn vào những tháng phân điểm và tiến gần xích đạo nhất vào những tháng mùa đông. Biên độ của đỉnh dị thường gia tăng theo hoạt động mặt trời nhưng vị trí đỉnh dị thường dường như không thể hiện sự phụ thuộc vào mức độ hoạt động mặt trời.

4. Ở khu vực Việt Nam, nhấp nháy điện ly xuất hiện khá thường xuyên, chủ yếu vào thời gian ban đêm trong khoảng 20-24 LT và rất ít khi xuất hiện vào thời gian ngày. Tần suất xuất hiện nhấp nháy biến đổi theo hoạt tính mặt trời, vào những năm Mặt Trời hoạt động mạnh nhấp nháy xuất hiện nhiều hơn, gia tăng cả về tần suất và độ lớn, so với năm Mặt Trời hoạt động yếu. Trong mỗi năm, tần suất xuất hiện nhấp nháy điện ly biến đổi theo mùa, chủ yếu xuất hiện vào thời kỳ phân điểm. Nhấp nháy xuất hiện tập trung trong vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo từ vĩ độ  $14^0$  đến vĩ độ  $25^0$ , với cực đại ở vĩ độ  $16^0$ .

5. Sử dụng dao động pha tín hiệu GPS hai tần số nghiên cứu hoạt động nhiễu loạn điện ly khu vực Việt Nam cho hai trận bão từ ngày 11/10/2010 và ngày 24-25/10/2011. Các nhiễu loạn chủ yếu xuất hiện vào thời điểm ngay sau khi Mặt Trời lặn (19h đến 24h LT) và tập trung ở vùng đỉnh dị thường điện ly xích đạo. Kết quả nghiên cứu cho thấy bão từ có thể làm gia tăng cường độ xuất hiện nhiễu loạn và gây ra hoạt động nhấp nháy (ngày 11/10/2010) hoặc ngăn cản sự phát triển nhiễu loạn và do đó làm giảm hoạt động nhấp nháy (ngày 25/10/2011) so với các ngày trước và sau bão phụ thuộc vào thời điểm xuất hiện của bão trong ngày.

6. Mức độ ảnh hưởng của tầng điện ly lên tín hiệu vệ tinh GPS gia tăng vào những tháng phân điểm hàng năm và vào giai đoạn Mặt Trời hoạt động mạnh, vùng phía Bắc nước ta sẽ bị tác động nhiều hơn vùng phía Nam. Kết quả đánh giá ban đầu về ảnh hưởng của nhấp nháy điện ly lên tín hiệu vệ tinh khu vực Việt Nam trong một số ngày của tháng 10/2011 cho thấy nhấp nháy làm gia tăng khả năng mất tín hiệu trên tần số  $f_2$ , có thể gây ra sai số khoảng cách từ hàng chục mét đến vài chục mét ở trạm Hà Nội, ở khu vực Huế tới cỡ vài mét, trong khi ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh sai số này hầu như không đáng kể.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Trần Thị Lan, Lê Huy Minh, R. Fleury, P. Lassudrie Duchesne, A. Bourdillon**: “Bước đầu nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly sử dụng số liệu các trạm thu GPS liên tục ở Việt Nam”, *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, T. 31(3) , 212-223, 9/2009.
2. **Trần Thị Lan, Lê Huy Minh**: “Biến thiên theo thời gian của nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly theo số liệu GPS liên tục ở Việt Nam”, *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, T. 33(4), 681-689, 12/2011.
3. **Trần Thị Lan, Lê Huy Minh, R. Fleury, P. Lassudrie Duchesne, A. Bourdillon**: Một số biến thiên của nồng độ điện tử tổng cộng và nhấp nháy điện ly theo số liệu GPS liên tục, Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học Quốc tế: Vật lý địa cầu – Hợp tác và phát triển bền vững, 108-119, 2012
4. **Trần Thị Lan, Đào Thế Cường**: “Một số đặc trưng xuất hiện Spread F xích đạo tại Phú Thọ trong hơn một chu kỳ hoạt động Mặt trời”, *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, T. 35(3) , 258-264, 2013.
5. **M. Le Huy, C. Amory-Mazaudier, R. Fleury, A. Bourdillon, P. Lassudrie-Duchesne, L. Tran Thi, T. Nguyen Chien and T. Nguyen Ha, P. Vila** : Time variations of the total electron content in the Southeast Asian equatorial ionization anomaly for the period 2006-2011, *Advances in Space Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2013.08.03>, **54**, 355-368, 2014.